



# Fraunhofer

IFF

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB UND -AUTOMATISIERUNG IFF, MAGDEBURG



Ich wünsche mir,  
dass es einen **Roboter** gibt,  
der Kindern bei den  
**Hausaufgaben** hilft.

*Leni, 9 Jahre*

JAHRESBERICHT  
**2019**

**Wir danken ganz herzlich Leni, Paul, Hannah,  
Jonas, Henri, Henriette, Elsa, Alexander, Thea,  
Christina und all den anderen Kindern,  
die uns ihre tollen Bilder mit Ideen und  
Wünschen für ihre ganz persönliche Fabrik  
der Zukunft geschickt haben!**

# **LEISTUNGEN UND ERGEBNISSE JAHRESBERICHT 2019**

# INHALT

---

## 4 VORWORT

---

Prof. Dr. Julia C. Arlinghaus  
Institutsleiterin des Fraunhofer-Instituts  
für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

---

## 6 GRUSSWORT

---

Dr. Reiner Haseloff  
Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt

---

## 8 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS INTELLIGENTE ARBEITS- SYSTEME

---

- 10 Automatisierte Handlungserkennung manueller  
Tätigkeiten
  - 12 Taktile Fußboden für die Personen- und Intentions-  
erkennung
  - 14 Future Urban Mining – Recycling von ausgedienten  
Mobiltelefonen
  - 16 Lernen und kreativ planen im 360-Grad-Projektions-  
raum des Elbedome
- 

## 18 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK

---

- 20 Digital geplante Walderschließung schont die Wälder
  - 22 Frachtinspektionssystem zur Echtzeitanalyse  
logistischer Güter
  - 24 Digitales Raumbuch zur Bedarfsermittlung in  
Bauprojekten
  - 26 Digitalisierung von Inbound-Prozessen mit  
IoT-Trackern
- 

## 28 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS KONVERGENTE INFRASTRUKTUREN

---

- 30 Stark vernetzt in der Plattform »ERA-Net Smart Energy  
Systems«
  - 32 Entwicklung eines mobilen, modularen, flexiblen  
Wasserstoffspeichers
- 

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

---

- 36 Einsatz digitaler Technologien im Pflanzenanbau
  - 38 3D-Drucker für große Bauteile aus Holzfaser-  
verbundwerkstoffen
  - 40 Smart Services für den »Smart Industrial Park«
  - 42 Generierung von dreidimensionalen Objekten  
aus Punktwolken
- 

## 44 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE FRAUNHOFER IFF INTERNATIONAL

---

- 46 Projektentwicklung zur Digitalisierung auf dem  
internationalen Markt
  - 48 Forschungsk Kooperation mit der ukrainischen  
Flugzeugindustrie
  - 50 Auf dem Weg zum Hafen der Zukunft durch  
Prozessdigitalisierung
-

---

**52 AUSZEICHNUNGEN, PREISE UND EHRUNGEN**

---

- 54 Moonshot-Auszeichnung für »Haut-Scanner«
- 54 Dreifache Auszeichnung für Fraunhofer-Forscherin
- 55 ISGAN Award of Excellence 2019 für das Forschungsprojekt RIGRID verliehen
- 56 VDI-Ehrenmedaille verliehen
- 56 Spektralanalysen mit dem Smartphone: IQ-Innovationspreis Mitteldeutschland für Fraunhofer-Technologie aus Magdeburg
- 57 Hannover Messe: Fraunhofer-Think-Tank-Award für Projekt ETAL

---

**58 KURZ UND KNAPP AUS DEM INSTITUT**

---

- 60 Gemeinsame Forschung für die Energiewende
- 60 Girls' Day am Fraunhofer IFF
- 61 KI-Anwendungen für die Wirtschaft – »Centrum für Industrielle Intelligenz« in Magdeburg gegründet
- 62 Wie Elektroautos die Energiewende unterstützen sollen
- 63 Fraunhofer-Fußballturnier
- 63 Wanderausstellung WindNODE live! im Fraunhofer IFF
- 64 Prof. Dr. Julia C. Arlinghaus übernimmt Institutsleitung des Fraunhofer IFF
- 65 Grundsteinlegung für Erweiterungsbau und Verabschiedung Professor Schenk

---

**66 DAS INSTITUT IN ZAHLEN**

---

---

**72 KURATORIUM**

---

---

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

---

---

**78 IMPRESSUM**

---

# VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe Leserinnen und Leser,

Ich freue mich, Sie an dieser Stelle das erste Mal als Leiterin des Fraunhofer IFF in Magdeburg begrüßen zu dürfen! Im Oktober 2019 habe ich die Leitung des Instituts übernommen und darf mich heute Teil eines Teams außergewöhnlicher und exzellenter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nennen. Gemeinsam haben wir uns das Ziel gesetzt, mit unseren Technologien Produktionsunternehmen auf ihrem Weg in die Zukunft zu unterstützen und auf ihren individuellen Routen zur digitalen, hoch flexiblen und effizienten Wertschöpfung zu begleiten.

Mein Start in Magdeburg erfolgte in bewegten Zeiten: Die Fridays-for-Future-Bewegung hat es geschafft, weltweit die Themen Klimaschutz und Erderwärmung auf den Agenden von Politik, Unternehmen und Gesellschaft ganz nach oben zu rücken. Die Ankündigung des europäischen Green Deal im Dezember 2019 hat dem noch einmal Nachdruck verliehen. Bis 2050 wollen die Staaten der Europäischen Union die Netto-Emissionen der von ihnen produzierten Treibhausgase auf null senken. Europa soll zum ersten klimaneutralen Kontinent werden. Faktisch bedeutet das, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Europäischen Union um über 50 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 zu reduzieren. Das ist ein enorm ambitioniertes Ziel. Ich bin stolz, dass Europa mit seinen Bemühungen zum Klimaschutz jetzt weltweit vorangehen möchte. Gleichzeitig hat das Jahr 2019 einmal mehr gezeigt, wie sehr die Struktur unserer globalen Produktionsnetzwerke durch die internationale Politik bestimmt wird: Nicht nur der Brexit, auch der schwelende Handelskrieg zwischen den USA und China (und anderen) zeigt erste Auswirkungen auf die europäische Wirtschaft.

Dennoch ist die Wirtschaft vergleichsweise optimistisch in die Silvesternacht 2019/2020 gegangen. Aber nur wenige Monate später schreibe ich diese Zeilen aus dem Corona-Lockdown. Das Virus hat uns die Anfälligkeit der globalen Produktionssysteme und damit der industriellen Wertschöpfung empfindlich vor Augen geführt. Globale Lieferketten sind auf einen Schlag zusammengebrochen, ganze Staaten haben große Teile ihrer Wirtschaft für Wochen oder gar Monate stillgelegt. Wer hätte das vor einem halben Jahr für möglich gehalten?

Schon jetzt sind die dramatischen Folgen für die deutsche Wirtschaft deutlich spürbar: Kurzarbeit und Ankündigungen umfangreicher Stellenkürzungen zeigen, dass viele Unternehmen kurzfristig Effizienz und Kosteneinsparungen in den Mittelpunkt stellen. Langfristig wird die Wertschöpfung in Deutschland und Europa aber nur zu sichern sein, wenn wir unsere Wirtschaft widerstandsfähiger gegen Störungen aller Art machen UND auch unsere Produktions- und Logistiksysteme zügig in Richtung Energieeffizienz und Nachhaltigkeit weiterentwickeln.

Gemeinsam mit den Unternehmen wollen wir am Fraunhofer IFF den scheinbaren Konflikt zwischen Effizienz, Flexibilität, Nachhaltigkeit und Resilienz lösen. Unsere Forschungsgruppen vereinen das hierfür nötige Technologie-, Prozess- und Geschäftsmodellwissen. Hier arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Ingenieurwesen, der Informatik, den Sozialwissenschaften, der Mathematik und vielen anderen Fachdisziplinen täglich Hand in Hand. Die Forschung in den Schwerpunkten unseres Instituts etwa zur nachhaltigen



Prof. Dr. Julia C. Arlinghaus  
Institutleiterin Fraunhofer IFF

und flexiblen Produktion und Logistik, zu intelligenten Assistenzsystemen, zur ökologischen Stromerzeugung und zu smarten Energiemanagementsystemen ist damit nicht nur interdisziplinär, sondern unmittelbar an den Bedarfen der Wirtschaft ausgerichtet. Wir begeistern uns dafür, diese Themen immer wieder neu und unternehmensindividuell zu interpretieren, zu kombinieren und unsere Erkenntnisse in die Betriebe zu transferieren.

### **Neue Aufgaben**

Um für die Zukunft und kommende Aufgaben gewappnet zu sein, haben wir im November 2019 den Grundstein für unser neues Gebäude im Magdeburger Wissenschaftshafen gelegt. Hier wollen wir für unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler neue Räume schaffen, um mit unseren Kunden und Partnern Technologieeinsatz gemeinsam zu denken, zu erleben und Inspiration für den Unternehmensalltag zu gewinnen. Unser Neubau soll zu einer Fabrik der Zukunft werden, in der wir auch den Themen Resilienz und Risikomanagement Raum geben und zeigen, wie intelligente Technik helfen kann, unsere Produktionssysteme und Lieferketten stark und robust gegenüber Störungen zu machen. Davon sollen nicht zuletzt der Forschungsstandort Magdeburg und die Unternehmen im Land Sachsen-Anhalt profitieren.

Neue Aufgaben erfordern aber nicht nur neue Gebäude, sondern auch neues Denken, Kreativität und Mut. Wenn wir künftig Effizienz, Flexibilität, Nachhaltigkeit und Resilienz unter einen Hut bekommen wollen, müssen wir

»Out-of-the-Box« denken. So wie es Kinder häufig tun. Die Bilder, die uns von Kindern unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und aus ganz Sachsen-Anhalt anlässlich der Grundsteinlegung unseres neuen Gebäudes geschenkt wurden, sind meine Inspiration. Ihre Ideen und Wünsche für die Fabrik der Zukunft sind erstaunlich und überwältigend. Deshalb haben wir uns entschlossen, sie in diesem Jahresbericht mit Ihnen zu teilen.

Ich hoffe, dass Sie, liebe Leserinnen und Leser, genauso begeistert sind wie wir.

Für mich sind diese Zeichnungen aber auch Mahnung. Sie erinnern mich daran, wofür und für wen wir jeden Tag arbeiten. Vieles, das wir jetzt entscheiden, bestimmt die Zukunft und Welt unserer Kinder. Ich freue mich, dass das Team des Fraunhofer IFF so vieles von dem Wissen zusammenbringt, was wir brauchen, um mit unserer Forschung zu einer ökologisch intakten, ökonomisch erfolgreichen und sozial ausgewogenen Welt beizutragen!

Viel Spaß beim Lesen dieses Jahresberichts!

Ihre

  
Julia C. Arlinghaus

# GRUSSWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

die Coronakrise hat unser Land in eine nie da gewesene Situation gebracht. Angesichts der Bedrohung durch das Coronavirus mussten Maßnahmen getroffen werden, die in ungewöhnlicher Weise in den Alltag der Menschen und in die Wirtschaft eingriffen und das öffentliche Leben weitgehend zum Stillstand brachten. Über allem stand das Ziel, die Gesundheit der Bevölkerung zu schützen.

Stillstand ist das Gegenteil von dem, wofür das Fraunhofer IFF steht: Fortschritt und Innovation. Das Institut war ein wichtiger Impulsgeber für die erfolgreiche Entwicklung unseres Landes seit der Wiedervereinigung und es ist ein Hoffnungsträger für die Zukunft. Das wurde zuletzt wieder deutlich anlässlich der Grundsteinlegung für den Erweiterungsbau des Institutsgebäudes.

In entwickelten Volkswirtschaften wird wirtschaftliches Wachstum zukünftig mehr als bisher durch den Ausbau von Wertschöpfung als Folge von Bildung, Wissenschaft und industrieller Forschung bestimmt. Dies gilt insbesondere für Sachsen-Anhalt. 95 Prozent unserer Wirtschaftsunternehmen haben weniger als 20 Mitarbeiter. Deshalb ist das Industrieforschungspotenzial relativ gering. Diese Lücke muss durch die universitäre und außeruniversitäre Forschung ausgeglichen werden. Unsere Zukunftschancen hängen entscheidend von einer leistungsstarken wissenschaftlichen Infrastruktur ab.

In der Regionalen Innovationsstrategie hat sich das Land Sachsen-Anhalt unter anderem zur Verstärkung der marktorientierten Forschungs- und Entwicklungsförderung und zur Konzentration der Förderung auf wissenschaftliche und wirtschaftliche Schwerpunkte in Leitmärkten bekannt. Ebenso soll die Ansiedlung von Unternehmen mit eigenen Forschungskapazitäten unterstützt werden. Die internationale Vernetzung und der Technologietransfer sind weitere Ziele unserer Politik. Im Kern ist unsere Wissenschafts-, Forschungs- und Innovationspolitik auf die Stärkung und den Ausbau der Forschung, die systematische Generierung von Ideen und die Gewinnung kluger Köpfe ausgerichtet.

Mit der Erarbeitung eines neuen gesamtdeutschen Fördersystems und der Ausgestaltung der kommenden EU-Förderperiode stehen entscheidende Weichenstellungen für Sachsen-Anhalt und die anderen neuen Länder bevor. Die Landesregierung wird die Interessen unseres Landes in der Diskussion auch weiterhin sehr deutlich machen.

Wir sind in Sachsen-Anhalt erfahren darin, den Wandel zu gestalten. Das kommt uns jetzt auch beim Ausstieg aus der Braunkohle zugute. Der Süden unseres Landes war über ein Jahrhundert in hohem Maße von der Braunkohle geprägt. Die doppelte Herausforderung besteht darin, Rahmenbedingungen für neue Arbeitsplätze zu schaffen und die regenerativen Energien so auszubauen, dass sie verlässlich Strom für unsere Unternehmen und Haushalte liefern. Die Energiewende ist ein



*Dr. Reiner Haseloff  
Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt*

Projekt, bei dem Leistungsträger wie das IFF dringend gebraucht werden. Ich bin überzeugt, das Institut wird weiter mit herausragenden Innovationen aufhorchen lassen.

A handwritten signature in blue ink that reads "Reiner Haseloff". The signature is stylized and cursive.

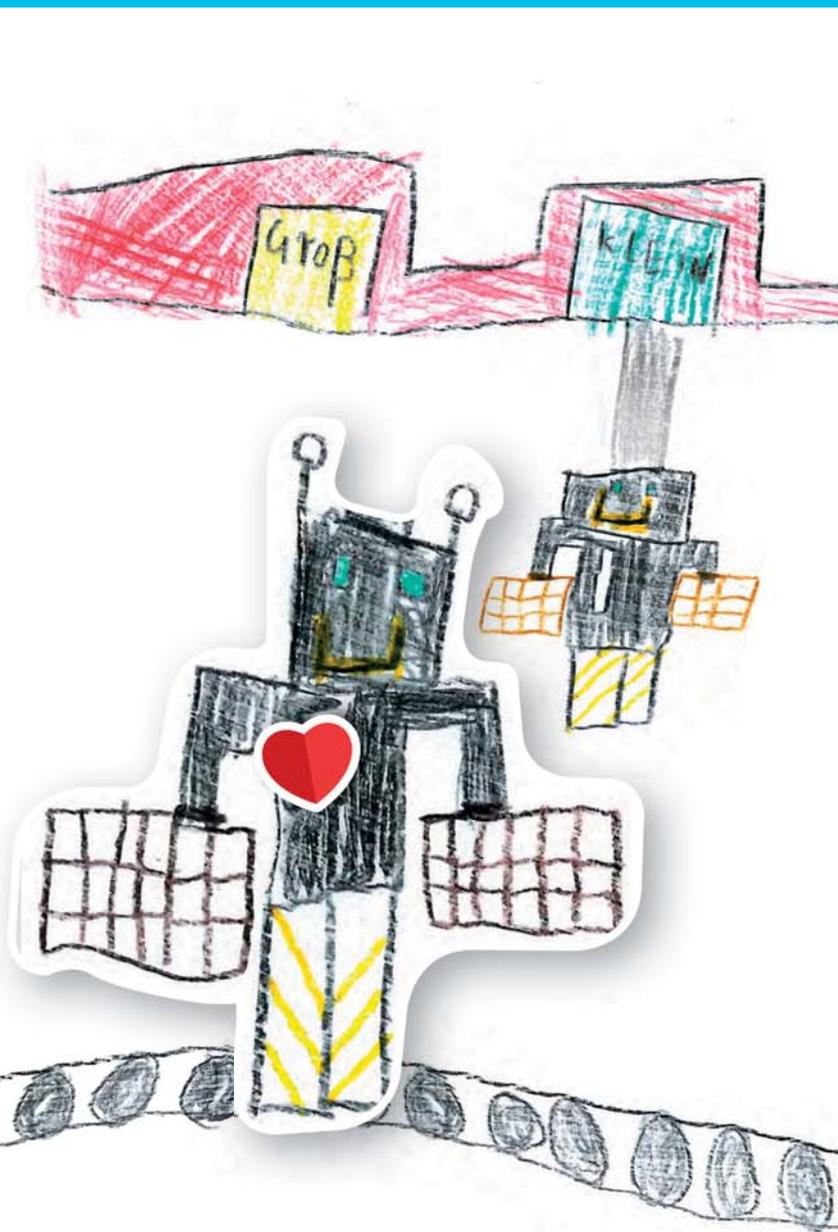
Dr. Reiner Haseloff  
Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt

# AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS INTELLIGENTE ARBEITSSYSTEME

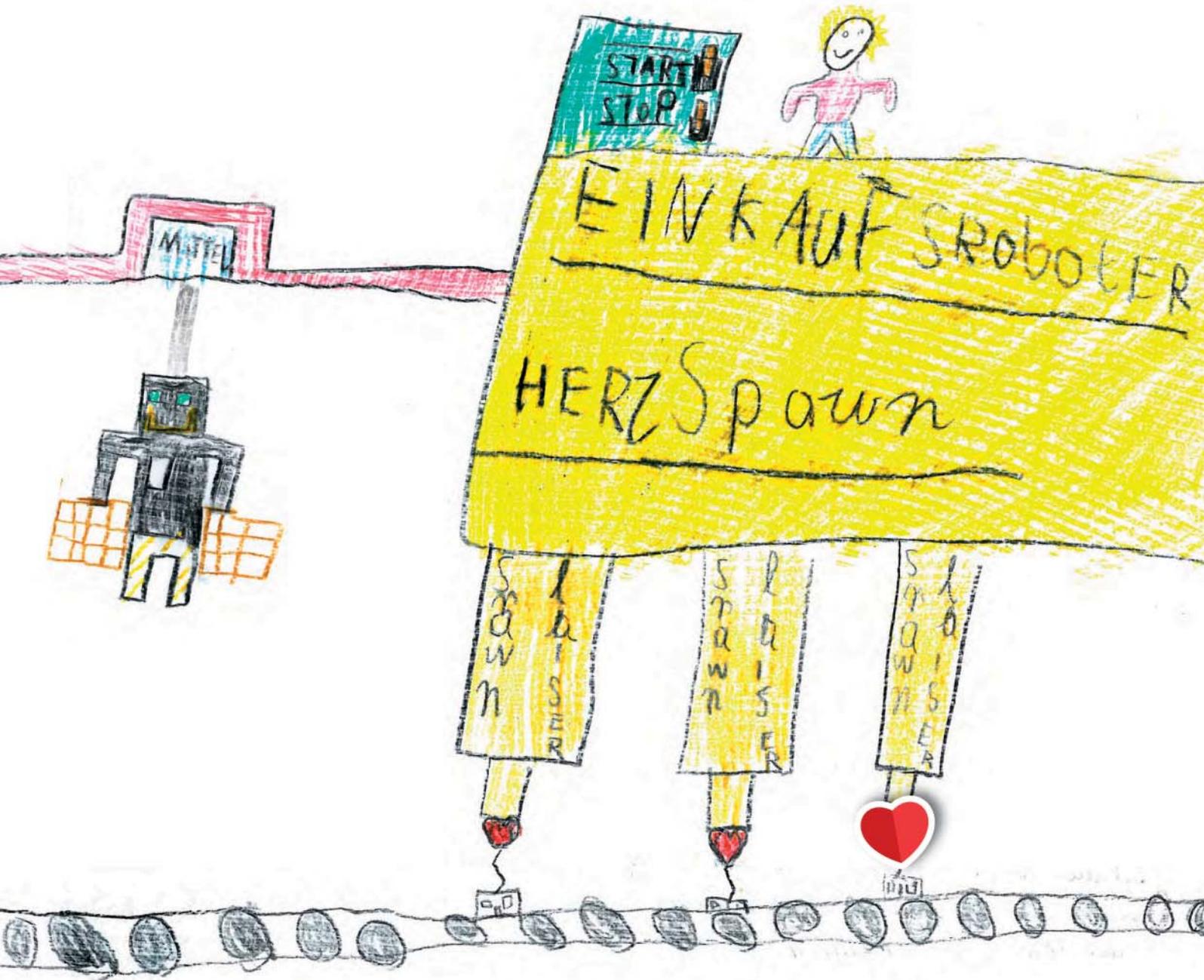
Einkaufsroboter  
bekommen ein **HERZ**,  
damit sie anstatt  
der **Erwachsenen**  
einkaufen gehen können.

Paul, 8 Jahre

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 unter anderem 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 flexible und effektive Qualifizierungsmaßnahmen.



70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT



# AUTOMATISIERTE HANDLUNGSERKENNUNG MANUELLER TÄTIGKEITEN

## »MEHDIS« digitalisiert manuelle Arbeitsplätze

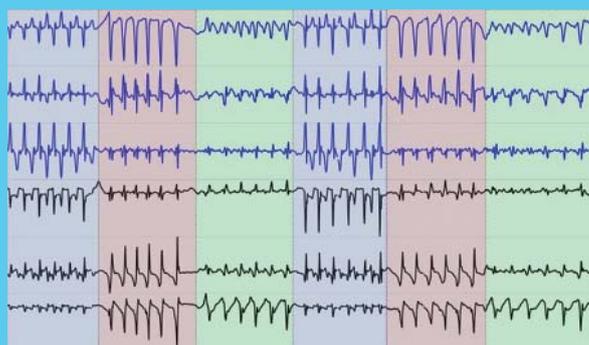
Die Standardisierung von Arbeitsabläufen in der manuellen Montage ist für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mittlerweile zum unumgänglichen Ziel für die Erhöhung der Produktivität geworden. Eine Ursache für diesen Optimierungszwang liegt in der Individualisierung von Produkten und der steigenden Komplexität und Variantenvielfalt von Arbeitsplatzsystemen. Häufig ist nur eine manuelle Montage wirtschaftlich umsetzbar. Zudem ist es wichtig, Arbeitsprozesse dem demografischen Wandel anzupassen, da sich einerseits das zur Verfügung stehende Arbeitskräftepotenzial verringert und andererseits die Unternehmen zunehmend bestrebt sind, das in der älteren Belegschaft verankerte Know-how möglichst lange innerbetrieblich zu halten. KMU stehen deshalb vor der Herausforderung, Arbeitsplätze und -prozesse nach wirtschaftlichen und ergonomischen Gesichtspunkten zu gestalten.

»MEHDIS« verfolgt dafür zwei Ansätze. Die Arbeitskräfte sollen durch technische Assistenz in Form von Handlungsanweisungen zur Bewältigung komplexer Aufgaben unterstützt werden und Arbeitsabläufe sollen für eine belastungsoptimierte Gestaltung der Arbeitsumgebung beurteilt werden. Für beide Aufgaben ist es erforderlich, die Bewegungen der Arbeitskräfte zu digitalisieren und deren Handlungsabläufe zu rekonstruieren.

## Künstliche Neuronale Netze erkennen Handlungen

»MEHDIS« entwickelt ein geeignetes System für die automatisierte Handlungserkennung manueller Tätigkeiten. Grundlage hierfür ist die Analyse der sensorisch erfassten Signale, welche durch die Bewegung einer Person während einer Tätigkeit ent-

### Wiederkehrende Muster in den Signalen bei einer zyklischen Tätigkeitsausübung.



stehen. Dabei weisen wiederkehrende Handlungen ähnliche Muster im Signalverlauf der Beschleunigungen, der Drehraten und der magnetischen Feldstärke auf. Die Schwankungen in der Ausführung der Bewegungen einer tätigen Person spiegeln sich in einer horizontalen und vertikalen Skalierung der Messsignale wieder.

Zur Erkennung dieser zeit- und amplitudenvarianten Signale kommen künstliche Neuronale Netze und maschinelle Lernmethoden zum Einsatz. Dazu wird im ersten Schritt ein Arbeitsprozess beziehungsweise ein Handlungsablauf in elementare Grundbausteine wie Hinlangen, Fügen und Heben zerlegt. In einer anschließenden Lernphase werden

- 1 Erfassung von Handlungsschritten mittels Track-Assist im Sensorhandschuh.
- 2 Einzelsensoren und Mastereinheit von Track-Assist.



1

Fraunhofer IFF

2

Fraunhofer IFF

zyklische Bewegungsabläufe einer Person sensorisch erfasst und charakteristische Merkmale in den Sensorsignalanteilen eines Grundbausteins berechnet. Diese Merkmale sind die Eingangsgrößen des Neuronalen Netzes und somit Grundlage der Klassifizierung der eingangs definierten Grundbausteine. Mit Hilfe der Arbeitsplatzbeschreibung oder eines digitalen Montagevorranggraphen ist das System anschließend in der Lage, eingelernte Bewegungsbausteine automatisiert zu erkennen und eine Gesamthandlung zu rekonstruieren.

### Track-Assist bietet modulares Systemkonzept

Für die Akquirierung der Signale zur Musteranalyse und zur anschließenden automatisierten Erkennung manueller Tätigkeiten wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern das modulare System Track-Assist entwickelt. Kleine, am Körper getragene Inertialsensoren erfassen während des Arbeitsablaufs typische Bewegungsmuster. Eine Recheneinheit klassifiziert anschließend die Handlungen des Prozessablaufs und die Informationen der ergonomischen Gesichtspunkte. So werden beispielsweise Aussagen getroffen, welche Komponente einer Baugruppe montiert wird, ob in eine Kiste gegriffen wird oder wie lange eine Überkopparbeit oder der Anteil von Tätigkeiten in gebückter Körperhaltung dauert. Je nach Tätigkeit ergibt sich Anzahl der zu tragenden Sensoren. Für einfache Tätigkeiten wie das manuelle Verschrauben von Komponenten genügen meist zwei Sensoren des mobilen Systems Track-Assist. Für komplexere Abläufe benötigt es Daten von bis zu sieben am Körper verteilten Sensoren.

### Lösungsansatz ermöglicht folgende Anwendungen

Bei der Verwendung von maschinellen Lernverfahren werden in der Regel sehr viele Lerndaten benötigt, um eine hohe Erkennungsrate zu gewährleisten. Das im Vorhaben entwickelte System kann zwar auf ein Datenkataster aus hinterlegten Modellen der Grundbausteine zurückgreifen, für neue

Arbeitsplätze müssen jedoch zuvor die neuen Handlungsbausteine eingelernt werden. Um diesen langwierigen Einlernprozess für die Endanwender zu vereinfachen, müssen Strategien mit einem geringeren Lerndatenanteil entwickelt werden. Eine weitere Herausforderung besteht in der etwas abweichenden Ausführung von Tätigkeiten im Bewegungsablauf und ihrer Abfolge trotz der fest definierten Handlungsbeschreibung. Hier ist der Ansatz, personengebundene und -unabhängige Merkmale für die Modellbildung zu bewerten.

Im Ergebnis eröffnen sich eine Reihe von Anwendungen, wie Arbeitsplatzgestaltungen- und Optimierungen, Ergonomieuntersuchungen und Belastungsanalysen, Zeitermittlungen sowie allgemeine Datenbereitstellungen.

### Projektpartner

Ingenieurbüro Thomas Reimann, Magdeburg;  
Ingenieurbüro DR. GRUENDLER®, Magdeburg

### Kontakt im Geschäftsbereich Mess- und Prüftechnik

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

### Förderung

Das Projekt »MEHDIS« wurde aus Mitteln der Investitionsbank des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen: 1704/00090)



SACHSEN-ANHALT



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



## TAKTILER FUSSBODEN FÜR DIE PERSONEN- UND INTENTIONSERKENNUNG

### Intuitive und gefahrungsfreie Mensch-Maschine-Interaktion

Industrie, Dienstleistung sowie öffentliche und private Bereiche unterliegen zunehmend dem Einfluss einer wachsenden Vernetzung und Digitalisierung. Für den Menschen bedeutet das erschwerte Bedingungen hinsichtlich einer intuitiven und gefahrungsfreien Mensch-Maschine-Interaktion. Umfeldsensoren und innovative Algorithmen zur Datenerfassung und -verarbeitung, die Objekte und Personen sowie deren Ausrichtung im Raum erkennen, leisten einen wichtigen Beitrag für diese Entwicklung. So können Projektoren in sogenannten Mixed-Reality-Laboren zeit- und positionsgenau auf den Menschen ausgerichtet werden. Je genauer die Ausrichtung der Projektionen auf den Menschen erfolgt, umso höher ist der Grad der Immersion. Auch Anwendungen in der Mensch-Roboter-Interaktion sind denkbar, wo gemäß geltender Normen, wie zum Beispiel die DIN ISO/TS 15066, neben dem Bewegungstracking des Menschen auch eine frühzeitige Erkennung seiner Handlungsabsicht dazu beitragen soll, Gefährdungen in der Zusammenarbeit mit dem Roboter auszuschließen.

### Taktile Fußboden für die Personen- und Intentionserkennung

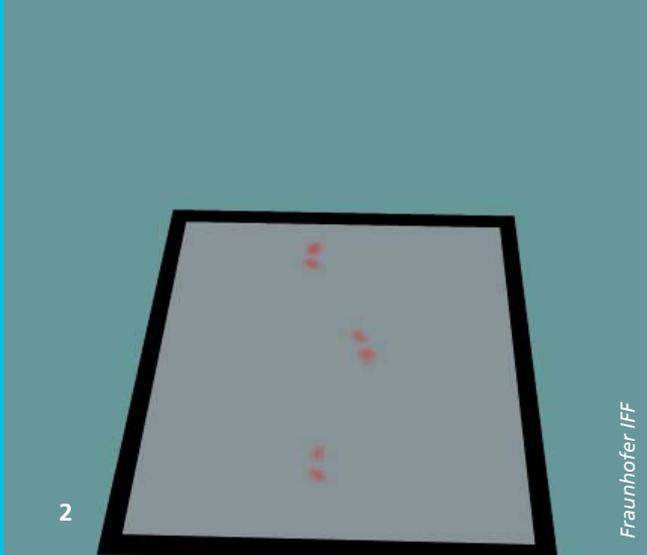
Üblicherweise werden optische Systeme zum Bewegungstracking eingesetzt. Die Bildaufnahmen sind jedoch häufig abhängig von den äußeren Lichtverhältnissen. Darüber hinaus ergeben sich Situationen, in denen bestimmte Bereiche für Kameras aufgrund von Überschattungen nicht einsehbar sind. Eine Alternative zu solchen berührungslosen optischen Systemen sind drucksensitive Fußböden. Das Fraunhofer IFF

hat langjährige Erfahrung in der Entwicklung und dem Aufbau sogenannter taktile Fußböden. Das Projekt »InTakt – Taktile Fußboden für die Nutzer- und Intentionserkennung« setzt genau hier an und untersucht verschiedene Konzepte und Verfahren zur Datenanalyse taktile Druckmuster. Ziel ist es, mittels des taktile Fußbodens zwischen verschiedenen Personen und Gangprofilen unterscheiden zu können. Auch die Erkennung von Intentionen infolge der Verlagerung der Körperschwerpunktachse soll evaluiert werden.

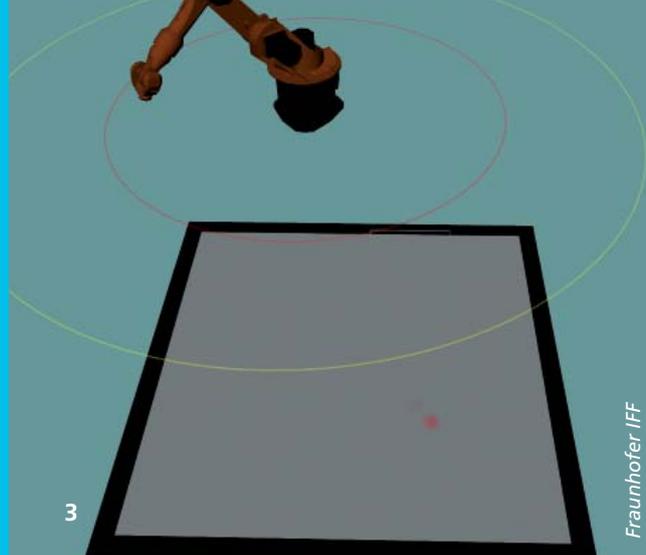
### Konzipierung einer taktile Forschungsplattform

Gemäß der Zielstellung wurde eine taktile Forschungsplattform entwickelt. Diese hat eine Gesamtfläche von 4 Quadratmetern und ermöglicht eine vergleichsweise hohe Ortsauflösung aufgrund der mit einem Abstand von nur 2 Zentimetern zueinander angeordneten Sensorzellen. Dadurch sind Druckprofile mit einer hohen Konturschärfe darstellbar. Die Ausleserate der Sensordaten liegt bei rund 25 Hertz. Neben den technologischen Voraussetzungen spielt jedoch auch die Datenverarbeitung eine entscheidende Rolle. Vorangegangene Studien haben bereits gezeigt, dass sich hierfür insbesondere künstliche Neuronale Netze eignen.

- 1 Mensch-Roboter-Kollaboration mit taktilem Fußboden zur Unterscheidung zwischen Mensch und Fahrzeug zur Anpassung der Sicherheitsanforderungen.
- 2 Gemessenes Gangprofil auf dem taktile Fußboden.
- 3 Mensch-Roboter-Interaktion mit verschiedenen Sicherheitsbereichen. Eine zusätzliche Intentionserkennung zur Bewegungsrichtung erlaubt eine gerichtete Verringerung der Robotergeschwindigkeit.



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

## Gewinnung von Musterdatensätzen

Künstliche Neuronale Netze entstanden aus dem Versuch heraus, biologische neuronale Netze des menschlichen Gehirns in eine Form zu bringen, die von einem Computer ausgeführt werden kann. Ähnlich ihrem biologischen Vorbild bestehen diese aus vielen miteinander verbundenen künstlichen Neuronen. Jedes Neuron empfängt Signale mehrerer anderer Neuronen und bewertet diese über die Gewichtung der Signalverknüpfungen. Während eines Trainingsvorgangs werden die Gewichte mit einem speziellen Gradientenabstiegsverfahren angepasst. Die tatsächlichen Ausgaben des Netzes werden dabei mit den realen Eingaben verglichen.

Im Rahmen von »InTakt« wurden Aufnahmen von drei verschiedenen Fahrzeugen (mit und ohne Beladung) sowie von vier verschiedenen Personen, die sich für jeweils drei Minuten über den Boden bewegten, gemacht. Daraus ergab sich ein Datensatz mit rund 42 000 Bildern, wobei 80 Prozent der Daten zum Antrainieren eines Convolutional Neural Networks (CNN) verwendet wurden. Ein CNN ist ein spezielles Neuronales Netz, das für die Verarbeitung von Bildern oder bildähnlichen Daten entwickelt wurde. Ein herkömmliches Netz würde pro Neuron nur ein Pixel des Bildes betrachten. Ein CNN hingegen hat spezielle Neuronen, die verschiedene Filterfunktionen erlernen und so Informationen aus Bildbereichen zusammenfassen. Die Druckbilder im Trainingsdatensatz wurden in verschiedene Klassen eingeteilt, die entweder Menschen, Fahrzeuge oder einen unbelasteten Boden zeigen. Das Neuronale Netzwerk soll zwischen diesen drei Klassen unterscheiden.

## Definition von Klassen anhand von Trainingsdaten

Jedes Bild aus dem Trainingsdatensatz wird über seine Konfidenz bewertet. Wenn die Zahl für die Klasse »Mensch(en)« am höchsten ist, lautet die Ausgabe ebenfalls »Mensch(en)«. 10 Prozent des Datensatzes wurde zur Validierung des Netz-

werks eingesetzt. Mit einer Zuverlässigkeit von 98,88 Prozent konnte mit dem Verfahren die korrekte Klasse bestimmt werden. Damit ist die Eignung neuronaler Netze zur Datenklassifikation bestätigt.

## Weiterentwicklung der Forschungsplattform

Im weiteren Verlauf des Projekts sollen nun die neuronalen Netze zur Ganganalyse und Intentionserkennung untersucht werden.

## Kontakt im Geschäftsbereich Robotersysteme

Veit Müller M. Sc.  
Telefon + 49 391 4090-281 | Fax +49 391 4090-250  
veit.mueller@iff.fraunhofer.de

Tobias Peter M. Sc.  
Telefon: +49 391 4090-279 | Fax +49 391 4090-250  
tobias.peter@iff.fraunhofer.de

## Förderung

Das Projekt »InTakt – Taktile Fußboden für die Nutzer- und Intentionserkennung« wurde aus Mitteln des EFRE finanziert. (Förderkennzeichen: ZWB 1804/00011)



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



## FUTURE URBAN MINING – RECYCLING VON AUSGEDIENTEN MOBILTELEFONEN

### Steigender Bedarf an seltenen Rohstoffen

Die Verfügbarkeit von Rohstoffen ist ein entscheidender Faktor für die Herstellung hochwertiger Produkte. So kommen bei der Produktion von Mobiltelefonen etwa 60 verschiedene Stoffe zum Einsatz. Neben Kunststoffen und Keramik sind viele Metalle Bestandteil von Gehäuse, Display und Akku. Verbaut werden Kupfer, Eisen und Aluminium sowie geringe Mengen an Gold und Silber. Es sind vor allem Stoffe wie Tantal, Gallium, Wolfram, Kobalt und Niob sowie einige Seltene Erden, die zunehmend knapper werden und meist unter schwierigen und teils lebensgefährlichen Bedingungen gewonnen werden.

Rohstoffe sind keine unendlichen Ressourcen, ihre Rückgewinnung aus alten Produkten ist deshalb unabdingbar. Aktuelle Recyclingverfahren konzentrieren sich auf die Massenverarbeitung von Elektroschrott, da die manuelle Zerlegung zeitaufwendig und kostenintensiv ist. Dazu werden Mobiltelefone wie auch andere Elektro- und Elektronikgeräte im großen Stil maschinell geschreddert und die Elemente metallurgisch extrahiert. Einige wichtige Elemente mit nur geringen Masseanteilen können hierbei jedoch nicht effektiv rückgewonnen werden und verbleiben ungenutzt im Restmüll.

### Rohstoff-Recycling durch automatisierte Demontage

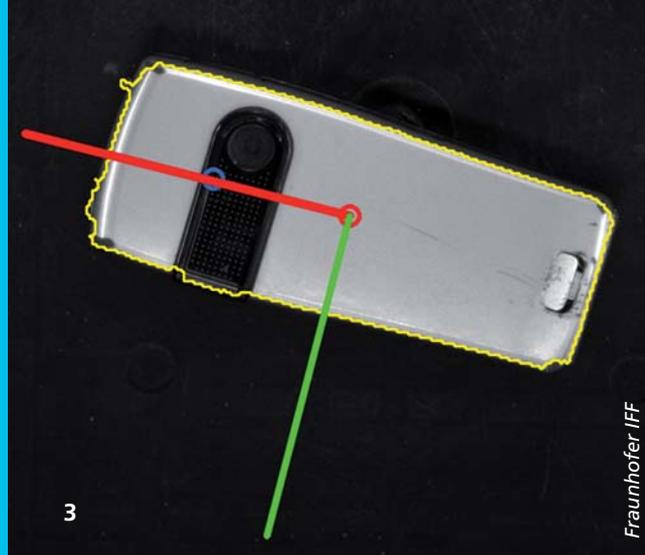
Ein alternativer Ansatz ist die automatisierte Demontage ausgedienter Mobiltelefone mit anschließender Separation und Rückgewinnung der wertvollen Materialien. Diesem Ansatz widmete sich ein europaweites Konsortium von Material-, Chemie-, Automatisierungs- und Telekommunikationsunternehmen im Rahmen des Forschungsprojekts ADIR mit dem Ziel, eine durchgängige Prozesskette für das Recycling von

Mobiltelefonen aufzuzeigen. Aufgrund seiner Expertise in der Entwicklung von Automatisierungslösungen konnte sich das Fraunhofer IFF diesem Projekt anschließen. Die Herausforderung bestand in der Vervollständigung und Integration einer Roboteranlage zur Demontage von Mobiltelefonen in seine einzelnen Bestandteile. Hier baute das Fraunhofer IFF auf den Vorarbeiten eines aus dem Projekt ausgeschiedenen Partners auf. Die automatisierte Demontage ist Teil einer Demonstrationsanlage, deren Recyclingkonzept folgende Technologien nutzt: das Hochleistungspulsverfahren, die 3D-Laser-Vermessung, die Echtzeit-Lasermaterialidentifikation, die Laserbearbeitung und am Ende eine automatische Sortierung. Bei der Demontage gilt es neben dem Akku hauptsächlich die Platinen der Mobiltelefone zu extrahieren und für die nachfolgenden Recyclingprozesse bereitzustellen. Dort werden von den Platinen die Bauteile mit den wertvollen Elementen automatisch herausgelöst und in verschiedene Fraktionen sortiert.

### Prozess der automatisierten Demontage

Aus einem Schüttguttrichter kommend, werden die Mobiltelefone über ein Förderband der Anlage vereinzelt zugeführt. Hier erkennt eine Bildverarbeitungssoftware den Typ und die genaue Lage der Telefone auf dem Förderband. Die Software wurde dazu im Vorfeld mit Einzelaufnahmen von Mobiltele-

- 1 *Vereinzelte Platinen aus zerlegten Mobiltelefonen.*
- 2 *Der Roboter legt ein Mobiltelefon in die Schablone zum Fräsen.*
- 3 *Automatische Lage- und Typerkennung eines Mobiltelefons auf dem Förderband.*



fonen in unterschiedlichen Lagen und Beleuchtungen nach Methoden des Maschinellen Lernens trainiert. Damit lässt sich das System relativ einfach um weitere Telefontypen erweitern. Anschließend übernimmt ein Industrieroboter das Einlegen in eine dreh- und klappbare Spannvorrichtung, die mit speziell an den jeweiligen Telefontyp angepassten Schablonen ausgestattet ist. Zur Vorbereitung der Demontage werden hier alle Verbindungselemente wie Schrauben und Clipverbindungen des Mobiltelefons durch eine Fräse entfernt. Danach separiert der Roboter die Einzelteile der Telefone aus der Spannvorrichtung per Backen- und Sauggreifer. Kunststoffteile wie Ober- und Unterschale werden in einem separaten Behälter unterhalb der Anlage ausgesondert. Weitere Komponenten wie Lautsprecher und Mikrofone werden nachfolgend daraus extrahiert. Die entnommenen Akkus gelangen über eine Rutsche in einen separaten Behälter. Die Platinen werden anschließend vom Roboter entnommen und in einer Spannvorrichtung fixiert. Hier werden vorhandene Abschirmbleche sowie zugehörige Befestigungsrahmen von der Platine entfernt, um im nachfolgenden Prozess einen besseren Zugang zu allen Bauelementen auf der Platine zu gewährleisten. Diesen Arbeitsschritt übernimmt ebenfalls das Fräsportal. Die auf diese Weise vorbereiteten Platinen werden dann am Übergabepplatz den nachfolgenden Stationen bereitgestellt.

### Nutzen und Weiterentwicklung der Technologie

Das System wurde zunächst für mehrere unterschiedliche Modelle von Tastentelefonen evaluiert, welche noch in großen Mengen unverwertet in den Wertstoffhöfen vorhanden sind. Daneben wurden bereits Untersuchungen mit Smartphones mit zum Teil geklebten Touchscreens durchgeführt. Weiterer Entwicklungsbedarf besteht in der zeitlichen Optimierung des Fräsens zum Erreichen höherer Anlagendurchsätze.

Der Ansatz des automatisierten Zerlegens zeigt ein großes Potenzial zur Extraktion wertvoller Materialien aus ausgesonderten Mobiltelefonen sowie anderen Elektro- und Elektronik-

geräten, die auf konventionellem Wege nicht zurückgewonnen werden können.

### Projektpartner

Aurubis AG, Hamburg; ECG – Electrocyling GmbH, Goslar; Fraunhofer ILT, Aachen; H.C. Starck GmbH, München; H.C. Starck Tantalum and Niobium GmbH, München; Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice, Polen; Laser Analytical Systems & Automation GmbH, Aachen; OSAI A.S. S.p.A., Parelle, Italien; Tre Tau Engineering SRL, Torino, Italien

### Kontakt im Geschäftsbereich Robotersysteme

Dr. José Saenz  
 Telefon +49 391 4090-227 | Fax +49 391 4090-93-227  
 jose.saenz@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Torsten Felsch  
 Telefon +49 391 4090-223 | Fax +49 391 4090-93-223  
 torsten.felsch@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »ADIR - Next generation urban mining – Automated disassembly, separation and recovery of valuable materials from electronic equipment« wurde innerhalb des europäischen Rahmenprogramms für Forschung und Innovation, Horizont 2020 von der EU mitfinanziert. (Förderkennzeichen: 680449)





## LERNEN UND KREATIV PLANEN IM 360-GRAD-PROJEKTIONSRAUM DES ELBEDOME

### Workshopgestaltung in einer virtuellen Umgebung

Wie werden Produktionsprozesse in der zunehmend digitalen und sich schnell ändernden Welt geplant und angepasst? Wie können dabei die Sichtweisen unterschiedlicher Fachexpertinnen und Fachexperten eingebunden werden, und wie kann sichergestellt werden, dass alle über dasselbe Problem sprechen? Welche Rolle spielt dabei Kreativität und wie wird diese ermöglicht? Welche Möglichkeiten eröffnen sich, wenn Moderationskarten und Flipchart-Papier digital ersetzt werden?

Im Projekt »LiMo-Raum – Logistik- und Montageprozesse nutzerorientiert gestalten: interaktiver Lern- und Kreativraum« wurde am Fraunhofer IFF ein Lern- und Kreativraum in dem 360-Grad-Großprojektionssystem »Elbedome« gestaltet und erprobt.

Ziel war es, die Möglichkeiten der Digitalisierung und Visualisierung mit der Gestaltung von Workshops zu verbinden. Es wurde untersucht, inwiefern das »Eintauchen« in virtuelle Szenarien die Kreativität und ein gemeinsames Problemverständnis der Beteiligten fördern können.

Im Rahmen der Anwendungsfelder des Fraunhofer IFF wurden exemplarisch Montage- und Logistikprozesse ausgewählt, um gemeinsam mit Personen verschiedener Funktions- und Hierarchieebenen die Gestaltung und Veränderung dieser Prozesse zu unterstützen. Im Ergebnis entstand ein technologisch unterstütztes Konzept für einen interaktiven Lern- und Kreativraum im Elbedome des Fraunhofer IFF.

### 360-Grad-Projektionsraum Elbedome

Der Elbedome ist ein Mixed-Reality-Labor zur großflächigen Darstellung virtuell-interaktiver 3D-Visualisierungen, in dem großdimensionale Inhalte wie Maschinen, Anlagen, Fabriken oder urbane Räume im Maßstab 1:1 erlebbar gemacht werden können. Er besitzt einen Durchmesser von 16 Metern und eine Höhe von 4 Metern. Die virtuellen Szenarien werden auf insgesamt 400 Quadratmetern Fläche auf die Wand und den Boden projiziert. Der Mensch erlebt hier Szenarien immersiv: Er kann sich in der vollständigen Rundumprojektion frei bewegen oder mit Hologrammen interagieren, die mit einem omnistereoskopischen Verfahren in den Raum durch 25 Stereoprojektoren projiziert werden. Ein ausgefeiltes Audiosystem verstärkt das multisensorische Erlebnis.

### Didaktische Nutzung der technischen Infrastruktur

Das Potenzial der virtuellen Umgebung eines 360-Grad-Großprojektionssystems zum effektiven Lernen und kreativen Planen technischer Prozesse und Produkte besteht in folgenden methodischen und didaktischen Herangehensweisen:

- 1 *Virtuelle Begehung des projizierten technischen Gebäudes eines Stahlwerks.*
- 2 *Brainstorming mit Kreativsoftware in inspirierender Umgebung im Elbedome.*
- 3 *Projektion der Denkhüte (nach de Bono, 1986) anhand von Farbspektren im Elbedome.*



### Transparenz schaffen

Am realen Gerät ist die Sicht aufgrund baulicher Gegebenheiten oft eingeschränkt. Im Elbedome besteht die Möglichkeit, das virtuelle Modell einer Maschine oder Anlage in den Raum zu projizieren und sich direkt in dieses Objekt hineinzubegeben. So werden verdeckte Bauteile und Funktionszusammenhänge sichtbar.

### Erfahrungstransfer fördern

Das Wissen erfahrener Personen zu transferieren ist eine Herausforderung vieler Unternehmen. Oft sind sich die Wissensträger ihrer Expertise nicht bewusst, was den Transfer dieses Wissens zusätzlich erschwert. Der Elbedome bietet die Möglichkeit, reale Arbeitssituationen darzustellen, in denen das Abrufen von Fertigkeiten besser gelingt. Die erfahrenen und die einzuarbeitenden Personen können sich in der virtuellen Umgebung an die technischen Plätze begeben, an denen konkrete betriebliche Arbeitsaufträge durchzuführen sind.

### Akzeptanz von Veränderungen erreichen

Der interaktive Lern- und Kreativraum unterstützt partizipative Verfahren bei der Technologiegestaltung und -entwicklung im Kontext Industrie 4.0. Eine Kreativsoftware mit digitaler Kartenabfrage ermöglicht eine aktive Beteiligung von Nutzergruppen im Elbedome. Zudem werden Planungsvarianten für alle erlebbar. Mitarbeitende gestalten so die Veränderungen an ihrem Arbeitsplatz aktiv mit, was deren Akzeptanz signifikant erhöht.

### In Design-Thinking-Prozessen Faszination wecken

Design-Thinking wird in Entwicklerteams als Methode zur Entwicklung innovativer Ideen schon seit Jahren genutzt. Die Durchführung eines Workshops im Elbedome geht einen Schritt weiter. Die vielfältigen Möglichkeiten unterschiedlicher visueller Repräsentationen von der Skizze bis zum hochauflösenden 3D-Modell unterstützen das visuelle Denken in einer neuen Dimension.

### Der Lern- und Kreativraum als Möglichkeitsraum

Der LiMo-Raum partizipiert davon, dass Interessierte selbst entdecken können, welche Möglichkeiten sich hierdurch bieten. Darüber hinaus können sie gemeinsam mit dem Fraunhofer IFF Ideen für neue Anwendungen entwickeln. Die Hürden für den eigenen Gebrauch sind gering: Über eine intuitive Benutzeroberfläche können Szenarien einfach selbst ausgewählt werden. Es stehen zudem inspirierende Naturszenarien oder innovativ darstellbare Kreativitätstechniken, wie die Projektion von Farbspektren nach der Methode der »Denkhüte« (nach de Bono, 1986), zur Verfügung. Auch das Mobiliar ist variabel: Leichte, transportable Hocker oder komfortable Stühle sowie rollbare Displays fördern intensives Brainstorming.

### Kontakt im Geschäftsbereich Mess- und Prüftechnik

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

Dr.-Ing. Tina Haase  
Telefon +49 391 4090-162 | Fax +49 391 4090-93-162  
tina.haase@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »LiMo-Raum – Logistik- und Montageprozesse nutzerorientiert gestalten: interaktiver Lern- und Kreativraum« wurde im Rahmen der FuE-Richtlinien vom Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt und dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert und von der Investitionsbank Sachsen-Anhalt betreut. (Förderkennzeichen: ZWB 1704/00094)



# AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK

Die Fabrik steht gleich  
neben der Schule.

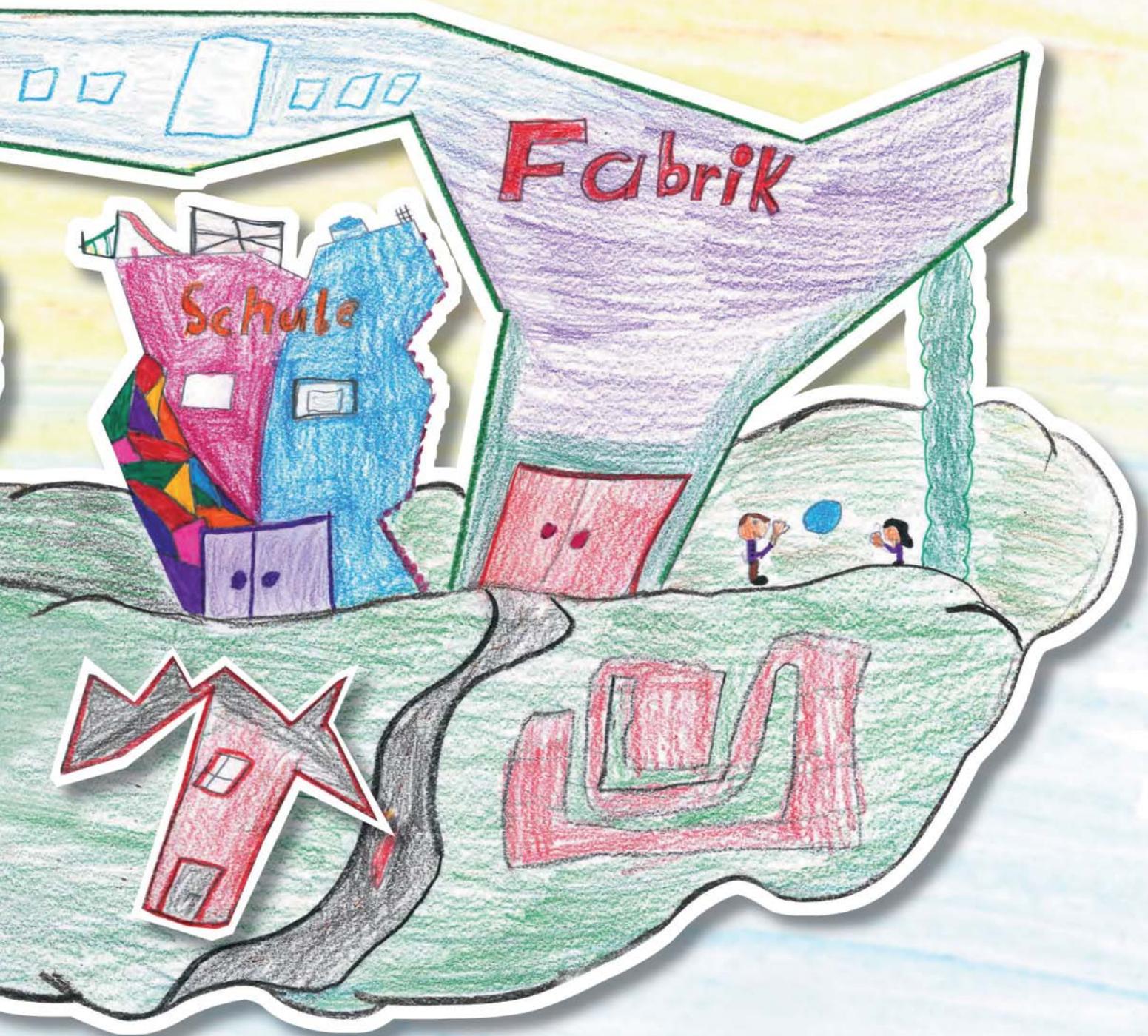
Dann brauchen die  
Lkw nicht so weit fahren.

Hannah, 9 Jahre

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

70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT







## DIGITAL GEPLANTE WALDERSCHLIESSUNG SCHONT DIE WÄLDER

### Vorausschauende Planung sichert erfolgreiche Waldbewirtschaftung

Maßnahmen der Walderschließung sind Voraussetzung für spätere Pflegemaßnahmen, Durchforstungen und den Abfluss des Holzes. Alle einzelnen Elemente der Erschließung, speziell Abfuhrwege, Rückewege und Rückegassen, müssen im Sinne einer schadensminimierenden und erfolgreich nachhaltigen Waldwirtschaft optimal aufeinander abgestimmt werden. Eine herausragende Bedeutung hat dabei die Planung und Anlage von Rückegassen.

Der Feinaufschluss von Waldbeständen erfordert vor dem Hintergrund ökologischer Wirkungen auf Boden und Bestand, ökonomischer Effekte für den Forstbetrieb sowie technischer und ökonomischer Auswirkungen auf die Leistungserbringung der eingesetzten Forstunternehmen zwingend eine vorausschauende Planung.

Eine optimierte Planung von Gassensystemen muss zahlreiche technische (beispielsweise Geländeneigung sowie vorhandene Rücke- und Abfuhrwege), ökologische (beispielsweise Minimierung des Bodendrucks und Aussparung ökologisch sensibler Bereiche) und ökonomische (beispielsweise Senkung der Rückekosten und Minimierung des Produktionsflächenverlusts) Parameter berücksichtigen.

Eine Optimierung der Waldfeinerschließung ist somit eine wesentliche Voraussetzung für eine gleichermaßen ökologisch wie ökonomisch erfolgreiche Waldbewirtschaftung.

### Komplexität forstlicher Erschließungsplanung

Bislang wird die Erschließung, insbesondere die Lage und der Verlauf von Rückegassen, durch das leitende Forstpersonal im Wesentlichen auf Basis ihrer Orts- und Fachkenntnisse geplant. Unterschiedliche Geländebedingungen im Wald, die den Einsatz forstlicher Technik abhängig von der Hangneigung streng limitieren, sind nur ein Beispiel für die Herausforderungen, vor denen das Forstpersonal im Entscheidungsprozess steht.

Die Gassenplanung ist daher nicht nur sehr zeitaufwendig, sondern aufgrund zahlreicher weiterer Einflussgrößen auch so komplex, dass ein optimales Ergebnis zu selten erzielt werden kann. Dieser Umstand steht im Widerspruch zum forstlichen Grundsatz, dass Erschließungswegenetze langfristig Bestand haben müssen – in der Regel mehr als 100 Jahre. Bislang stehen in diesem Planungs- und Entscheidungsprozess nur bedingt technische Hilfsmittel zur Verfügung.

Ziel des Forschungsvorhabens Gassenaufschluss 2.0 war es daher, mit der Entwicklung geeigneter Modelle, Verfahren und Algorithmen zu einer deutlich verbesserten Erschließungsplanung und -durchführung beizutragen.

1 *Wegstruktur in einem Nadelwald.*

2 *Holzernte mit Harvester.*

3 *Schematische Darstellung der Erschließungsstruktur eines Waldstücks.*



---

## Gasse 2.0 unterstützt bei Planung und Steuerung

---

Im Rahmen des Projekts wurden Möglichkeiten zur Unterstützung sowohl der Planung von Gassennetzen als auch der Steuerung von deren operativer Umsetzung geschaffen. Dabei ist es erstmals gelungen, richtungs- und technikabhängige Höhenhindernisse im Geländeverlauf eines Waldgebiets auf Basis des digitalen Geländemodells zu berechnen, zu visualisieren und für eine algorithmenbasierte Planung im Forst als ergänzende Datengrundlage zur Verfügung zu stellen.

In einem weiteren Schritt erzeugen mathematische Optimierungsalgorithmen auf der Grundlage vorhandener geodatenbasierter Informationen alle zulässigen Gassennetzvarianten für einen konkreten Planungsfall. Diese werden rechnerisch in Sekundenschnelle einer Bewertung unterzogen. Ein Ranking der hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und betrieblicher Kriterien jeweils besten Planungsvarianten unterstützt das Forstpersonal bei der Auswahl einer optimalen Lösung.

Ergänzend wurde ein Verfahren für die Forstunternehmen, die den Gassenaufschluss praktisch umsetzen, entwickelt. Aufbauend auf vorhandenen Lokalisierungstechnologien wird dabei dokumentiert, ob der geplante Gassenverlauf eingehalten wird. Insbesondere bei auftretenden Störungen oder Abweichungen wird in Abstimmung mit dem Forstpersonal der weitere Arbeitsverlauf in geeigneter Form angepasst.

---

## Erfolgreicher Test im Forstbetrieb

---

Auf Grundlage der konzipierten Verfahren und erfolgreich umgesetzten Algorithmen stehen Demonstrationslösungen sowohl für die Planungsunterstützung als auch für operative Steuerungsprozesse zur Verfügung. Beide Verfahren wurden in der betrieblichen Praxis untersucht und im Betrieb getestet. Die Ergebnisse zeigten die Mehrwerte, die eine algorithmenbasierte Planungsunterstützung bei einer routinemäßigen Verwendung in der Forstwirtschaft bietet.

Mit den entwickelten Verfahren kann in der forstlichen Praxis nicht nur die Effizienz im Planungsprozess erhöht und der Aufwand für das leitende Forstpersonal gesenkt werden, sondern auch eine ökonomische und ökologische Bewertung der Planungen unter Berücksichtigung betriebspezifischer Ziele verwirklicht werden. Damit wird gleichermaßen auch ein Beitrag zur Erhöhung der (langfristigen) Planungssicherheit und zur Sensibilisierung des Forstpersonals für Konsequenzen planerischer Entscheidungen geleistet.

---

## Projektpartner

---

Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt, FB Oberharz, Trautenstein

---

## Kontakt im Geschäftsbereich Logistik- und Fabrikssysteme

---

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt  
Telefon +49 391 4090-811 | Fax +49 391 4090-93-811  
[ina.ehrhardt@iff.fraunhofer.de](mailto:ina.ehrhardt@iff.fraunhofer.de)

Denny Schmelz B. Sc.  
Telefon +49 391 4090-811 | Fax +49 391 4090-93-811  
[denny.schmelz@iff.fraunhofer.de](mailto:denny.schmelz@iff.fraunhofer.de)

---

## Förderung

---

Das Projekt »Digitalisierung der Planung und Prozesssteuerung für die Walderschließung auf Basis von Modellen und Algorithmen zur optimalen Ressourcenschonung« wurde aus Mitteln der Rentenbank finanziert. (Förderkennzeichen: 815 705)



# FRACHTINSPEKTIONSSYSTEM ZUR ECHTZEIT-ANALYSE LOGISTISCHER GÜTER

## Bedeutung der VolumenkenngroÙe für Logistik- und Materialflussprozesse

VolumenkenngroÙen sind neben dem Gewicht wesentliche SteuergröÙen für Logistik- und Materialflussprozesse. Sie werden benötigt sowohl direkt für die Materialflusssteuerung (beispielsweise Routenplanung, Packoptimierung und Sortierung) als auch für nebenläufige Informations- und Abrechnungsprozesse (beispielsweise Rechnungslegung und Dokumentation).

Obwohl die VolumenkenngroÙe eine wichtige Bedeutung hat, liegt häufig nur eine unzureichende Kenntnis darüber vor. In der Logistik werden Stückgüter nach wie vor überwiegend manuell erfasst, wodurch Fehler in der Bemessung der VolumenkenngroÙen entstehen können. Diese Fehler führen zu höheren Prozesskosten für die Logistikdienstleister und zu steigenden Versandkosten für die Kunden.

## 3D-Multisensorsystem »ScanSpector«

Gemeinsam mit seinen Projektpartnern entwickelte das Fraunhofer IFF im Zuge des Forschungsprojekts »MultiSensor« ein 3D-Multisensorsystem zur Rundumerfassung und Echtzeitanalyse logistischer Güter. Mit dem »ScanSpector« wurde ein neues flexibles Frachtinspektionssystem geschaffen, das es dem Logistikdienstleister ermöglicht, während der Durchfahrt die Abmessungen, Volumina und andere Sendungsdaten von Gütern sicher automatisch zu erfassen und sekundenschnell in das Transportmanagementsystem einzupflegen.

Zentrale Elemente von ScanSpector sind Frachtinspektionssäulen mit integrierten Tiefenbildsensoren, welche die Fracht beim Passieren der Säulen mit einer hohen Bildwiederholrate scannen. Aus den einzelnen Scans werden in Echtzeit 3D-Punktwolken errechnet, welche als Basis für die Vermessung genutzt werden. Durch die hohe Wiederholrate, die Datenfusion der einzelnen Sensoren sowie die Fusion über die Zeit, lässt sich ein präzises, rundum erfasstes 3D-Modell schon während der Durchfahrt erstellen, sodass ein Abstellen der Fracht oder eine angepasste Fahrweise für die Messung nicht notwendig sind. Anhand des 360-Grad-Modells lassen sich die Identität, die Abmessungen sowie das Aussehen der Fracht bestimmen. Zudem können so Abweichungen vom gewünschten Soll-Zustand ermittelt und die nächsten Handlungsschritte automatisiert eingeleitet werden.

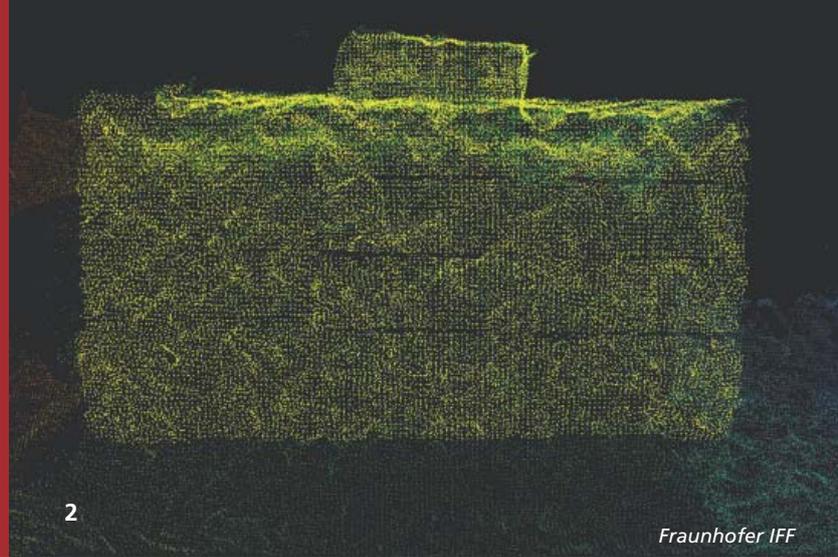
Die hohe Kompatibilität des Messsystems ermöglicht eine einfache Erweiterung der Frachtinspektionssäulen durch die Integration weiterer Systemlösungen. So können die Frachtinspektionssäulen mit Barcode- und RFID-Scannern zur Identifikation der Fracht erweitert werden. Zudem verfügt ScanSpector über parametrisierbare Schnittstellen, welche die digitale Übertragung aller sendungsrelevanten Daten innerhalb weniger Sekunden ins Transportmanagementsystem ermöglichen. Hierdurch lässt sich die Vereinnahmung von Frachtsendungen hinsichtlich Effizienz und Geschwindigkeit deutlich optimieren.

- 1 *Flexibles Frachtinspektionssystem ScanSpector.*
- 2 *Ergebnismodell des ScanSpectors.*



1

Fraunhofer IFF



2

Fraunhofer IFF

Systemseitig ist jede Frachtinspektionssäule kalibriert, wodurch das flexible Frachtinspektionssystem nach dem Positionieren »out-of-the-box« betriebsbereit ist. Für den Aufbau werden bevorzugt zwei sich gegenüberstehende Säulen installiert, da nur so ein rundum erfasstes 3D-Modell erstellt werden kann. Dabei stellt jedoch jede Frachtinspektionssäule für sich allein bereits ein komplettes System dar. In bestimmten Einsatzfällen würde deshalb auch eine einzelne Säule genügen. Für komplexere Anwendungen können bei Bedarf aber auch mehrere der Säulen kombiniert werden.

Durch die Anbringung von jeweils einem 2D-Code auf der linken und rechten Seite der Gabel des Gabelstaplers ist nicht nur dessen Identifizierung möglich, sondern das System erkennt auch dessen Fahrtrichtung. Die Eigenschaften der Codes ermöglichen eine Ermittlung ihrer Position und Orientierung im 3D-Raum, wodurch die Position, Hubhöhe, Geschwindigkeit und Neigung der Gabel automatisch erkannt werden. Dies führt zu einer Effizienzsteigerung, da den Fahrern mehr Freiheitsgrade beim Messvorgang gelassen werden und eine Beeinflussung des normalen Transportvorgangs vermieden wird.

### Nutzen des ScanSpector für Logistikdienstleister

Aufgrund der Diversität der Objekte und Materialien, welche die Logistik verarbeiten muss, lassen sich die Ergebnisse von ScanSpector am besten anhand eines Beispiels zeigen. Gut erkennbar ist im Bild 2, dass für die Darstellung des Frachtmodells nur die Punkte der Fracht verwendet werden (gelb dargestellt). Alle weiteren erfassten Punkte beispielsweise von baulichen Gegebenheiten oder vom Transportmittel werden bei der Darstellung des Frachtmodells nicht angezeigt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit ScanSpector ein flexibles Frachtinspektionssystem entwickelt wurde, das die Fracht während der Durchfahrt mit dem Gabelstapler oder Hubwagen scant, um so deren Identität, die Abmessungen

sowie das Aussehen zu erfassen. Durch den Einsatz von ScaSpector bieten sich dem Logistikdienstleister folgende Vorteile:

- sichere Vereinnahmung und Reduzierung von Transportkosten durch automatische Frachtidentifikation und -vermessung
- bildbasiertes Inspektionssystem für die Dokumentation (sowohl 2D als auch 3D)
- Out-of-the-box-Installation (auch für die temporäre Nutzung in Messkampagnen)
- Ergänzung mit zusätzlicher Sensorik (zum Beispiel Barcode- und RFID-Scanner)
- Bereitstellung von 3D-Daten zur besseren Auslastung von Transportkapazitäten

### Projektpartner

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; Thorsis Technologies GmbH, Magdeburg; Viaboxx GmbH, Königswinter

### Kontakt im Geschäftsbereich

#### Materialflusstechnik und -systeme

Maik Groneberg M. Sc.

Telefon +49 391 4090-412 | Fax +49 391 4090-93-412  
maik.groneberg@iff.fraunhofer.de

Thomas Depner M. Eng.

Telefon +49 391 4090-711 | Fax +49 391 4090-93-711  
thomas.depner@iff.fraunhofer.de



## DIGITALES RAUMBUCH ZUR BEDARFS- ERMITTLUNG IN BAUPROJEKTEN

### Anwendung der BIM-Methode in der Fraunhofer-Gesellschaft

Mit dem Pilotprojekt »BIMiFhG« unterstützt die Fraunhofer-Allianz Bau die Bauabteilung der Fraunhofer-Zentrale dabei, das zukunftsweisende Verfahren des Building Information Modeling (BIM) mit seinen vielfältigen Möglichkeiten für Planung, Bau und Betrieb von Institutsgebäuden der Fraunhofer-Gesellschaft nutzbar zu machen. Im Rahmen des Pilotprojekts, das den Bau eines neuen Gebäudes für das Fraunhofer IGCV in Garching begleitet, werden Anwendungen von BIM für Bauherren erprobt. Aufgrund mangelnder Erfahrungswerte ist dies für die Digitalisierung des Bauwesens in Deutschland von hohem Interesse. Die Herausforderungen bei der Umsetzung der BIM-Methode bestehen für Bauherren in der durchgängigen Verfügbarkeit relevanter Informationen. Welches dabei relevante Informationen sind, wird anhand der BIM-Ziele des Bauherrn ermittelt. Eine besondere Bedeutung hat hierbei der Abgleich der Anforderungen an ein neues Gebäude mit den Entwürfen der Architekturbüros. Dies wird durch eine strukturierte Datenaufnahme erleichtert.

Als zentrales Arbeitsmittel für Neu- oder Umbaumaßnahmen hat sich das sogenannte Raumbuch in der Abteilung für Bauangelegenheiten und Liegenschaften der Fraunhofer-Gesellschaft etabliert. Darin werden alle Anforderungen an das neue Gebäude oder den Umbau gesammelt. Sie bilden die Grundlage für die Kalkulation, die Planung und die Ausführung des Bauprojekts. Die Erfassung der Anforderungen erfolgt bisher in einzelnen Microsoft Word- oder Excel-Dateien und wird auch in der Regel in dieser Form den Architektur- oder Fachplanungsbüros übergeben.

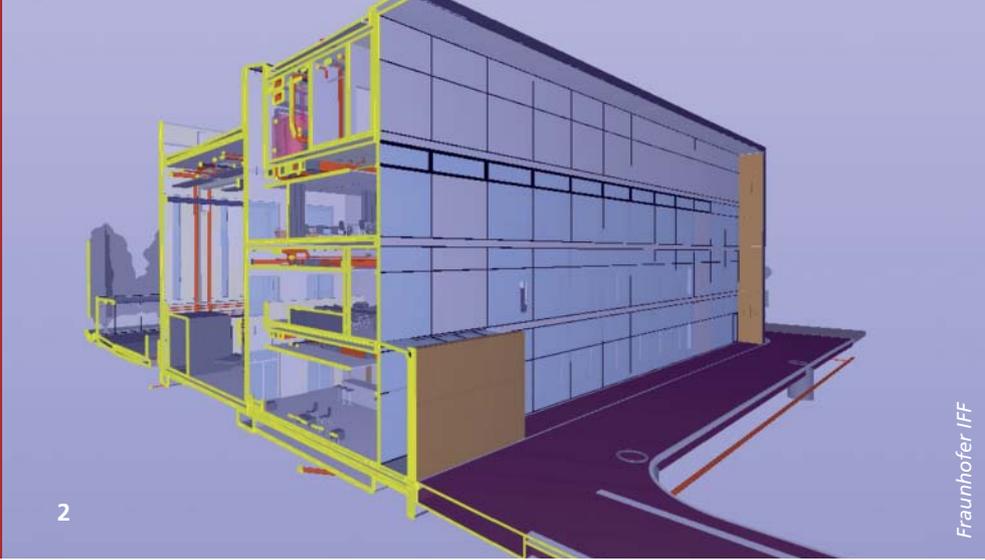
Um die Digitalisierungsstrategie der Fraunhofer-Gesellschaft fortzuschreiben, soll das Raumbuch zukünftig in digitaler Form datenbankbasiert realisiert werden. Dies ermöglicht eine nutzerspezifische und intuitive Daten- und Informationserfassung, schnelle und einfachere Auswertungsmöglichkeiten sowie die Kontrolle von Lösungsentwürfen und Budgets. Weiterführend lassen sich Kosteninformationen so erfassen beziehungsweise verwalten, dass sie als Erfahrungswerte zur Kalkulation neuer Projekte zur Verfügung stehen.

### Das Digitale Raumbuch

Das für die Bauabteilung der Fraunhofer-Gesellschaft entwickelte Assistenzsystem zur Datenaufnahme in Bauprojekten wird derzeit von mehreren Baubeauftragten bei der Datenaufnahme für ihre Bauprojekte getestet. Neben der Eingabe der Stellenbedarfe können Räume und Flächen definiert werden, welche dann mittels einer Abfrage von Attributen parametrisiert werden. Die Datenerfassung und Bedarfsermittlung wird dadurch vereinfacht, dass auf bereits parametrisierte Musterräume (beispielsweise Büros oder Besprechungsräume) zugegriffen werden kann. Auch für die Erstausrüstung ist es möglich, vordefinierte Musterausstattungen zu verwenden beziehungsweise neue Ausstattungsobjekte anzulegen und diese anschließend den angelegten Räumen zuzuordnen. Auf dem Dashboard können Projektmeilensteine und Budgets definiert und überwacht sowie Raumparameter in verschiedenen graphischen Varianten dargestellt werden.

1 *Rendering des Institutsneubaus des Fraunhofer IGCV.*

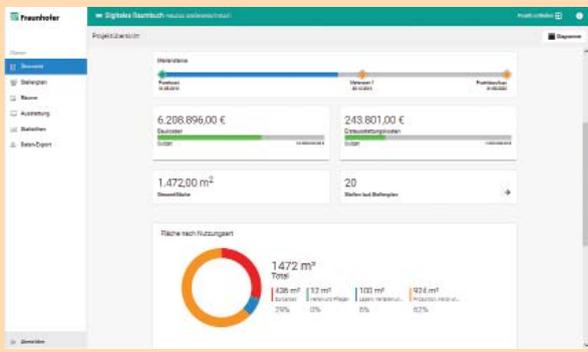
2 *Digitales Modell im Solibri Model Checker.*



2

Fraunhofer IFF

## Oberfläche des Digitalen Raumbuchs für ein Bauprojekt und dessen Kennzahlen.



Fraunhofer IFF

## Fazit und Ausblick

Das Digitale Raumbuch ist modular aufgebaut, wodurch es sehr gut individuellen Projektgegebenheiten angepasst werden kann. Dies macht den Einsatz auch außerhalb von BIM-Projekten attraktiv.

Die Bedienung des Digitalen Raumbuchs ist einfach, es zeichnet sich durch eine flache Klickhierarchie und klar abgegrenzte Funktionsbereiche aus. Es wird ein Handbuch geben, welches die einzelnen Funktionen genau beschreibt. Der Bauabteilung werden darüber hinaus zusätzliche Funktionen zur Verwaltung der Projekte, der Musterräume, der Attribute etc. zur Verfügung stehen. In einem Fraunhofer-Wiki werden alle Informationen rund um das Thema BIM gespeichert, unter anderem auch das Handbuch zum Digitalen Raumbuch.

Der IFC-Export wird eingesetzt, um die Qualitätssicherung der Modelle zu automatisieren. Dazu werden das Bauherren-IFC-Modell aus dem Digitalen Raumbuch und das Architekturmodell in einen Model Checker geladen und auf vorher bestimmte Kriterien geprüft.

## Projektpartner

Abteilung für Bauangelegenheiten und Liegenschaften der Fraunhofer-Gesellschaft, München; Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Holzkirchen; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAQ, Stuttgart

## Kontakt im Geschäftsbereich

### Logistik- und Fabrikssysteme

Dipl.-Math. Stefanie Samtleben  
 Telefon +49 391 4090-124 | Fax +49 391 4090-93-124  
 stefanie.samtleben@iff.fraunhofer.de

Zu den bereits realisierten Exportfunktionen gehören neben dem Export der Stellen- und Raumbedarfsdaten in Microsoft Word und Excel auch der Export der Erstausrüstungsliste inklusive der Kosten in entsprechenden Vorlagen. Demnächst soll auch der Datenexport im IFC-Format möglich sein.

Vorteile des Digitale Raumbuchs:

- nutzerfreundliche und intuitive Anforderungsaufnahme mit einem digitalen Werkzeug
- Vermeidung von Medienbrüchen
- transparente Übersicht über den Nutzerbedarf
- individuelle grafische Darstellung von Parametern als Dashboard (zum Beispiel Fläche nach Nutzungsart, Baukostenabschätzung, Erstausrüstungskosten etc.)
- Definition und Überwachung von Meilensteinen
- Verwendung von Musterräumen und -ausstattungen

Zielgruppe des Digitalen Raumbuchs:

- Bauherren – Projektindividuelle Abfrage von Raum- und Ausstattungsparametern, Schaffung einer Datenbasis für Architekten und Fachplaner, Abgleich von Soll- und Plan-Daten
- Betreiber/Nutzer – Definition der gewünschten Anforderungen an das zukünftige Gebäude



## DIGITALISIERUNG VON INBOUND-PROZESSEN MIT IOT-TRACKERN

### Auto-ID revolutioniert das Betriebsmittelmanagement

Digitalisierung steigert die Transparenz in Lieferketten. Zentrales Anliegen der Inbound-Logistik am Audi-Standort Ingolstadt ist es, die termingerechte Beschaffung, Anlieferung und den Abtransport von Waren und Gütern sicherzustellen und gleichzeitig die Prozesseffizienz zu steigern. Eine Grundlage für die Digitalisierung von Lieferketten ist die Ausstattung beschaffungsrelevanter Betriebsmittel mit Tracking-Technologien. So können die Betriebsmittel eindeutig identifiziert und geortet sowie Betriebszeiten, Ruhezeiten, Auslastungen und Verkehrsströme echtzeitnah erfasst und analysiert werden.

### LoRaWAN – eine Innovation in der Logistik

Will man im urbanen und industriellen Umfeld eine ausreichend gute Netzabdeckung über großflächige Gebiete inklusive der Durchdringung von Gebäuden erreichen, ist oft eine aufwendige und kostspielige Infrastruktur notwendig. Eine zuverlässige und funktionsfähige Netzwerkstruktur ist für den produktiven Einsatz von IoT-Geräten unabdingbar. Erschwerend kommt hinzu, dass unzählige Betriebsmittel in der Logistik über keine eigene Energieversorgung verfügen. Somit müssen IoT-Tracker für Betriebsmittel möglichst energieeffizient, autark und wartungsarm konzipiert sein. Zudem verlangen Szenarien der Sendungsverfolgung (Track & Trace) neben hohen Reichweiten bei langen Akkulaufzeiten auch möglichst echtzeitfähige Datenübertragungen mit präziser Standortübermittlung.

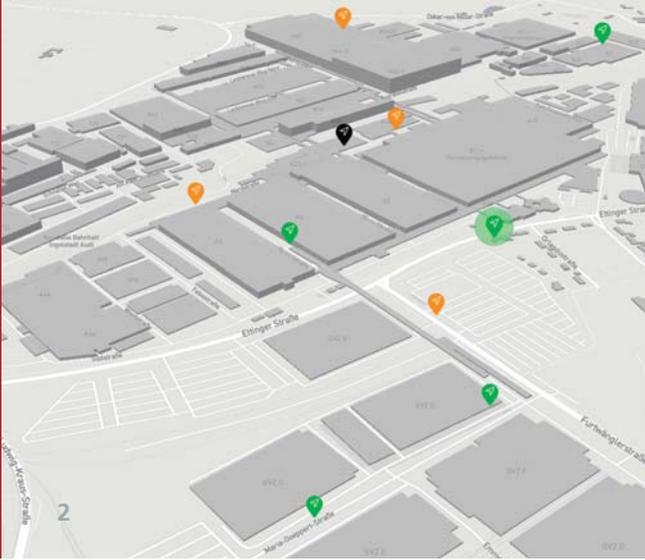
Das Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) bietet für diese spezielle logistische Anwendung hervorragende Eigenschaften. Mit nur einer Empfangsantenne können auch in

urbanen Bereichen Übertragungsradien von mehr als 10 Kilometern erreicht werden. LoRaWAN bietet mit seiner Leistungsübertragungsbilanz von 150 Dezibel Milliwatt (dBm) eine sehr tiefe Gebäudedurchdringung. Die Nutzung des verwendeten Funkbandes (ISM) ist im Gegensatz zu 5G oder NB-IoT lizenzfrei und stellt somit für die Industrie eine kostengünstige und unabhängige Alternative für den Datenaustausch im M2M-Bereich dar.

Gerade Automobilunternehmen wie Volkswagen und Audi profitieren von der selbstinstallierbaren Lösung. So ist es standortübergreifend möglich, eigene Netze aufzubauen, die auch lokale Lieferantenparks einbeziehen. Eine Einschränkung im Vergleich zu anderen Funktechnologien wie 5G oder WLAN stellt die geringere Übertragungsradien bezüglich Nachrichtenumfang und Sendehäufigkeit dar. LoRaWAN eignet sich deshalb primär für Anwendungen mit geringeren Datenmengen.

Im Rahmen eines Pilotprojekts der Konzernlogistik der Volkswagen AG wurde durch das Fraunhofer IFF die Erprobung einer LoRaWAN-basierten Betriebsmittelidentifikation und -ortung am Audi-Standort Ingolstadt durchgeführt. Das Ziel war es, auf Basis der Ergebnisse dieses Pilotprojekts die Eignung des LoRaWAN-basierten Lösungsansatzes für den Anwendungsfall »Abfuhr anderer Lager« zu prüfen und zu bewerten. Im Fokus standen dabei Track & Trace-Szenarien auf Transportebene sowohl für den überbetrieblichen Transport externer Dienstleister

- 1 Betriebsmitteleinsatz im Automotive-Bereich.
- 2 IoT-Betriebsmittel-Lokalisierung am Audi-Standort Ingolstadt.
- 3 Monatlicher Routenverlauf einer Zugmaschine (geordnet nach Tagen: Tag 1 = blau bis Tag 30 = gelb).



zu verschiedenen Außenlagern im Umfeld des Montagewerks mittels Lkw als auch für den innerbetrieblichen Verkehr mit Hilfe von Zugmaschinen im Güterverkehrszentrum.

Der Einsatz von IoT-Trackern soll mehr Transparenz in der Logistik schaffen. Informationen über die Betriebsmittel im regionalen Logistiknetzwerk sollen tagesaktuell zur Verfügung stehen, um unter anderem die Beschaffungs- sowie Bereitstellungs- und Produktionslogistik (Inbound-Prozesse) effizienter gestalten und die Rückverfolgbarkeit (Traceability) erhöhen zu können. Ziel ist es, Ressourceneinsätze für Transporte und Materialien zu reduzieren.

---

### Praxisnaher Test von IoT-Geräten

---

Mit der werksinternen Infrastruktur von drei Gateways sollten Transporte zu Außenlagern im Umkreis bis zu 30 Kilometern verfolgt werden. Somit wurde eine automatische Identifikation und Lokalisierung verschiedener Betriebsmittel wie Lkw und Zugmaschinen möglich. Für das Pilotprojekt wurden durch das Fraunhofer IFF über einen Zeitraum von drei Monaten insgesamt 25 Betriebsmittel mit aktiven LoRaWAN-Trackern verschiedener Hersteller ausgestattet, die eine Selbstortung über GPS durchführten. Die Bewegungsdaten wurden über LoRaWAN an die Gateways übertragen und von dort zu einer IoT-Plattform weitergeleitet, wodurch die aktuellen Positionen der Betriebsmittel hier jederzeit abrufbar waren.

Das Fraunhofer IFF nutzte die Tracking-Daten für die technische Analyse eines LoRaWAN-Netzwerks. Zudem wurden die Nutzenpotenziale durch Beurteilung und Ableitung der Betriebsmittelaktivitäten ermittelt. Eine Reichweitenanalyse lieferte Aufschluss über die Nutzbarkeit der LoRaWAN-Technologie für das spezielle Testszenario. Zusätzlich wurden unterschiedliche Ansätze für das Energie-Management der Tracker auf Praktikabilität untersucht. Getestet wurden eine permanente Stromversorgung, ein Batteriebetrieb sowie die Kombination von Batteriebetrieb und Solarenergie.

Für den Test wurden die IoT-Tracker jeweils so konfiguriert, dass diese sowohl intervallgesteuert als auch eventbasiert Nachrichten versenden. Das Intervall diente der kontinuierlichen Bereitstellung des Tracker-Zustands inklusive des Energieverbrauchs durch einen sogenannten »Heartbeat«. Die eventbasierte Übertragung wurde im Hinblick auf eine energieeffiziente Gerätenutzung so konfiguriert, dass die Tracker in der Bewegung vermehrt Informationen über ihren aktuellen Standort übermittelten und bei Stillstand in einen Ruhemodus wechselten.

---

### Fazit: Praxistaugliche Anwendungen mit Potenzial

---

Das Fraunhofer IFF führte den praxisnahen Piloten am Audi-Standort Ingolstadt erfolgreich durch. Es wurden hohe Reichweiten mit bis zu 18 Kilometern, Ortungsgenauigkeiten mit unter 10 Metern im industriellen Umfeld und gute Durchsatzraten von durchschnittlich elf Nachrichten pro Stunde und Tracker bei guter Energiebilanz erreicht. Die Ergebnisse überzeugten die Volkswagen AG und die AUDI AG. Darüber hinaus ließen sich mit Hilfe der durchgeführten Analysen Aussagen über Aufenthaltshäufigkeiten, Prozessdauern und Effektivitätspotenziale ableiten. Schwachstellen in der Tourenplanung konnten identifiziert werden, um einen effizienteren Warentransport und schnellere Produktionszyklen zu erreichen.

---

### Projektpartner

---

Volkswagen AG, Wolfsburg; AUDI AG, Ingolstadt

---

### Kontakt im Geschäftsbereich Materialflusstechnik und -systeme

---

Dipl.-Ing. Nils Brauckmann  
Telefon +49 391 4090-160 | Fax +49 391 4090-93-160  
nils.brauckmann@iff.fraunhofer.de

# AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS KONVERGENTE INFRASTRUKTUREN

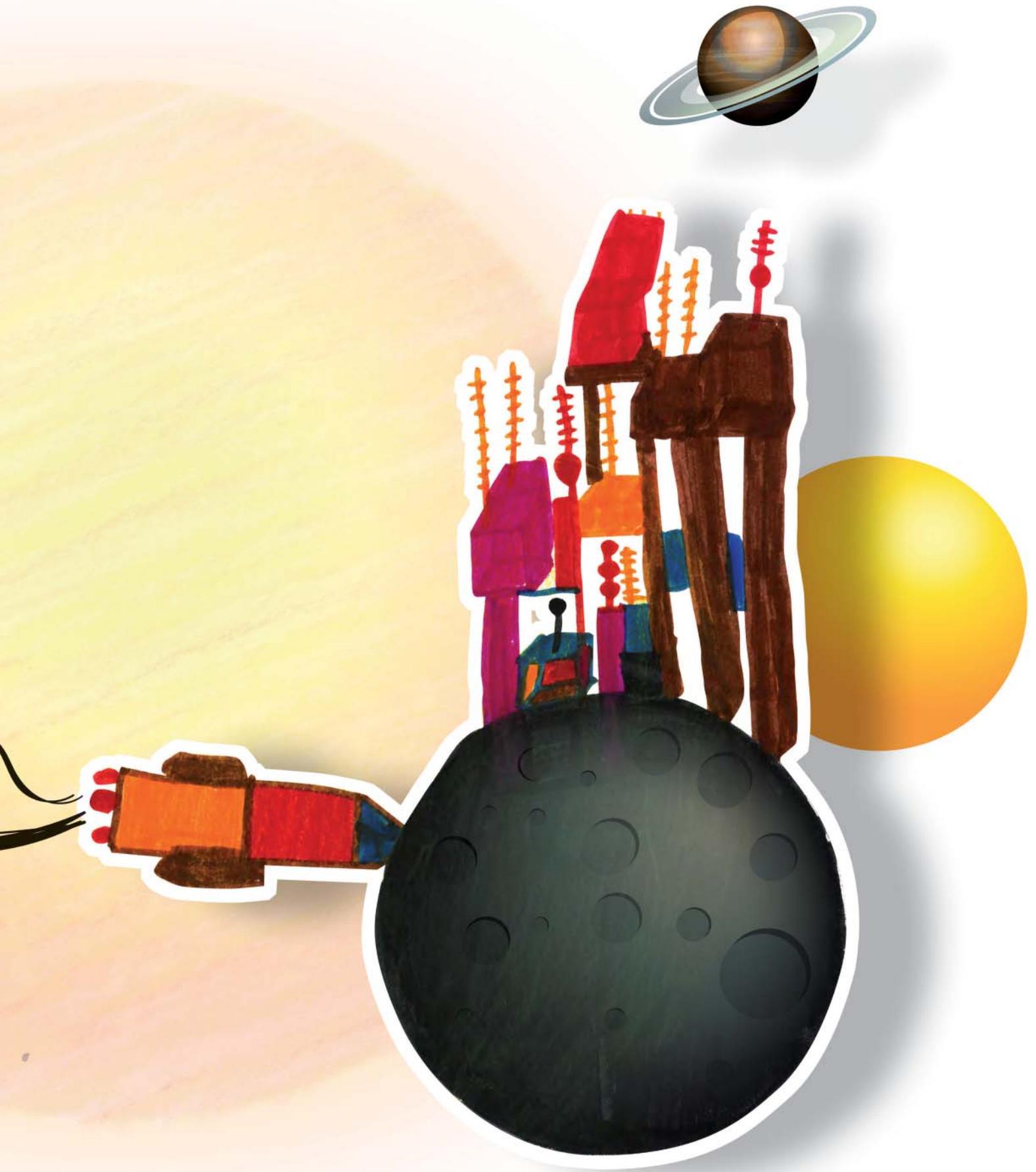
Die Fabrik der  
Zukunft steht auf dem Mond  
und gewinnt  
Energie  
aus Sonnenkraft.

Jonas, 8 Jahre

Die Zukunft der Energieversorgung wird nachhaltig und ökologisch sein und darauf beruhen, fossile Brennstoffe und die Kernkraft langfristig vollständig als Energielieferanten abzulösen. An ihre Stelle treten regenerative Energieträger wie Sonne, Wind und Wasserkraft aber auch Reststoffe aus der Produktion, Recyclingmaterial und vieles mehr. Damit gehen die Entwicklung neuer Speichertechnologien und immer effizienterer Anlagen für die Energiegewinnung sowie die Gestaltung neuer dezentraler und 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 Forscherinnen und Forscher entwickeln intelligente Systeme für das Energiemanagement und entwerfen integrierte Produktions- und Logistiknetze, um die sichere Nutzung volatiler Energien möglich zu machen. Und mit der Entwicklung und dem Einsatz innovativer VR-Technologien unterstützen sie den Planungs- und Entwicklungsprozess von Großprojekten im industriellen und urbanen Umfeld.

70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT







## STARK VERNETZT IN DER PLATTFORM »ERA-NET SMART ENERGY SYSTEMS«

### Lokale Lösungen zu einer europäischen Wissensgemeinschaft zusammenführen

Die Europäische Union fordert von seinen Mitgliedern, die Energiesysteme grundlegend auf eine nachhaltige, kohlenstoffarme und klimafreundliche Wirtschaft umzustellen. Am Fraunhofer IFF werden Lösungen für die gemeinsame Aufgabe der europäischen Energiewende zusammengeführt.

Innovative und wettbewerbsfähige europäische Unternehmen sollen Technologien und Dienstleistungen entwickeln, um über effiziente und kohlenstoffarme Energielösungen zu verfügen. Die gemeinsame Plattform »ERA-Net Smart Energy Systems« unterstützt Forschungs-, Entwicklungs- und Innovations- (FEI)-Initiativen, die zur Entwicklung integrierter lokaler und regionaler Energiesysteme beitragen und Lösungen für die effiziente Bereitstellung, Integration und Nutzung eines hohen Anteils erneuerbarer Energien identifizieren.

Gemeinsam mit Partnern der ERA-Net-Plattform ermittelt ein Expertenteam des Fraunhofer IFF in den Projekten RIGRID, RELflex und ACES spezifische kritische Bedürfnisse innerhalb regionaler/lokaler Energiesysteme unter Einbeziehung von Betreibern und relevanten Nutzern für eine gemeinsame Entwicklung und Erprobung zukunftsweisender Lösungen.

### RIGRID – Optimale Planung und Betrieb von erneuerbaren Infrastrukturen in ländlichen Gebieten

Im Rahmen von RIGRID hat das Fraunhofer IFF ein interaktives Tool zur Planung der elektrischen Infrastruktur auf Grundlage erneuerbarer Energiequellen in ländlichen Gebieten entwickelt. Der ganzheitliche Planungsansatz ermöglicht es, die

optimale Lösung unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Kriterien bei der Planung neuer Infrastrukturen zu identifizieren. Die entwickelten Algorithmen erlauben die optimale Konfiguration eines Microgrids und die technische Auswahl der Energieerzeugungsanlagen inklusive der Dimensionierung von Energiespeichern, Stromleitungen und Transformatoren. Durch eine Sensitivitätsanalyse werden wirtschaftliche Kriterien vor allem auch im Zusammenhang mit den Investitions- und Betriebskosten einer bestimmten Technologie berücksichtigt, was die Erstellung eines geeigneten Investitionsplans ermöglicht. Mit dem dazugehörigen interaktiven Virtual-Reality-Tool werden 3D-Modelle mit verschiedenen Energieinfrastruktur-Konfigurationen erstellt, die von der betroffenen Bevölkerung diskutiert und bewertet werden können, um die gesellschaftliche Akzeptanz einer geplanten Investition zu gewährleisten. Die praktische Umsetzung in der ausgewählten ländlichen Region schafft die Voraussetzungen, um die Funktionsweise der entwickelten und in das EMACS-Tool (Energy Management And Control System) integrierten Algorithmen zur Steuerung und zum Schutz von Stromerzeugungsanlagen, Energiespeichern und flexiblen

1, 2 Luftbild der Gemeinde Pušck und der RIGRID-Demonstratoranlagen (o.) sowie als virtuelle Abbildung für die interaktive Planung der Energieversorgung (u.).

3 Sie untersuchen gemeinsam im Projekt RELflex, wie sich ein dynamisches Energiemanagement im Unternehmensalltag etablieren lässt: Dr.-Ing. Pio Lombardi (l.), Fraunhofer IFF, Timo HeBe (Mitte), Geschäftsführer der arTE Möbel GmbH, und Prof. Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki (r.), Hochschule Magdeburg-Stendal.

4 Für das Projekt ACES wurde der Batteriegroßspeicher des Fraunhofer IFF zum neuen Laborstandort umgesetzt.



Lasten zu testen. RIGRID unterstützt so die Entwicklung der Green Economy in ländlichen Gebieten und die Übertragbarkeit der gewonnenen Lösungen auf andere europäische Regionen mit analogen Rahmenbedingungen. Das RIGRID-Projekt wurde mit dem zweiten Platz des ISGAN Award of Excellence 2019 ausgezeichnet.

[www.rigrid.pl](http://www.rigrid.pl)

### RELflex – Erneuerbare Energien und Lastflexibilität in der Industrie

Im Projekt RELflex entwickelt das Fraunhofer IFF mit Partnern ein intelligentes und nachhaltiges Energiemanagement für kleine und mittlere Unternehmen. Hierbei sollen vor allem Möglichkeiten der Flexibilität von Produktionsprozessen identifiziert und aktiviert werden, um so lokale erneuerbare Energien maximal zu nutzen. Dafür werden Lösungen für die optimale Überwachung und Koordinierung von Herstellungsprozessen, regenerativer Energieerzeugung und Energiespeicherung im Unternehmen geschaffen, um die Umweltbelastung und Energiekosten zu senken. Gleichzeitig ergeben sich zusätzliche Ertragspotenziale, um neue und attraktive Geschäftsmodelle zu etablieren. Beim Projektpartner aRTE Möbel in Magdeburg werden diesbezüglich praktische Lösungen zur Schaffung einer sogenannten »Net-zero Energy Factory« implementiert und erprobt.

[www.relflex.eu](http://www.relflex.eu)

### ACES – Adaptive Regelung und Flexibilitätsvermarktung von Batteriespeichern

Stromversorgungssysteme benötigen auf den verschiedenen Netzebenen immer mehr Flexibilität, um der zunehmenden Integration volatiler Energiequellen gerecht zu werden. Vor allem Energiespeicher können die Kapazität massiv erhöhen. Um den Einsatz dieser immer noch teuren Technologien zu maximieren, werden adaptive Managementsysteme für den

Batteriespeichereinsatz entwickelt und für einzelne sowie kombinierte Anwendungsfälle potenzieller Kundenkreise in einem Demonstrationsmikronetz getestet.

[www.acesproject.eu](http://www.acesproject.eu)

### Kontakt im Geschäftsbereich Konvergente Infrastrukturen

Dr.-Ing. Bartłomiej Arendarski  
Telefon +49 391 4090-145 | Fax +49 391 4090-93-370  
[bartlomiej.arendarski@iff.fraunhofer.de](mailto:bartlomiej.arendarski@iff.fraunhofer.de)

Dr.-Ing. Pio Lombardi  
Telefon +49 391 4090-384 | Fax +49 391 4090-93-366  
[pio.lombardi@iff.fraunhofer.de](mailto:pio.lombardi@iff.fraunhofer.de)

Dr.-Ing. Christoph Wenge  
Telefon +49 391 4090-731 | Fax +49 391 4090-93-731  
[christoph.wenge@iff.fraunhofer.de](mailto:christoph.wenge@iff.fraunhofer.de)

Prof. Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki  
Telefon +49 391 4090-373 | Fax +49 391 4090-93-370  
[przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de](mailto:przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de)

### Förderung

Die Projekte RIGRID, RELflex und ACES wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. (Förderkennzeichen: 0324051, 0350057A und 0350053B)

GEFÖRDERT VOM



## ENTWICKLUNG EINES MOBILEN, MODULAREN, FLEXIBLEN WASSERSTOFFSPEICHERS

### Infrastrukturbedarf aktueller Wasserstoffanwendungen in Industrie- und Gewerbeparks

Vor dem Hintergrund der Sektorenkopplung ist ein Ausbau der Wasserstoff (H<sub>2</sub>)-Erzeugung und -Infrastruktur notwendig. Wasserstoff wird im Wesentlichen entweder indirekt über Anlagen zur Gewinnung regenerativer Energien oder auch direkt bei der Biomassevergasung und bei der Erdgasreformierung gewonnen oder es entsteht als Nebenprodukt der Chemieindustrie. Die Verteilung des Wasserstoffs erfolgt üblicherweise über Pipelines oder wird in kleineren Mengen mit Trailern in gasförmiger oder flüssiger Form transportiert. Bei großen Mengen bieten sich Pipelines oder Gasnetze für den Transport an.

Bei dezentralen Versorgungskonzepten, wie sie für Industrie- und Gewerbeparks genutzt werden, sind großskalige Transportmittel jedoch mengentechnisch nicht sinnvoll und deshalb unwirtschaftlich. Für kleine Versorgungsgebiete mit unter 100 Quadratkilometern fehlt es derzeit an Systemen, die Erneuerbare Energien-Lösungen unterstützen.

### Integration eines mobilen portablen modularen Wasserstoffspeichers (MMH2P)

Die Zielstellung des Projekts »MMH2P« besteht in der Entwicklung eines portablen modularen Wasserstoffspeichers. Dieser soll mit Hilfe eines Cross Dynamic Energy Managements (XDEMS) anwendungsabhängig das Betriebs- und Lastmanagement sowohl bei Insel- als auch bei Netzlösungen übernehmen und als Systemdienstleister agieren. MMH2P soll Service-Speicher-System, Nutzer, Einspeiser und Manager sowie Transporteur zugleich sein. Damit ist MMH2P als

Bindeglied in Mikrogrids und Kleinsystemen für dezentrale Anwendungen zu sehen, da mobile und weitere Nischenanwendungen erfahrungsgemäß die ersten wirtschaftlichen Systemräume darstellen. Diese Versorgungslücke soll das Projekt schließen.

Mit dieser Aufgabenstellung gehen Herausforderungen einher, welche eine Anpassung zwischen der Wasserstoffinfrastruktur sowie den Erzeugern und Verbrauchern erforderlich macht. Weiterhin müssen Ortsparameter integriert werden, um auch Komponenten außerhalb des Netzes durch den Speicher zu versorgen. Branchenübliche Versorgungssysteme wie Pipelines, Flüssigspeicher- oder Gasspeicher, insbesondere transportable Gasspeicher in Form von Stahlflaschen, sind als Lösung für die Anwendungsfälle ungeeignet.

Aktuell gibt es für dieses Problem keine adäquate Lösung, MMH2P soll hierfür Abhilfe schaffen. Weitere Anwendungsfälle lassen sich mit der Versorgung von dezentral angesiedelten Fahrzeugflotten von Industrie, Gewerbe, Post, Polizei, Feuerwehr etc., für Fahrzeugnotbetankungen sowie für Notstromsysteme im Telekommunikations-, Notfall- und Eventbereich identifizieren. Stadtwerke, selbstversorgende Kommunen sowie Industrie- und Gewerbeparks mit kleinen Wasserstoffanwendungen sind perspektivisch weitere Kundengruppen.



---

### Technische Daten des Wasserstoffspeichers MMH2P

---

Der MMH2P ist ein modular aufgebauter mobiler Wasserstoffspeicher, welcher aufgrund seiner Konfiguration auf einem Pkw-Anhänger installiert werden kann. Das Gesamtvolumen beträgt 942 Liter Wasserstoff (3 x 2 x 157 Liter, ca. 22,8 Kilogramm Wasserstoff), in mit bis zu 425 bar nach EU-Richtlinie über ortsbewegliche Druckgeräte (TPED) zugelassenen carbon-faserverstärkten Kunststoff (CFK)-Tanks mit eigener Kompressionseinrichtung und eigenem XDEMS.

Als Betriebsmittel kommt lediglich elektrische Energie zum Einsatz. Durch das geringe Gewicht der Tanks und des Kompressors hat das Transportmodul ein Gewicht von maximal ca. 400 bis 500 Kilogramm, was weit unter dem gesetzlich zugelassenen zusätzlichen Transportgewicht für Pkw-Anhänger oder ähnliches und Aufbauten liegt. Geeignete Wasserstoffbezugspunkte stellen H2-Tankstellen, H2-Netze und Elektrolyseure (On-Site) dar.

---

### Pilottest zum Einsatz des Wasserstoffspeichers MMH2P

---

Zur Demonstration und Untersuchung der Dynamik des MMH2P wird der Insel- und Netzbetrieb im HYPOS-Netzwerk mit den anwendenden Unternehmen im H2-Home und im Verbund mit dem Wasserstoffnetz (H2-Netz) gemeinsam getestet. Darüber hinaus soll ein Inseltestfeld am Beispiel des Industrie- und Gewerbeparks Mittelbe GmbH in einem Industriepark integriert werden. Hier besteht zusätzlich die Möglichkeit, Strom aus Erneuerbaren Energien für die Wasserstoffproduktion aus Windenergieanlagen zu beziehen, Wärme in ein Wärmenetz abzugeben (aus Elektrolyse und Brennstoffzellenheizkraftwerk (BZ-HKW) und Wasserstoff an die Tankstelle der H2-Mobility beziehungsweise eine eigene Versorgung der Mobilität zu liefern und dabei den MMH2P inklusive XDEMS zwischen den aktiv Nutzenden zu testen.

Auf Basis der im Verbund ermittelten Daten ist dann die Auslegung eines Systems für die einzelnen Anwendungsfälle möglich.

---

### Projektpartner

---

Anleg GmbH, Wesel

---

### Kontakt im Geschäftsbereich Konvergente Infrastrukturen

---

Dr.-Ing. Torsten Birth  
Telefon +49 391 4090-355 | Fax +49 391 4090-93-355  
torsten.birth@iff.fraunhofer.de

Marcel Scheffler M. Eng.  
Telefon +49 391 4090-349 | Fax +49 391 4090-93-349  
marcel.scheffler@iff.fraunhofer.de

---

### Förderung

Das Projekt »MMH2P – Entwicklung eines mobilen, modularen, flexiblen H2-Speichers« wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Förderprogramms »Zwanzig20-Partnerschaft für Innovation« finanziert. (Förderkennzeichen: 03ZZ0745A)



# AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS DIGITAL ENGINEERING UND INDUSTRIE 4.0

Meine **Zukunftsfabrik**  
produziert von allein **O<sub>2</sub>** und baut alleine  
**Roboter.**  
Und die Roboter werden von  
einer **Batterie** angetrieben.

*Henri, 7 Jahre*

Die Digitalisierung und die Industrie 4.0 gelten als das Zukunftsmodell der deutschen Wirtschaft. Tatsächlich wären Entwicklung und Produktion in der Industrie schon heute ohne die Verwendung digitaler Technologien kaum mehr wettbewerbsfähig. Mit Hilfe des Digital Engineering können die digitalen Konstruktionsdaten eines Produkts auf allen Stufen seines Entwicklungs- und Produktionsprozesses genutzt werden. So führt es zu besseren und sicheren Produkten, einer Beschleunigung der Abläufe, der Schonung von Ressourcen und nachhaltigen Kostensenkungen. Doch jedes Unternehmen ist einzigartig. Deswegen braucht es auch stets einzigartige Lösungen für eine Digitalisierung seiner Prozesse und die Einbindung in unternehmensübergreifende Netzwerke. Branchenunabhängig erarbeitet das Fraunhofer IFF Lösungen, die bei der interdisziplinären Zusammenarbeit neue Formen und Ausprägungen der organisatorischen, semantischen und technischen Interoperabilität bieten. Diese Forschungen und Entwicklungen sind stets anwendungsspezifisch und individuell auf den Kunden zugeschnitten und bieten damit Unternehmen einen entscheidenden Wettbewerbs- und Wissensvorsprung.

70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT







## EINSATZ DIGITALER TECHNOLOGIEN IM PFLANZENANBAU

### Digitalisierung in der Landwirtschaft

Digitale Technologien in der Landwirtschaft revolutionieren den Pflanzenanbau. Eine bedeutende Rolle spielt dabei innovative Sensorik, die den Ernährungs- und Gesundheitszustand der Pflanzen unter Feldbedingungen ermitteln kann. Eine bedarfsgerechte, teilflächenspezifische Bewirtschaftung im Hinblick auf Betriebsmittel wie Nährstoffe und Bewässerung ist dadurch genauso möglich wie die zielgerichtete Reaktion auf Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall.

Auch im Weinanbau besteht ein großer Bedarf an Diagnosesystemen für typische Erkrankungen der Weinpflanzen. Im Idealfall soll es durch ein solches Diagnosesystem möglich sein, die Schädigung bereits vor dem ersten Auftreten sichtbarer Symptome zu erkennen und eine wirksame Behandlung frühzeitig einleiten zu können. Zudem ist von großem Interesse, den Düngereinsatz und die Bewässerung je nach Pflanzenbedarf abzustimmen. Gerade vor dem Hintergrund eines sich ändernden Klimas und der hohen Anforderungen an eine nachhaltige Bewirtschaftung gewinnt dies zukünftig immer mehr an Bedeutung.

### Kombination geeigneter digitaler Technologien

Das Fraunhofer IFF setzt bei der Entwicklung von Sensorsystemen für landwirtschaftliche Anwendungen auf die Integration von spektraler Messtechnik und angepasster, auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierender Datenauswertung in sogenannten Softsensoren. Dieser Ansatz bietet eine systematische und auf verschiedene Fragestellungen gleichermaßen anwendbare Herangehensweise. Je nach Aufgabenstellung werden die Messobjekte spektral im visuellen und infraroten Bereich des

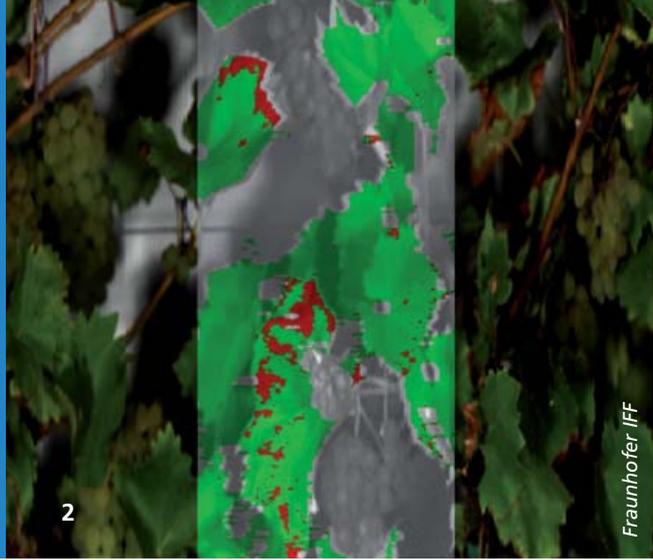
Lichtspektrums im Labor, unter Feldbedingungen oder vom Flugzeug aus erfasst. Diese Aufnahmen werden mit Referenzwerten verknüpft, die beispielsweise aus einer Bonitur oder aus Laboruntersuchungen stammen. Mit Methoden des maschinellen Lernens werden dann KI-Verfahren trainiert, die zukünftig allein anhand der Spektraldaten ein gleichwertiges Messergebnis liefern.

### Das Projekt »Digital Viticulture«

Mehltau stellt in vielen Weinanbauregionen der Welt eine ernst zu nehmende Erkrankung dar, mindert die Qualität und führt zu wirtschaftlichen Einbußen. Daher hat eine Früherkennung des Mehлтаubefalls große Bedeutung und wurde mittels spektraler Messtechnik untersucht. Das Fraunhofer IFF verfügt über einen mobilen Messplatz, mit dem Weintrauben vor Ort untersucht werden können.

Das Fraunhofer IFF kooperiert bei diesem Projekt mit verschiedenen Partnern des Weinbaus in Südaustralien. Diese Weinregion ist ebenso bekannt wie die Pfalz in Deutschland. Neben der wirtschaftlichen Bedeutung des Weinbaus stellen gerade die klimatischen Bedingungen besondere Anforderungen. Wine Australia, eine Organisation der australischen Winzer, hat die Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) und das Fraunhofer IFF beauftragt, neue Technologien für den praktischen Einsatz im Weinbau zu entwickeln und unter Praxisbedingungen zu untersuchen. Für die großflächige Erfassung des Zustands der Weinpflanzen setzt

- 1 *Hyperspektralkameras im Einsatz an einem Messflugzeug.*
- 2 *Hyperspektrale Rebstockmessung mit Detektion des Pilzbefalls der Rebe, gemessen am Weinblatt.*



das Fraunhofer IFF seine Hyperspektralkamerasysteme in speziellen Messflugzeugen ein und berechnet anhand der spektralen Signatur Informationen zur Versorgung der Pflanzen mit wichtigen Nährstoffen. Auf diese Weise erhalten Winzer detaillierte Informationen und können gezielt ein teilflächenspezifisches Management des Pflanzenbestands durchführen.

### Das Projekt »BigGrape«

Für die Erfassung von Rebkrankheiten, hervorgerufen durch Viren, Pilze oder Schädlingsbefall, wurde ein herkömmlicher Weintraubenvollernter (System Phenoliner) mit hyperspektraler Sensorik ausgestattet. Begleitend wurden Versuchspflanzen im Gewächshaus angezogen und mit einem stationären hyperspektralen System in sehr hoher Qualität erfasst. In einer umfangreichen dreijährigen Messkampagne wurde die für eine Auswertung mit KI notwendige Datenbasis geschaffen. Im Ergebnis konnte die Fähigkeit der symptomatischen sowie präsymptomatischen Erkennung von Rebkrankheiten demonstriert werden. Darüber hinaus wurden mittels multispektraler Simulation verschiedene Szenarien für kostengünstigere Kamerasysteme mit anwendungsspezifischer Wellenlängenauswahl errechnet und durch die KI getestet. Diese Ergebnisse sind der entscheidende Schritt für ein im Folgeprojekt anvisiertes Prototypensystem einer Sensorik für die Erkennung von Rebkrankheiten unter Anbaubedingungen.

### Ausblick auf zukünftige Entwicklungen

Der Einsatz spektraler Messtechnik hat für die Landwirtschaft und speziell den Weinanbau großes Potenzial für schnelle und zerstörungsfreie Untersuchungen im Labor, direkt auf der Anbaufläche oder auch aus großem Abstand mit entsprechend hoher Flächenleistung vom Flugzeug oder Satellit aus. Die hohe Geschwindigkeit, mit der Ergebnisse durch KI-Technologien verfügbar gemacht werden können, und die Möglichkeiten, die sich aus der flächenhaften Prüfung der

Pflanzenbestände ergeben, erlauben ein teilflächenspezifisches Management der Anbauflächen. Dazu forscht und entwickelt das Fraunhofer IFF an praxisnahen Lösungen und ermöglicht damit neue Anwendungen und den Transfer der Forschungsergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis.

### Projektpartner

Projekt »Digital Viticulture« | Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Adelaide; University of Adelaide; Projekt »BigGrape« | Julius-Kühn-Institut, Siebeldingen

### Kontakt im Geschäftsbereich Biosystems Engineering

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

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

Dr. Uwe Knauer  
Telefon +49 391 4090-135 | Fax +49 391 4090-93-135  
uwe.knauer@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »Digital Viticulture« wurde im Auftrag des CSIRO durchgeführt. Das Projekt »BigGrape« wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert. (Förderkennzeichen: 2815702615)

GEFÖRDERT VOM



## 3D-DRUCKER FÜR GROSSE BAUTEILE AUS HOLZFASER-VERBUNDWERKSTOFFEN

### 3D-Druckverfahren besitzen ein hohes Potenzial

3D-Druckverfahren (Additive Manufacturing) gewinnen in der Industrie zunehmend an Bedeutung. Insbesondere bei geringen Stückzahlen und Bauteilen mit hoher Geometrie-komplexität oder mit hohem Individualisierungsgrad kommen diese Fertigungsverfahren zum Einsatz.

Aufgrund der bestehenden Bauraumbeschränkungen und des hohen Fertigungszeitaufwands durch zusätzliche Prozess-schritte ist insbesondere die Herstellung von Bauteilen mit Abmessungen ab 1 000 Millimetern meist nicht möglich oder unwirtschaftlich. Ein neues Anlagen- und Materialkonzept soll diese Defizite überwinden, indem die Vorteile des Additive Manufacturing für die Herstellung großformatiger Gebäude- und Fassadenelemente genutzt werden sollen.

### Automatisiertes 3D-Druckverfahren für Gebäude- und Fassadenelemente aus Holzfaserverbundwerkstoff

Der innovative Lösungsansatz beruht auf der Entwicklung eines 3D-Druckverfahrens für die Herstellung von großformatigen Gebäude- und Fassadenelementen aus Verbundwerkstoffen auf der Basis natürlicher Holzfasern. Neben der deutlichen Erweiterung des Bauraums bei gleichzeitig hohen Schichtaufbauhöhen ist die beim Industriepartner NOVO-TECH erstmals zur Anwendung kommende additive Verarbeitung biogener Holzfaserverbundwerkstoffe (Wood-fiber Polymer Composites) ein wesentlicher Aspekt des Technologieansatzes.

Die zu druckenden Bauteile, zum Beispiel Fassadenelemente mit Abmessungen in Millimeter von 6 000 × 6 000 × 200 (bei einem Porenvolumen von 50 Prozent zur Wärmedämmung),

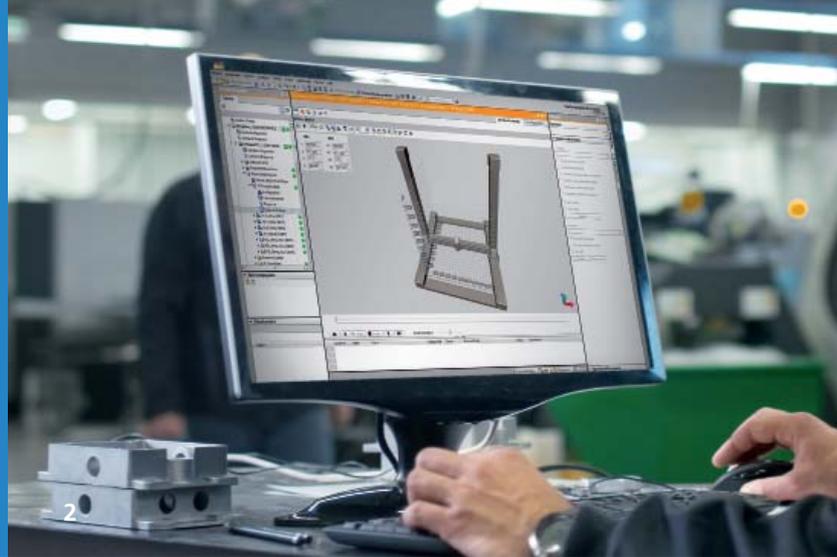
besitzen ein Gewicht von ca. 3 000 Kilogramm. Um derartig große Bauteile in kurzer Zeit drucken zu können, werden Beschleunigungen des Druckkopfes von 2 bis 3 Gramm benötigt. Zur Einhaltung der geforderten Bauteilqualität muss das System den statischen und dynamischen Belastungen entsprechend dimensioniert werden.

Die hochproduktive Fertigungsanlage wird dabei folgende spezifische Eigenschaften aufweisen:

- großer Bauraum mit Bauteil-Kantenlängen bis 6 000 Millimeter
- schneller Aufbau in großen und variablen Schichtstärken (> 4 bis 10 Millimeter) bei hohem Materialdurchsatz (> 10 dm<sup>3</sup>/h)
- natürliche Materialien auf Basis von thermoplastischen Holzfaserverbundwerkstoffen (Biowerkstoffe)
- flexibler hybrider Fertigungsprozess: extruderbasierter Bauteilaufbau und Nachbearbeitung durch Fräsen in gleicher Aufspannung (Portal mit Wechseleinheit für Auftrags- und Fräswerkzeug)
- modernes Steuerungskonzept unter Nutzung des entwicklungsbegleitenden Simulations- und Berechnungstools »VINCENT«

Für einen kontinuierlichen Bauprozess in der Anlage wurde ein Extrusionssystem mit Nadelverschlussdüse entwickelt, das die in Form von Granulat vorliegenden Werkstoffe direkt verarbei-

1 Bauteilaufbau an der Demonstratoranlage.  
2 Berechnungs- und Simulationswerkzeug  
»VINCENT«.



ten kann. Diese ersetzen die bisher verwendeten petrobasierten und teureren Materialien. Die Extrudereinheit wurde für hohe Aufbauraten von bis zu 20 kg/h konzipiert.

### Entwicklungsbegleitende Simulation bei der Steuerungsentwicklung

Eine wichtige Komponente im Rahmen des Vorhabens ist die Steuerungsentwicklung. Das moderne Steuerungskonzept umfasst die Bestandteile Komponentensteuerung, Bahnplanung und Maschinenüberwachung.

Hauptinhalte bilden hierbei die Kopplung der Simulation mit der Maschinensteuerung (SPS, Extruderansteuerung über Realtime-Interface) und die Entwicklung eines Sicherheitskonzepts zur Gewährleistung kollisionsfreier Arbeitsräume.

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

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

### Industrieller Nutzen des 3D-Druckers

Mit der vorliegenden 3D-Drucktechnologie können mit dem vom Industriepartner NOVO-TECH entwickelten biobasierten Materialkonzept völlig neue Erzeugnisse hergestellt werden, die sich bisher aufgrund ihrer Komplexität der wirtschaftlichen Fertigung verschließen. Dazu gehören unter anderem tragende Bauteile mit hohem Wärmedämmwert für die Errichtung

oder Verkleidung von Gebäuden, Terrassenelemente, Fertigteile für den Hausbau oder Möbel.

Das Portalkonzept lässt die Fertigung von Bauteilen mit praktisch unbeschränkten Abmessungen zu, wobei mit der Demonstratorlösung aktuell Bauteilgrößen bis 3000 Millimeter hergestellt werden können. Das vom Fraunhofer IFF entwickelte und exakt an die zu fertigenden Produkte angepasste Steuerungskonzept ermöglicht einen schnellen Bauteilaufbau und führt dadurch zu einer deutlichen Reduzierung der Fertigungszeiten um 15 bis 20 Prozent.

### Projektpartner

NOVO-TECH GmbH & Co. KG Aschersleben;  
FAG Fahrzeugwerk Aschersleben GmbH, Aschersleben

### Kontakt im Geschäftsbereich Virtual Engineering

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

### Förderung

Das Gemeinschaftsvorhaben »Verfahren und 3D Druckeranlage zur Herstellung großformatiger Bauteile aus neuartigen Verbundwerkstoffen auf Basis von Holzfasern« wird aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen: 1804/00055)





## SMART SERVICES FÜR DEN »SMART INDUSTRIAL PARK«

### Chemiestandort Sachsen-Anhalt – eine Erfolgsgeschichte

Die Chemieindustrie prägt seit Jahren die Branchenstruktur Sachsens-Anhalts. Unter den Industriebereichen des Landes nimmt sie mit Anteilen von ca. 14 Prozent am Gesamtumsatz und ca. 9 Prozent an den Gesamtbeschäftigtenzahlen vordere Plätze ein und sie ist Spitzenreiter beim Export. Sie sorgt für mehr als ein Fünftel des Auslandsumsatzes der sachsen-anhaltischen Industrie. Erfreulich ist deshalb, dass die Chemieindustrie Sachsens-Anhalts kontinuierlich wächst. Die rasante Entwicklung wurde vor allem von der klassischen chemischen Industrie getragen, einen ebenfalls nennenswerten Anteil steuerte die pharmazeutische Industrie zum Branchenumsatz bei.

Um das Wachstum weiter voranzutreiben und die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, ist es notwendig, in Innovationen zu investieren. Wissen und Digitalisierung werden immer mehr zu einem entscheidenden Produktionsfaktor.

### Neue Services durch IoT

Ziel des Projekts »Industrie 4.0 – Smart Services und Smart Assets für den Smart Industrie Park« ist die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen und neuen Services durch den Einsatz neuester IoT (Internet of Things)- und IT-Technologien an Smart Assets – Smart Objects (intelligente Ausrüstungen), um die Verfügbarkeit beziehungsweise die Produktivität der Produktionsanlagen und die Arbeitssicherheit zu erhöhen. Konkret heißt das, dass alle in unterschiedlichsten Systemen verfügbaren Informationen, wie Standortinformationen, Planungsinformationen, Life-Cycle-Daten von technischen Anlagen und Ausrüstungen, Anlagendokumentationen, Betriebs-, Sicherheits- und Arbeitsanweisungen, das Erfahrungswissen

der Beschäftigten intelligent, rollenbezogen und in-time bereitgestellt werden sollen. Das Projekt beantwortet die Frage: Was macht einen Chemiepark SMART? Folgende Lösungsansätze werden im Projekt avisiert und pilotiert:

- **Cloud-basiertes WEB-Portal mit mobilen Assistenz-Apps** zur Interaktion mit allen betreffenden externen Kunden- und Bezugsgruppen
- **Connected Sites, Streets, Areas and Buildings** sind die Basis für den Smart Industrie Park. Zur zukünftigen Infrastruktur eines smarten Industrieparks gehören auch die Installation eines LoRa®-Funknetzes, von Free WiFi Hotspots, WiFi in Gebäuden u. v. a.
- **Installierte Tags und Sensoren** an Betriebsmitteln, Fahrzeugen und Personen u. a. ermöglichen Tracking, d. h., Informationen zu Umweltparametern, freien Parkplätzen, verfügbaren Flächen, Füllständen oder Statusinformationen zu Smart Safety Devices u. a. liegen in Echtzeit vor.
- **Digitalisierung des Standorts** zur Visualisierung und Simulation von Planungs- und Ist-Szenarien, von Gefahrenpotenzialen und Sicherheitsprogrammen, zum Monitoring des Parks und der Logistik
- **Data Hub in der Cloud** zum Data Mapping von Backend-Systemen mit der Site. Schrittweise **Einführung des digitalen Trackings** von ausgewählten Objekten, schrittweise **Einführung von Predictive Maintenance Services** an Smart Assets
- Business Intelligents und intelligente Services sowie KI

Durch den Einsatz neuester funkbasierter IoT-Technologien (Tracking-Tags und -Sensoren) in Verbindung mit Virtual-

1 Der Smarte Industrie Park.

2 Meeting im Elbedome zur Diskussion am Digitalen Zwilling.



Reality- und Cloud-Technologien, Big Data Analytics sowie durch die Nutzung mobiler Assistenzsysteme und intelligenter Services erschließen sich für das Industrieparkmanagement und deren Kundenkreis, dort angesiedelte Unternehmen, ganz neue Möglichkeiten. Dies gilt auch für viele mittelständische Ausrüstungs- und Serviceunternehmen sowie weitere Vertragspartner, die in einem Chemiapark tätig sind und Ausrüstungen und Services für Infrastruktur und Anlagen liefern.

#### Die Initiative »Industrie 4.0 – Digitale Baustelle«

Die im Jahr 2014 gestartete Initiative »Industrie 4.0 – Digitale Baustelle« ist heute eine offene Kooperationsplattform von Beratungs-, Realisierungs-, Entwicklungs-, Forschungs- und Technologie-Partnern, von Unternehmen mit Produktionsanlagen oder technischer Infrastruktur, Anlagenbaubetrieben, Industrial-Service-Dienstleistern, Handwerksbetrieben, Ausrüstungslieferanten von Maschinen und Werkzeugen. Die Partner des Kooperationsverbundes stellen erprobte Lösungen und Einsatzszenarien vor und diskutieren mit interessierten Unternehmen Fallstudien.

»Von der Digitalen Baustelle zum Smarten Industrie Park« – im Rahmen dieses Forschungs- und Entwicklungsvorhabens baut die Initiative das Lösungs- und Technologieportfolio konsequent weiter in Richtung neuer Services und Assets für den intelligenten Industriepark aus.

#### Der Digitale Zwilling des Smart Industrial Parks

Die Definitionen des Digitalen Zwillings sind vielfältig. Unternehmen, Verbände und Forschung haben sich mit dem Thema intensiv auseinandergesetzt. Das Fraunhofer IFF stellt sich die Nutzung des Digitalen Zwillings wie folgt vor: Der Digitale Zwilling ist ein dynamisches Modell einer Anlage, das den Anlagenzustand in Echtzeit abbildet. Über dieses Modell sollen Erkenntnisse und Mehrwerte aus den anlagenbezoge-

nen Daten gewonnen werden. Einzigartig an der entwickelten Methodik sind die Möglichkeiten, Funktionen und eindeutige Identifikation von Komponenten strukturiert im Modell zu integrieren. Erst dies lässt es zu, einen tatsächlichen »Zwilling« der Realität zu erschaffen. Er ist zudem durchgängig verwendbar, also über den gesamten Produktlebenszyklus von der Idee bis über die Betriebsphase hinaus. Statt Daten nur strukturiert zu erfassen, wird die Welt der Produktion durch die Werkzeuge und Methoden umfassend digital abgebildet.

Im Industriearbeitskreis »Laserscanning & VR im Anlagenbau« wird im Jahr 2020 eine Fachveröffentlichung zum Thema »Der Weg zum Digitalen Zwilling« gemeinsam mit Vertretern von DOW, BASF, Bayer, Evonik, Wacker und weiteren Unternehmen vorbereitet. Damit wird der Digitale Zwilling des smarten Chemiaparks in absehbarer Zeit Wirklichkeit.

#### Projektpartner

Cosmo Consult GmbH, Magdeburg

#### Kontakt im Geschäftsbereich Konvergente Infrastrukturen

Dipl.-Ing. Andrea Urbansky  
Telefon +49 391 4090-321 | Fax +49 391 4090-93-321  
andrea.urbansky@iff.fraunhofer.de

#### Förderung

Das Projekt »Smart Services und Smart Assets für den Smart Industrie Park« wird aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen: ZS/2018/04/92077)





1

## GENERIERUNG VON DREIDIMENSIONALEN OBJEKTEN AUS PUNKTWOLKEN

### Generierung und Darstellung von Vermessungsdaten

Die GEO-METRIK-Ingenieurgesellschaft mbH Stendal beschäftigt sich neben der Vermessung im Verkehrswegebau und von Ingenieurbauwerken auch mit der Gewässer-, Gebäude- sowie Architekturvermessung und verfügt über wesentliche Kompetenzen im Bereich von 3D-Scanverfahren sowie auf dem Gebiet der Photogrammetrie. Die dabei entstehenden Daten werden den Beauftragenden als Rohdaten oder als 2D-Pläne zur Verfügung gestellt. Aus diesen Ausgangsdaten erzeugt das Unternehmen durch eine aufwendige manuelle Datenaufbereitung und -bearbeitung Darstellungen, die den Betrachtenden ein anschauliches Bild vermitteln. Um diese Visualisierungen nutzen zu können, müssen die Anwender jedoch über die notwendigen Lizenzen und Fähigkeiten im Umgang mit den dazugehörigen Softwaresystemen verfügen. Da dies aus Kostengründen oft nicht möglich ist, können sie die bereitgestellten Mehrwerte der GEO-METRIK-Ingenieurgesellschaft mbH Stendal nicht oder nur teilweise nutzen.

### Entwicklung einer integrierten Softwarelösung

Damit die GEO-METRIK-Ingenieurgesellschaft mbH ihre Vermessungsergebnisse in Zukunft adäquat bereitstellen kann, sollte im Rahmen des Projekts »WorkGen3D« ein Verfahren zur halbautomatischen Aufarbeitung und Überführung von dreidimensionalen Vermessungsdaten in ein geeignetes Ausgabeformat mit Hilfe von Technologien der Virtuellen Realität inklusive einer entsprechenden Visualisierungskomponente realisiert werden. Als ein weiteres Ergebnis sollte ein Demonstrator entstehen, der als Grundlage für eine Planungs- und Dokumentationsplattform für Endkunden dienen soll.

Zunächst wurden unter Berücksichtigung der betrachtungsrelevanten Arbeitsprozesse des Vermessungsunternehmens, der dort eingesetzten Software und des aktuellen Leistungsportfolios die Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren genauer analysiert. Weiterhin wurden mögliche zukünftige digitale Produkte und Dienstleistungen ermittelt, um ein Anforderungsprofil für die zu entwickelnde Methodik aufzustellen.

Basierend darauf wurde ein halbautomatischer Workflow konzipiert, der in den fünf folgenden Prozessschritten abläuft:

1. Vorverarbeitung der Ausgangsdaten wie Punktwolken, Orthofotos (verzerrungsfreie, maßstabsgetreue Darstellung der Vermessungsdaten beziehungsweise von Luftaufnahmen) etc.
2. Klassifikation der Punktwolke unter anderem unter Verwendung eines Orthofotos auf Basis flexibler Analysehierarchien und inhaltlich abgestimmter Spezialfunktionen
3. Durchführung der Objektgenerierung (Gebäude, Straßen, Infrastruktur, Landschaft etc.) und nachgelagerte Anwendung von Optimierungsfunktionen für optisch aufgewertete Oberflächenstrukturen
4. Zuordnung von Materialien beziehungsweise von Texturen für die generierten Objekte auf Basis vorhandener Bibliotheken oder vorlagenbasierter Verfahren

- 1 *Geodatenbasierte Digitalisierungsprozesse.*
- 2 *Ausgangsdaten: Punktwolke.*
- 3 *Ergebnisdaten: Generierte 3D-Objekte.*



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

- Überführung der auf diese Weise generierten texturierten 3D-Modelle in eine geeignete Plattform für eine ansprechende Darstellung

Für die Darstellung steht am Markt eine Vielzahl von Visualisierungsplattformen zur Verfügung. Aufgrund der hochwertigen Darstellungsqualität, funktionalen Erweiterbarkeit und lizenzfreien Playerfunktion kam im Projekt WorkGen3D die »Unity-Engine« als Visualisierungsplattform zum Einsatz.

Der Realitätsgrad der mit der Unity-Engine rekonstruierten Visualisierung aus der Punktwolke kann beispielsweise durch die Integration zusätzlicher statischer und dynamischer Objekte wie Menschen- oder Fahrzeugmodelle noch weiter erhöht werden.

#### Prototypische Anwendung des entwickelten Verfahrens

Das im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes »WorkGen3D« entwickelte Verfahren konnte erfolgreich an einem Demonstrator prototypisch angewendet werden. Aufgrund der durchgehenden Allgemeingültigkeit und Abstraktion während der gesamten Projektlaufzeit konnte sichergestellt werden, dass die erarbeiteten Lösungen auch für weitere Projekte sowie für neue Kundensegmente direkt nutzbar sind.

Mit den Ergebnissen des Projektes »WorkGen3D« ist die GEO-METRIK-Ingenieurgesellschaft mbH in der Lage, die aufgenommenen Punktwolken-Daten zu Informationen weiterzuverarbeiten, die das Unternehmen seinen Kunden in einer einfachen, lizenzfreien Visualisierung zur Verfügung stellen kann.

Das Verfahren zur Generierung von 3D-Objekten aus Punktwolken ist sehr komplex, aufwendig und hängt von vielen Parametern ab. Aufgrund der hohen Varianz der Ausgangsdaten und der Diversität der gescannten realen Objekte weist dieses Thema auch in Zukunft eine hohe Forschungsrelevanz

auf. Erste weiterführende Ansätze verfolgen eine Automatisierung des Workflows durch den unterstützenden Einsatz von Algorithmen des Maschinellen Lernens.

#### Projektpartner

GEO-METRIK Ingenieurgesellschaft mbH Stendal, Stendal

#### Kontakt in den Geschäftsbereichen

##### Logistik- und Fabrikssysteme

Dipl.-Ing. Nicole Mencke  
Telefon +49 391 4090-147 | Fax +49 391 4090-93-147  
nicole.mencke@iff.fraunhofer.de

##### Geschäftsstelle Elbedome

Dipl.-Ing. Steffen Masik  
Telefon +49 391 4090-147 | Fax +49 391 4090-93-147  
steffen.masik@iff.fraunhofer.de

#### Förderung

Das Projekt »WORKGEN3D« wurde aus Mitteln der EU und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen: 1804/00034)



AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE

# FRAUNHOFER IFF INTERNATIONAL

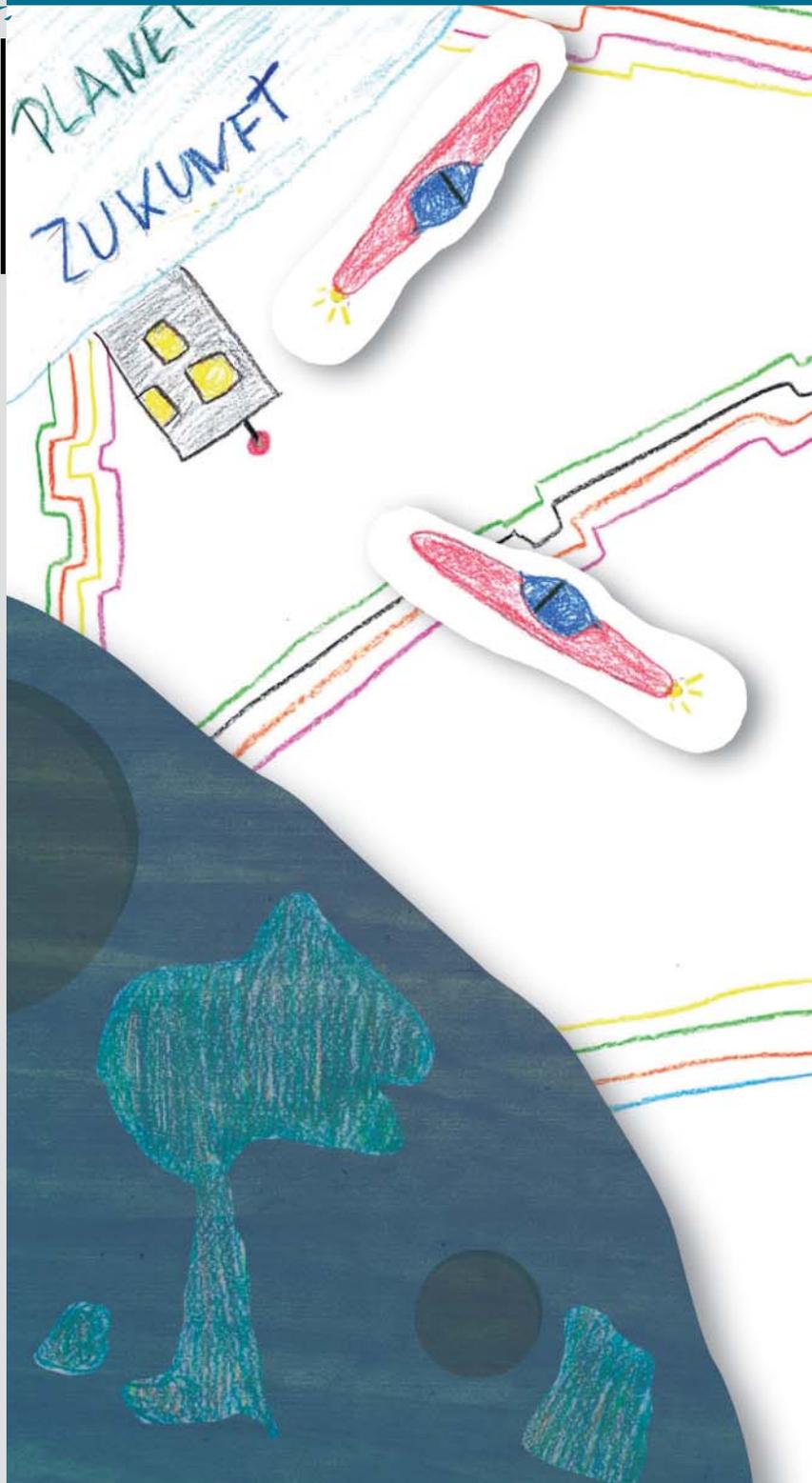
In der **Zukunft**  
werden **Fabriken** auf anderen  
**Planeten** stehen.  
Die Sachen werden mit  
**Strahlen** zur **Erde** geschickt.

*Henriette, 10 Jahre*

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

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

70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT





PLANET  
FABRIK

PLANET  
ROBOTER

FABRIK  
MÜLL

FABRIK  
ROBOTER

FABRIK  
LEGO

FABRIK  
COMPUTER

FABRIK  
AUTOS

FABRIK

FABRIK

# PROJEKTENTWICKLUNG ZUR DIGITALISIERUNG AUF DEM INTERNATIONALEN MARKT

## Erfolgreiche Digitalisierung erfordert individuelle Ansätze

Unternehmen stehen immer häufiger vor der Herausforderung, digitale Technologien und Lösungen in ihre Prozesse und Geschäftsmodelle zu integrieren. Das Fraunhofer IFF bietet Unternehmen verschiedenste Lösungen, diesen Herausforderungen zu begegnen. Unter anderem bietet der vom Fraunhofer IFF entwickelte Industrie 4.0 Check-up Unternehmen die Möglichkeit, einen ganzheitlichen Blick auf ihre Unternehmens- und Produktionsprozesse zu erlangen, um anschließend mit Forscherinnen und Forschern des Fraunhofer IFF gemeinsam eine Roadmap zu entwickeln, die dazu beiträgt, die Digitalisierung im Unternehmen voranzutreiben.

Darüber hinaus bietet das Fraunhofer IFF auch hoch individualisierte Workshop-Formate an, die Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen dabei unterstützen, konkrete Herausforderungen und Problemstellungen zu identifizieren und diese durch die Entwicklung einer gemeinsamen Projekt-Roadmap anzugehen. Diese Angebote werden sowohl in Deutschland als auch europa- und weltweit verstärkt von Unternehmen nachgefragt. Dabei stehen vor allem individuelle Lösungen im Vordergrund, weil für die Digitalisierung in der Produktion, von Produkten oder Dienstleistungen meist nicht auf Standardlösungen zurückgegriffen werden kann. Zudem wird von Unternehmen ein hoher Grad an Anpassungsfähigkeit für die Implementierung digitaler Lösungen vorausgesetzt, welcher im Vorfeld klar abgeschätzt werden muss.

## Industrie 4.0 in der Republik Korea

Das Fraunhofer IFF ist seit dem Jahr 2018 in Südkorea aktiv und stützt seine Aktivitäten auf die mehr als zehn Jahre zählenden Erfahrungen der Fraunhofer-Gesellschaft in diesem Land. Der Hochtechnologiestandort Südkorea bietet dem Fraunhofer IFF die Möglichkeit, seine Erfahrungen rund um das Thema Integration von Industrie 4.0 in komplexe Unternehmensprozesse voll einzubringen. Auch Südkorea steht, bedingt durch internationale und nationale Trends, vor schweren gesamtwirtschaftlichen Herausforderungen. Deshalb sehen sich viele Unternehmen dazu veranlasst, Themen wie Automatisierung und Digitalisierung zu verfolgen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Zudem trifft der demografische Wandel das Land sehr, was bereits den weltweiten höchsten Grad der Robotisierung zur Folge hat. Zusätzlich setzen die volatilen Handelsbeziehungen zu China und Japan die Exportwirtschaft unter Druck. Kleine und mittlere Unternehmen haben es schwer, sich in einem Land von Industriegiganten wie Samsung, LG und Hyundai zu behaupten.

## Kosmetik – ein umkämpfter Markt

Südkorea ist weltweit der achtgrößte Markt für Kosmetikprodukte mit einem Volumen von mehr als 12 Milliarden US Dollar und einem Exportvolumen von mehr als 6 Milliarden US Dollar. Der Markt zeichnet sich durch starken Wettbewerb aus, in dem mehr als 30 000 Unternehmen aktiv sind.



In diesem hochkompetitiven Umfeld versucht Südkoreas ältester und größter Kosmetikkonzern, Amore Pacific, seine Wettbewerbsfähigkeit im Premiumsegment gegenüber seiner etablierten Konkurrenz und disruptiven Start-ups zu behaupten. Nach ersten Gesprächen zu möglichen Kooperationsthemen in Südkorea entschied sich das Unternehmen im Juni 2019 für zwei Wochen ins Fraunhofer IFF nach Magdeburg zu kommen, um in individuellen Projektentwicklungsworkshops mögliche Lösungen für die Bewältigung verschiedener Herausforderungen in der Produktion zu erarbeiten. Hauptschwerpunkt der Diskussionen sollte die bessere Nutzung und Verwertung von Daten in Produktionsprozessen sein.

### **Anforderungsorientiertes Workshopdesign**

Auf Basis der Anforderungen des Unternehmens wurde für Amore Pacific ein individualisiertes Programm mit relevanten Expertinnen und Experten aus einzelnen Forschungsfeldern des Fraunhofer IFF erarbeitet. Dabei wurden zahlreiche Themen diskutiert, darunter die Nutzung von hyperspektralen Bildgebungsverfahren in verschiedenen Produktionsstufen und -prozessen, der Einsatz Künstlicher Intelligenz zur besseren Auswertung von Produktions- und Energiedaten sowie Möglichkeiten für bildgebende Verfahren zur Qualitätssicherung hochwertiger Verpackungen. Darüber hinaus wurden auch gesamtheitliche Konzepte für die intelligente Produktionsgestaltung erörtert. Zusätzlich beinhaltete das Programm einen Erfahrungsaustausch mit dem Unternehmen Leuna-Tenside GmbH, einem Projektpartner des Fraunhofer IFF. Hier konnte Amore Pacific gezeigt werden, wie das Fraunhofer IFF mit Unternehmen in der Region zusammenarbeitet und welchen Nutzen diese Unternehmen aus der Kooperation und der angewandten Forschung des Fraunhofer IFF ziehen können. Zudem war es auch möglich, die Leuna-Tenside GmbH als Zulieferin für die Kosmetikindustrie als kompetentes Partnerunternehmen in der Region zu präsentieren.

### **Ergebnisse und Ausblick**

Im Ergebnis der Projektentwicklungsworkshops hat sich gezeigt, dass vor allem solche Themen von Bedeutung waren, die neben der klassischen Automatisierung relevant sind beziehungsweise automatisierte Produktionsprozesse weiter unterstützen. Dazu zählen zum Beispiel Datenauswertung zur Prozessüberwachung und -steuerung sowie Entscheidungsunterstützung. In der hoch automatisierten Produktion ist es für Amore Pacific vor allem wichtig, wie die Produktions- und Produktqualität gesteigert werden kann, um die Position als Premiumhersteller für Hautpflegeprodukte zu verteidigen. Mit dem Fraunhofer IFF konnte für Amore Pacific eine Vielzahl möglicher Kooperationsthemen identifiziert, auf Projektbasis konkretisiert und priorisiert werden. In den nächsten Schritten werden diese Projekte dann gemeinsam von Forscherinnen und Forschern des Fraunhofer IFF mit Amore Pacific umgesetzt.

### **Projektpartner**

Amore Pacific, Osan, Republik Korea

### **Kontakt im Geschäftsbereich Internationale Geschäftsentwicklung**

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

# FORSCHUNGSKOOPERATION MIT DER UKRAINISCHEN FLUGZEUGINDUSTRIE

## Strategische Bedeutung der ukrainischen Flugzeugindustrie für die Europäische Staatengemeinschaft

Die Ukraine ist einer der wenigen Staaten der Welt, der über Forschungs-, Ingenieurs- und Produktionskapazitäten verfügt, die das gesamte Spektrum der Luftfahrttechnologien abdecken. Es wird geschätzt, dass über 68 000 wissenschaftliche und technische Mitarbeitende in der ukrainischen Luft- und Raumfahrtindustrie in mehr als 100 Luftfahrtforschungs- und Technologieorganisationen arbeiten. Die Bedeutung der ukrainischen Luft- und Raumfahrtindustrie spiegelt sich auch darin wider, dass sie einen wichtigen Beitrag zur Wirtschaft des Landes in Höhe von ca. 1,9 Milliarden Euro jährlich mit der Herstellung von Flugzeugen leistet. (vgl. <https://www.aero-ua.eu/ukrainian-aeronautics-research-and-technology-report-2018.html#> (aufgerufen am 01.03.2020))

Traditionell ist die ukrainische Flugzeugindustrie stark in die Lieferketten der russischen Flugzeugindustrie eingebunden. Nachdem die Ukraine im Jahr 2014 begann, ihr gesellschaftliches und wirtschaftliches System dem des Wirtschaftsraums der Europäischen Union (EU) anzunähern, ist sie bestrebt, ihre Flugzeugindustrie nachhaltig mit der EU zu verbinden. Neben der Einbindung ihrer Flugzeugindustrie in EU-Lieferketten verfolgt die Ukraine auch die Etablierung von Forschungs- und Technologiekooperationen zum gegenseitigen Nutzen.

Aufgrund der geostrategischen Pläne der EU ist die Ukraine ein wichtiger Partner. Daher ist sowohl die wirtschaftliche Stabilisierung der Ukraine als auch die Etablierung von wissenschaftlichen Kooperationen ein wichtiges Ziel der europäischen Staatengemeinschaft.

## Schwerpunkte des AERO-UA-Projekts

Um die Strategien der europäischen Staatengemeinschaft und der Ukraine zu adressieren, verfolgte das Ende 2019 abgeschlossene AERO-UA-Projekt im Rahmen des EU-Förderprogramms Horizont 2020 als vorrangiges Ziel, die Zusammenarbeit zwischen der EU und der Ukraine in der Luftfahrtforschung durch strategische und gezielte Unterstützung zu fördern.

Ukrainische Luft- und Raumfahrtorganisationen verfügen über einzigartige Fähigkeiten und Kenntnisse, welche der EU helfen können, die durch den »Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe« definierte sektorbezogene europäische strategische Forschungs- und Innovationsagenda zu adressieren.

Dementsprechend hat das AERO-UA-Projekt unter Mitarbeit des Fraunhofer IFF folgende Leistungen bzgl. der Zusammenarbeit der EU und der Ukraine erbracht:

- Identifizierung von technologischen und sozio-ökonomischen Hindernissen für eine verstärkte Zusammenarbeit in der Luftfahrtforschung
- Unterstützung von Pilotprojekten zum beiderseitigen Wissenstransfer in der Luftfahrtforschung
- Sensibilisierung und Vernetzung zwischen Akteuren der Luftfahrtforschung

- 1 *Optische Montageprüfung an einer Flugzeugrumpfschale – Anzeige: rot NIO (falsch).*
- 2 *Optische Montageprüfung an einer Flugzeugrumpfschale – Anzeige: grün IO (korrekt).*



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

## Teilprojekt des Fraunhofer IFF im Rahmen des AERO-UA-Projekts

Das Teilprojekt des Fraunhofer IFF beinhaltete den Wissensaustausch über die Flugzeugherstellung und die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zur Entwicklung von Herstellungsverfahren für Verbindungen mit hoher Lastübertragung und hoher Lebensdauer für Luft- und Raumfahrtkomponenten ukrainischer Hersteller. Zum Projektbeginn erfolgte die Definition folgender Pilotszenarien durch das Fraunhofer IFF gemeinsam mit den ukrainischen Partnern:

1. Sensorgesteuerter Nietprozess
2. Modellbasierte Montageunterstützung und -inspektion

Im Rahmen beider Szenarien wurden folgende Arbeitspakete in Zusammenarbeit der Partner realisiert:

- Definition von praktischen Endbenutzeranforderungen für die Herstellung von Hochlastflugzeugen und Nietwerkzeugen
- Erstellung einer Übersicht vorhandener Niettechnologien
- Zug- und Stresstests von Nietverbindungen
- Potenzialanalyse bezüglich der Verwendung kontaktloser optischer Qualitätsprüfungsansätze
- Definition von praktischen Endbenutzeranforderungen für die digitale Unterstützung und Qualitätsprüfung während manueller Montageprozesse
- Potenzialanalyse für die Anwendung von Technologien zur visuellen Montageunterstützung und zur optischen Prüfung der Montagequalität

## Kooperationsausblick zwischen dem Fraunhofer IFF und dem ukrainischen Luft- und Raumfahrtsektor

Aufgrund der in der Ukraine vorhandenen guten Forschungsexpertise in für das Fraunhofer IFF relevanten Bereichen wird angestrebt, die angestoßenen Forschungsk Kooperationen fortzuführen und zu verstetigen. Das Fraunhofer IFF verspricht sich dadurch eine Verbesserung seiner Exzellenzbasis und möchte außerdem einen Beitrag leisten, um die Strategien der

Bundesregierung und der Europäischen Union erfolgreich zu adressieren.

## Projektpartner

EU: Intelligentsia Consultants Luxemburg; Technology Partners, Warschau, Polen; University of Manchester, Manchester, Großbritannien

Ukraine: Ivchenko-Progress, Zaporozhye; FED, Charkiw; Ukrainian Research Institute of Aviation Technology, Kiew; National Academy of Sciences of Ukraine, Kiew; National Aerospace University KhAI, Charkiw

## Kontakt in den Geschäftsbereichen

### Internationale Geschäftsentwicklung

Dipl.-Vw. Kay Matzner  
 Telefon +49 391 4090-159 | Fax +49 391 4090-93-159  
[kay.matzner@iff.fraunhofer.de](mailto:kay.matzner@iff.fraunhofer.de)

### Mess- und Prüftechnik

Dr.-Ing. Dirk Berndt  
 Telefon +49 391 4090-224 | Fax +49 391 4090-93-224  
[dirk.berndt@iff.fraunhofer.de](mailto:dirk.berndt@iff.fraunhofer.de)

## Förderung

Das Projekt »AERO-UA« wurde aus Mitteln des EU-Förderprogramms Horizont 2020 finanziert. (Förderkennzeichen: 724034)





# AUF DEM WEG ZUM HAFEN DER ZUKUNFT DURCH PROZESSDIGITALISIERUNG

## Europäische Häfen im Wandel

Digitalisierung und Industrie 4.0 sind Schlagworte, die nicht nur Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe vor neue Herausforderungen stellen. Digitalisierung macht auch nicht am Werkstoff halt, sondern entfaltet das Potenzial, einen gesamtwirtschaftlichen Wandel anzustoßen. Mit der Nutzung von digitalen Lösungen und der datengetriebenen Optimierung von Prozessen wird zunehmend davon ausgegangen, dass jedes einzelne Element in der Lage ist, sich in diese digitale Wertschöpfungskette einzureihen. Die Fähigkeit, digital zu arbeiten, digitale Daten zu verarbeiten und vorzuhalten sowie Entscheidungen auf deren Basis und unterstützt von Algorithmen zu treffen, bedeutet nicht mehr nur Wettbewerbsvorteile, sondern es wird zum elementaren Bestandteil von Unternehmen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit dauerhaft zu sichern.

Dies gilt insbesondere auch für die Logistik, die an den Knotenpunkten der Wirtschaft agiert. Dabei kommt Häfen eine besondere Bedeutung zu, denn als multimodale Umschlagplätze müssen sie in der Lage sein, auf unterschiedlichste Kundenanforderungen flexibel zu reagieren.

## Der Hafen der Zukunft

Das EU-Projekt »PortForward« setzt an diesen Herausforderungen im Hinblick auf die Digitalisierung von Hafeninfrastrukturen an. Das Fraunhofer IFF leitet das Projekt und arbeitet mit zwölf europäischen Partnern an der Entwicklung von Lösungen und Technologien für kleine und mittelgroße Häfen Europas. Anwendungspartner im Projekt sind die spanischen Seehäfen von Vigo und der Balearen, die Seehäfen Livornos und Neapels in Italien sowie der Binnenhafen Magdeburgs.

Zusammen mit den weiteren Entwicklungspartnern übertragen Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFF Konzepte und Technologien aus der Industrie 4.0 auf den Bereich von Hafeninfrastrukturen. Hintergrund dabei ist deren schnelle Nutzung durch den Transfer von bereits erprobten Lösungen aus dem Kontext anderer Industrien. Damit soll es auch ermöglicht werden, dass die besonderen Anforderungen der Häfen berücksichtigt werden. Dazu zählt beispielsweise, dass oft keine personellen beziehungsweise finanziellen Ressourcen zur Verfügung stehen, um individuelle Speziallösungen zu entwickeln und einzusetzen.

Dahin gehend setzt das Projekt PortForward auf die Nutzbarmachung verschiedener bereits vorhandener Daten sowie auf den Einsatz neuer Sensorik und Technologien aus dem Internet der Dinge (IoT). Die gesammelten Daten werden über eine Middleware-Lösung aufbereitet, harmonisiert und verschiedenen Mehrwertdiensten auf einer Cloud-Plattform zur Verfügung gestellt, so zum Beispiel zur Optimierung von Scheduling-Prozessen in Containerterminals unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit. Insbesondere die Zurverfügungstellung intelligenter Dienste, die eine individualisierte Auswertung von Prozessen ermöglicht, wird den Häfen Mehrwerte aus dem Projekt bieten. Über innovative Schnittstellen mit Hilfe von Darstellungen über Virtual-Reality-Modelle oder durch den Einsatz von Augmented-Reality-Technologien sollen Hafenmanager und weitere Stake-

**1** Das PortForward-Projektteam im virtuellen Magdeburger Hafen im Elbedome des Fraunhofer IFF.

**2** Projektbesprechung im Hanseterminal des Magdeburger Hafens.

**3** Demonstration einer Leitwarte mit dem VR-Hafenmodell für Mitarbeiter des Magdeburger Hafens.



2

Fraunhofer IFF



3

Fraunhofer IFF

holder in den Häfen beispielsweise dazu befähigt werden, diese Lösungen einzusetzen und gewünschte Mehrwerte zu erzielen.

### Der digitale Magdeburger Hafen

Das Fraunhofer IFF setzt im Projekt PortForward vor allem auf seine langjährige Kooperation mit dem Magdeburger Hafen. In der Vergangenheit wurde bereits zu IoT-Themen im Rahmen des Galileo-Testfelds Magdeburg kooperiert. Darüber hinaus wird intensiv in Forschungsprojekten zur Cybersicherheit von vernetzten Systemen zusammengearbeitet sowie die Nutzung virtueller Modelle zur Infrastrukturplanung untersucht.

Als einziger Binnenhafen im Projekt steht der Magdeburger Hafen vor besonderen logistischen Herausforderungen, die ihn von Seehäfen unterscheiden. Er zeichnet sich durch eine starke Heterogenität der umgeschlagenen Güter aus, von Containern über unterschiedliche Großbauteile bis hin zu Schüttgütern. Die Güter haben zudem sehr unterschiedliche Umschlagzeiten, von wenigen Tagen bis zu mehreren Jahren. Des Weiteren stellt die große Ausdehnung des Hafengebiets mit ca. zehn Kilometern entlang der Elbe die Bereitstellung von Betriebsmitteln vor eine große Herausforderung.

Zur Lösung dieser Herausforderungen setzt das Fraunhofer IFF auf das Zusammenbringen der Erkenntnisse und Lösungen aus den Vorprojekten, um die Logistik- und Lagerungsprozesse zu verbessern. Vor allem auf Basis der eingesetzten IoT-Technologien und deren echtzeitfähige Anbindung an ein virtuelles Modell des Hafens soll ein Digitaler Zwilling die Hafenverwaltung beim Betreiben des Hafens unterstützen.

### Projektpartner

ACCIONA Construcción S.A., Spanien; IMEC - Interuniversity Microelectronics Centre, Belgien; Brunel University London, Großbritannien; LEITAT Technological Center, Spanien;

Ubimax GmbH, Deutschland; Core Innovation & Technology OE, Griechenland; Vigo Port Authority, Spanien; Autoridad Portuaria de Baleares, Spanien; Autorità di Sistema portuale del Mar Tirreno Settentrionale Northern Tyrrhenian Sea Port System Authority, Italien; MAR.TE. S.c.ar.l., Italien; Kristiansand Havn KF, Norwegen; TRANSPORTWERK Magdeburger Hafen GmbH, Magdeburg

### Kontakt in den Geschäftsbereichen

#### Internationale Geschäftsentwicklung

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

#### Konvergente Infrastrukturen

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner M. Sc.  
Telefon +49 391 4090-116 | andreas.hoepfner@iff.fraunhofer.de

#### Materialflusstechnik und -systeme

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Olaf Poenicke  
Telefon +49 391 4090-337 | olaf.poenicke@iff.fraunhofer.de

#### Logistik- und Fabrikssysteme

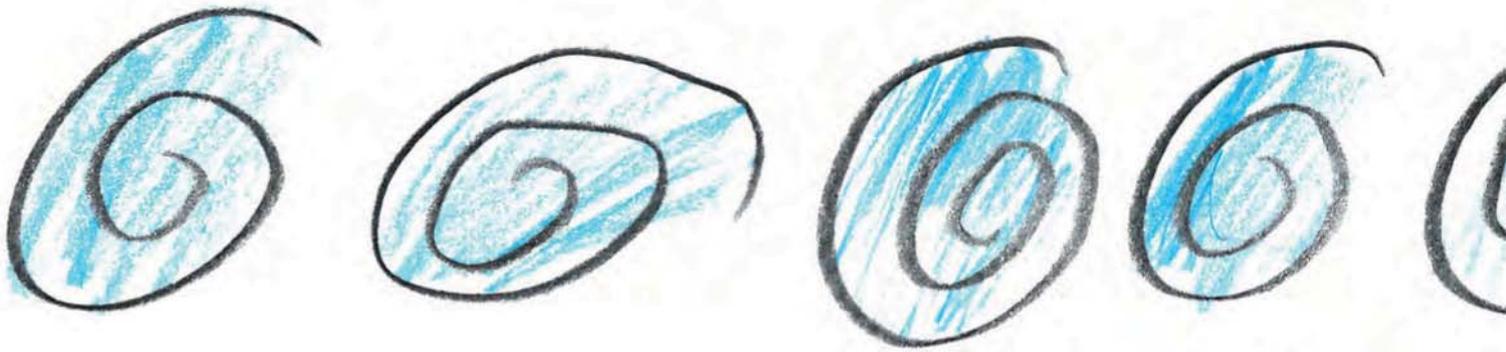
Dipl.-Inf. Tobias Kutzler  
Telefon +49 391 4090-415 | tobias.kutzler@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »PortForward – Towards a green and sustainable ecosystem for the EU port of the future« wird aus Mitteln des europäischen Rahmenprogramms für Forschung und Innovation, Horizont 2020, von der Europäischen Kommission finanziert. (Förderkennzeichen: 769267)



# AUSZEICHNUNGEN, PREISE UND EHRUNGEN



BLU



Die Blumenfabrik  
ist gut für die **Umwelt**  
und **bunte Blumen** finden alle  
Menschen schön.

*Elsa, 7 Jahre*





70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT



### Moonshot-Auszeichnung für »Haut-Scanner«

Das Netzwerk-Symposium der Fraunhofer-Gesellschaft ist eine jährliche Plattform für die Fraunhofer-Forschenden, um sich untereinander über neue Ideen auszutauschen und Innovationen vorzustellen. Die herausragendsten Visionen, Unternehmensgründungen oder Abschlussarbeiten werden ausgezeichnet. Zu den Highlights jedes Netzwerk-Symposiums zählen die Elevator-Pitches, in denen junge Forschende in 90 Sekunden gegeneinander antreten. Im Jubiläumsjahr 2019 stand der Wettbewerb unter dem Motto »Was ist deine Moonshot-Vision?« Gesucht waren bahnbrechende Ideen, die in den nächsten 10 Jahren ein drängendes Problem lösen könnten. Zwanzig Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellten an zwei Tagen ihre Projekte vorwiegend aus den Bereichen Energie, Medizin oder Umwelt vor.

Zu den sieben Gewinnern gehörte auch ein Team des Fraunhofer IFF mit dem Projekt »Human SkinCorder«. In diesem arbeiten die Forscherinnen und Forscher des Instituts an spektralen Hautsensoren zur datenbasierten Früherkennung von Krankheiten. Der Human SkinCorder ist eine Erweiterung der HawkSpex®-Technologie, eine von dem gleichen Team entwickelte Technik zur vereinfachten multispektralen Analyse von Oberflächen, die mit herkömmlichen Mobiltelefonen und einer KI-basierten App verwendet werden kann.

Der Human SkinCorder soll ähnlich einem Stethoskop ein ständiges Arbeitsmittel des ärztlichen Personals sein. Über eine weltweit erhobene Datenbasis erkennt die Sensorik krankheitstypische Veränderungen auf der Hautoberfläche, die dem menschlichen Auge meist verborgen sind, in Sekunden. Das Hightech-Gerät wäre kostengünstig, robust und prinzipiell überall auf der Welt, unabhängig von medizinischen Infrastrukturen, einsetzbar und könnte Ärzte künftig bei der allgemeinen medizinischen Diagnostik unterstützen.

### Dreifache Auszeichnung für Fraunhofer-Forscherin

Es gibt Dissertationen, die sind so gut, dass sie eine besondere Auszeichnung verdienen. Über gleich drei solcher Ehrungen konnte sich Frau Dr.-Ing. Tina Haase, Diplom-Ingenieurin für Computervisualistik und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IFF, freuen. Ihre mehrfach prämierte Doktorarbeit trägt den Titel »Industrie 4.0: Technologiebasierte Lern- und Assistenzsysteme für die Instandhaltung« und beschäftigt sich mit der beruflichen Facharbeit in der industriellen Instandhaltung in hochtechnologischen Produktionssystemen.

Für ihre Untersuchung erhielt Frau Dr. Haase den Wissenschaftspreis der Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (gtw) in der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA). Zudem wurde sie mit dem Dissertationspreis 2019 der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation (WGAB) und mit dem 1. Platz im Wettbewerb »Beste Arbeiten« des »4.OPMC ECOSYSTEMS 2 – Der Unkongress« ausgezeichnet.

Professor Michael Schenk, Betreuer der Dissertation und bis Oktober 2019 Leiter des Fraunhofer IFF sowie des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, freute sich ebenfalls über die Würdigungen. »Forschung und Entwicklung zur Gestaltung virtueller und realer Lern- und Arbeitsumgebungen besitzen in Magdeburg eine große Bedeutung. Wir stellen dabei fest, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auch auf die betriebliche Facharbeit im Kontext von Industrie-4.0-Entwicklungen stetig zunehmen. Frau Dr. Haase liefert hier einen relevanten aktuellen Beitrag für den Hochtechnologie-Bereich an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaft und Ingenieurpädagogik sowie Informations- und Medientechnik.«



## ISGAN Award of Excellence 2019 für das Forschungsprojekt RIGRID verliehen

Die Entwicklung und den Einsatz intelligenter Stromnetze (Smart Grids) vorantreiben – mit diesem Ziel vergibt das International Smart Grid Action Network (ISGAN) jährlich den ISGAN Award of Excellence für herausragende Pilot-, Demonstrations- und Entwicklungsprojekte auf diesem Gebiet. 2019 wurde auch ein Forscherteam aus dem Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF ausgezeichnet.

Eine sichere, zuverlässige und saubere Stromversorgung ist eine wichtige Voraussetzung für Nachhaltigkeit und wirtschaftlichen Wohlstand. Doch sind die Stromnetze in vielen Ländern einer zunehmenden Belastung ausgesetzt, da die Energiequellen und Nutzer-Lieferanten-Beziehungen immer vielfältiger und komplexer werden. Um dem zu begegnen, arbeiten weltweit Forscherteams an der Entwicklung intelligenter Stromnetze. Sie sollen das Management der künftigen Versorgungsinfrastrukturen ermöglichen und die Stabilität der Netze absichern.

**1** *Viele Krankheiten verursachen oft typische Veränderungen der Hautoberfläche, die mit bloßem Auge nicht zu sehen sind. Der »Human SkinCorder« könnte solche Veränderungen einfach und schnell erkennen.*

**2** *Vergabe des gtw-Wissenschaftspreises: Wirtschaftsbeigeordneter Rainer Nitsche (Mitte) gratuliert den Preisträgerinnen Dr.-Ing. Tina Haase (l.) und Julia Arnold M. Ed. (r.) sowie ihren betreuenden Professoren Michael Schenk (2. v.l.) und Klaus Jenewein (2. v.r.).*

**3** *Dr.-Ing. Bartłomiej Arendarski, Fraunhofer IFF, nahm die Auszeichnung des europäischen Forschungsprojekts RIGRID stellvertretend für alle beteiligten Partner entgegen.*

Das Internationale Smart Grid Action Network (ISGAN) unterstützt diese Forschungsarbeiten und vergibt jährlich den ISGAN Award of Excellence für vorbildliche Smart-Grid-Projekte aus der ganzen Welt. Im Jahr 2019 wurde das Forschungsprojekt RIGRID (Rural Intelligent Grid), an dem das Fraunhofer IFF maßgeblich beteiligt ist, mit dem zweiten Platz ausgezeichnet. Im Projekt RIGRID entwickelte das Fraunhofer IFF zusammen mit weiteren deutschen sowie polnischen Partnern erfolgreich ein neues interaktives Planungswerkzeug, mit dem insbesondere neu entstehende Energieinfrastrukturen in ländlichen Gebieten optimal geplant und errichtet werden können. Das Konzept wurde abschließend zusammen mit den Projektpartnern im polnischen Puńsk erfolgreich getestet.

Weil nicht das gesamte Team bei der Preisverleihung im kanadischen Vancouver anwesend sein konnte, nahm Dr.-Ing. Bartłomiej Arendarski vom Fraunhofer IFF die Würdigung auch stellvertretend für seine Kollegen Dr.-Ing. Pio Lombardi und Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki entgegen.

Zusätzlich zu dieser Ehrung erhielten die Forscher den Award der Global Smart Grid Federation (GSGF). Die Juroren würdigten damit die hervorragende Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf künftige Konzepte für die nachhaltige Energieversorgung.

Den Schwerpunkt des Wettbewerbs 2019 bildeten »Smart Grids for Local Integrated Energy Systems« (Smart Microgrids). Dies sind kleindimensionierte Versionen von zentralen Energieversorgungssystemen, die insbesondere regionale Ziele wie die Ausfallsicherheit, Diversifizierung von Energiequellen und CO<sub>2</sub>- sowie Kostenreduktion anstreben.

Link zum Projekt RIGRID:  
<http://rigrd.pl/en/>



### VDI-Ehrenmedaille verliehen

Auf dem 40. VDI-Forum Instandhaltung am 4. und 5. Juni 2019 in Duisburg wurde Frau Dipl.-Ing. Cathrin Plate, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IFF, die VDI-Ehrenmedaille verliehen. Die VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik würdigte mit der Ehrung die herausragenden langjährigen Leistungen Cathrin Plates für die erfolgreiche Entwicklung des Fachausschusses Instandhaltung FA202.

Die Ehrenmedaille wird seit 1978 vergeben. Sie steht in der Nachfolge der 1959 gestifteten Ehrenmünze des VDI und wird an besonders verdiente Mitglieder und ehrenamtlich Tätige sowie an hervorragende Persönlichkeiten aus dem öffentlichen Leben, einzelner Fachgebiete und des berufspolitischen Bereichs verliehen. Die Ehrung wird vom Präsidium, den VDI-Landesverbänden und Bezirksvereinen sowie den Gliederungen VDI Technik und Wissenschaft und VDI Beruf und Gesellschaft für Verdienste in ihrem jeweiligen Arbeitsbereich vergeben.

**1** *v. l. n. r.: Dr. Jens Reichel, Vorstand VDI-GPL, Dipl.-Ing. Cathrin Plate und Dipl.-Ing. Jean Haeffs, Geschäftsführer VDI-GPL.*

**2** *IQ Innovationspreis Mitteldeutschland 2019, Cluster-sieger Informationstechnologie: specTelligence GmbH aus Magdeburg mit den Preisstiftern enviaTEL GmbH und GISA GmbH (v. l. n. r.): Jens Heinrich, Cluster IT Mitteldeutschland e. V., Stephan Drescher, envia Tel GmbH, Friedrich Melchert, specTelligence GmbH, Prof. Udo Seiffert, Fraunhofer IFF, und Jürgen Klaus, GISA GmbH.*

### Spektralanalysen mit dem Smartphone: IQ-Innovationspreis Mitteldeutschland für Fraunhofer-Technologie aus Magdeburg

Spektralanalysen sind ein häufig eingesetztes Mittel für die Analyse der Inhaltsstoffe oder der Unterscheidung von Objekten anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung.

Die Objekte werden mit breitbandigem Licht bestrahlt und die Wellenlängen des reflektierten Lichts durch einen speziellen Sensor erfasst. Auf Grundlage dieses »spektralen Fingerabdrucks« lassen sich Rückschlüsse auf die biochemische Zusammensetzung ziehen. Das Problem: Die notwendige Technik ist teuer.

Eine kostengünstigere Lösung liefert das Magdeburger Unternehmen specTelligence. Das Start-up ist eine Ausgründung des Fraunhofer IFF, welches die zugrunde liegende Technologie mit dem Namen HawkSpex®-Mobile ursprünglich entwickelt hat. Statt einer komplexen Spektralmesstechnik nutzt die neue Technologie nur das Display und die Kamera eines üblichen Smartphones. Mit Hilfe einer speziellen Software und ohne zusätzliche Messgeräte wird das Verfahren spektraler Oberflächenanalysen vereinfacht imitiert. Mit dieser intelligenten Technik lassen sich etwa nachlackierte Karosserieteile an Autos entdecken oder der Frischegrad von Lebensmitteln bestimmen.

Ein bestehendes Paket aus Softwarebibliotheken und einer skalierbaren Cloud-Infrastruktur gewährleistet zusätzlich die Einbindung der Technologie in andere Applikationen. Kosten und Aufwand für die Entwicklung entsprechender Apps können somit deutlich reduziert werden, was die Technologie insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen oder Start-ups attraktiv macht. Mehrere Pilot-Apps werden bereits mit Partnern entwickelt. Für seine Innovation erhielt das Magdeburger Unternehmen den IQ-Innovationspreis 2019 im Bereich Informationstechnologie.



### Hannover Messe: Fraunhofer-Think-Tank-Award für Projekt ETAL

Im Zuge der stetig wachsenden Anforderungen an ressourceneffiziente und umweltfreundliche Herstellungsmethoden stehen insbesondere Gießereien mehr denn je im internationalen und nationalen Wettbewerb. Ein großer Energiebedarf und der hohe CO<sub>2</sub>-Ausstoß gehören zu den belastenden Rahmenbedingungen für die Branche.

Der Verband der Deutschen Gießerei-Industrie beziffert die produktionsbedingten Energiekosten auf rund ein Viertel ihrer Bruttowertschöpfung. Laut ihrer Aussage erwirtschaftete die deutsche Gießereiindustrie im Jahr 2018 mit ca. 80 000 Beschäftigten rund 13 Milliarden Euro. Neue, innovative Produktionsverfahren können einen wesentlichen Beitrag zur Emissionsvermeidung und Energieeinsparung liefern und die internationale Wettbewerbsfähigkeit auch weiterhin sichern. Auf der Hannover Messe 2019 stellte das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF nun erstmalig ein neues Technologie- und Anlagenkonzept für Leichtmetall-Gießereien vor, mit dem bis zu 60 Prozent der produktionsbedingten Energiekosten und 80 Prozent der dabei anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden können.

Gemeinsam mit der promeos GmbH, der Leichtmetallgießerei Bad Langensalza sowie der Magdeburger Otto-von-Guericke-Universität entwickelte das Fraunhofer IFF ein gänzlich neues Konzept der Schmelzeversorgung in Nichteisengießereien. Bislang wird das zu verarbeitende Schmelzgut in einem abgestuften Prozess mehrfach umgefüllt und dabei in zumeist elektrisch beheizten Ofenaggregaten permanent erhitzt. Basierend auf einem innovativen modular erweiterbaren Brennersystem

wurde nun ein neuartiges Anlagensystem entwickelt, mit dem das Metall künftig in mobilen Tiegelpfannen eingeschmolzen, transportiert und warm gehalten wird. Die notwendigen mehrstufigen Prozessschritte lassen sich somit auf lediglich einen Prozessschritt verkürzen. Die erforderliche Wärmeenergie beziehen die mobilen Tiegelgefäße nunmehr an Wärme-Dockingstationen, die mit Hilfe des neuen Brenners betrieben werden. Dabei kann die anfallende Abwärme erstmalig prozesssicher wiederverwertet werden. Ein neuartiges Sensorsystem überwacht kontinuierlich und vollständig den Prozess und bildet so die Grundlage für eine vernetzte und zukünftig automatisierte Prozessführung.

Ein weiterer Vorteil: Die neue Herstellungsmethode entbindet die Arbeitskräfte von besonders gefährlichen Arbeitsschritten und trägt erheblich zu einer erhöhten Arbeitssicherheit und Unfallvermeidung bei. Es ermöglicht Unternehmen den Schritt in die digitalisierte Produktion.

Auf der Hannover Messe 2019 stellte das Fraunhofer IFF den serientauglichen Prototypen der neuen Tiegelpfannen samt Heat-Dock erstmalig vor. Für ihre innovative Neuerung wurde das Forschungsteam mit dem Think Tank Award der Fraunhofer-Gesellschaft ausgezeichnet.

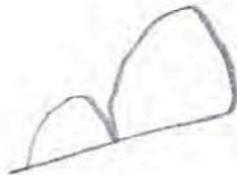
Das Projekt mit dem Namen ETAL wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert (Förderkennzeichen: 79003-81 P036).

GEFÖRDERT VOM



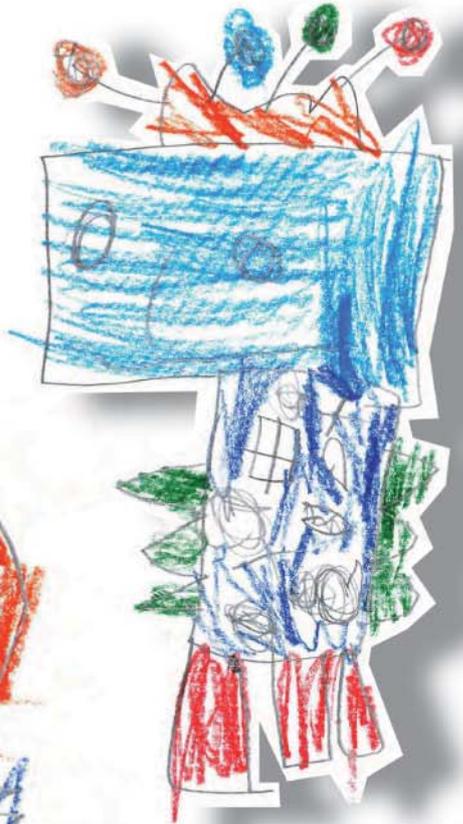
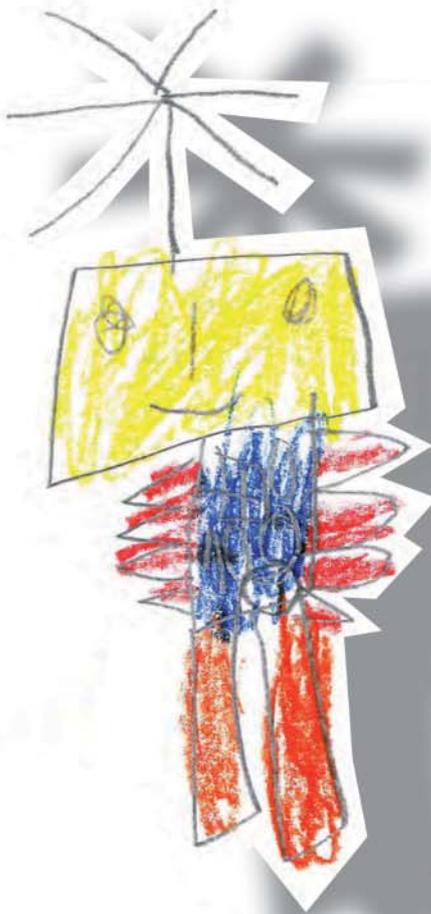
**3** Konventionelle Prozessführung – Umfüllen des geschmolzenen Metalls. Zum Schmelzen und Beheizen wird sehr viel Energie benötigt.

# KURZ UND KNAPP AUS DEM INSTITUT



“  
Roboter werden in der freien Natur im **Schwebemodus** arbeiten und dabei **Energie** speichern. Und ich werde sie mit einer **Fernbedienung** steuern.  
”

Alexander, 6 Jahre



ALEXANDER



70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT



### Gemeinsame Forschung für die Energiewende

Das Fraunhofer IFF und die Hochschule Magdeburg-Stendal vertiefen die strategische Zusammenarbeit in der Forschung und Entwicklung der Energiesysteme und -anlagen der Zukunft. Dafür unterzeichneten beide Einrichtungen am 4. Februar 2019 einen Kooperationsvertrag.

Zu der neuen Qualität der Zusammenarbeit gehört unter anderem der Austausch von Personal zwischen dem Fraunhofer IFF und der Hochschule, die gemeinsame Nutzung von Forschungsinfrastrukturen und die vernetzte Ausbildung des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses. Zudem wollen beide Einrichtungen auf diesem Gebiet eng mit der regionalen Industrie kooperieren.

»Die heutige Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung ist eine große Freude. Wir besiegeln eine langjährige gute und erfolgreiche Zusammenarbeit unserer Einrichtungen und stärken zugleich den Wissenschaftsstandort Magdeburg. Mit dem Fraunhofer IFF gewinnt die Hochschule einen wichtigen strategischen Partner für die internationale Forschung an zukunftsweisenden Energiekonzepten«, erklärte Prof. Dr. Anne Lequy, Rektorin der Hochschule Magdeburg-Stendal.

Auch der damalige Institutsleiter, Professor Dr.-Ing. Michael Schenk, betonte: »Das Fraunhofer IFF und die Hochschule Magdeburg-Stendal arbeiten seit vielen Jahren auf verschiedenen Gebieten sehr gut zusammen. Die nun beschlossene feste Kooperation im Bereich der Energiesysteme der Zukunft ist gut für die Region und die hiesigen Unternehmen. Sie werden sowohl von den Forschungsergebnissen als auch von der gemeinsamen Ausbildung qualifizierter Fachkräfte für diesen wichtigen Zukunftsmarkt profitieren.«

### Girls' Day am Fraunhofer IFF

Das Fraunhofer IFF öffnete am 28. März 2019 im Rahmen des Girls' Day 2019 seine Türen und Labore für forschungsinteressierte Schülerinnen. Rund 20 Mädchen von der fünften bis zur neunten Klasse lernten dabei ein wenig den Forschungsalltag am Institut durch Sehen, Fragen und Ausprobieren kennen.

Eingeleitet wurde die Entdeckungsreise am Vormittag mit einer Einführung in die Programmierung und einem Planspiel, wie Projektmanagement auf unterschiedliche Arten (klassisch und agil) erfolgreich umgesetzt werden kann. In einem kleinen Programmierprojekt wurde das Gelernte anschließend umgesetzt. Ziel war es, eine Ampelschaltung nachzubauen. Dafür sollte der kleine Mikrocontroller »Arduino« mit LED-Lämpchen verbunden und am Computer der gewünschte Leuchteffekt programmiert werden. Am Nachmittag stellten sich dann zwei Wissenschaftlerinnen des IFF den Fragen des Forschungsnachwuchses, der sich abschließend noch auf eine kleine Entdeckungsreise durch das Institut begeben durfte: 3D-Virtual-Reality im »Elbedome« und 3D-Druck in der Ausstellung des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Magdeburg »vernetzt wachsen« brachte die Schülerinnen zum Staunen.

Der Girls' Day – Mädchen-Zukunftstag – ist ein internationales, jährlich stattfindendes Berufsorientierungsprojekt. Unternehmen, Betriebe und Hochschulen öffnen dabei ihre Türen für Schülerinnen ab der fünften Klasse. Sie sollen so Berufe und Studiengänge kennenlernen, in denen Frauen bisher eher selten vertreten sind. Zeitgleich findet der Boys' Day statt, der auch für die Jungen eine klischeefreie Zukunftsplanung bieten soll.

1 Prof. Dr. Anne Lequy, Hochschule Magdeburg-Stendal, und Prof. Dr.-Ing. Michael Schenk, Fraunhofer IFF, unterzeichnen die Kooperationsvereinbarung.

2 Programmieren üben am Girls' Day im Fraunhofer IFF.



### KI-Anwendungen für die Wirtschaft – »Centrum für Industrielle Intelligenz« in Magdeburg gegründet

Die Beherrschung und Integration Maschinellen Lernens und Künstlicher Intelligenz (KI) wird schon bald zu den Schlüsselkompetenzen erfolgreicher Industrieunternehmen gehören. Die Übertragung in die Praxis ist für viele Unternehmen aber noch eine große Herausforderung. KI-Anwendungen müssen jedoch so schnell wie möglich in die Wirtschaft und dort insbesondere auch kleinen und mittleren Unternehmen in Deutschland zur Verfügung stehen, damit diese im internationalen Wettbewerb auch künftig bestehen können. Zu diesem Zweck werden wissenschaftliche Institutionen und Unternehmen Mitteldeutschlands unter dem Namen »Centrum für Industrielle Intelligenz« (CII) gemeinsam an der Erforschung und Entwicklung von Methoden und Algorithmen zur Künstlichen Intelligenz für den konkreten Einsatz in der Industrie arbeiten. Zu diesen Einrichtungen gehören das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF und die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Unter Beteiligung zahlreicher Gäste fand am 23. Mai 2019 die offizielle Gründungsveranstaltung des CII in Magdeburg statt.

Professor Udo Seiffert, wissenschaftlicher Leiter des »Centrums für Industrielle Intelligenz«, skizzierte die Ziele: »Wir wollen mit diesem neuen Zentrum die KI-Forschung am Standort Magdeburg sichtbar und greifbar für die Unternehmen machen. Für sie wollen wir konkrete individuelle Angebote und Produkte auf Basis von Künstlicher Intelligenz und Maschinellen Lernens entwickeln.«

#### Wissenschaftliche Expertise und praktisches Know-how

Vor allem die große Komplexität und Vielzahl der KI-Themen erfordert es aus Sicht der Einrichtungen, die vorhandenen Kompetenzen zu bündeln. Aus diesem Grund sollen in dem »Centrum für Industrielle Intelligenz« künftig wissenschaftliche Expertise und spezifische Bedarfe von Unternehmen zusammengeführt werden. Dafür möchten die beteiligten Forschungseinrichtungen sowohl eigenes wissenschaftliches

Personal und KI-Fachkräfte als auch internationale Experten-netzwerke hinzuziehen.

Die Wirtschaft begrüßt diesen Schritt. Gerade Industrieunternehmen sehen sich angesichts der steigenden Bedeutung Künstlicher Intelligenz vor große Herausforderungen gestellt. Marco Langhof, Vorsitzender des IT-Verbands Sachsen-Anhalt, unterstreicht deshalb den Wert eines solchen Zentrums: »Künstliche Intelligenz wird für die gesamte Wirtschaft überlebenswichtig. Während in der Grundlagenforschung bereits gute Erfolge zu verzeichnen sind, kommt es jetzt darauf an, schnellstmöglich produktive und praxistaugliche Lösungen für die Industrie zu realisieren. In den Unternehmen gibt es bisher nur vereinzelt Erfahrungen – daher ist ein »Centrum für Industrielle Intelligenz« ein attraktives Angebot. Seine Gründung ist ein folgerichtiger und wichtiger Schritt.«

**3** Gründung »Centrum für Industrielle Intelligenz« CII (v. l. n. r.): Dr. Jürgen Ude, Staatssekretär im Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt, Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert, Fraunhofer IFF, Prof. Dr.-Ing. Jens Strackeljan, Rektor Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, und Prof. Dr.-Ing. Michael Schenk, Institutsleiter Fraunhofer IFF.



## Wie Elektroautos die Energiewende unterstützen sollen

Mehr Elektromobilität auf den Straßen und eine möglichst umfassende Energiegewinnung aus regenerativen Quellen: Obgleich der ökologische Umbau der Mobilitätssysteme und der Energieversorgung auf den ersten Blick eine positive Nachricht für das Klima ist, entpuppt er sich bei näherer Betrachtung als Problem für Netzbetreiber und Kunden.

Der Grund liegt in den Risiken für die Versorgungssicherheit und Netzstabilität, die von der Umstellung auf eine flächendeckende Stromversorgung mit Energie aus nachhaltigen Quellen ausgehen. Insbesondere der Anschluss vieler kleiner verteilter Erzeugungsanlagen, beispielsweise Photovoltaikanlagen, Kleinwindkraftanlagen oder Mini-Blockheizkraftwerke, kann unsere herkömmlichen und historisch noch nicht für die schwankende, dezentrale Versorgung ausgelegten Netze überlasten. Kommen vereinzelt Elektrofahrzeuge als zusätzliche Verbraucher hinzu, ist der Einfluss auf einzelne Netzabgänge noch begrenzt und belastet das Gesamtsystem nur leicht. Doch mit einem signifikanten Zuwachs von Elektrofahrzeugen wird das Stromnetz spürbar unter Druck gesetzt.

Das Fraunhofer IFF arbeitet gemeinsam mit der Krebs' engineers GmbH und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg in dem Projekt »E-Mobility4GridService« an einer Lösung für dieses Problem. Geht es nach dem Willen der Forscherinnen und Forscher, sollen hierfür die Elektrofahrzeuge selbst aktiv dabei helfen, das Energienetz der Zukunft stabil zu halten.

Im Beisein von Sachsen-Anhalts Umweltministerin Prof. Claudia Dalbert traf sich das Forschungskonsortium am 29. Mai 2019 in Magdeburg zur Vorstellung der ersten Arbeitsergebnisse.

### Elektrofahrzeuge sollen Energienetz entlasten

Im Zentrum der Forschung steht die Entwicklung eines intelligenten Lademanagements für die Elektrofahrzeuge. Mit ihm wollen die Forschenden künftig nicht nur das Laden der Fahrzeuge regeln, sondern auch die Netze aktiv managen.

Sie sollen mit Hilfe der Fahrzeuge und Ladeinfrastrukturen in kritischen Situationen stabilisiert werden können. Gemeint ist damit, dass die Fahrzeuge künftig als steuerbare Lasten im Netz aktiv sein sollen. Die Autobatterien sollen unter anderem als Pufferspeicher überschüssige Netzenergie zwischenspeichern und wieder abgeben, wenn gerade zu wenig Strom im Netz vorhanden ist. Das Prinzip funktioniert umso besser, je mehr Elektroautos vorhanden und an die Lade- und Energieinfrastruktur angeschlossen sind.

### Auch ÖPNV soll einbezogen werden

Diese Entwicklungen zielen nicht allein auf den Individualverkehr. Vielmehr bilden sie auch die Basis zum skalierten Einsatz bei der Elektrifizierung des öffentlichen Personennahverkehrs sowie regionaler Logistikdienste und von Werksverkehren. Hier wären die zu erwartenden Ladeleistungen und Batteriekapazitäten noch um ein Vielfaches höher.

Im Ergebnis soll die Technologie einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Denn durch die lokale, einspeiseorientierte Verwertung von Ökostrom in der Elektromobilität ist eine deutliche Verbesserung der Energieeffizienz und Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Mobilitätssektor die Folge.

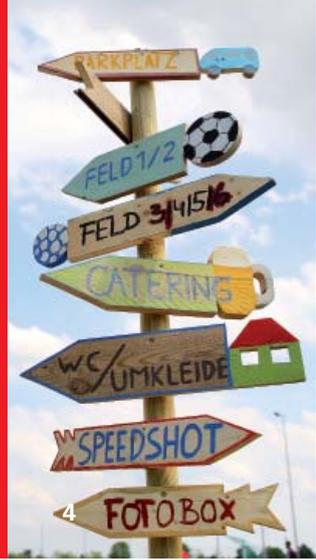
Das Projekt »E-Mobility4GridService« wird vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt aus dem Förderprogramm KLIMA II – Industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung mit insgesamt 1,7 Millionen Euro gefördert.

**1** Professor Przemyslaw Komarnicki vom Fraunhofer IFF (r.) und Henning Demele von Krebs' engineers (l.) demonstrieren das bidirektionale Ladesystem eines Elektroautos.

**2** Sachsen-Anhalts Umweltministerin Prof. Claudia Dalbert erläutert die Strategie und Ziele des Landes hinsichtlich der Förderung von Elektromobilität und klimafreundlichen Technologien.



3



### Fraunhofer-Fußballturnier

Großartiges Sommerwetter, gut aufgelegte Teams und eine hervorragende Organisation waren beste Voraussetzungen für die Austragung des jährlichen Fraunhofer-Fußballturniers am 22. Juni 2019 in Magdeburg. Als Cup-Sieger 2018 hatte die Mannschaft des Fraunhofer IFF im Jahr zuvor den Pokal an die Elbe geholt und sich somit für die Ausrichtung des Wettbewerbs 2019 qualifiziert.

20 Mannschaften aus 23 Instituten durften sich über einen perfekt organisierten Turnierablauf, kurzweilige Side Events, wie Torschussgeschwindigkeitsmessstation, Fun-Fotobox oder Kinderspielstation für die Kleinsten und eine reichhaltige und vielfältige Verpflegung freuen. Zwischen Ernährungsberatung mit Salatbar, Grillwurst und Kuchenbuffet sind so manche Teilnehmende kurzzeitig verloren gegangen. Mit viel ehrenamtlichem Engagement war es dem über 30-köpfigen Organisationsteam des Fraunhofer IFF gelungen, eine tolle, familiäre Atmosphäre zu erzeugen, die sich bei aller sportlichen Konkurrenz ausnahmslos und schnell auf die Teams übertrug.

Dass das eigentliche Turnier dabei nicht zur Nebensache geriet, dafür sorgte der sportliche Ehrgeiz der angetretenen Mannschaften. Einige waren inklusive unterstützender Familie sowie Kolleginnen und Kollegen über weite Strecken ange-reist, um sich den Pokal zu erkämpfen. Letztlich aber mussten sich in diesem Jahr alle dem Team des IWU Chemnitz geschla-gen geben, das sich nach einem spannenden Finale gegen die Mannschaft des Fraunhofer IFF die Siegerkrone aufsetzen durfte. Folgerichtig wird das kommende Fraunhofer-Fußballturnier in Chemnitz stattfinden, bei dem die Kolleginnen und Kollegen des IWU nicht nur ihre fußballerischen Qualitäten, sondern auch die als ebenso gute Gastgeber unter Beweis stellen können.

**3 Die Sieger des Fraunhofer-Fußballturniers 2019:**  
 1. Platz: IWU Chemnitz (Mitte), 2. Platz: IFF Magdeburg (l.), 3. Platz: IAP Potsdam-Golm (r.).

### Wanderausstellung WindNODE live! im Fraunhofer IFF

Wie gelingt die Energiewende? An der Beantwortung dieser Frage arbeiten unter anderem über 70 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft, zu denen auch das Fraunhofer IFF gehört, in dem deutschlandweiten Verbundprojekt WindNODE. Das Ziel dieses Projekts ist es, Technologien zu entwickeln, mit denen der Energie- und Strombedarf in Deutschland möglichst vollständig aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden kann. Damit das gelingt, muss erneuerbarer Strom dann genutzt werden, wenn er zur Verfügung steht. Andererseits müssen die Zeiten überbrückt werden, wenn er fehlt.

Unterteilt in verschiedene Pilotregionen suchen die beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen nach Lösungen, um die dynamische Erzeugung und den Verbrauch erneuerbaren Stroms in Balance zu bringen. Mit den dabei entwickelten Technologien soll das Stromnetz künftig auch dann stabil bleiben, wenn immer mehr erneuerbarer Strom erzeugt wird.

Für die Pilotregion Nordostdeutschland, welche die Bundesländer Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen umfasst, zeigt die Wanderausstellung »WindNODE live!«, die Themen und Technologien in der Region für das intelligente Energiesystem der Zukunft erforscht, entwickelt und angewendet werden.

Vom 15. Oktober bis 8. November 2019 machte die multimediale Ausstellung Station im Fraunhofer IFF und informierte mit einer interaktiven Landkarte der WindNODE-Projektregion, Multimedia-Stelen mit Erklärfilmen und Hintergründen zu »besuchbaren Orten« und ausgewählten Projekten sowie Hörstationen und Texttafeln über die Herausforderungen einer digitalisierten Energiewende.



## Prof. Dr. Julia C. Arlinghaus übernimmt Institutsleitung des Fraunhofer IFF

Am 1. Oktober 2019 übernahm Professorin Julia C. Arlinghaus die Leitung des Fraunhofer IFF. Ihr Vorgänger, Professor Michael Schenk, beendete nach 25 Jahren erfolgreichen Wirkens an der Spitze des Instituts seine Karriere und verabschiedete sich in den verdienten Ruhestand. Neben der Position als Institutsleiterin übernahm Professorin Arlinghaus auch den Lehrstuhl für Produktionssysteme und -automatisierung an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Julia Arlinghaus studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit den Schwerpunkten Produktionstechnologie und Verfahrenstechnik an der Universität Bremen und an der Tokyo University, Japan. Sie promovierte 2011 im Schwerpunkt Business Innovation zur Integration intermodaler Transporte in Handelslieferketten an der Universität St. Gallen in der Schweiz. Sie war als Beraterin für operative Exzellenz und Lean Management bei der Porsche Consulting tätig, bis sie 2013 dem Ruf als Professorin für die Optimierung von Produktions- und Logistiknetzwerken an die Jacobs University Bremen folgte. Ab August 2017 war sie Lehrstuhlinhaberin für das Management für Industrie 4.0 an der RWTH Aachen. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Gestaltung und Implementierung von Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen, Entwicklung von Methoden der Künstlichen Intelligenz, Risikomanagement in globalen Produktionssystemen sowie die Gestaltung von Wertschöpfungsketten in und mit Akteuren in Entwicklungsländern.

»Die Forschungskompetenz von Julia Arlinghaus zeichnet sich durch ein hohes Maß an Praxisorientierung und Interdisziplinarität aus. Ihr Wirken ist gekennzeichnet durch die aktive und enge Zusammenarbeit mit zahlreichen etablierten Industrie- und Logistikunternehmen einerseits sowie mit international renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Mathematik, Physik, Biologie, Informatik und Psychologie andererseits«, erklärte Prof. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft. »Als neue Institutsleiterin ist

sie gefordert und prädestiniert zugleich, die herausragende Kompetenz des Fraunhofer IFF in der Robotik, beim Messen und Prüfen, bei der Gestaltung von Prozessen in Produktion und Logistik sowie bei der technologiebasierten Assistenz und Qualifizierung auf eine neue Stufe zu heben.«

Professorin Julia Arlinghaus, für die nach eigenem Bekunden mit der Übernahme der Institutsleitung ein großer Wunsch in Erfüllung ging, freute sich sehr, die erfolgreiche Entwicklung des Fraunhofer IFF weiterführen zu dürfen. »Wir wollen auch weiterhin Innovations- und Impulsgeber für die heimische Wirtschaft sein und Unternehmen auf ihrem Weg in die Digitalisierung unterstützen. Wir sind uns dabei der Notwendigkeit von Innovationen für Unternehmen im stetigen Wandel bewusst und werden in unseren zentralen Forschungsthemen Digitalisierung und Vernetzung der Wirtschaft, Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion, nachhaltige Nutzung und Wandlung von Energie sowie der Entwicklung intelligenter Arbeitssysteme entsprechend agieren.«

Amtsvorgänger Prof. Dr.-Ing. Michael Schenk begrüßte seine Nachfolgerin: »Die Entwicklung des Fraunhofer IFF seit seiner Gründung 1992 bis heute ist eine großartige Erfolgsgeschichte, an der viele mitgewirkt haben. Heute ist es ein national und international gefragter Forschungspartner. Nachdem ich das Institut 25 Jahre leiten durfte, freue ich mich nun, dass mit Frau Professor Julia Arlinghaus eine so innovative und fachlich versierte Kollegin diese Aufgabe übernehmen und den erfolgreichen Weg des Fraunhofer IFF in Zukunft fortsetzen wird.«

<sup>1</sup> *Symbolische Staffelstabübergabe (v.l.n.r.): Dr. Lutz Trümper, Oberbürgermeister Stadt Magdeburg, Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer, Präsident Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Dr.-Ing. Michael Schenk, Prof. Dr. Julia Arlinghaus, Prof. Dr.-Ing. Jens Strackeljan, Rektor Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Dr. Reiner Haseloff, Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt.*



## Grundsteinlegung für Erweiterungsbau und Verabschiedung Professor Schenk

Im Beisein des Ministerpräsidenten des Landes Sachsen-Anhalt, Dr. Reiner Haseloff, des Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Reimund Neugebauer, des Oberbürgermeisters der Stadt Magdeburg, Dr. Lutz Trümper, und etwa 150 Gästen hat das Fraunhofer IFF am 25. November 2019 den Grundstein für einen Instituterweiterungsbau im Magdeburger Wissenschaftshafen gelegt. Mit einem »Zentrum für kognitive adaptive Arbeitssysteme« soll das dortige Virtual Development and Training Centre VDTC des Fraunhofer IFF erweitert und nach seiner Fertigstellung im Jahr 2021 zu einer Forschungsfabrik für intelligente Produktionssysteme werden.

»Hier wollen wir ganz praktisch erforschen, wie Fabriken aufgebaut sein müssen, damit wir künftig noch nachhaltiger und flexibler produzieren können. Wir wollen an der Frage arbeiten, wie sich der Mensch in die Produktion der Zukunft einfügt und wie intelligent kommende Produktionssysteme sein werden«, beschrieb die neue Leiterin des Fraunhofer IFF, Professorin Julia Arlinghaus, die Vision für das neue Gebäude. Einen weiteren Schwerpunkt soll die Forschung an Technologien für die Resilienz von Produktions- und Logistiksystemen bilden.

Auch Fraunhofer-Präsident Prof. Reimund Neugebauer unterstrich die Bedeutung des künftigen Forschungszentrums: »Die Digitalisierung der Produktionstechnologie beeinflusst Geschäftsmodelle und verändert ganze Marktstrukturen. Daher ist die Frage, wie wir in Zukunft produzieren, entscheidend für die wirtschaftliche Zukunft unserer Industrie und unseres Landes«, erklärte er. »Es gilt, die neuen technologischen Möglichkeiten frühzeitig aus der Forschung in die Anwendung zu überführen und alle Engineering-Potenziale voll auszuschöpfen. Hier wird das Zentrum für kognitive adaptive Arbeitssysteme des Fraunhofer IFF mit seinen zukunftsorientierten Entwicklungen und Lösungen für die Produktion von morgen einen wichtigen Beitrag leisten.«

Die Investitionssumme für das neue Forschungszentrum beträgt 18,4 Millionen Euro. Die Mittel werden zu 50 Prozent von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) bereitgestellt. Die übrigen 50 Prozent werden zu gleichen Teilen vom Land Sachsen-Anhalt und dem Bund getragen.

### Abschied vom langjährigen Institutsleiter Professor Michael Schenk

Die Grundsteinlegung für die neue Forschungsfabrik war zugleich Teil der feierlichen Staffelstabübergabe in der Institutsleitung des Fraunhofer IFF. Vor über 300 Gästen aus Politik, Wirtschaft und Forschung übergab der langjährige Institutsleiter, Professor Michael Schenk, in dem auf die Grundsteinlegung folgenden Symposium zu seinen Ehren in der Magdeburger Johanniskirche den symbolischen Staffelstab an seine Nachfolgerin, Professorin Julia Arlinghaus.

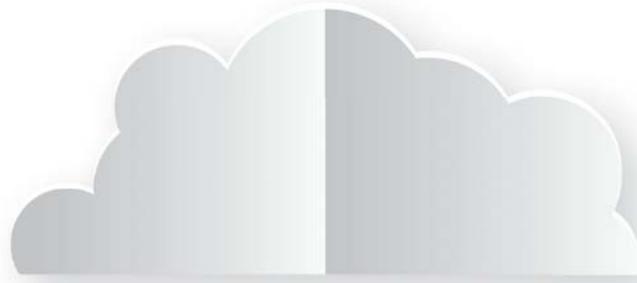
Zu den Laudatoren gehörten unter anderem Sachsen-Anhalts Ministerpräsident Dr. Reiner Haseloff, der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Professor Reimund Neugebauer, der Oberbürgermeister der Stadt Magdeburg, Dr. Lutz Trümper, und der Rektor der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Professor Jens Strackeljan.

**3** Prof. Dr. Julia Arlinghaus stellt die Vision der zukünftigen Forschungsfabrik im Magdeburger Wissenschaftshafen vor.

**4** Grundsteinlegung für das neue »Zentrum für kognitive adaptive Arbeitssysteme« (v. l. n. r.): Dr. Reiner Haseloff, Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt, Prof. Dr.-Ing. Michael Schenk, ehem. Institutsleiter Fraunhofer IFF, Dr. Lutz Trümper, Oberbürgermeister Stadt Magdeburg, Prof. Dr. Julia Arlinghaus, Institutsleiterin Fraunhofer IFF, Prof. Reimund Neugebauer, Präsident Fraunhofer-Gesellschaft, Michael Rommel, Architekt.

DAS INSTITUT IN ZAHLEN





Die  
**Pilztrocknungsfabrik**  
stellt Essen für alle her.  
Warum gerade Pilze?  
**Weil ich gern Pilze esse.**

*Thea, 5 Jahre*

70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT



## HAUSHALTS- UND ERTRAGSENTWICKLUNG

Im Jahr 2019 betragen die Ausgaben für den Gesamthaushalt des Fraunhofer IFF 20,7 Millionen Euro. Dabei beliefen sich die Gesamterträge auf 15,6 Millionen Euro. Davon stammten 5,6 Millionen Euro aus Wirtschaftserträgen und 10 Millionen Euro aus öffentlichen und EU-Mitteln sowie sonstigen Erträgen. Die institutionelle Förderung umfasste 5,1 Millionen Euro. Investitionen wurden im Umfang von 0,5 Millionen Euro vorgenommen.



	2017	2018	2019
<b>■ Gesamthaushalt in Mio € *</b>	20,9	21,3	20,7
<b>■ Institutionelle Förderung in Mio €</b>	4,3	5,5	5,1
<b>■ Öffentliche, EU und sonstige Erträge in Mio €</b>	10,0	10,1	10,0
<b>■ Wirtschaftserträge in Mio €</b>	6,5	5,7	5,6
<b>■ *davon Investitionshaushalt in Mio €</b>	0,735	0,985	0,5

## PERSONALENTWICKLUNG

Zum Stichtag 31. Dezember 2019 beschäftigte das Fraunhofer IFF insgesamt 191 Mitarbeitende. Die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verfügen mehrheitlich über einen Abschluss als Diplom-Ingenieure und Diplom-Wirtschaftsingenieure. Darüber hinaus arbeiten am Institut diplomierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Maschinenbaus, der Informatik, Humanwissenschaften, Mathematik, Physik, Wirtschaft sowie Kaufleute. Sie arbeiten zusammen sowohl in interdisziplinären Forschungsteams als auch in der Administration. Darüber hinaus wurden die Forschungsarbeiten am Fraunhofer IFF durch 114 wissenschaftliche Hilfskräfte unterstützt. 19 Studierende absolvierten am Institut ein Praktikum.



2017      2018      2019

193      199      191

158      154      114

29      18      19

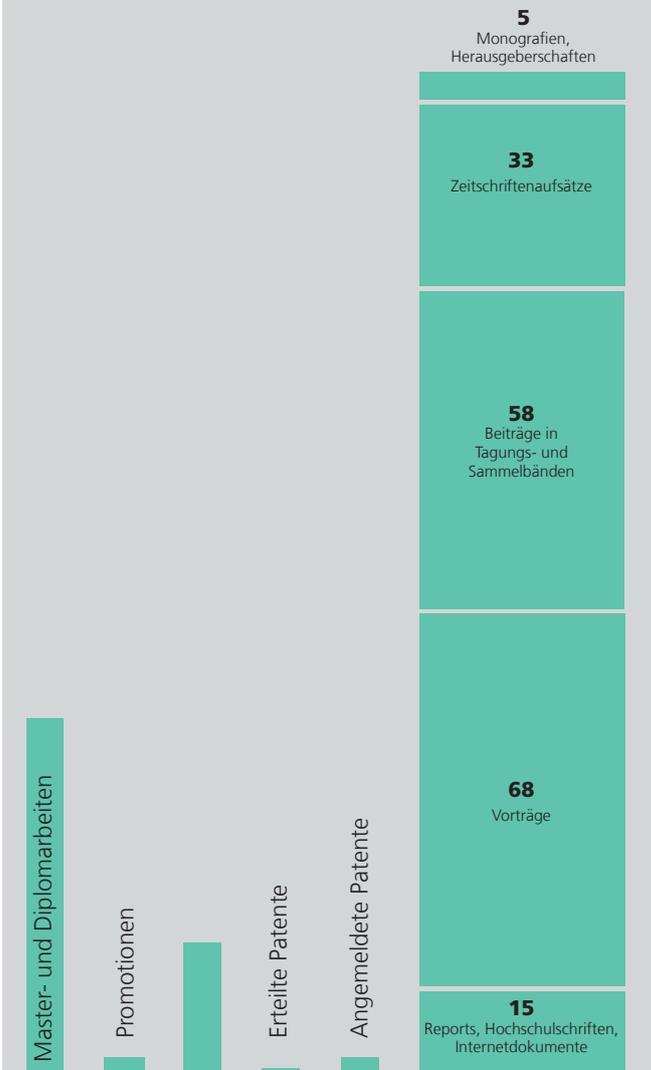
■ Mitarbeiterentwicklung am Fraunhofer IFF

Wissenschaftliche Hilfskräfte

Praktikantinnen und Praktikanten

## AUSBILDUNG, QUALIFIZIERUNG, PATENTE & VERÖFFENTLICHUNGEN

Im Jahr 2019 wurden am Fraunhofer IFF 65 Diplom- und Masterarbeiten sowie 3 Promotionen betreut. 24 Forscherinnen und Forscher des Instituts waren zugleich als Lehrende an Universitäten und Hochschulen tätig. Es wurde ein Patent erteilt, drei weitere Patenteinträge wurden eingereicht. Insgesamt wurden 179 Veröffentlichungen gemeldet.



**Akademische Abschlussarbeiten 2019**

65 3

**Anzahl der Lehrenden an  
Universitäten und Fachhochschulen 2019**

24

**Patente 2019**

1 3

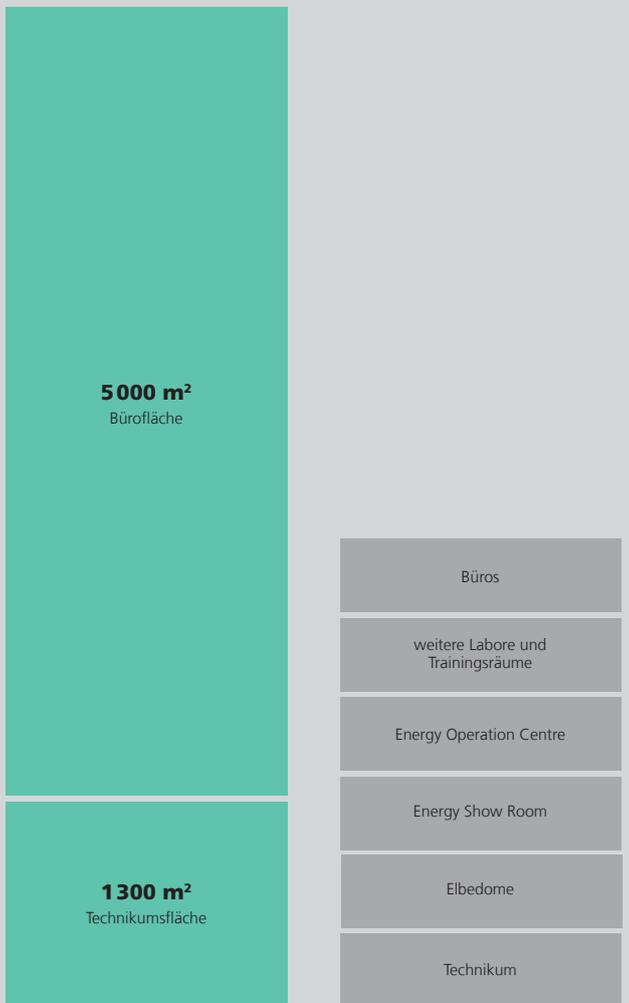
**Veröffentlichungen 2019**

179

## AUSSTATTUNG

Das Fraunhofer IFF in Magdeburg nutzt in seinem Hauptgebäude etwa 5 000 Quadratmeter Bürofläche, modern ausgestattete EDV-Labors und Konferenzräume. Auf einer Technikumsfläche von 1 300 Quadratmetern stehen unterschiedlichste Technologien für die anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung zur Verfügung. Das umfasst insbesondere modernste Systeme für die industrielle Bildverarbeitung und die Robotik.

In seinem Virtual Development and Training Centre (VDTC) im Magdeburger Wissenschaftshafen verfügt das Fraunhofer IFF über weitere 2 800 Quadratmeter Hauptnutzfläche. Kernstück des VDTC ist das 3D-Mixed-Reality-Labor »Elbedome«. Das Projektionssystem zählt mit über 450 Quadratmetern Projektionsfläche zu den größten Einrichtungen dieser Art für industrielle Anwendungen in Europa.



6 300 m<sup>2</sup>

■ Hauptnutzfläche Sandtorstraße

2 800 m<sup>2</sup>

■ Hauptnutzfläche Virtual Development and Training Centre VDTC

# KURATORIUM



Die Kuratorinnen und 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.

#### **Mitglieder des Kuratoriums des Fraunhofer IFF**

Dr.-Ing. Frank Büchner  
Siemens AG

Dr. rer. pol. Karl Gerhold  
Getec Energie Holding GmbH

Dr. Christof Günther  
Infraleuna GmbH

Prof. Dr. Klaus G. Hoehn  
Deere & Company

Johannes Krafczyk  
T-Systems International GmbH

Dr.-Ing. E.h. Dipl.-Math. Bernd Liepert  
Bernd Liepert moreaboutrobots GmbH

Dr. Georg Mecke  
Airbus Operations GmbH

Dipl.-Ing. Klaus Müller  
KM Consulting GmbH

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

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

Dr. Klaus Welsch  
BASF SEFT

Clemens Zielonka  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

*Die Teilnehmenden und Gäste  
der Kuratoriumssitzung 2019  
in Magdeburg.*

# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

Meine Fabrik  
hat überall **Internet**,  
so dass alles  
verbunden ist.

*Christina, 9 Jahre*

70 JAHRE  
FRAUNHOFER  
**70 JAHRE  
ZUKUNFT**  
#WHATSNEXT





Überall  
Internet!

Fabrik





Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Sie ist Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz. Mit inspirierenden Ideen und nachhaltigen wissenschaftlich-technologischen Lösungen fördert die Fraunhofer-Gesellschaft Wissenschaft und Wirtschaft und wirkt mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft.

Interdisziplinäre Forschungsteams der Fraunhofer-Gesellschaft setzen gemeinsam mit Vertragspartnern aus Wirtschaft und öffentlicher Hand originäre Ideen in Innovationen um, koordinieren und realisieren systemrelevante, forschungspolitische Schlüsselprojekte und stärken mit werteorientierter Wertschöpfung die deutsche und europäische Wirtschaft. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Austausch mit den einflussreichsten Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 74 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 28 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon fallen 2,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent davon erwirtschaftet Fraunhofer mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent steuern Bund und Länder als Grundfinanzierung bei, damit die Institute schon heute Problemlösungen entwickeln können, die in einigen Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft entscheidend wichtig werden.

Die Wirkung der angewandten Forschung geht weit über den direkten Nutzen für die Auftraggeber hinaus: Fraunhofer-Institute stärken die Leistungsfähigkeit der Unternehmen, verbessern die Akzeptanz moderner Technik in der Gesellschaft und sorgen für die Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Hochmotivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf dem Stand der aktuellen Spitzenforschung stellen für uns als Wissenschaftsorganisation den wichtigsten Erfolgsfaktor dar. Fraunhofer bietet daher die Möglichkeit zum selbstständigen, gestaltenden und zugleich zielorientierten Arbeiten und somit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung, die zu anspruchsvollen Positionen in den Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft befähigt. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und des frühzeitigen Kontakts mit Auftraggebern hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

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

Stand der Zahlen: Januar 2020

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

# IMPRESSUM

## **Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2019 des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

### **Herausgeber**

Prof. Dr. Julia C. Arlinghaus, Institutsleiterin  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF  
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  
Dipl.-Ing. (FH) Barbara Schmidt, Ingenieurbüro Schmidt  
Gesa Marie Götte  
Daniel Korenev

### **Satz/Layout**

Dipl.-Ing. (FH) Barbara Schmidt, Ingenieurbüro Schmidt

### **Titel- und Kapitelbilder, Institut in Zahlen**

Dipl.-Design Ulrike Wölke, DESIGNBÜRO media partis

### **Herstellung**

Harzdruckerei GmbH, Wernigerode

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

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

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

ISSN 2192-1768

© Fraunhofer IFF, 2020



### Foto-, Bild- und Grafikquellen

Soweit nicht anders angegeben © Fraunhofer IFF

Titelbild: Leni Ziller/DESIGNBÜRO media partis

Seite 5, 6, 31 (3), 60, 61, 62, 64, 65, 72: Fraunhofer IFF/Viktoria Kühne

Seite 8-9: Paul/DESIGNBÜRO media partis

Seite 10, 11, 13 (1), 41: Fraunhofer IFF/Uwe Völkner, Fotoagentur FOX

Seite 13 (2): Fraunhofer IFF/Martin Voitag

Seite 14: Fraunhofer IFF/Veit Müller

Seite 15: Fraunhofer IFF/Tobias Peter

Seite 18-19: Hannah/DESIGNBÜRO media partis

Seite 20, 21 (2): Fraunhofer IFF/Ina Ehrhardt

Seite 24: Architekturbüro HENN

Seite 26: Fraunhofer IFF/Andreas Süß

Seite 28-29: Jonas Knauer/DESIGNBÜRO media partis

Seite 33: Malp – AdobeStock

Seite 34-35: Henri Eckhardt/DESIGNBÜRO media partis

Seite 36: Fraunhofer IFF/Uwe Knauer

Seite 37: Fraunhofer IFF/Andreas Backhaus

Seite 39 (2): Fraunhofer IFF/Gorodenkoff – stock.adobe.com [M]

Seite 42: Getty Images/iStockphoto/HASLOO

Seite 44-45: Henriette/DESIGNBÜRO media partis

Seite 47: Death to Stock

Seite 50, 51: Fraunhofer IFF/Christian Blobner

Seite 52-53: Elsa/DESIGNBÜRO media partis

Seite 54 (2): Harald Krieg/OVGU Magdeburg

Seite 55: Chloe Seongji Yoon

Seite 56 (1): Fraunhofer IFF/Tina Haase

Seite 56 (2): Guido Werner/GWP

Seite 57 (3): Leichtmetallgießerei Bad Langensalza GmbH

Seite 58-59: Alexander Mewes/DESIGNBÜRO media partis

Seite 63: Ronny Hartmann

Seite 66-67: Thea/DESIGNBÜRO media partis

Seite 74-75: Christina/DESIGNBÜRO media partis

Seite 76, 77: Fraunhofer-Gesellschaft

Seite 79: Fraunhofer IFF/Martin Stiller





