



# Fraunhofer

## IFF

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB UND -AUTOMATISIERUNG IFF, MAGDEBURG

# JAHRESBERICHT 2015





**LEISTUNGEN UND ERGEBNISSE  
JAHRESBERICHT 2015**

# INHALT

<b>6</b>	<b>EDITORIAL</b> Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung	<b>18</b>	<b>PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS INTELLIGENTE ARBEITSSYSTEME</b>
<b>8</b>	<b>GRUSSWORT</b> Professor Siegfried Russwurm Mitglied des Vorstands und Chief Technology Officer der Siemens AG	20	Mit Sensortechnik Zeitstudien an industriellen Arbeitsplätzen durchführen
<b>10</b>	<b>INTERVIEW</b> <b>ZUKUNFT DER ARBEITSWELT IN DER INDUSTRIE 4.0</b> Constanze Kurz Leiterin des Ressorts Zukunft der Arbeit beim Vorstand der IG Metall	22	Impulsgesteuerte Galvanisierung von Supraleitern
<b>12</b>	<b>SICHERE TECHNIK FÜR EFFIZIENTE UND NACHHALTIGE PRODUKTION</b>	24	Taktile Mensch-Technik-Interaktion zur Steuerung von Flurförderzeugen
<b>14</b>	<b>DAS INSTITUT IN ZAHLEN</b>	26	Qualitätssicherung in der Produktion mit digitalen Assistenzsystemen
<b>16</b>	<b>DAS KURATORIUM</b>	28	Gestaltung hybrider Montagesysteme von der Idee bis zur Serie
		30	Palettenmanagement und Waren- verfolgung im Einzelhandel mit RFID
		32	Schwimmender Inspektionsroboter für den Abwasserkanal Emscher
		34	Taktile Sensorsysteme für die sichere Kollisionsdetektion
		36	Automatisierte Bahnplanung für Schweißprozesse an Großbauteilen
		38	Möglichkeiten und Anwendungen des durchgängigen Virtual Engineering
		<b>40</b>	<b>PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK</b>
		42	Mit hyperspektraler Bildgebung leistungsfähigeres Saatgut ermitteln
		44	Waldzustandsermittlung aus der Luft mit Hilfe hyperspektraler Aufnahmen

46	Effiziente Nahrungsmittelproduktion mit Edukten aus Kraftwerksanlagen
48	Rezeptursteuerung zur Granulation von Kohlenstoff- und Metallstäuben
50	Effiziente Nutzung von Abwärme aus einem Salzgewinnungsprozess
52	Remanufacturing als »Lebensretter« für Maschinen und Anlagen
54	E3 – Die Produktion energieorientiert planen und steuern
56	Sichere Versorgung bei Unfällen und Pannen mit Elektroautos
58	Handlungsempfehlungen zu forstlichen Zertifizierungssystemen
60	Portal für Anlagenbaustellen liefert jederzeit gesicherte Informationen
62	Der spektrale Blick in die Zukunft durch Vorhersage von Züchtungserfolgen

---

## 64 PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS KONVERGENTE VERSORGENGS-INFRASTRUKTUREN

---

66	Analyse von Akzeptanzfaktoren für den Ausbau von Freileitungstrassen
68	Sichere erneuerbare Energien dank intelligenter Mess- und Steuertechnik
70	Das Smart Grid Energy Storage System als Speicher für die Energiewende
72	Effektives Energieversorgungskonzept auf Basis eines Virtuellen Kraftwerks

---

## 74 HIGHLIGHTS, VERANSTALTUNGEN UND MESSEPRÄSENTATIONEN (AUSWAHL)

---



---

### 98 NAMEN, DATEN, VERÖFFENTLICHUNGEN

---

99	Gremienmitarbeit (Auswahl)
104	Forschungs- und Kooperationspartner (Auswahl)
111	Veröffentlichungen   Herausgeberschaften und Monografien (Auswahl)
112	Veröffentlichungen   Beiträge in Tagungs- und Sammelbänden (Auswahl)
115	Veröffentlichungen   Zeitschriftenaufsätze (Auswahl)
115	Veröffentlichungen   Vorträge (Auswahl)
119	Veröffentlichungen   Internetdokumente (Auswahl)
119	Veröffentlichungen   Graue Literatur/Bericht/Report (Auswahl)
119	Veröffentlichungen   Poster (Auswahl)

---

## 120 DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

---



---

### 122 ANSPRECHPARTNER

---

### 128 IMPRESSUM

# EDITORIAL

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,  
liebe Geschäftspartner und Freunde,

wer heute von der »Digitalisierung der Wirtschaft« spricht, denkt zumeist auch das Schlagwort von der Industrie 4.0. Für viele ist die Verwendung dieses Begriffs jedoch etwas problematisch. Als Marketing-Werkzeug von Werbeexperten in die Welt gesetzt, ist er innerhalb kürzester Zeit zum Kampfbegriff der deutschen Wirtschaft avanciert. Durch den medialen Hype wurde die sogenannte »vierte industrielle Revolution« zum ultimativen Wettbewerbsvorteil und zur Rettung der industriellen Produktion in den westlichen Industrieländern stilisiert. Dabei bezeichnet die Industrie 4.0 gar keine prinzipiell neue Technologie, keine gänzlich neuen Ideen. Es ist die Subsumierung einer technologischen Entwicklung, die wir bereits seit Jahrzehnten vorantreiben und die nun eine neue Dynamik erfährt. Statt Revolution zu erleben, gestalten wir also eine Evolution. Und die ist noch lange nicht abgeschlossen.

## Was ist Industrie 4.0?

Doch was ist das denn nun, diese Industrie 4.0? Von Friedhelm Loh stammt ein zusammenfassender Vorschlag, nach dem ist Industrie 4.0 die Vernetzung industrieller Wertschöpfungsketten, die auf der Basis von Daten Produkte durch selbstlernende und selbststeuernde Prozesse flexibel, effizient und wettbewerbsfähig entwickelt, produziert und dem Markt zur Verfügung stellt.

In der Industrie 4.0 tauschen also Produkte, Maschinen, Anlagen und Infrastruktureinheiten untereinander relevante und situationsgerechte Informationen aus und nehmen direkten Einfluss auf ihre Produktions- und Logistikprozesse. Zentrale Steuer- und Dispositionssysteme werden so langfristig durch die Etablierung von stark vernetzten, dezentralen und selbstorganisierenden Regelkreisen abgelöst. Dafür wachsen auch die digitale und die reale Welt mehr und mehr zusammen.

## Fraunhofer IFF gestaltet mit

Wohlgemerkt, das ist nicht gänzlich neu. Es ist Ergebnis einer Entwicklung, die auch am Fraunhofer IFF von Anfang an mitgestaltet wurde. Seit über 20 Jahren gibt das Institut Industrie und Forschung fortlaufend Impulse mit neuen Ideen und innovativen Projekten, in denen die Digitalisierung und Vernetzung von Produktionsprozessen in den Mittelpunkt gestellt werden. Unter der Überschrift »Digital Engineering and Operation« war die vernetzte Produktion und die durchgängige Nutzung aller aus dem Entwicklungs- und Produktionsprozess verfügbaren Produktdaten, inklusive digitaler Simulation, Entwicklung und Planung, stets ein zentrales Element in unseren Forschungen. Sie sind damit Teil der technologischen Basis für die Industrie 4.0 und die aktuelle »Digitale Agenda« des Bundeswirtschaftsministeriums.

Trotz der langen Historie dessen, was wir jetzt Industrie 4.0 nennen, ist es heute dennoch berechtigt, von einer neuen Stufe der Entwicklung zu sprechen. Das hinzugekommene Element ist ein hochleistungsfähiges Internet, sind die Cloud-Dienste und ihre industriebezogene Nutzung. Sie helfen dabei, die zentralen und zuvor nur begrenzt lösbaren Fragen der vernetzten Produktion zu beantworten: Wer hat wann welche Daten und liegen sie im richtigen Format vor? Und so sind es insgesamt die stetigen technischen Weiterentwicklungen in der digitalen Kommunikation, die den neuen, dynamisierenden Aspekt der Industrie 4.0 ausmachen: die digitale, ortsungebundene Verknüpfung der Produktionsnetzwerke und die Echtzeit-Verflechtung aller Daten aus der Planung, Entwicklung und Produktion sowie aus der Rückkopplung der Konsumenten und aller damit zusammenhängenden Prozesse und beteiligten Partner.

## Einfluss auf die Arbeitswelt

Die Ergebnisse dieses Prozesses werden Wirtschaft und Gesellschaft nachhaltig beeinflussen. Und natürlich werden sie auch die Arbeitswelt, wie wir sie heute kennen, verändern.



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

Die Automatisierung wächst und intelligente Assistenzsysteme als Teil dieser technologischen Entwicklung werden verstärkt Einzug in die Produktion und in alle anderen Branchen, bis weit in den Dienstleistungssektor, in das Gesundheitswesen und in private Lebensbereiche halten. In der Regel sollen sie den Menschen jedoch nicht ersetzen. Stattdessen sollen sie uns direkt und indirekt unterstützen – als Wirkungselemente einer intelligenten, digitalisierten Wirtschaft. Einige interessante Beispiele solcher unterstützenden Technologien finden sich auch wieder im vorliegenden Jahresbericht, etwa taktile Sensorsysteme für die intelligente und sichere Mensch-Maschine-Interaktion, digitale Lernsysteme für die Produktion oder virtuelle Entwicklungsumgebungen für den Sondermaschinenbau. Sie machen das Arbeiten in Produktionsumgebungen für den Menschen künftig leichter, beschleunigen die Prozesse und erhöhen die Sicherheit. Gleichwohl wäre es jedoch naiv zu glauben, dass es keine Bereiche gibt, in denen durch die Automatisierung nicht doch Arbeitsplätze betroffen sein werden. Für diese neuen Herausforderungen der Digitalisierung müssen wir nach Antworten suchen.

---

### Chancen für die Kleineren

---

Möglicherweise gibt uns die Industrie 4.0 einen Teil dieser Antworten aber bereits selbst. So wird ihr Eindringen in vielfältige Wirtschafts- und Lebensbereiche auch die Gründung ganz neuer Geschäftsmodelle zur Folge haben. Die daraus resultierenden Chancen für die Wirtschaft sind groß. Auch auf die kleinen und mittleren Unternehmen warten hier riesige Potenziale. Sie benötigen jedoch mehr Enthusiasmus und auch Unterstützung bei der Implementierung von Technologien für die digitalisierte Produktion. Andernfalls droht ihnen in wenigen Jahren ein kaum mehr aufzuholender Rückstand und sie sind nicht mehr integrierbar in die Produktions- und Logistikketten der großen Unternehmen, weltweit agierenden Dienstleister und Zulieferer. Damit würden sie wiederum die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland infrage stellen.

Bislang hinderten die hohen Kosten für Software und Implementierung, fehlende Standards oder Schnittstellen kleinere Unternehmen daran, in Technologien der Industrie 4.0 zu investieren. Auch das sind bislang noch ungelöste Probleme. Zumindest die Kostenfrage wird sich aber voraussichtlich bald nicht mehr stellen. Über Cloud-Dienste könnten Unternehmen demnächst Softwarepakete modular mieten – angepasst an ihre Bedürfnisse, Produkte und Maschinenkonstellationen. Denn auch die Fabriken werden wandelbar und können künftig immer schneller an hochflexible Produktstrategien angepasst werden. Starre Produktionslinien weichen flexiblen Einheiten, die je nach Produkt immer neu zusammengestellt werden.

Dieser Schritt wird gerade für kleinere produzierende Betriebe tatsächlich revolutionär sein. Sie dabei zu unterstützen, ist eine wichtige Aufgabe für Wirtschaft und Forschung in Deutschland. Denn unser Wettbewerbsvorteil durch Entwicklungsvorsprünge bei der Industrie 4.0 schmilzt dahin. Schon heute sind uns einige Länder im Bereich der Digitalisierung der Wirtschaft in mancherlei Hinsicht voraus. Wir befinden uns zwar auf dem richtigen Weg. Doch selten zuvor gab es derart eine beschleunigte Entwicklung der Technologie wie jetzt im Fall der intelligenten, vernetzten Produktion. Deswegen benötigen wir noch mehr Schwung, mehr Mut bei allen Beteiligten.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Vergnügen und hoffe auf Ihr Interesse beim Lesen dieses Jahresberichts, in dem sich eine kleine Auswahl aktueller Projekte unseres Instituts auch zur Industrie 4.0 versammelt.

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

# GRUSSWORT

---

## Unser Weg in die Zukunft – Die Potenziale des digitalen Wandels konsequent nutzen

---

Online einkaufen; Bestellungen individuell konfigurieren; Geräte im Privathaushalt via App steuern und Medien digital nutzen – und zwar dann, wenn es unser Zeitplan zulässt: Noch nie war unsere Welt so stark vernetzt wie heute. Die Digitalisierung verändert nicht nur die Art und Weise, wie wir privat oder beruflich Produkte und Services nutzen. Sie revolutioniert auch die Art und Weise, wie diese hergestellt und angeboten werden und wie sie zum Kunden gelangen – und somit alle Bereiche der Industrie und auch der Infrastruktur. Ob Automatisierung der Fertigung, neue Planungsmethoden für die Logistik oder energieeffiziente Versorgungsinfrastrukturen: Die reale Welt verschmilzt mit der virtuellen.

---

## Wir stehen vor einem Paradigmenwechsel

---

Wie diese Verschmelzung aus analoger und digitaler Welt funktionieren kann, zeigt sich eindrucksvoll in der produzierenden Industrie: In der sogenannten Industrie 4.0 werden Produkte virtuell entwickelt und auf Herz und Nieren getestet, ehe auch nur an einer einzigen realen Schraube gedreht wurde. Möglich wird dies dank der Simulation mit einem digitalen Zwilling: einem virtuellen Abbild des Produkts, in das sich die einzelnen Bestandteile in unterschiedlicher Ausführung einfügen und so testen lassen. Parallel dazu werden die Maschinen, mit denen das Produkt hergestellt werden soll, ebenfalls virtuell geplant und designt. Zudem kommunizieren Maschinen, Anlagen oder Sensoren miteinander, lernen selbstständig und tauschen Informationen aus. Im Ergebnis kann ein Unternehmen seine Produktion nicht nur wesentlich effizienter gestalten, sondern auch deutlich schneller – bis zu 50 Prozent – auf dem Markt sein und flexibler auf die Bedürfnisse des Marktes reagieren.

---

## Die Fabrik der Zukunft organisiert sich selbst

---

Informationstechnik, Telekommunikation und Fertigungsindustrie verschmelzen miteinander, und gleichzeitig nimmt die Autonomie der Produktionsmittel immer weiter zu. Wie die smarte Fabrik der Zukunft im Detail aussehen wird, kann heute noch niemand sagen. Ein wahrscheinliches Szenario: Die Maschinen in der Fabrik der Zukunft werden sich weitgehend selbst organisieren, Lieferketten stellen sich automatisch zusammen, und Aufträge werden sich in Fertigungsinformationen umwandeln und auf direktem Weg in den Produktionsprozess münden.

Trotz zunehmender Autonomie in den Fabriken bleibt der Mensch aber auch in der Industrie-4.0-Welt unerlässlich – als kreativer Lenker und Denker, der mit seiner Intelligenz Vorgänge und Abläufe plant und mittels Software den Maschinen »beibringt«. Einfache Verwaltungsarbeiten hingegen werden zunehmend automatisiert. Das ergibt für die Ingenieure noch mehr Zeit und Raum für kreative Aufgaben und die Entwicklung neuer Ideen und Geschäftsmodelle. Dazu aber ist es notwendig, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit in die neue Welt zu nehmen und in der Aus- und Weiterbildung auf die Arbeitsmethoden der Zukunft vorzubereiten. Das Qualifikationsniveau wird steigen und damit auch die Qualifizierungsanforderungen an die Menschen.

---

## Zusammenarbeit in kreativen Ökosystemen

---

Technologische Fähigkeiten alleine reichen nicht aus. Um langfristig erfolgreich sein zu können, müssen sich Unternehmen konsequent zu »digitalen Unternehmen« weiterentwickeln und Prozesse und Unternehmenskultur auf die digitale Welt einstellen. Dazu gehören auch neue Formen der Zusammenarbeit über unterschiedliche Disziplinen und Abteilungen hinweg und die Bereitschaft beim Erschließen neuer Geschäftszweige unternehmerische Risiken einzugehen sowie





*Professor Siegfried Russwurm  
Mitglied des Vorstands und Chief Technology Officer  
der Siemens AG*

aus Fehlern schnell zu lernen und diese zu korrigieren – so wie es erfolgreiche Start-ups vormachen.

Forschung im 21. Jahrhundert muss offen sein für die Zusammenarbeit mit den hellsten Köpfen überall auf der Welt. Innovationen entstehen im digitalen Zeitalter nicht mehr in abgeschlossenen Forschungslaboren, sondern in der offenen Zusammenarbeit in kreativen Ökosystemen. Kooperationen mit Universitäten, mit anderen Unternehmen, mit Start-ups und ganz besonders auch mit anwendungsnahen Forschungspartnern wie dem Fraunhofer IFF sind für uns elementarer Bestandteil dieser Strategie.

---

### **Konkrete Lösungen für die Industrie**

---

Mit seinen Forschungsschwerpunkten im Digital Engineering, in der ressourceneffizienten Produktion und Logistik sowie der Energieeffizienz von Versorgungsinfrastrukturen ist das Fraunhofer IFF seit vielen Jahren ein wichtiger Partner für Siemens. Das Institut bringt hierbei nicht nur seine wissenschaftlich-technologische Expertise ein. Vielmehr kann es über das Fraunhofer-Netzwerk sowie die enge Kooperation mit Hochschulen wie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und anderen Forschungseinrichtungen interdisziplinär Kompetenzen mobilisieren, um konkrete Lösungen für die Industrie zu finden.

Ein aktuelles Beispiel für diese Zusammenarbeit ist »WindNODE«, ein Konsortialprojekt unter der Schirmherrschaft sechs deutscher Bundesländer, in dessen Lenkungskreis Siemens mit fünf weiteren Partnern vertreten ist. In diesem großflächigen, grenzübergreifenden Reallabor wird die deutsche Energiewende anschaulich präsentiert: Bei WindNODE verknüpfen sich dünn besiedelte Landstriche mit reicher Windnutzung mit urbanen Lastzentren und insgesamt rund elf Millionen Stromnetzanschlüssen. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IFF und 42 weiteren Verbundpartnern aus Wirtschaft und Wissenschaft zeigt das Konsortium, wie große

erneuerbare Erzeugungskapazitäten, Stromnetze und Energienutzer auf Basis einer digitalen Vernetzung effizient integriert werden können. Innovative, nutzerorientierte Produkte und Dienstleistungen der Industrie 4.0 werden hier erprobt, um für Massenmarkt und Export zu reifen.

Das Beispiel WindNODE zeigt: Den digitalen Wandel meistert keiner allein, sondern er erfordert vor allem Kooperation. Kooperation zwischen kleinen, mittleren und großen Unternehmen genauso wie Kooperation zwischen Unternehmen, Grundlagenforschung und anwendungsorientierter Forschung. Dieses Netzwerk macht die Stärke des Standorts Deutschland aus, und damit sind wir gut gerüstet im globalen Wettbewerb.

Professor Siegfried Russwurm  
Mitglied des Vorstands und  
Chief Technology Officer  
der Siemens AG

# INTERVIEW

## ZUKUNFT DER ARBEITSWELT IN DER INDUSTRIE 4.0

Die Digitalisierung unseres Alltags – mit der Vision von intelligenten Umgebungen, Prozessen und Alltagsgegenständen, die mit ihrer digitalen Sensorik und Vernetzung ein »Internet der Dinge« bilden – löst einen Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft aus. Wie gut sind wir auf diese Veränderungen vorbereitet? Welche Rolle spielt dabei der Mensch und wie verändern sich unsere Lebens- und Arbeitswelten?

Ein Interview mit Frau Dr. Constanze Kurz, Leiterin des Ressorts Zukunft der Arbeit beim Vorstand der IG Metall:

**Frau Dr. Kurz, Industrie 4.0 ist noch immer ein teils kontrovers diskutierter Begriff. Wie würden Sie ihn beschreiben?**

Industrie 4.0 bedeutet die umfassende Vernetzung der Produktion. Alle kommunizieren miteinander: Teile, Maschinen, Beschäftigte – und sogar die Kunden. So kann die Produktion in Echtzeit flexibel umgestellt werden, etwa, wenn der Kunde per Internet Sonderwünsche eingibt. Eine zentrale Steuerung wird überflüssig, weil sich die einzelnen Komponenten in einem offenen »cyber-physischen System« gegenseitig steuern.

**Warum wird Industrie 4.0 auch die »vierte industrielle Revolution« genannt? Was ist daran neu? Computer und Netzwerke in Fabriken gibt es doch schon.**

Ja, aber bisher eher als Insellösungen. In der Regel hat jede Maschine ihr Programm. Bei einer Umstellung auf ein anderes Produkt müssen Programme geändert, Maschinen und Teile umgerüstet sowie Arbeitsabläufe angepasst werden. In der Industrie 4.0 jedoch gibt es all diese Brüche nicht mehr, weil alle Komponenten in ein einziges Netzwerk eingebettet sind. Dies bedeutet deutlich kürzere Reaktionszeiten, spart Energie und Material, erhöht die Flexibilität und macht dadurch Kleinserien kostengünstiger.

**Wie nahe ist die Industrie 4.0 überhaupt? Kommt sie bald – oder ist das noch Zukunftsmusik?**

Die Realisierung von Industrie 4.0 im Sinne von horizontaler und vertikaler Integration, umfassend vernetzten Produktionsanlagen (IoT), dezentralen Intelligenzen, durchgängigem digitalem Engineering und eingebetteten CPPS liegt noch in weiter Ferne. Aber unübersehbar ist auch, dass Unternehmen mit der Umsetzung begonnen haben – oftmals in Kooperationen mit der Wissenschaft wie auch in Form von Pilotprojekten und einzelnen Umsetzungsmaßnahmen. Die Landkarte der Plattform Industrie 4.0 weist inzwischen ca. 250 solcher Aktivitäten auf. Entscheidend für die weitere Entwicklungsdynamik wird sein, inwieweit sich diese Aktivitäten entlang der horizontalen und vertikalen Wertschöpfungskette verallgemeinern. Vieles hängt dabei von den Innovationsaktivitäten insbesondere der kleinen und mittleren Unternehmen ab.

**Was kommt denn auf die Unternehmen zu? Und wie wird sich die Arbeit für die Mitarbeiter verändern?**

Wir sehen, dass fortschreitende Digitalisierung zu neuen Aufgaben und Rollen für die Beschäftigten etwa bei der Datenauswertung, der Datensicherheit oder in Bezug auf Serviceleistungen führt. Es ist daher elementar wichtig, dass die Aus- und Weiterbildungssysteme den Anforderungen der digitalen Arbeitswelt gewachsen sind. Dabei geht es längst nicht nur um das Beherrschen neuer Software und technischer Systeme. Es geht um neue Methoden des Lernens und darum, Fähigkeiten zur Prozesssteuerung und Prozessbegleitung auszubauen.

Vor allem muss die Weiterbildung in den Betrieben in der Breite gestärkt werden. Dafür ist in den Unternehmen eine aktive Rolle der Führung erforderlich. Transparenz und Beteiligung sind wichtig, um neue Informations-, Produktions- und Bildungsräume gestalten zu können. Wir müssen dazu die



*Constanze Kurz  
Leiterin des Ressorts Zukunft der Arbeit  
beim Vorstand der IG Metall*

Lernförderlichkeit am Arbeitsplatz erhöhen. Dabei können digitale Assistenzsysteme, wenn sie richtig gestaltet sind, eine Hilfe sein.

### **Was fordert die IG Metall konkret bei der Umsetzung von Industrie 4.0? Wie kann auch die Belegschaft aus Ihrer Sicht eingebunden werden?**

Es geht hier nicht einzig um die Frage, wer zukünftig den Takt vorgibt, ob es der Mensch ist oder die Maschine. Natürlich muss der Mensch auch weiterhin die Maschine steuern und die Netzwerke konfigurieren und nicht umgekehrt. Die Frage ist aber: Gelingt es, Lernmöglichkeiten für alle Beschäftigten sicherzustellen? Auch für diejenigen, die bislang vielfach davon ausgeschlossen sind? Dafür braucht es mehr Entschiedenheit, mehr Geld und Zeit, neue Lernangebote zu entwickeln und betriebliche Lernkulturen auszugestalten. Vor allem aber brauchen wir nicht nur für die Technik, sondern auch und ganz besonders für die Gestaltung von Arbeit und Bildung viele Werkstätten und betriebliche Praxislabore. Diese sollten Experimentierfelder sein, in denen von Beginn an informiert, beteiligt und gemeinsam die Zukunft von Arbeit und Bildung 4.0 angegangen wird.

### **Welche Chancen und Risiken sehen Sie bei der Umsetzung von Industrie 4.0 für und in Deutschland?**

Zu unterscheiden ist bei dieser Frage, was publizistischer Hype und was seriöser Diskurs ist. Heilsversprechen oder Horrorszenarien sind keine guten Ratgeber, wenn es darum geht, realistische Zukunftspfade für eine gute Entwicklung von Wirtschaft und Arbeit zu gestalten. Von daher muss es darum gehen, fundiert und kritisch Chancen und Risiken zu analysieren. Anders gesagt: Es liegt im Willen entscheidender und gestaltender Akteure, inwieweit Industrie 4.0 Arbeitsplätze kostet, den Menschen zum Anhängsel der Maschine macht oder die produzierenden Unternehmen auf der Physik der Dinge sitzen

bleiben werden. Ein anderer Weg ist möglich, was freilich nicht gleichbedeutend damit ist, dass er frei von alten Interessenkonflikten und globalen Machtverhältnissen ist.

### **Welche Rolle spielt Fraunhofer bei der Digitalisierung von Produktion und Produktionsprozessen? Was können Forschung und Entwicklung beitragen, um die künftigen Herausforderungen zu meistern?**

Die Fraunhofer-Institute sind in vielfältiger Weise in zahlreichen Forschungs- und Umsetzungsprojekten in puncto Industrie 4.0 engagiert. Es handelt sich dabei zwar immer noch vorwiegend um technische Entwicklungsvorhaben, aber Fragen der Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung werden gerade auch vom IAO angegangen. Um die künftigen Herausforderungen zu meistern, würde ich mir wünschen, dass Fragen der Auswirkungen von 4.0-Technologien ebenso wie Ansätze zur Arbeitsgestaltung noch systematischer auch bei technischen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben berücksichtigt werden. Dies scheint mir nicht zuletzt mit Blick auf eine breite Anwendung von 4.0 in der Industrie von zentraler Bedeutung. Das Fraunhofer IFF geht mit seinen Forschungen und Entwicklungen beispielsweise zur Mensch-Maschine-Interaktion und zu kognitiven Arbeitssystemen mit dem Menschen als Führungsgröße genau diesen zukunftsweisenden Weg.

# SICHERE TECHNIK FÜR EFFIZIENTE UND NACHHALTIGE PRODUKTION



Das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF ist eine produktionstechnisch ausgerichtete, eigenständige wissenschaftliche Einrichtung im Verbund der Fraunhofer-Gesellschaft. Es ist Forschungsdienstleister sowie System- und Technologiepartner für die Großindustrie, den Mittelstand und kleine Unternehmen der Produktions- und Dienstleistungsbranchen sowie für die öffentliche Hand. Das Institut ist in nationale und internationale Wirtschafts- und Wissenschaftsnetzwerke eingebunden und kooperiert eng mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Über seine Dependence in der thailändischen Metropole Bangkok öffnet es sich dem asiatischen Markt.

Im Zentrum der Forschung des Fraunhofer IFF stehen die Themen Fabrikplanung und -betrieb sowie die Automatisierung. Besonderes Gewicht bekommen hierbei neue Methoden und Technologien des Digital Engineering und ihr umfassender Einsatz bei der Entwicklung, der Herstellung und dem Betrieb von Produkten und Produktionssystemen. Auf dieser Grundlage entwickelt das Institut innovative Lösungen in seinen Forschungsfeldern »Intelligente Arbeitssysteme«, »Ressourceneffiziente Produktion und Logistik« und »Konvergente Versorgungsinfrastrukturen«.

---

### **Intelligente Arbeitssysteme**

---

Das Fraunhofer IFF ist Innovationstreiber bei der Gestaltung der Produktionstechnik und Arbeitssysteme der Zukunft. Das Ziel ist es, die Leistungsfähigkeit und Produktqualität der Unternehmen langfristig zu halten oder zu verbessern und zugleich die Flexibilität der Produktionssysteme zu erhöhen. Dafür entwickelt es u. a. neue Technologien für die sichere Mensch-Roboter-Kooperation. So werden die

*Neue Technologien zur sicheren Mensch-Roboter-Kooperation eröffnen völlig neue Möglichkeiten für große und kleine Unternehmen.*

kognitive Flexibilität und Handlungsbereitschaft des Menschen mit der hohen Produktivität automatisierter Systeme verknüpft. Es entwirft integrierte Lösungen für den Einsatz digitaler Assistenzsysteme und modernster Mess- und Prüftechnologien zur Qualitätssicherung in der Produktion. Und es etabliert virtuelle Lernmethoden für die flexible und effektive Qualifizierung von Mitarbeitern.

---

### **Ressourceneffiziente Produktion und Logistik**

---

Um die Nachhaltigkeit der Produktion zu erhöhen und die Risiken in der Supply Chain zu verringern, gestaltet das Fraunhofer IFF effiziente Produktions- und Logistiksysteme. Das bedeutet u. a., Fabriken energieeffizienter zu planen und zu betreiben, Transporte zu reduzieren und intelligente Energiekaskaden in der Produktion einzuführen. Für geschlossene Energie- und Stoffkreisläufe konzipieren seine Forscher neue Anlagentechniken, mit denen wertvolle Roh- und Reststoffe nachhaltig genutzt und wiederverwertet werden können. Als Systemdienstleister hebt das Fraunhofer IFF Effizienzpotenziale sowohl auf Unternehmensebene als auch in unternehmensübergreifenden Produktions- und Logistiknetzen.

---

### **Konvergente Versorgungsinfrastrukturen**

---

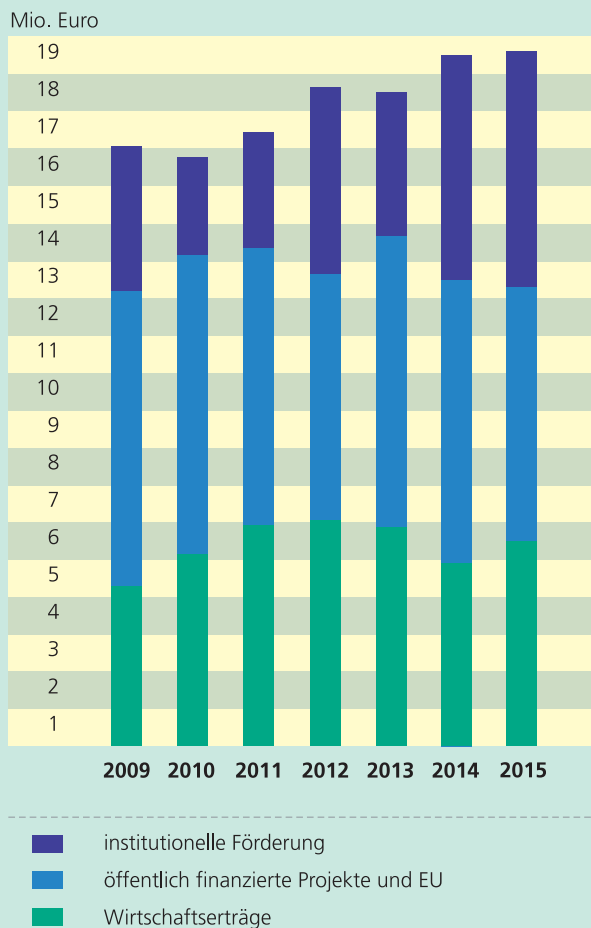
Für eine zukunftsfähige Energieversorgung hat in Deutschland der Umstieg auf regenerative Energieträger begonnen. Damit gehen die Entwicklung neuer Speichertechnologien und der Aufbau intelligenter Energieversorgungsnetze einher. Um die neuen, komplexen Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen in und zwischen Unternehmen sowie deren Umfeld aufzubauen, bündelt das Fraunhofer IFF seine Kompetenzen in den Bereichen Produktion, Logistik, Energie sowie Informations- und Kommunikationstechnologien. Seine Forscher entwickeln intelligente Systeme für das Energiemanagement und entwerfen integrierte Produktions- und Logistiknetze, um die sichere Nutzung volatiler Energien möglich zu machen.

# DAS INSTITUT IN ZAHLEN

## Haushalts- und Ertragsentwicklung

Im Jahr 2015 betragen die Ausgaben für den Gesamthaushalt 18,6 Millionen Euro. Dabei beliefen sich die Erträge des Gesamthaushalts auf 12,3 Millionen Euro, davon waren 5,5 Millionen Euro Wirtschaftserträge.

Entwicklung des Haushalts und Ertrags des Fraunhofer IFF in den Jahren von 2009 bis 2015



## Investitionshaushalt

Investitionen wurden im Jahr 2015 in einem Gesamtvolumen von 862 Tausend Euro getätigt.

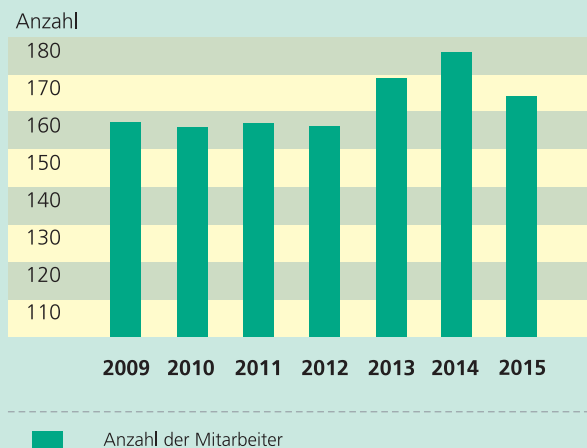
## Mitarbeiterentwicklung

Am Stichtag, dem 31. Dezember 2015, zählte das Fraunhofer IFF 164 Beschäftigte, davon waren 123 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Sie verfügen mehrheitlich über einen Abschluss als Diplom-Ingenieur und Diplom-Wirtschaftsingenieur. Darüber hinaus arbeiten am Institut diplomierte Informatiker, Mathematiker, Physiker und Kaufleute, die sowohl in interdisziplinären Forschungsteams zusammenarbeiten als auch in der Administration tätig sind. Im Verlauf des Jahres 2015 wurden insgesamt 24 Verträge mit geringfügig Beschäftigten abgeschlossen.

## Ausbildung und Qualifizierung

Die Arbeit der Fraunhofer IFF-Belegschaft unterstützen im Jahr 2015 insgesamt 122 Studentinnen und Studenten als studentische oder wissenschaftliche Hilfskraft. Die Anzahl von 41 Studentinnen und Studenten sowie 17 Schülerinnen und Schüler absolvierten im Institut ein Praktikum. Am Fraunhofer IFF wurden im Jahr 2015 insgesamt 46 Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten sowie 32 Promotionen betreut. Eine Auszubildende begann das zweite Jahr ihrer Ausbildung.

### Mitarbeiterentwicklung am Fraunhofer IFF in den Jahren von 2009 bis 2015



### Ausstattung

Das Fraunhofer IFF in Magdeburg nutzt in seinem Hauptgebäude in der Sandtorstraße 5 000 m<sup>2</sup> Bürofläche und modern ausgestattete EDV-Labore und Konferenzräume. Auf einer Technikumsfläche von 1 300 m<sup>2</sup> stehen unterschiedlichste Technologien für die anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung zur Verfügung. Das umfasst beispielsweise modernste Systeme für die industrielle Bildverarbeitung, die Automatisierung sowie ein Labor zur sicheren Mensch-Roboter-Interaktion (MRI).

In seinem Virtual Development and Training Centre (VDTC) im Magdeburger Wissenschaftshafen verfügt das Fraunhofer IFF über weitere 2 800 m<sup>2</sup> Hauptnutzfläche. Hier konzentrieren sich moderne Infrastrukturen für die Entwicklung industrieller Virtual- und Augmented Reality-Anwendungen sowie für die Forschung zu »Konvergenten Infrastrukturen«. Dazu gehören sowohl VR-Prozess-Design-Labore und VR-Trainings-

räume als auch ein Labor für die Entwicklung intelligenter elektrischer Energiesysteme. In ihm arbeiten die Forscher des Fraunhofer IFF an Technologien zur Umsetzung ganzheitlicher Ansätze für die Erzeugung, Verteilung und Nutzung regenerativer Energien. Das Kernstück des VDTC ist das Großprojektionssystem »Elbe Dom«. Das zylindrische 360-Grad-Laser-Sprojektionssystem, in dem ganze Fabriken und Städte im Maßstab 1 : 1 visualisiert werden können, besitzt eine Projektionsfläche von 327 m<sup>2</sup>, einen Durchmesser von 16 Metern und eine Höhe von 6,5 Metern. Das im Jahr 2013 vom Elbe-Hochwasser zum Teil stark betroffene Virtual Development and Training Centre wurde bis 2015 mit Mitteln des Bundes und des Landes Sachsen-Anhalt wieder vollständig saniert. Den Zuwendungsgebern und allen weiteren Unterstützern gilt dafür unser ausdrücklicher Dank.

Im Entwicklungslabor und Testfeld für Ortung, Navigation und Kommunikation in Verkehr und Logistik (GALILEO-TESTFELD SACHSEN-ANHALT) forscht das Fraunhofer IFF gemeinsam mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und weiteren Partnern zu Innovationen im Bereich digitaler Kommunikations- und Logistikinfrastrukturen. Zu seinen großen Vorteilen gehört u. a. die Anbindung an den Magdeburger Hafen und das dortige Bahnschiennetz. So können im Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt auf der Grundlage von RFID- und Telematiksystemen beispielsweise neue Anwendungen und Geschäftsmodelle für digitale Infrastrukturen im Sinne der »Logistik 4.0« im Bereich Straße, Wasserstraße und Schiene entwickelt und getestet werden.

# DAS KURATORIUM





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

Kuratoriumsvorsitzender

**Prof. Dipl.-Betriebswirt Burghard Scheel**

Hochschule Harz, Fachbereich Automatisierung und Informatik

Stellvertretender Kuratoriumsvorsitzender

**Dipl.-Ing. Klaus Müller**

Kranbau Köthen GmbH

**Dr.-Ing. Frank Büchner**

Siemens AG

**Dr. Stefan-Robert Deibel**

BASF SE

**Dr. Christof Günther**

InfraLeuna GmbH

**MinDirig. Hans-Joachim Hennings**

Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft  
des Landes Sachsen-Anhalt

**Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Hoehn**

John Deere World Headquarters

**Dr.-Ing. E.h. Dipl.-Math. Bernd Liepert**

KUKA AG

**Dipl.-Ing. Klaus Olbricht**

Industrie- und Handelskammer Magdeburg

**Prof. Dr.-Ing. Werner Schreiber**

Volkswagen AG

**Dipl.-Ing. Richard Smyth**

Aerospace Consulting

**Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Strackeljan**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Dr.-Ing. Jürgen Ude**

Innovations- und Gründerzentrum Magdeburg GmbH

**Dr. Keith Ulrich**

Athenga GmbH

**Prof. Dr. rer. pol. Peer Witten**

Kuratorium der Logistik-Initiative Hamburg

*Die Teilnehmer der Kuratoriumssitzung 2015*

*in Magdeburg (v. o. l. n. u. r.): Prof. Michael Schenk,*

*Prof. Peer Witten, Dr. Hendrik Gorzawski (Fraunhofer-*

*Gesellschaft, Institutsbetreuer), Prof. Burghard Scheel,*

*Prof. Alexander Kurz (Fraunhofer-Gesellschaft, Vorstand),*

*Dr. Bernd Liepert, Dr. Jürgen Ude, MinDirig. Hans-Joachim*

*Hennings, Dipl.-Ing. Klaus Müller, Dipl.-Ing. Richard Smyth,*

*Prof. Werner Schreiber, Prof. Klaus Hoehn, Dr. Keith Ulrich*

*und Dr. Christof Günter.*

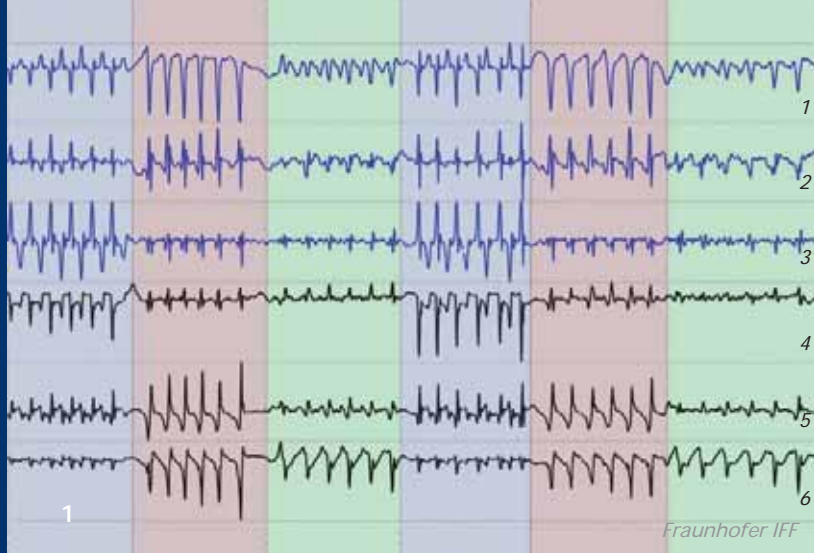
# PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS INTELLIGENTE ARBEITSSYSTEME



hofer  
IFF

*Dank moderner Messsysteme wie dieser mit Inertialsensorik ausgestattete Ärmel können Arbeitsplätze hinsichtlich ihrer ergonomischen Gestaltung exakt und unter realen Bedingungen vermessen und anschließend optimiert werden. So lassen sich gesundheitliche Risiken für Beschäftigte in körperlich anspruchsvollen Berufen verringern.*

- 20 Mit Sensortechnik Zeitstudien an industriellen Arbeitsplätzen durchführen
- 22 Impulsgesteuerte Galvanisierung von Supraleitern
- 24 Taktile Mensch-Technik-Interaktion zur Steuerung von Flurförderzeugen
- 26 Qualitätssicherung in der Produktion mit digitalen Assistenzsystemen
- 28 Gestaltung hybrider Montagesysteme von der Idee bis zur Serie
- 30 Palettenmanagement und Warenverfolgung im Einzelhandel mit RFID
- 32 Schwimmender Inspektionsroboter für den Abwasserkanal Emscher
- 34 Taktile Sensorsysteme für die sichere Kollisionsdetektion
- 36 Automatisierte Bahnplanung für Schweißprozesse an Großbauteilen
- 38 Möglichkeiten und Anwendungen des durchgängigen Virtual Engineering



## MIT SENSORTECHNIK ZEITSTUDIEN AN INDUSTRIELLEN ARBEITSPLÄTZEN DURCHFÜHREN

### Mühsame Prozessoptimierung durch Zeitstudien

Ein Faktor bei der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ist die Verbesserung der Arbeitsabläufe von Montageprozessen trotz immer höherer Variantenvielfalt ihrer Produktpalette. Großes Potenzial für eine Optimierung der damit verbundenen komplexeren Fertigungsabläufe liegt meist in der Zeitwirtschaft. In Zeitstudien werden Werker bei der Montageausführung von speziell geschulten Zeitaufnehmern beobachtet. Dabei messen sie die Ausführungszeiten der unterschiedlichen Montagetätigkeiten mit der Stoppuhr und tragen diese in Listen ein. Sie teilen den Montageprozess dazu in Ablaufabschnitte ein und erfassen die Messpunkte dann aber manuell. Elektronische Zeitboards vereinfachen die Arbeit der Datenauswertung, lösen aber nicht das Problem des subjektiven Erfassens der Messpunkte. Insbesondere bei kurzen Tätigkeiten mit häufigen Wiederholungen kann dies zu Abweichungen führen.

Da diese Zeitstudien gerade für kleine und mittlere Unternehmen einen erheblichen Aufwand bedeuten, hat sich das Fraunhofer IFF das Ziel gesetzt, die bisherige Vorgehensweise zu automatisieren.

### Automatisierte Zeitstudien durch moderne Sensortechnik

Die Lösung besteht darin, die Handbewegungen der Werker während der Montage sensorisch zu erfassen. Für diese Aufgabe kommen zwei miniaturisierte Inertialsensoren zum Einsatz, die in den Arbeitshandschuhen der Werker integriert sind. Die Sensoren messen Beschleunigungen und Drehraten, die sich aus den Bewegungen der Hände ergeben. Diese Art der Bewegungserfassung eignet sich besonders für den

Industrieinsatz, da sie ohne Referenzpunkte oder komplizierte Aufbauten auskommt, wie sie für optische Trackingsysteme notwendig sind.

Durch die kontinuierliche Datenaufzeichnung der Inertialsensoren entstehen multivariate Zeitreihen, welche die Basis für die automatisierte Zeitstudie bilden. Hierbei wird ein maschinelles Lernverfahren genutzt, um aufgezeichnete Handbewegungen bzw. die zugehörigen Sensorsignalverläufe einem bekannten Ablaufabschnitt zuzuordnen und anschließend Zeitwerte der einzelnen Abschnitte zu berechnen.

Eine automatisierte Zeitstudie läuft in zwei Phasen ab. In der ersten, der Einlernphase, wird dem System die Ausführungsweise und Reihenfolge der Ablaufabschnitte übermittelt. Dabei geht der Werker mit angelegten Sensorhandschuhen seiner gewohnten Montagetätigkeit nach, während die Sensoren Daten aufzeichnen. Parallel dazu hat der Zeitaufnehmer die Aufgabe, die Messpunkte der Ablaufabschnitte, z. B. an einem Tablet-PC, zu setzen. Mit Hilfe dieser Trigger können dann relevanten Ablaufabschnitten Referenzsignale zugeordnet werden. Diese Lerndaten werden benötigt, um ein Modell der Handbewegungen zu generieren.

1 Multivariate Zeitreihen für Drehraten (blau/Reihen 1, 2, 3) und Beschleunigungen (schwarz/Reihen 4, 5, 6) von drei verschiedenen Tätigkeiten.

2 Der Werker montiert mit angelegten Sensorhandschuhen während der Zeitaufnehmer den Lernvorgang durchführt.



2

Fraunhofer IFF

In der zweiten Phase, der Erkennungsphase, wird der Zeitaufnehmer für das Erfassen von Messpunkten nicht mehr benötigt. Das System ist in dieser Phase selbstständig in der Lage, die Bewegungsdaten der Werker zu den aus der Einlernphase bekannten Ablaufabschnitten zuzuordnen. Unplanmäßige Tätigkeiten, die während der Einlernphase nicht trainiert wurden, werden herausgefiltert. So wird sichergestellt, dass die berechneten Zeitwerte der einzelnen Montageabschnitte nicht verfälscht werden.

### Künstliche Neuronale Netze als Schlüsseltechnologie

Die sensorbasierte Zeitanalyse basiert auf dem Prinzip des maschinellen Lernens. Dabei werden neue Bewegungen in der Erkennungsphase klassifiziert, indem sie eingelernten Montagevorgängen zugeordnet werden. Als Klassifikator kommt dafür ein künstliches neuronales Netz (KNN) zum Einsatz. Es ist eine softwaretechnische Nachbildung des menschlichen Gehirns durch die Vernetzung von künstlichen Neuronen zur Erfüllung komplexer Lernaufgaben z. B. in den Bereichen Spracherkennung, Bildverarbeitung oder Robotersteuerungen. KNNs haben sich bei der Klassifikation von Handbewegungen gegenüber anderen Modellen durchgesetzt, da sie in der Lage sind, auch mit wenigen Trainingsdaten gute Resultate zu liefern und darüber hinaus natürliche Schwankungen in den Bewegungen auszugleichen.

### Nutzen und geplante Erweiterungen

Ein Praxistest hat bestätigt, dass die Technologie geeignet ist, Zeitstudien automatisiert durchzuführen. Durch den Einsatz von Sensoren in Kombination mit intelligenten Auswertetechniken können Zeitstudien objektiviert und zudem an verschiedenen Montagearbeitsplätzen parallel durchgeführt werden. Entscheidend ist die Tatsache, dass die Werker bei ihrer Arbeit nicht eingeschränkt werden und das System verifizierte und reproduzierbare Resultate liefert. Weitere Forschungen zielen

auf die Erfassung von Tätigkeiten des Hand-Finger-Systems ab. Dazu werden auch die Fingergelenke mit Inertialsensoren ausgestattet.

Neben der Anwendung bei Zeitstudien von filigranen Montagevorgängen werden so auch Ergonomieuntersuchungen von besonders belastenden Tätigkeiten, wie sie häufig in der Automobilbranche vorkommen, möglich. Darüber hinaus konzipiert das Fraunhofer IFF Inertialsensorkonfigurationen für den gesamten Körper der Nutzer, um an Montagearbeitsplätzen mit erweitertem Aktionsradius oder bei Kommissionieraufgaben Analysen und ganzheitliche Ergonomiestudien durchführen zu können.

### Projektpartner

DR. GRÜNDLER – Ingenieurbüro für Betriebsorganisation, Magdeburg; Tonfunk Elektronik Systeme GmbH, Falkenstein/Harz

### Ansprechpartner im Geschäftsfeld

#### Mess- und Prüftechnik

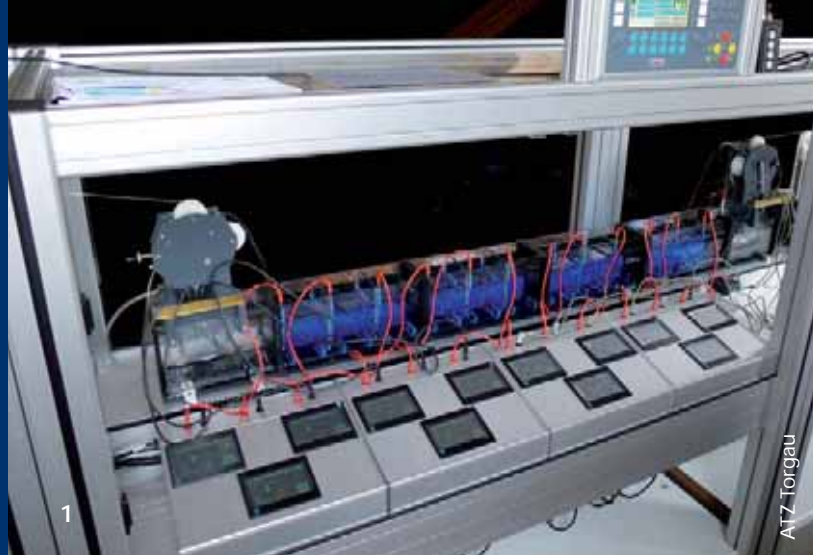
Florian Warschewske M. Sc.  
Telefon +49 391 4090-269 | Fax +49 391 4090-250  
florian.warschewske@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »Entwicklung eines smarten, inertialen Messsystems zur Erfassung von planmäßigen und unplanmäßigen Zeiten in Unternehmensprozessen« wurde im Rahmen des »Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand« des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. (Förderkennzeichen KF2278618WM3).

Gefördert durch:





## IMPULSGESTEUERTE GALVANISIERUNG VON SUPRALEITERN

### Supraleittechnik erobert neue Anwendungen

Dünnschichtbandleiter vereinen weltweit die höchsten Forschungspotenziale und -aktivitäten auf dem Gebiet der Supraleitung. Für viele Technologiegebiete spielt die Nutzung von Supraleitern eine immer größere Rolle. Typische Einsatzgebiete sind u. a. supraleitende Kabel und Bandleiter, Magnetschwebbahnen, Kurzschlussstrombegrenzer, Synchronmaschinen und Kernspintomographen. Insbesondere seit der Entdeckung der Hochtemperatursupraleitung (Supraleiteffekt bei ca. 130 Kelvin) ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, weil die hierfür erforderlichen Temperaturen technisch einfacher erreichbar sind.

Der Supraleiter besteht aus einem Trägerband, auf dem mindestens eine Pufferschicht, darauf das supraleitende Material und darüber Schutzschichten (Ag, Cu) abgeschieden werden. Sein Vorteil liegt in der unschlagbaren Materialökonomie der Dünnschichttechnik. Für den Stromtransport von einigen 100 Ampere sind supraleitende Schichten von nur wenigen Mikrometer Dicke notwendig. Die Dünnschichtbandleiter

haben daher mittelfristig das Potenzial, bei den an der Stromtransportkapazität gemessenen Materialkosten (Leiterpreis in €/kAm), wirtschaftlich günstiger als die Wismut-Supraleiter der ersten Generation zu werden und längerfristig den Kupferleiter zu ersetzen. Ein verbreiteter Einsatz wird gegenwärtig jedoch u. a. durch die derzeit noch hohen Herstellungskosten verhindert. Gegenwärtig wird von weniger als zehn Firmen weltweit intensiv an der Verbesserung der Technologie zur Herstellung von Supraleitern gearbeitet.

### Hightech optimiert den letzten Beschichtungsschritt

Das vorgestellte Projekt zielt auf ein innovatives Verfahren zur Herstellung der äußeren Kupferschutzschicht von Hochtemperatursupraleiter-Bändern (HTS-Bänder) ab, das gegenüber herkömmlichen Beschichtungsverfahren den Fertigungsaufwand und die Herstellungskosten bei besserer Güte deutlich senkt. Das Verfahren muss einen kontinuierlichen Beschichtungsprozess für längere HTS-Bänder bei gleichbleibender Qualität ermöglichen. An die Kupferschicht werden insbesondere folgende Anforderungen gestellt:

- hohe Festigkeit der Verbindung des HTS-Bands mit dem Kupfer
- guter Stromübergang zum Supraleiter
- gleichmäßige Dicke und hohe Dichte der Kupferschicht
- mechanische Stabilisierung des gesamten HTS-Bands
- hohe Biegsamkeit des beschichteten HTS-Bands

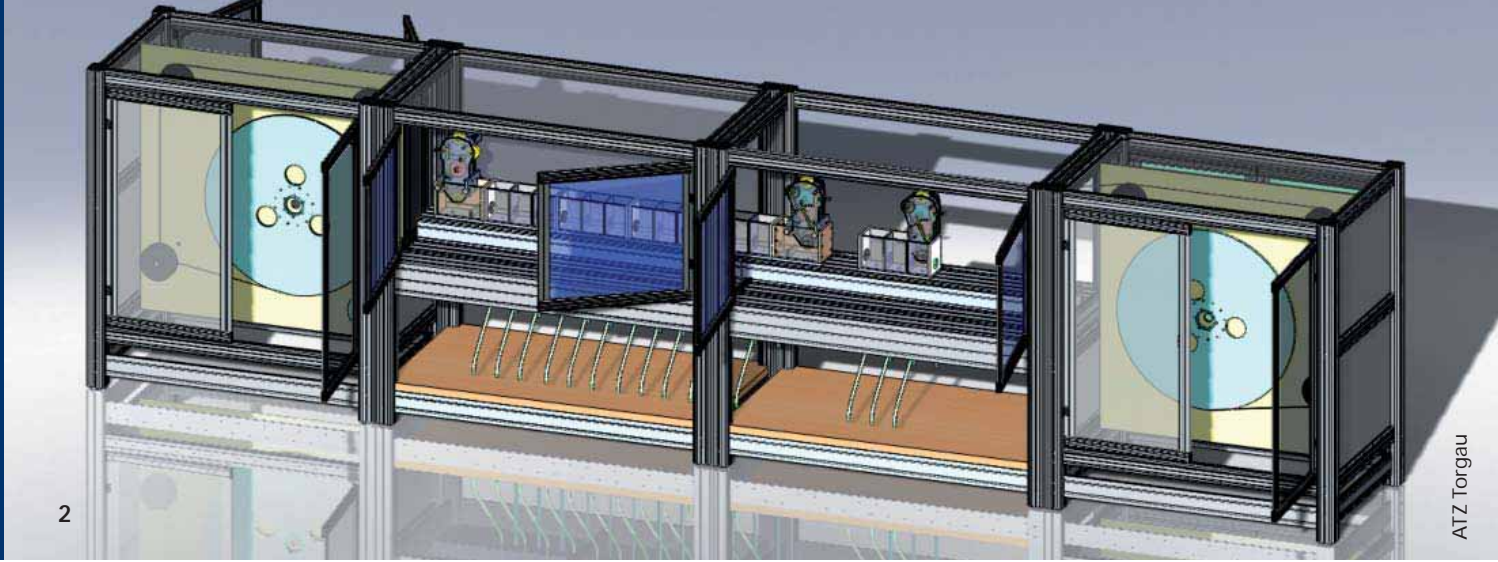
### Typischer Schichtenaufbau eines Supraleiters.

(Die Darstellung ist nicht maßstabsgetreu.)



Fraunhofer IFF

- 1 Galvanisierungsbäder mit Antriebskopf und Stromquellenmodulen mit Touch-Display.
- 2 Galvanikanlage zur Beschichtung von Supraleitern.



## Individuelle Impulsbestromung setzt neue Maßstäbe

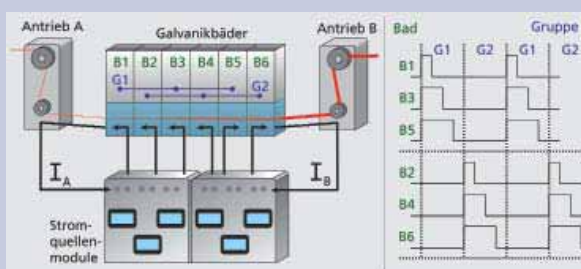
Zur Herstellung langer kupferbeschichteter HTS-Bänder mit hoher Güte wurden zwei neuartige Ansätze entwickelt. Während der Supraleiter durch eine spezielle Mehrkammer-Anordnung läuft, wird er impulsgesteuert mit einer Kupferschicht galvanisiert. Dabei wird das HTS-Band kontinuierlich von einer Lagerspule über spezielle Antriebs- und Kontaktierungsköpfe durch mehrere separate Galvanikbäder geführt und am Ende der Anlage wieder aufgewickelt. Hierbei eröffnet sich die Möglichkeit, die Schichtdicke und die Qualität des Dünnschichtbandleiters gezielt zu beeinflussen. Für jedes Einzelbad können die Prozessparameter am Touch-Display der jeweiligen Galvanikstromquelle individuell eingestellt und überwacht werden. Dabei werden die zwölf Bäder in bis zu sechs Gruppen aufgeteilt und der Supraleiter mit Impulsströmen beaufschlagt. Für jedes Bad lassen sich die Stromstärke (20 Milliampere bis 3 Ampere), die Dauer der Bestromung (Impulsdauer, 2 bis 100 Millisekunden) und die wichtigen Pausen zur Regeneration des Bands einstellen. So kann auf den empfindlichen und anfangs noch unbeschichteten Supraleitern mit hohem Übergangswiderstand das Kupfer gleichmäßig in mehreren Lagen aufgetragen werden. Im fortschreitenden Prozess werden Stromstärke und Impulsdauer soweit angehoben, dass ein Kupfermantel mit einer Schichtdicke von ca. 20 Mikrometer entsteht.

Die Herausforderungen bei der Entwicklung bestanden vor allem in der Sicherstellung des kontinuierlichen Prozesses, der Steuerung des Schichtwachstums, der Anpassung der Impulsströme an die Stromtragfähigkeit des Dünnschichtbandes (Veränderung mit wachsender Cu-Schicht), der Minimierung mechanischer Belastungen für das empfindliche HTS-Band sowie der Überwachung und Synchronisation des Verfahrens.

## Kundennutzen und Ausblick

Das kontinuierliche Mehrkammer-Reel-to-Reel-Verfahren zur Kupfergalvanisierung von HTS-Bändern hat sich bewährt und befindet sich im industriellen Einsatz. Die Anforderungen an die Beschichtungsgüte werden erfüllt. Der kontinuierliche Betrieb des Verfahrens gewährleistet auch eine gleichbleibende Qualität längerer HTS-Bänder. Die Fertigungsleistung mit ca. 5 Meter/Stunde entspricht der gegenwärtigen Produktionsgeschwindigkeit beim Aufbringen der supraleitenden Schicht. Durch die Bemühungen, HTS-Bänder preiswerter und schneller zu fertigen, muss auch der Prozess der Kupfergalvanisierung optimiert werden. Gegenwärtig laufen Forschungsarbeiten zur Entwicklung eines deutlich schnelleren Beschichtungsverfahrens. Hierbei werden insbesondere die Stromeinkopplung in das Band, die Impulssteuerung, die Elektrolytbeeinflussung, die Anodengeometrie und die Badgestaltung betrachtet.

### Systemaufbau und Impulsanordnung für 6 Bäder in 2 Gruppen



Fraunhofer IFF

## Projektpartner

Adelwitz Technologiezentrum GmbH (ATZ), Torgau

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld

### Mess- und Prüftechnik

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

1

## TAKTILE MENSCH-TECHNIK-INTERAKTION ZUR STEUERUNG VON FLURFÖRDERZEUGEN

### Motivation

Mit der Umsetzung von Maßnahmen der Industrie 4.0 werden Produktions- und Logistikmitarbeiter gefordert, flexibler auf neue Anforderungen zu reagieren. Arbeitsinhalte in Montage, Kommissionierung, Qualitätssicherung sowie Verpackung ändern sich viel schneller und kundenspezifische Transport-, Kommissionier- sowie Montageabläufe erfordern individualisierte Materialzu- und -abführungen in hoher Variabilität. Die integrierte Betrachtung neuer körperlicher und informationstechnischer Assistenztechnologien eröffnet für Kommissionier- und Transporttätigkeiten jedoch auch die Möglichkeit, große, schwere oder sensibel zu transportierende Lasten besser im natürlichen Bewegungsablauf handhaben zu können. Zusätzlich werden damit Kriterien des Arbeits- und Gesundheitsschutzes besser berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit Transport-, Rangier- oder Positionieroperationen von Transport- und Kommissionierwagen treten im Umfeld von Montage- und Kommissionierarbeitsplätzen häufig Situationen auf, die ohne Zuhilfenahme umgebungserfassender Sensorik oder zusätzlicher körperlicher bzw. informationeller Hilfe von außen schnell zu einer Überlastung des Körperskeletts und zu Beinahe-Unfällen führen können. Es bietet sich deshalb an, neue körperliche Assistenzfunktionen für Transport- und Kommissionierwagen zu erforschen und zu entwickeln, die ein Sicherheits- und Wohlfühl bei den Nutzern erzeugen.

### Entwicklung eines taktilen Griffs für körperliche Assistenz

Angetriebene Mitgänger-Flurförderzeuge werden schon länger in Form von Elektro-Mitgänger-Niederhubwagen, allgemein

»Ameisen« genannt, in der Intralogistik genutzt. Neu in der innerbetrieblichen Diskussion sind Anfahr- oder Schiebehilfen, welche die Mitarbeiter mit einer relativ geringen Leistung von ca. 250 Watt und innovativen Mensch-Maschine-Schnittstellen beim Schieben und Ziehen der Last kurzzeitig körperlich entlasten. Die Nutzer sollen ihre Beweglichkeit und Selbstständigkeit erhalten sowie Verhaltensweisen aus dem häuslichen Umfeld adaptieren, insbesondere aus den Bereichen der E-Bike-Technologie und Pkw-Fahrassistenz.

Bisherige Mensch-Maschine-Schnittstellen auf Basis von Tastendisplays oder Joysticks entsprechen nicht mehr den heutigen Gewohnheiten und Anforderungen des Nutzers, die Last möglichst auf natürliche Art und Weise intuitiv zu steuern. Insbesondere in Stresssituationen sind deshalb Fehlinterpretationen sehr wahrscheinlich und können zu Unfällen führen, so auch bei mitgängergeführten Flurförderzeugen.

Im Projektkonsortium wurde die Hypothese aufgestellt, dass ein Human Machine Interface (HMI) in Gestalt eines taktilen Griffs komplexe Bewegungsaufgaben für Transport- oder Kommissionierwagen robust und schnell erfassen kann, ohne die bisherige natürliche Handlungsabfolge der Grifffnutzung zu verändern. Voraussetzung sind Latenzen im Regelkreislauf der Fahrassistenz, die den Nutzer keine Verzögerung in der Bewegungsausführung spüren lassen. Damit bestand die zentrale Aufgabenstellung darin, die Bewegungsaufgabe mit Hilfe eines taktilen Griffs in ihrer Reihenfolge und Intensität sensorisch automatisiert mit kleinster Latenzzeit zu erfassen und umzusetzen.

1 *Taktiler Griffmodell.*

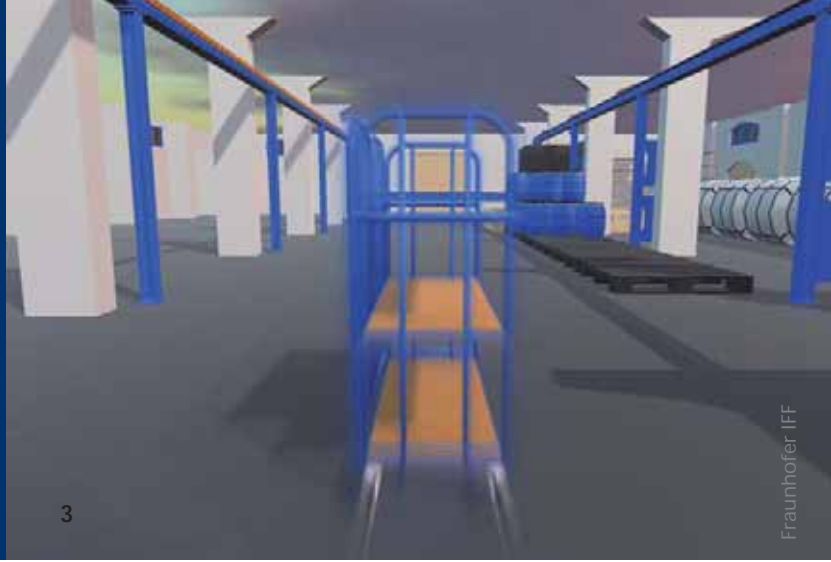
2 *Reale Ausführung des taktilen Griffs.*

3 *VR-Szene im AR-Simulator.*



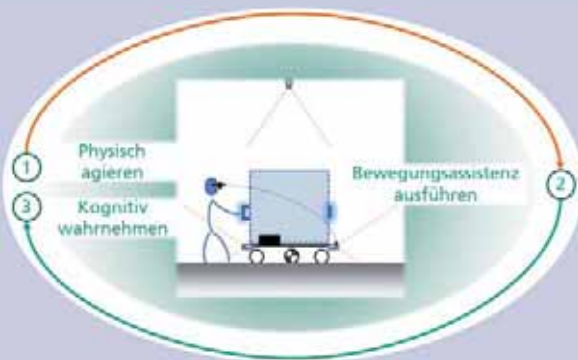


2



3

**Regelkreislauf der Fahrassistenz.**



Fraunhofer IFF

**Ermittlung psychologischer Latenzanforderungen**

Zur Durchführung experimentalpsychologischer Untersuchungen wurde der Augmented Reality (AR)-Simulator »Taktile Interaktion« als Labormessplatz entwickelt, um die Funktionalitäten, wie Vorwärts/Rückwärts- sowie Links/Rechts-Bewegung und Sicherheitsfunktionen, des realen taktilen Griffs im Zusammenhang mit der Antriebsdynamik bewerten zu können.

Auf Basis des Labormessplatzes können Demonstrationsszenarien für die typischen Transportaufgaben simuliert werden, um in einer AR-Umgebung mit verschiedenen Nutzergruppen experimentalpsychologische Latenzanforderungen abzuleiten. Als explorative Komponente des Gesamtdemonstrators kommt hierbei auch eine über das Internet angesteuerte cloudbasierte Steuerungseinheit zum Einsatz, die eine Remote-Steuerung ermöglicht. Die Auswertungen ermöglichen so eine Spezifizierung der Anforderungen an Kommunikations- und Datenverarbeitungstechnologien bei der Gestaltung neuer Mensch-Maschine-Schnittstellen.

**Zukünftige Entwicklungsschritte und Ausblick**

Nach Aufbau des Demonstrators werden im weiteren Projektverlauf die Dienstqualitäten, wie Quality of Service (QoS) und Quality of Experience (QoE), in der Kommunikation auf den verschiedenen Prozessebenen und in den verschiedenen Systemkomponenten untersucht und bewertet, um auch die Qualitätsanforderungen an haptisch-taktile Eingabegeräte und Verarbeitungseinheiten zu bestimmen.

**Projektpartner**

TU Dresden, Vodafone Lehrstuhl Mobile Nachrichtensysteme; CLOUD & HEAT Technologies GmbH, Dresden; ESCRYPT GmbH, Berlin; Fraunhofer IIS, Dresden; Funkwerk AG, Kölleda; Siemens AG, Dresden; TU Chemnitz, Professur für Allg. und Arbeitspsychologie; ZMDI AG, Chemnitz

**Ansprechpartner im Kompetenzfeld Materialflusstechnik und -systeme**

Dipl.-Ing. Hagen Borstell  
 Telefon +49 391 4090-136 | Fax +49 391 4090-93-136  
 hagen.borstell@iff.fraunhofer.de

**Förderung**

Das Projekt »fast realtime« wird im Rahmen des Forschungsclusters »fast – fast actuators sensors and transceivers« vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. (Förderkennzeichen 03ZZ0504D).





## QUALITÄTSSICHERUNG IN DER PRODUKTION MIT DIGITALEN ASSISTENZSYSTEMEN

### Motivation

Komplizierte Anlagen bedienen, komplexe Bauteile montieren, Maschinenfunktionen prüfen, die eigentlich hinter Klappen und Türen unsichtbar verborgen liegen, nicht alle dafür notwendigen Informationen stehen gebündelt in Organisationsanweisungen, Handbüchern oder Bedienanleitungen. Über die Arbeitsjahre sammeln die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Wissen und Erfahrungen, die nicht schriftlich festgehalten werden. Ist dieses Praxiswissen nur in den Köpfen der Angestellten und steht (neuen) Beschäftigten nicht zur Verfügung, so gefährdet dies Arbeits- und Produktionsabläufe.

Im Motorenwerk von VW in Salzgitter bearbeiten Honmaschinen die Zylinderkurbelgehäuse, die anschließend im Motor verbaut werden. Die Qualitätsmaßstäbe bei der Bearbeitung sind hoch. Maße und Formen müssen exakt eingehalten werden, sonst passen die Bauteile später nicht perfekt in den Motor und es drohen Reibungsverluste. Im schlimmsten Fall wird Ausschuss produziert und der ist zeit- und kostenrelevant, denn zum einen verzögert sich die weitere Montage des Motors und zum anderen gehört das Zylinderkurbelgehäuse in der Herstellung zu einem der aufwendigsten und teuersten Bauteile eines Fahrzeugs.

Derzeit kontrolliert ein speziell geschulter Facharbeiter die Qualität dieses Honprozesses. Ausgerüstet mit einer Checkliste auf Papier läuft er die raumfüllende Maschine ab und prüft: Sind Werkzeuge abgenutzt? Stimmen die Maße und Oberflächenqualität bei den bearbeiteten Zylinderkurbelgehäusen? Ein Experte allein kann seine Augen nicht überall haben, zumal die Honmaschine im Dreischichtbetrieb läuft.

### Aufgabenstellung

Künftig sollen alle Bediener der Maschine in der Lage sein, den Honprozess zu beurteilen und frühzeitig Verbesserungsmaßnahmen, z. B. den Austausch eines Honwerkzeugs, einzuleiten. Ziel ist eine konstante Qualität der gefertigten Zylinderkurbelgehäuse und eine Reduktion des Ausschusses und damit der Kosten. »Agieren statt reagieren« soll durch den Einsatz eines digitalen Lern- und Assistenzsystems ermöglicht werden.

### Vorgehensweise

Möglich macht es ein digitales Lern- und Assistenzsystem, das am Fraunhofer IFF entwickelt wurde. Es leitet die Bediener Schritt für Schritt durch den Prüfprozess an der Maschine, ohne Prüfliste auf Papier. Im System hinterlegt sind eine digitale Checkliste, virtuelle Modelle der Maschine und das Erfahrungswissen der Experten.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben an ihrem Arbeitsplatz an der Honmaschine zwei weitere Bildschirme. Auf dem rechten Bildschirm wird das virtuelle Modell der gesamten Anlage abgebildet und auf dem linken die digitale Checkliste.

- 1 Das digitale Assistenzsystem ist direkt in den Produktionsprozess integriert und steht den Bedienern an der Honmaschine unmittelbar zur Verfügung.*
- 2 Der Bediener prüft die Honwerkzeuge und dokumentiert den Zustand in der digitalen Checkliste.*



Einmal pro Schicht muss der Bediener zehn definierte Prüfpunkte sichten und beurteilen. Das Lern- und Assistenzsystem unterstützt ihn dabei, indem es das entsprechende Werkzeug auf dem virtuellen Anlagenmodell markiert und Informationen liefert, wo sich das Werkzeug in der riesigen Anlage genau befindet. Auch bei der Kontrolle selbst gibt das System Hilfestellung: Bilder zeigen den Bedienern, wie das Werkzeug im besten Falle aussehen sollte, welche Abnutzungsmerkmale einen weiteren Einsatz verbieten und wie es aussieht, wenn es beispielsweise noch eine Schicht durchhält. Ob der Bediener diese Unterstützung nutzt, entscheidet er selbst, abhängig von seiner Erfahrung.

Verbindlich durchzuführen ist jedoch die Dokumentation der Prüfpunkte in der digitalisierten Checkliste. Dort werden neben den Ergebnissen der Sichtprüfung auch die eingeleiteten Verbesserungsmaßnahmen festgehalten.

---

## Nutzen

Die Befähigung der Bediener für die Beurteilung ihres eigenen Honprozesses erlaubt ihnen ein frühzeitiges Agieren, um so eine gleichbleibende Qualität des Honprozesses sicherzustellen und den Ausschuss und damit auch Kosten zu reduzieren.

Die Digitalisierung der Checkliste macht den Prozess rückverfolgbar und ermöglicht es so, im Fehlerfall die Charge zu identifizieren und einen Nachweis über die eingeleiteten Maßnahmen zur Qualitätssicherung zu erbringen.

Die Bediener werden dabei durch das digitale Lern- und Assistenzsystem unterstützt, entscheiden aber selbst, in welchem Umfang sie Gebrauch von den Hilfen machen möchten.

Neue Erfahrungen können von den Verantwortlichen sehr einfach ergänzt werden. Damit wird die Aktualität des digitalen Lern- und Assistenzsystems gewährleistet.

---

## Ausblick

Das digitale Lern- und Assistenzsystem wird für die Unterstützung und Dokumentation von Total Productive Maintenance-Maßnahmen erweitert. Neben der Prozesskontrolle, die einmal pro Schicht durchgeführt wird, sollen so auch Maßnahmen wie z. B. die Reinigung und Inspektion der Spannstation einmal wöchentlich durchgeführt und dokumentiert werden.

Nach der Pilotierung an einer ausgewählten Honmaschine ist eine Ausstattung mit diesem digitalen Lern- und Assistenzsystem an weiteren Honmaschinen geplant.

---

## Projektpartner

Volkswagen AG, Salzgitter

---

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Mess- und Prüftechnik

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



## GESTALTUNG HYBRIDER MONTAGESYSTEME VON DER IDEE BIS ZUR SERIE

### Motivation und Aufgabenstellung

Die Sicherung von Beschäftigungsverhältnissen in produktionsnahen Bereichen erfordert in Hochlohnländern adäquate Spitzenleistung bei der Entwicklung von Produktionskonzepten. Das gilt insbesondere für Montageprozesse, einem wichtigen Teil der Wertschöpfungskette komplexer Produkte. Aufgrund hoher Variantenvielfalt und immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen herrschen hier manuelle Tätigkeiten vor, um die Flexibilität in den Prozessen unter strengen Kosten- und Qualitätsvorgaben zu gewährleisten.

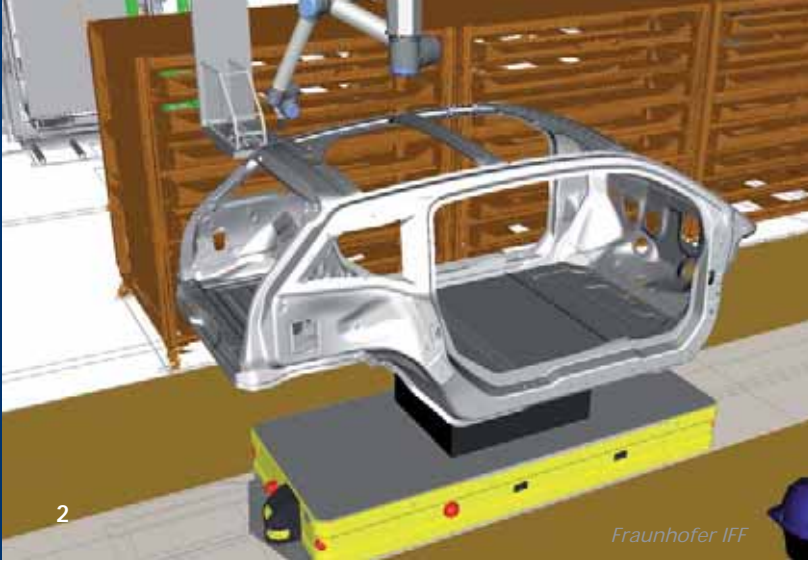
Der Automobilhersteller Bayerische Motorenwerke Aktiengesellschaft (BMW AG) als Industriepartner dieses Projektes ist ebenso wie der Wettbewerb mit diesem zunehmend volatilerem Umfeld konfrontiert. Gelingt es in der Montage den Grad der Automatisierung durch Hinzunahme einer Automatisierungskomponente zu erhöhen und weiterhin die Flexibilität zu gewährleisten, kann dies - trotz hoher Lohnkosten und weltweit höchster Sicherheits- und Arbeitsschutzstandards - zu Kosten- und Effizienzvorteilen führen.

Ein Entwicklungspfad dabei ist der Einsatz neuartiger, innovativer Produktionstechnologien für die Montage, beispielsweise durch Anwendung der Mensch-Roboter-Kooperation in hybriden Montagesystemen. Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes der BMW AG und des Fraunhofer IFF werden verschiedene Anwendungsfälle in der Automobilendmontage hinsichtlich ihrer Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit untersucht und für eine Serienumsetzung vorbereitet.

### Vorgehensweise

Grundlage der gemeinsamen Untersuchungen bildeten die Analyse und Dokumentation der Arbeits- und Umfeldbedingungen im Bereich der Fahrzeug-Endmontage sowie der betroffenen Prozessabläufe und -anforderungen. Auf Basis dieser Vorarbeit konnten Anwendungsfälle für hybride Montagesysteme nach technischen und wirtschaftlichen Parametern identifiziert und priorisiert werden. Für bisher zwei Prozessschritte, das Reinigen von Klebeflächen eines Dachausschnitts und das Setzen von Blindnietmuttern, wurden unter Anwendung eines Morphologischen Kastens, Konzepte einer möglichen technischen Umsetzung einer Mensch-Roboter-Kooperation abgeleitet und bewertet. Die weiterführende Simulation und 3D-Visualisierung einer Vorzugsvariante diente neben dem Nachweis der technischen Machbarkeit auch zur Bewertung von Chancen und Risiken der Mensch-Roboter-Kooperationen unter Berücksichtigung von qualitativen, ergonomischen und betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten. Mit dem Ziel einer zeitnahen Serienumsetzung wurden frühzeitig alle beteiligten Nutzergruppen wie beispielsweise Produktionsmitarbeiter, Arbeitsvorbereiter, Instandhalter und Arbeitssicherheitsspezialisten in den Ideenfindungs- und Entscheidungsprozess involviert. Damit wurde eine breite Akzeptanz für die neuen Produktionssysteme auf Mitarbeiterebene geschaffen. Gleichzeitig konnten durch diesen partizipativen Ansatz Bedenken hinsichtlich der Arbeitsteilung und Sicherheit bei der Zusam-

- 1 Projektmitarbeiter untersuchen bei BMW die Prozesse der Endmontage im Werk Leipzig.
- 2 Das Konzept zur Reinigung des Dachausschnitts eines BMW i3 in der Simulation.



menarbeit von Menschen und Robotern in einem beziehungsweise in eng angrenzenden Arbeitsräumen entkräftet werden. Jeweils eine Vorzugsvariante für die Neugestaltung der oben genannten Prozessschritte wurde vom Projektteam für einen prototypischen Aufbau vorgeschlagen, um die Prozessbefähigung zu erreichen.

Die prototypische Umsetzung zur Serienrealisierung wird gegenwärtig in enger Kooperation zwischen der BMW AG, der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg und dem Fraunhofer IFF im Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt vorgenommen und wird voraussichtlich Mitte des Jahres 2016 abgeschlossen sein. Wichtiger Bestandteil der Erprobungen ist dabei vor allem die Gestaltung eines umfassenden Sicherheitskonzepts neben der Lösung technischer Fragestellungen. Das Sicherheitskonzept hat das Ziel, einen sicheren, normenkonformen und zertifizierten Serienbetrieb zu gewährleisten. Hierbei sind aktuelle und in der Entwicklung befindliche Normen und Sicherheitsbestimmungen zu berücksichtigen.

---

## Ergebnisse und Nutzen

---

Im Zusammenhang mit der Umsetzung der beiden Anwendungsfälle aus der Fahrzeug-Endmontage der BMW AG wurde eine strategische Vorgehensweise zur Serienrealisierung von hybriden Montagesystemen speziell für Mensch-Roboter-Kooperationen entwickelt. Der partizipative Ansatz der Lösungsfindung und -bewertung hat sich dabei als vorteilhaft erwiesen, da bereits frühzeitig eine breite Akzeptanz für neue Produktionssysteme bei allen beteiligten Nutzergruppen geschaffen werden konnte.

Ein Leitfaden zur Identifikation von Potenzialen und zur Einführung von Montagesystemen unter Nutzung der Mensch-Roboter-Kooperation soll, über die beiden Anwendungsfälle im Werk Leipzig hinaus, im Konzern seine Anwendung finden.

Somit lassen sich mittelfristig Planungsprozesse verkürzen und die Potenziale hybrider Montagesysteme hinsichtlich der Zielkriterien Qualität, Produktivität, Ergonomie und Wirtschaftlichkeit schnell aktivieren. Die Projektergebnisse tragen dazu bei, die Produktivität in der Montage zu steigern und anspruchsvolle Wertschöpfungsprozesse am Standort Deutschland zu sichern.

---

## Ausblick

---

Die erstellten Prototypen hybrider Montagesysteme sollen nun ausgiebigen Tests unterzogen werden. Ziel ist die Befähigung für den technisch sicheren Einsatz im Serienbetrieb.

In diesem Zusammenhang sind unter anderem noch Fragestellungen hinsichtlich der Synchronisierung des Montagbandes mit den Robotern sowie der Medien- und Teilezuführung zu lösen. Weiterhin ist ein umfassendes Sicherheitskonzept als Grundlage für eine Risikobeurteilung zu erarbeiten.

---

## Projektpartner

---

BMW AG, Werk Leipzig; Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus

---

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Logistik- und Fabrikssysteme

---

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

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

# PALETTENMANAGEMENT UND WARENVERFOLGUNG IM EINZELHANDEL MIT RFID

## Kennzeichnung von Paletten für lückenlose Warenverfolgung und Leergutmanagement

Im Bereich des Einzelhandels gewinnt die lückenlose Warenverfolgung zunehmend an Bedeutung. Die Radio Frequency Identification-Technologie (RFID-Technologie) kann hier einen wichtigen Beitrag leisten. Das Fraunhofer IFF hat die Cabka GmbH & Co. KG bei der Entwicklung RFID-getaggtter Kunststoffpaletten für den Einzelhandel unterstützt.

Eine RFID-Kennzeichnung (EPC1G2) auf Einzelstückebene ist für den Großteil der Artikel im Einzelhandel nicht zweckmäßig. Die überwiegend palettierte Ware hat meist einen geringen Wareneinzelwert, sodass es nicht sinnvoll ist, einen Artikel im Wert von 25 Cent mit einem RFID-Transponder mit Kosten von ca. 8 Cent zu kennzeichnen. Auch eine Anwendung auf Einweg-Umverpackungen ist kritisch, da sich hier genutzte Transponder nicht nachhaltig wiederverwenden lassen. Des Weiteren erschwert die Vielfalt und Heterogenität der Waren eine durchgängige Markierung mit RFID-Tags.

Deshalb wird die nächste Ebene »Ladungsträger« als RFID-Identifikationsträger eines Gebindes/einer Sendung gewählt. Dafür werden in der Produktion bzw. im Kommissionierlager die Lieferungen ladungsträgerbezogen im Enterprise Resource Planning (ERP)-System hinterlegt und die jeweiligen Waren einem Ladungsträger zugeordnet. Dadurch ist eine lückenlose Warenverfolgung von der Produktion über die Lager bis hin zur Geschäftsstelle vor Ort über entsprechend installierte RFID-Stationen möglich. Gleichzeitig wird dadurch auch die Verfolgung der Ladungsträger sichergestellt. Vom Ausgangspunkt der Bereitstellung einer Leerpalette in der Produktion über das Beladen mit neuer Ware und die Anlieferung im Lager bis hin zur Verkaufsstelle können die Wege der Vollgutpaletten und

auch der Leergutpaletten zurück dokumentiert werden. Mit dieser technischen Basis ist eine Infrastruktur geschaffen, die ein lückenloses Pooling von RFID-getaggtten Ladungsträgern zulässt. Dadurch ist es möglich, hochwertige Paletten aus Kunststoff einzusetzen, die eine höhere Lebensdauer gegenüber der Standardausführung aus Holz haben.

Durch die höhere Anzahl von Umläufen amortisieren sich die höheren Anschaffungskosten einer Kunststoffpalette sehr schnell. Werden diese unbrauchbar, können sie recycelt werden, sodass daraus direkt wieder Neue desselben Typs hergestellt werden können. Mit dem Einsatz von RFID-getaggtten Kunststoffpaletten ist somit ein nachhaltiges und ökonomisches Palettenpooling mit Recyclingpotenzial möglich.

## Optimales RFID-Etikett und Integration in die Paletten

Zu Beginn des Projekts wurden die optimalen EPC Class1Gen2-RFID-Transponder und darauf aufbauend das beste Etikett ausgewählt. Dazu wurden die Anforderungen hinsichtlich Speicherkapazitäten der verschiedenen Speicherbänke und Sonderfunktionen an Hardware und Protokoll des Chips definiert. Bei der Transponderauswahl spielte auch die Ausführung der Transponderantenne für den späteren Anwendungsfall (Fern- und Nahfeldanwendungen) eine maßgebliche Rolle. Nachdem der optimale Transponder über ausführliche Labormessungen festgelegt war, wurde ein Lieferant eines geeigneten Etiketts ausgewählt. Dazu wurden verschiedene

1 *Getaggte Kunststoffpalette EndurE7.*

2 *Montagetisch für RFID-Paletten.*



Cabka GmbH & Co. KG



Fraunhofer IFF

Musteretiketten im Rahmen von Lebenszyklusuntersuchungen in einer Klimakammer einem künstlichen Alterungsprozess unterzogen, der die auf das Etikett während des gesamten Einsatzes wirkenden Umwelteinflüsse simuliert hat.

Parallel dazu wurde mit der Cabka GmbH & Co. KG ein geeignetes Konzept erarbeitet, wie die Etiketten in der Produktion in den Ladungsträger integriert werden können.

---

### Produktion von getaggtten Paletten

---

Für die Produktion der getaggtten Paletten wurden durch das Fraunhofer IFF spezielle Montagetische entwickelt, auf denen die Palettentransponder geprüft, mit einem eindeutigen EPC (Electronic Product Code), in diesem Fall einem GRAI (Global Returnable Asset Identifier), programmiert und die Speicherbänke entsprechend gesichert werden. Jeder Ladungsträger verfügt über zwei diagonal angeordnete Transponder, in denen derselbe EPC abgespeichert ist, die sich aber durch ihre TID (TagID) eindeutig unterscheiden lassen. Nachdem der Initialisierungsprozess erfolgreich beendet wurde, wird die Palette auf den Stapel für einzulagernde Paletten abgelegt. War die Initialisierung nicht erfolgreich, wird eine entsprechende Warnmeldung gegeben und der Ladungsträger ist einer Nachbearbeitung zuzuführen. Das Ergebnis jeder Initialisierung wird in der Produktionsdatenbank abgespeichert.

Die korrekt initialisierten Paletten werden im Anschluss aus der Produktionshalle in die Lagerhalle transportiert. Dabei durchfährt der Gabelstapler ein spezielles RFID-Gate. In diesem RFID-Gate wird jeder Transponder von jeder Palette auf seine Funktion hin geprüft und eine Statusabfrage in der Produktionsdatenbank durchgeführt. Sind alle Prüfungen erfolgreich abgeschlossen, wird der durch das RFID-Gate transportierte Palettenstapel in das Lager gebucht und die Datenbank entsprechend aktualisiert.

Für die Auslieferung der Ladungsträger an den Kunden wird das RFID-Gate als Auslieferungstor genutzt. In dieser Funktion dokumentiert das RFID-Gate alle Paletten, die im Rahmen dieser Auslieferung durch das Gate gefahren werden und zeigen den Bedienern der Stapler die Anzahl der erfassten Paletten über große LED-Anzeigen an. Nach Abschluss der Lkw-Beladung mit mehreren Hundert Ladungsträgern werden dem Endkunden elektronisch die GRAIs der verladenen Ladungsträger übermittelt. Dadurch weiß der Kunde genau, welche Paletten er geliefert bekommt.

---

### Zukünftige Schritte und Ausblick

---

Als nächster Schritt wird die Struktur der Produktionsdatenbank durch das Fraunhofer IFF überarbeitet, da es mehrere Produktionsstandorte gibt, verschiedene zusätzliche Eigenschaften der Palette eingearbeitet werden müssen und die Erweiterbarkeit für weitere Typen geschaffen werden muss. Weiterhin muss die Performance der Datenbank für mehrere Millionen Ladungsträger sichergestellt werden, damit in der Produktion, Einlagerung und Auslieferung keine Verzögerungen entstehen.

---

### Projektpartner

---

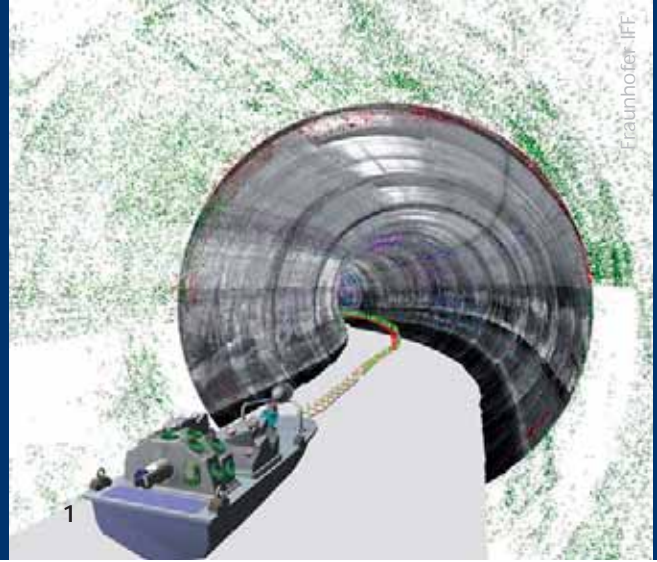
Cabka GmbH & Co. KG, Weira

---

### Ansprechpartner im Kompetenzfeld Materialflusstechnik und -systeme

---

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



# SCHWIMMENDER INSPEKTIONSROBOTER FÜR DEN ABWASSERKANAL EMSCHER

## Ausgangssituation

Im Rahmen des Generationenprojekts Emscher-Umbau entsteht aktuell ein neuer 51 Kilometer langer Abwasserkanal mitten im Ruhrgebiet von Dortmund-Deusen bis zur Rheinmündung bei Dinslaken. Die Emschergenossenschaft baut mit diesem Kanal das modernste Abwassersystem der Welt.

Der Hauptsammler des Kanalnetzes hat einen Durchmesser von 1,6 bis 2,8 Meter und eine Tiefenlage von bis zu 40 Meter. Mit einer Gesamtinvestition von ca. 4,5 Mrd Euro über einen Zeitraum von 30 Jahren ist der Emscher-Umbau das größte Wasserbauvorhaben Europas.

Schon im Jahr 2001, als der Abwasserkanal noch in der frühen Planungsphase war, begann die Zusammenarbeit zwischen der Emschergenossenschaft und dem Fraunhofer IFF. Die zentrale Fragestellung der damaligen Kooperation war: Ist eine automatische Inspektion und Reinigung von Großprofilen dieser Art im laufenden Kanalbetrieb möglich und kann dadurch auf ein zweizügiges Rohrsystem verzichtet werden?

Normalerweise werden Zentralsammler, wie es der Abwasserkanal Emscher ist, als zweizügiges Rohrsystem mit zwei Röhren parallel zueinander gebaut, damit ein Rohrsystem jederzeit abgesperrt und manuell durch Personal inspiziert und gereinigt werden kann, während das Abwasser in der anderen Röhre fließt. Durch den Bau als einzügiges Rohrsystem werden Kostenersparnisse im Bereich von mehreren Hundert Mio Euro ermöglicht. Zudem kann die Nutzungsdauer des Kanals massiv verlängert werden, da die unvermeidliche Verwitterung des Betonkanals nach ca. 80 Jahren durch den Bau einer zweiten Röhre aufrechterhalten werden kann.

Mit der Konzeption und Entwicklung weltweit einzigartiger Inspektions- und Reinigungsroboters wurde im Jahr 2009 im Rahmen der Planfeststellung vom Fraunhofer IFF der Nachweis der Machbarkeit mit Prototypen der Inspektions- und Reinigungssysteme erbracht und somit die Umsetzung des einzügigen Rohrsystems ermöglicht.

## Entwicklung des Inspektionsroboters SEK 2.0

Nach erfolgreicher Entwicklung und dem Bau der Prototypen zur Inspektion und Reinigung wurde die Kooperation zwischen der Emschergenossenschaft und dem Fraunhofer IFF bis zum Jahr 2018 verlängert. Sie beinhaltet die Weiterentwicklung des Systems inkl. Infrastruktur zur Medienversorgung sowie den Bau für den Einsatz im Abwasserkanal ab dem Jahr 2017. Von zentraler Bedeutung sind in der aktuellen Phase die Gewährleistung eines zuverlässigen Betriebs und die gleichzeitige Steigerung der Flexibilität hinsichtlich der Systemeinsatzbedingungen. Als Zielstellung gelten folgende Forderungen:

- Reduzierung der Anzahl an Systemen für verschiedene Kanalennennendurchmesser,
- Vergrößerung der maximalen Inspektionsreichweite,
- Stabilisierung der Schwimmelage bei hohen Fließgeschwindigkeiten und niedrigen Füllgraden sowie
- keine Beschränkung auf kreisrunde Kanalformen.

- 1 Mit dem Schadenerkennungssystem (SEK) aufgenommene Inspektionsdaten.
- 2 Auswertung der Inspektionsdaten erfolgt im Bedienstand.
- 3 Einsatz des SEK in Dortmund unter realen Bedingungen.





2



3

## Lösungskonzept

Durch eine optimierte Anordnung sämtlicher Messsensoren und die Nutzung von neuen, hochauflösenden Kameras konnte die Anzahl der Inspektionssysteme deutlich reduziert werden. Die hohen, von den Behörden geforderten Messgenauigkeiten bei der Inspektion werden nun mit einem einzigen System für alle relevanten Kanalinnendurchmesser von DN 1 600 bis DN 2 800 erfüllt.

Zusätzlich wurden im Rahmen der Weiterentwicklung die Systemhandhabung und das Schwimmverhalten optimiert. Zu den wichtigsten Neuerungen gegenüber dem Prototyp zählen:

- Eignung zur Inspektion aller Kanalgeometrieformen, wie Kreisrund-, Kasten-, Ei- und Maulprofilen,
- optimales Schwimmverhalten des Systems durch Halbierung der Gesamtmasse und ideale Schwerpunktverlagerung,
- verbesserte Ein- und Ausbringmöglichkeiten durch minierte Außenabmessungen der Konstruktion,
- Inspektion von Tübbing-Kanalbauweisen zur Erfassung sowohl radialer als auch längs verlaufender Fugen sowie
- maximale Inspektionslänge bis zu 1 200 Meter.

Das SEK 2.0 wurde als teilmodulares System aus hochintegrierten Baugruppen aufgebaut. Als Basis dafür dient ein standardisiertes Schnittstellenkonzept, das weitestgehend austauschbare Baugruppen ermöglicht, um den Einsatz über einen sehr langen Zeitraum sicherzustellen. Bei der Software wurde konsequent auf die Nutzung von Datenformaten für Bilder und Videos mit besonderer Langlebigkeit geachtet.

Für die Handhabung und Versorgung des SEK 2.0 entwickelte das Fraunhofer IFF eine Infrastruktur, die einen sicheren Systembetrieb im Abwasserkanal Emscher gewährleistet. Die Infrastruktur wurde so flexibel ausgelegt, dass auch Abwasserkanäle anderer Kanalnetzbetreiber mit dem SEK 2.0 inspiziert werden können.

## Aktueller Stand des Projekts

Im Frühjahr 2015 wurden die Entwicklung und der Aufbau des Schadenerkennungssystems SEK 2.0 abgeschlossen. Im Jahr 2015 wurde das System in zwei Kanälen der Emschergenossenschaft umfangreich getestet. Aktuell wird die Infrastruktur zur Versorgung und zum Ein- und Ausbringen des Systems entwickelt und anschließend aufgebaut. Parallel dazu werden weitere Inspektionseinsätze mit dem SEK 2.0 im Jahr 2016 durchgeführt, um das System unter den neuen Randbedingungen zu erproben.

## Ausblick

Ende 2017 wird die Infrastruktur für das SEK 2.0 fertiggestellt. Somit kann der Probe- und Regelbetrieb des Schadenerkennungssystems einschließlich Infrastruktur pünktlich zur Inbetriebnahme des Abwasserkanals Emscher im Jahr 2018 beginnen.

## Projektpartner

Emschergenossenschaft, Essen

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Robotersysteme

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

# TAKTILE SENSORSYSTEME FÜR DIE SICHERE KOLLISIONSDETEKTION

## Mensch-Roboter-Kollaboration – ein Produktionskonzept mit Zukunft

Weltweit werden kollaborierende Roboter entwickelt, die in der Produktion, in der Medizin, im Alten- und Pflegebereich sowie im Heimbereich zum Einsatz kommen sollen. Im Gegensatz zu etablierten Roboteranwendungen, in denen Roboter hinter massiven Stahlzäunen agieren, teilen kollaborierende Roboter ihren Arbeitsraum mit dem Menschen und arbeiten sogar direkt mit ihm zusammen.

Die Motivation und das Ziel für kollaborierende Mensch-Roboter-Szenarien ist die Zusammenführung und Ergänzung der jeweiligen Stärken von Mensch und Roboter. Der Mensch zeichnet sich dabei durch außerordentliche Flexibilität und hohe kognitive Fähigkeiten aus, der Roboter durch Präzision, hohe Traglast und pausenlosen Einsatz. Die Zusammenführung der Fähigkeiten von Mensch und Roboter entlastet den Menschen von körperlich anstrengenden, ergonomisch ungünstigen oder monotonen Tätigkeiten.

Technologietreiber ist dabei auch der demografische Wandel, der in Industrieländern wie Deutschland den zunehmenden Einsatz kollaborierender Roboter erforderlich macht, um ältere Beschäftigte von körperlich anstrengender Arbeit zu entlasten. Darüber hinaus ergeben sich durch die Zusammenführung der Fähigkeiten von Mensch und Roboter neue wirtschaftlich äußerst relevante Anwendungsfelder in der Produktion, in der Medizin, in der Pflege und im Heimbereich.

## Taktile Sensorik als Schlüssel zur Sicherheit

Grundlegende Voraussetzung für den Einsatz kollaborierender Roboter ist die Sicherheit der Menschen, die mit derartigen Robotern zusammenarbeiten. Um diese zu gewährleisten, muss der Roboter in die Lage versetzt werden, die Anwesenheit von Personen in seiner Umgebung wahrzunehmen und entsprechend darauf zu reagieren.

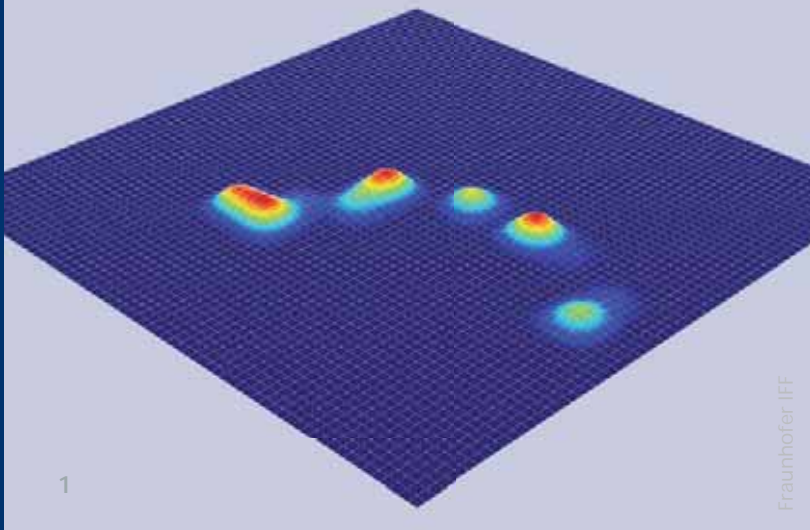
Als eine wegweisende Schlüsseltechnologie für die Mensch-Roboter-Kollaboration hat das Fraunhofer IFF ein taktiles Sensorsystem, basierend auf einem resistiven Messprinzip, entwickelt und patentiert, das Kollisionen des Roboters mit Menschen und Gegenständen zuverlässig detektieren kann. Es zeichnet sich durch einen kostengünstigen Aufbau, hohe Robustheit und individuelle Anpassbarkeit an komplexe Oberflächen wie Roboter aus. Darüber hinaus kann es mit einer weichen Dämpfungsschicht ausgestattet werden.

## Das Projekt TAKSENS

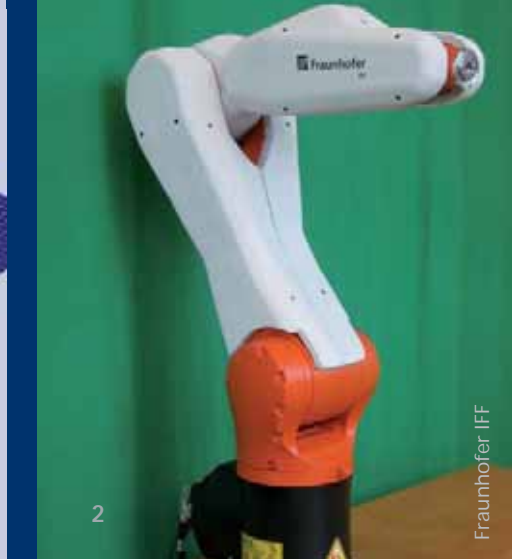
Im Rahmen des Projekts TAKSENS wird die taktile Sensortechnologie für den Einsatz als Kollisionsschutzsensor an Standard-Industrierobotern qualifiziert. Das Projektziel besteht darin, die technische Machbarkeit und das wirtschaftliche Potenzial der Idee zu überprüfen und bestehende technologische Lücken, die eine erfolgreiche Verwertung der Technologie bisher verhindert haben, zu schließen.

<sup>1</sup> Druckerverteilung von Fingerspitzen.

<sup>2</sup> KUKA Agilus mit taktilem Sensorik.



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

## Lösungsansatz

Ausgehend von den am Fraunhofer IFF existierenden Vorarbeiten werden im Rahmen des TAKSENS-Projekts zunächst grundlegende Designkonzepte und Fertigungstechnologien für dreidimensionale taktile Messaufnehmer erarbeitet. Diese bilden das Herzstück der taktilen Sensorik und werden direkt auf die Oberfläche von Robotern appliziert. Da die taktilen Messaufnehmer im Fall einer Kollision mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, liegt ein weiterer wichtiger Schwerpunkt auf der Identifikation robuster Dämpfungswerkstoffe. Integriert in die oberste Schicht der taktilen Messaufnehmer, bilden diese eine Knautschzone auf der Roboteroberfläche und schützen den Menschen so effektiv vor Verletzungen.

Um weiterhin eine zuverlässige Messdatenerfassung zu gewährleisten, werden Konzepte zur direkten Integration der Sensorelektronik in die taktilen Messaufnehmer entwickelt und erprobt. Zur Vernetzung der verteilten Sensorknoten werden industriell etablierte Bussysteme untersucht und an die spezifische Messaufgabe adaptiert.

Die abschließende Evaluierung der Projektergebnisse erfolgt anhand eines Roboters vom Typ KUKA Agilus. Die Evaluierungsergebnisse fließen in einen Konfigurator ein, um zukünftig einen schnellen und effizienten Entwurf taktiler Sensorlösungen für unterschiedlichste Roboter und Einsatzfälle zu ermöglichen.

## Ergebnisse und Nutzen

Durch eine erfolgreiche Validierung der taktilen Sensortechnologie als Kollisionsschutzsensor werden optimale Voraussetzungen für die zukünftige Verwertung und die Entwicklung eines innovativen Produkts geschaffen. Das Risiko für die Wirtschaft, in die Entwicklung zu investieren, wird überschaubar und minimiert.

## Ausblick

Das Projekt nähert sich dem Ende seiner Laufzeit und befindet sich derzeit in der spannenden Evaluierungsphase. Der Roboter vom Typ Agilus wird dazu vollständig mit einem taktilen Sensorsystem ausgestattet und anschließend anhand einer Beispielapplikation evaluiert.

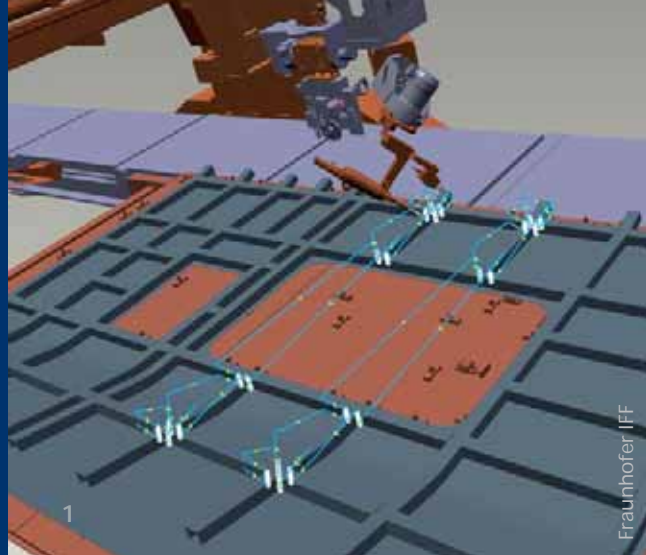
## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Robotersysteme

Markus Fritzsche M. Eng.  
Telefon +49 391 4090-277 | Fax +49 391 4090-93-277  
markus.fritzsche@iff.fraunhofer.de

## Förderung

Das Projekt »TAKSENS – Entwicklung und Validierung taktiler Sensorsysteme für die sichere Kollisionsdetektion bei der Mensch-Roboter-Interaktion« wird im Rahmen der Fördermaßnahme »VIP – Validierung innovativer Produktideen« vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. (Förderkennzeichen E3V0592).





# AUTOMATISIERTE BAHNPLANUNG FÜR SCHWEISSPROZESSE AN GROSSBAUTEILEN

## Ausgangssituation

Das Schweißen von Personenwagen für Schienenfahrzeuge ist ein aufwendiger Prozess. Kundenindividuell und je nach konkretem Bauteil müssen die passenden Schweißmethoden eingesetzt werden und eine effiziente Planung von Tausenden Schweißpunkten oder Schweißnähten muss erfolgen.

Bei der Automatisierung dieser Prozesse stehen Maschinenhersteller, wie die SM Calvörde Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG, vor folgenden Herausforderungen:

- Die Anlagen müssen so gestaltet werden, dass sie je nach Kundenanforderung, mit möglichst geringem Aufwand unterschiedlich ausgelegt werden können.
- Die kundenspezifisch konfigurierte Anlage muss sicher in Betrieb genommen werden.
- Der Kunde muss in die Lage versetzt werden, die Schweißprozesse schnell und effizient planen und testen zu können.

Bei der Auslegung bietet SM Calvörde u. a. Module für das Widerstandspunktschweißen mit zwei parallelen Systemen an, das Plasma-Dichtschweißen von Längsnähten sowie das MIG/MAG-Lichtbogenschweißen. Zusammen mit weiteren kundenindividuellen Randbedingungen führt dies zu einer erheblichen Komplexität der Anlagenstruktur einer möglichst universell einsetzbaren Fertigungsmaschine.

Um den Umgang mit dieser Komplexität in den nachfolgenden Prozessen Inbetriebnahme und Fertigungsplanung zu unterstützen und die Prozesse darüber hinaus zu beschleunigen, wurde eine Methodik benötigt, mit der die Folgeprozesse durchgängig auf Basis der vorhandenen Konstruktions- und Auslegungsdaten effizient weiterbearbeitet werden können.

## Lösungskonzept

Die Fertigungsplanung soll direkt an einem virtuellen Modell des Bauteils (Seitenwand, Dach, etc.) erfolgen. Zusammen mit dem Modell der modularen Schweißanlage können die geplanten Prozesse getestet werden. Abschließend wird ein Steuerungscode generiert, mit dem die Fertigung auf der realen Anlage durchgeführt wird.

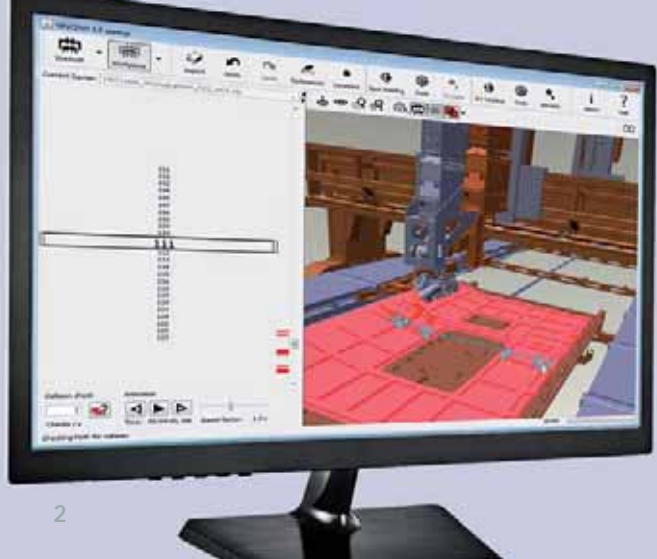
Die virtuelle Anlage wird durch den Maschinenhersteller zur Unterstützung der Inbetriebnahme aus den Konstruktions- und Auslegungsdaten erstellt und verwendet. Damit werden NC-Herstellerzyklen getestet, SPS-kontrollierte Maschinenbewegungen problemnah spezifiziert (z. B. Klemmungen am Aufnahmesystem) sowie Sicherheitsregeln zur Kollisionsvermeidung erzeugt und getestet.

Das virtuelle Modell des Bauteils liegt beim Kunden in Form der entsprechenden CAD-Daten vor. Diese werden einfach in die Anlage geladen und die Planung kann beginnen.

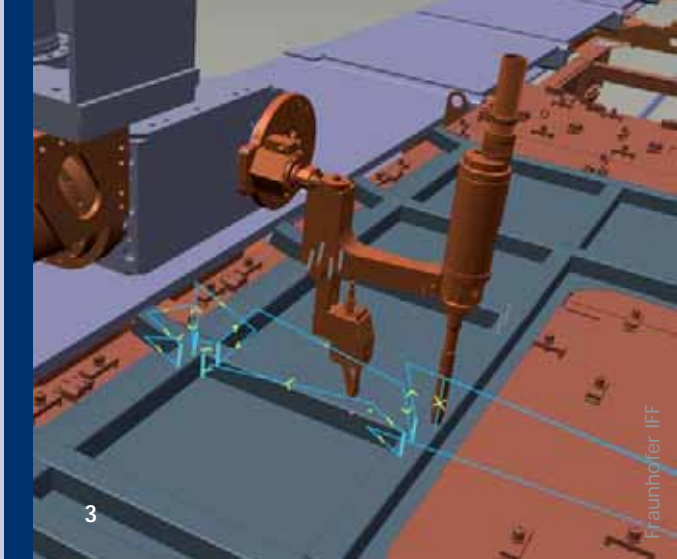
## Vorgehensweise und Ergebnisse

Als Basis für die Entwicklungen wurde das VINCENT-Framework des Fraunhofer IFF verwendet und weiterentwickelt. Ein besonderer Schwerpunkt war hierbei die Planung der Schweißprozesse.

- 1 Clonen identischer Strukturen.
- 2 Simulate-Modus mit Kollisionserkennung.
- 3 Messposition für Grobkorrektur.



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

Da sich die zu schweißenden Strukturen über ein Bauteil hinweg wiederholen oder zumindest ähnlich sind, werden Schweißprozesse für identische bzw. ähnliche Strukturen nur einmal an einer Struktur definiert und anschließend auf die Weiteren übertragen. Für den Schweißprozess erzeugte Bewegungen zur Kollisionsvermeidung sowie Messfahrten zur Korrektur der Zielpositionen werden dabei übernommen. Ein typisches Bauteil, z. B. eine Seitenwand, besteht aus 6 Längs- und 46 Querstrukturen. Dafür sind bis zu 276 Verbindungsstellen zu schweißen, wobei die bis zu 1 656 einzelnen Nähte innerhalb von Sekunden erzeugt werden können. Anschließend kann der gesamte Fertigungsprozess gemeinsam mit dem Maschinenmodell simuliert und auf Kollisionen geprüft werden.

Während des Schweißprozesses treten im Bauteil Längenänderungen durch Energie- und Materialeintrag auf. Um dennoch die geforderte Genauigkeit (bis zu 100 Mikrometer) zu erreichen, ist eine Korrektur der Zielpositionen während des Prozesses notwendig. Hierfür werden schon bei der Planung Messfahrten in den Ablauf eingeplant. Bei diesen Messfahrten werden konkrete Positionen an den Strukturen des Bauteils optisch vermessen. Soll-/Ist-Abweichungen werden in der Steuerung gespeichert und bei Anfahrbewegungen durch korrigierte Start-, Zwischen- und Endpunkte berücksichtigt. Zusätzlich zur Zielpunktkorrektur ist zur Einhaltung der geforderten Genauigkeit der Einsatz eines Bahnverfolgungssensors notwendig. Dieser wird vorlaufend über die Schweißnaht geführt, wobei dessen Verhalten im Planungssystem vorgegeben wird.

Abschließend wird der entsprechende NC-Code generiert und auf die Steuerung übertragen. Der Code-Generator kann für bis zu zwei Systeme, die aus maximal zwei kooperierenden Einheiten (vier Kanäle) bestehen, den Steuerungscode so erzeugen, dass alle Bewegungen abgestimmt und durch entsprechende Wartemarken synchronisiert sind.

## Ausblick

Die beschriebenen Arbeiten sind Teil eines Gesamtprojekts, bei dem mit der SM Calvörde ein innovatives Technologiekonzept für eine modularisierte Fertigungsmaschine zum effizienten und hochgenauen Schweißen von bahnorientierten Bearbeitungsaufgaben für Großbauteile im Schienenfahrzeugbau entwickelt wird. Die Fertigungsplanung und Generierung des Steuerungs-codes sind Schlüsselfaktoren für die wirtschaftliche Anwendung.

## Projektpartner

SM Calvörde Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG, Calvörde

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Virtual Engineering

Dipl.-Inform. (FH) Matthias Kennel  
Telefon +49 391 4090-104 | Fax +49 391 4090-93-104  
matthias.kennel@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Eric Bayrhammer  
Telefon +49 391 4090-105 | Fax +49 391 4090-93-105  
eric.bayrhammer@iff.fraunhofer.de

## Förderung

Das Projekt »Entwicklung eines modularen Maschinenkonzeptes für das effiziente und hochgenaue Fügen bei bahnorientierten Bearbeitungsaufgaben« wird im Rahmen des Programms »Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand« (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:





# MÖGLICHKEITEN UND ANWENDUNGEN DES DURCHGÄNGIGEN VIRTUAL ENGINEERING

## Motivation

Der klassische Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau verläuft entsprechend des Stufenansatzes rein sequenziell. Um jedoch im Anlagenbau wettbewerbsfähig zu sein, muss heutzutage ein breites Anforderungsspektrum erfüllt werden. Neben der Tendenz zu zunehmend anspruchsvolleren und risikoreichen Produktentwicklungen besteht der Anspruch an qualitativ hochwertige Produkte und neuem Innovationsgehalt in immer kürzeren Innovationszyklen.

Ein Lösungsansatz zur Beschleunigung und Erhöhung der Qualitätssicherung ist die virtuelle Inbetriebnahme. Diese wird bereits durch den Einsatz kommerziell verfügbarer Software ermöglicht. Sie verringert den Zeitaufwand für die reale Inbetriebnahme und ermöglicht eine frühere Steuerungsprogrammierung. Allerdings bleibt der sequenzielle Ablauf der Entwurfsprozesse in den einzelnen Domänen bestehen. Im Kontext der Digitalen Anlage lassen sich zahlreiche weitere Potenziale entdecken, um eine höhere Prozessbeschleunigung und Qualitätssteigerung sowie Anwenderakzeptanz zu erreichen.

## Lösungskonzept

Der Ansatz des durchgängigen Virtual Engineering (VE) am Fraunhofer IFF setzt neue Maßstäbe in der parallelen, interdisziplinären Produktentwicklung. Er ist aus mehreren Programmen modular zusammengesetzt und zielt darauf ab, den Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau zu revolutionieren. Dies erfolgt durch konsequentes Simultaneous Engineering, d. h. durch eine durchgängig konsistente Daten-

haltung, die Integration der Steuerungsentwicklung in der Entwurfsphase sowie die Datenintegration in der Betriebsphase.

Grundlegend basiert der VE-Ansatz auf einer innovativen Verknüpfungsmethode, die auf ein interdisziplinäres und durchgängig konsistentes Datenmanagement abzielt. Dafür wurde die Datenbank »EMELI« implementiert. Sie ermöglicht die flexible Verknüpfung domänenspezifischer Daten. Dafür werden die einzelnen Komponenten der Anlage mit eindeutigen, interdisziplinär gültigen Nummern versehen. Zudem werden in EMELI semantische Bezüge zwischen den Komponenten definiert, sodass ein Netz der funktionalen Beziehungen in der Anlage entsteht.

Aufbauend darauf wird die interdisziplinäre Entwicklungsumgebung »VINCENT« eingesetzt. Schon während der Entwurfsphase kann eine schrittweise virtuelle Integration des Systems in VINCENT erfolgen. Mit EMELI und VINCENT als gemeinsame Kommunikationsbasis können sich die Domänen kontinuierlich abstimmen, sodass eine agil geprägte Arbeitsweise und simultan ablaufende Entwicklungstätigkeiten ermöglicht werden.

Anhand des 3D-Modells in VINCENT erfolgt bereits während der Mechanikkonstruktion die Steuerungsprogrammierung, sodass diese unabhängig von der realen Anlage ist. Das Modul »VITES« ermöglicht zudem eine generische Steuerungsentwicklung. Statt direkt mit Code zu arbeiten, wird das Ver-

- 1 V-ASSIST: Unterstützung bei der Fehlerlokalisierung und -behebung (Prinzipdarstellung).
- 2 Vorgehensweise »Virtuelles Modell – Steuerungscodewicklung« (Auszug).



2

Fraunhofer IFF

fahren des Virtuellen Teachens angewandt. Dabei führt der Mechanikkonstrukteur dem Steuerungsentwickler die Abläufe direkt am virtuellen Modell in VINCENT vor. Währenddessen können die Abläufe bereits in Form von Sequenzen gespeichert, anschließend verknüpft und automatisch in ein codiertes Steuerungsprogramm umgewandelt werden. Mit dem Modul »AGENS« kann es dann um automatische Sicherheitsregeln gegen Eigenkollisionen der Anlage erweitert werden.

VINCENT ermöglicht auch den Funktionstest der Anlage inklusive Materialsimulation, zunächst mit einem emulierten Steuerungsprogramm (Software-in-the-Loop-Simulation) und abschließend zur virtuellen Inbetriebnahme mit der realen Steuerung und dem realen Bedienfeld (Hardware-in-the-Loop-Simulation). Diese virtuelle Inbetriebnahme mit vorgezogener Steuerungsentwicklung beschleunigt auch die reale Inbetriebnahme beim Kunden zum Projektabschluss. Insgesamt verkürzt der Einsatz der beschriebenen Tools des Virtual Engineering den Produktentwicklungsprozess im Sondermaschinenbau um 15 bis 20 Prozent.

Entsprechend des Anspruchs, Virtual Engineering durchgängig zu betreiben, wird auch der Betrieb der Anlage unterstützt. Dafür wird das 3D-Modell in VINCENT als Schattenanlage betrieben. In Kombination mit dem Ansatz der mobilen Assistenzsysteme wird dies zur effizienten Störungsbehebung und Betriebsunterstützung eingesetzt. Durch Abgleich von realer Anlage und gekoppeltem Modell sowie den Online-Zugriff auf die Datenbank EMELI können Störungen mit dem V-ASSIST identifiziert, mögliche Ursachen ermittelt und Informationen zur Unterstützung der Fehlerbehebung bereitgestellt werden, direkt vor Ort auf einem mobilen Endgerät.

## Anwendungen

Das beschriebene VE-Konzept wurde schon erfolgreich in zahlreichen Projekten des Fraunhofer IFF angewandt. Je nach Bedarf kann das System auf die Bedürfnisse des Kunden skaliert werden.

## Ausblick

Im Kontext von Industrie 4.0 zeigt diese Vorgehensweise eine Möglichkeit, den wachsenden Anforderungen im Sondermaschinenbau gerecht zu werden. Die konsequente Nutzung der Daten in dieser Engineeringumgebung ermöglicht neue Wege und spiegelt einen wesentlichen Meilenstein im Sinne von Industrie 4.0 wider.

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Virtual Engineering

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

## Förderung

Die Arbeiten an der Erforschung verschiedener in VINCENT/EMELI integrierter Methoden wurden durch Mittel des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Sachsen-Anhalt (Projekte VITES, ZWB-Nr.: 1204/0087; DE-VIP, ZWB-Nr.: 1204/00095; AGENS, ZWB-Nr.: 1304/00110) unterstützt.



Europäische Kommission  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung  
INVESTITION IN IHRE ZUKUNFT

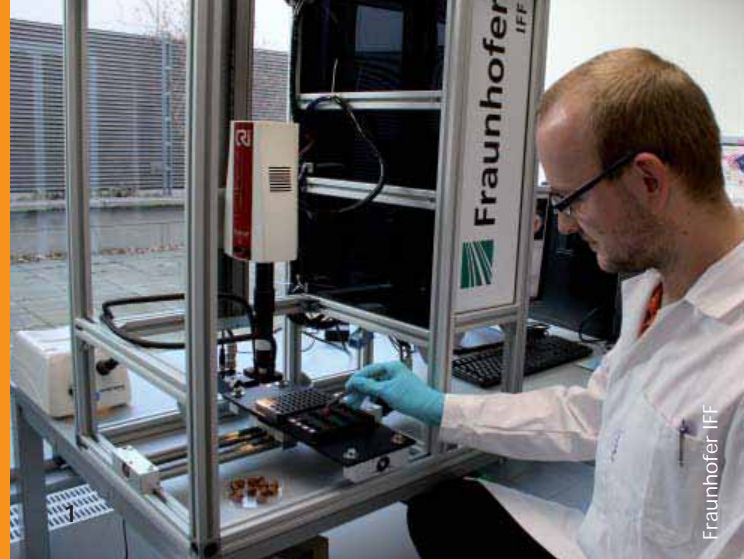
# PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK





*Nachhaltigkeit in der Produktion, Ressourcenschonung und effiziente Prozesse führen stets zu Kosteneinsparungen und erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit sowohl in der Großindustrie als auch von kleinen und mittleren Betrieben. Sie zählen zu den Kernthemen der Forschung am Fraunhofer IFF.*

- 42 Mit hyperspektraler Bildgebung leistungsfähigeres Saatgut ermitteln
- 44 Waldzustandsermittlung aus der Luft mit Hilfe hyperspektraler Aufnahmen
- 46 Effiziente Nahrungsmittelproduktion mit Edukten aus Kraftwerksanlagen
- 48 Rezeptursteuerung zur Granulation von Kohlenstoff- und Metallstäuben
- 50 Effiziente Nutzung von Abwärme aus einem Salzgewinnungsprozess
- 52 Remanufacturing als »Lebensretter« für Maschinen und Anlagen
- 54 E3 – Die Produktion energieorientiert planen und steuern
- 56 Sichere Versorgung bei Unfällen und Pannen mit Elektroautos
- 58 Handlungsempfehlungen zu forstlichen Zertifizierungssystemen
- 60 Portal für Anlagenbaustellen liefert jederzeit gesicherte Informationen
- 62 Der spektrale Blick in die Zukunft durch Vorhersage von Züchtungserfolgen



## MIT HYPERSEKTRALER BILDGEBUNG LEISTUNGSFÄHIGERES SAATGUT ERMITTELN

### Motivation

Die Hälfte des Nahrungsmittelbedarfs wird zurzeit von den drei Getreidearten Reis, Mais und Weizen gedeckt. Im Jahr 2013 wurden weltweit 2,5 Mrd Tonnen Getreide produziert. Der Bedarf an Getreide wird in den folgenden Jahren sowohl durch die wachsende Weltbevölkerung als auch durch den vermehrten Einsatz von Lebensmitteln als Futtermittel und Biorohstoffe weiter steigen.

Um diesen Bedarf auch in Zukunft zu decken, muss das Saatgut vielfältigen Anforderungen entsprechen.

Saatgut wird in Genbanken weltweit eingelagert, um im Fall von Katastrophen einen Neustart in der Landwirtschaft durchführen zu können. Da das Saatgut über Jahrzehnte eingelagert wird, muss es vor allem langlebig sein. Die weltweiten Genbanken halten zudem eine möglichst große Anzahl von Sorten vor, um die genetische Artenvielfalt von Nutzpflanzen aufrechtzuerhalten. Dieses Genmaterial wirkt nicht nur dem Verlust entgegen, sondern steht auch für Neuzüchtungen von resistenteren Pflanzen zur Verfügung.

Im Gegensatz dazu steht für Saatgutproduzenten vor allem die Keimfähigkeit, Homogenität, hohe Sortenreinheit und Resistenz gegenüber Umwelttoleranzen des Saatguts im Vordergrund, um einen möglichst gleichmäßigen und hohen Feldaufgang zu gewährleisten.

Um Aussagen über die Eigenschaften des Saatguts zu fällen, wurden bisher manuelle Keimtests in den Genbanken sowie bei den Saatgutproduzenten durchgeführt. Diese müssen nicht nur für neue Sorten, sondern in regelmäßigen Abständen auch für alte Sorten durchgeführt werden.

### Lösungsansatz

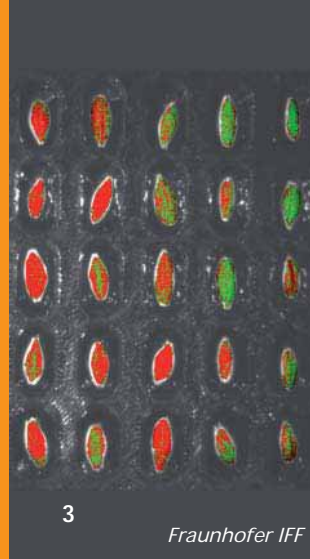
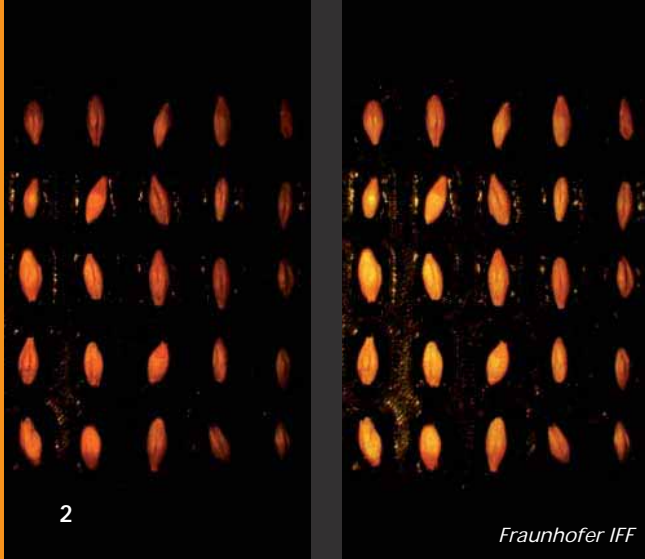
Saatgut besitzt je nach Art eine spezielle chemische Zusammensetzung. Diese ist nicht nur im Innern des Saatguts zu finden, sondern spiegelt sich auch auf der Oberfläche wider. Mittels hyperspektraler Aufnahme kann die spezifische Zusammensetzung auf der Samenoberfläche untersucht werden. Dies ermöglicht Rückschlüsse auf Eigenschaften des Saatguts.

Durch die Erstellung eines mathematischen Modells auf Basis der Datenerhebung und nachgelagerter Auswertung auf Basis maschinellen Lernens lassen sich vielfältige Messaufgaben realisieren.

### Vorgehensweise

Das Saatgut wird unter der Hyperspektralkamera ausgelegt und automatisiert vermessen. Zur Vermessung können die nahinfraroten und infraroten Kameras Cri Nuance und HySpex SWIR und VNIR aus dem Spektrallabor des Kompetenzfelds

- 1 *Bestückung der hyperspektralen Messvorrichtung zur automatisierten Vermessung des Saatguts im Labor.*
- 2 *Automatische hyperspektrale Vermessung von Gerste mit 80 ms (l.) und 160 ms (r.).*
- 3 *Charakterisierung der Keimfähigkeit von Gerste auf Pixelbasis: rote Pixel markieren nicht keimfähige Spektren, grün markierte Pixel markieren keimfähige Spektren.*
- 4 *Charakterisierung der Saatguteigenschaften auf Objektebene: rot markiertes Saatgut ist nicht keimfähig, grün markiertes Saatgut ist keimfähig.*



Biosystems Engineering eingesetzt werden. Diese erlauben je nach Konfiguration sowohl Makroskopie- als auch Mikroskopieaufnahmen des Saatguts. Durch die Verwendung spezieller Hardware und die Konfiguration der Kameras als Softsensoren kann Saatgut unterschiedlichster Form, Größe und Helligkeit vermessen werden. Die Bildaufnahme kann während der Aufnahme adaptiv an die Objekteigenschaften angepasst werden. Die Messung erfolgt nicht-invasiv und das Saatgut liegt nach der Vermessung noch vollständig vor.

Auf Basis der hyperspektralen Daten der Samenoberfläche werden Messmodelle erstellt, die neben den charakteristischen Eigenschaften auch die Zielvorgabe zur Analyse der Proben abbilden. Die Modelle werden in einer nachgelagerten Verarbeitungspipeline mittels Methoden des maschinellen Lernens ausgewertet. Zunächst müssen hierfür Referenzdaten der Eigenschaften des Saatguts vorliegen. Ist das Modell einmal erstellt worden, kann es für die zugehörige Samenart eingesetzt werden. Die Ergebnisse des Modells lassen sich somit auch auf unbekannte Samen der gleichen Art anwenden und ermöglichen deshalb eine Vorhersage der Eigenschaften des Produkts.

### Ergebnisse und Nutzen

Die automatisierte Vermessung von Saatgut ermöglicht dessen nicht-invasive, reproduzierbare Charakterisierung. Manuelle Keimtests können mit dieser Methode ergänzt oder vollständig ersetzt werden. Bei der Ergänzung eines Keimtests kann der Keimvorgang selbst ebenfalls mit digital erfasst werden, sodass eine rechnergestützte Auswertung des Keimvorgangs möglich ist. Neben der Keimfähigkeit kann das Saatgut auch auf Eigenschaften, wie Sortenreinheit oder Resistenz, untersucht werden.

Aufgrund der Vorhersage über die Eigenschaften von Saatgut ist eine Vorsortierung möglich. Diese Vorsortierung erlaubt es, das Saatgut nach unterschiedlichsten Kriterien einzuteilen. So können z. B. die Keimfähigkeit oder auch der Sortierverlust maßgeblich sein. Des Weiteren können Eigenschaften wie die Homogenität und Resistenzen des Saatguts genutzt werden, um dieses zu sortieren. Dies ermöglicht zum einen, eingelagertes Saatgut in Genbanken einer automatisierten Vermessung zu unterziehen, und zum anderen, leistungsfähigeres Saatgut für Produzenten zur Verfügung zu stellen.

### Ansprechpartner im Kompetenzfeld Biosystems Engineering

Dr.-Ing. Katharina Holstein  
Telefon +49 391 4090-790 | Fax +49 391 4090-93-115  
katharina.holstein@iff.fraunhofer.de

Beate Dutschk M. A.  
Telefon +49 391 4090-108 | Fax +49 391 4090-93-115  
beate.dutschk@iff.fraunhofer.de

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



## WALDZUSTANDSERMITTLUNG AUS DER LUFT MIT HILFE HYPERSPEKTRALER AUFNAHMEN

### Motivation und Zielstellung

Holz ist eine wertvolle Ressource und ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Dessen Erzeugung, Verarbeitung und Nutzung ist deshalb Teil verschiedener Wertschöpfungsketten. Bedingt durch Umwelteinflüsse haben in den letzten Jahren Stresssituationen für Waldbestände zugenommen. Die Erfassung der daraus resultierenden Schäden erfolgt vor Ort durch die für das Gebiet zuständigen Forstbeamten. Bisher werden die Schäden dabei größtenteils visuell bestimmt und die Erfassung ist sehr zeit- und damit kostenintensiv.

Um den Wald auch unter sich verändernden Klima- und Umweltbedingungen ökonomisch und ökologisch nachhaltig bewirtschaften zu können, setzt die Forst- und Holzwirtschaft zunehmend auf innovative Technologien.

Ausgehend von erfolgreichen Entwicklungen des Fraunhofer IFF für die Landwirtschaft zielt das Vorhaben »Hyperspektrale Waldzustandsermittlung« darauf ab, die Möglichkeiten der Hyperspektraltechnik mit einer nachgelagerten dezidierten Mustererkennung bezüglich ihrer Effekte in ausgewählten forstlichen Anwendungsfeldern zu erforschen. Diese Anwendungsfelder sind einerseits die Erkennung des Vitalitäts- und Stoffwechselzustands von spezifischen Baumarten und andererseits die Erkennung stressbedingter Veränderungen, die durch Eichenfraßgesellschaften hervorgerufen werden.

Mit dem Vorhaben soll ein Beitrag zur Vorbereitung schneller, sicherer und umweltschonender Maßnahmen zur Früherkennung und Prävention von Kalamitätsfällen im Forstbereich geleistet werden.

### Vorgehensweise

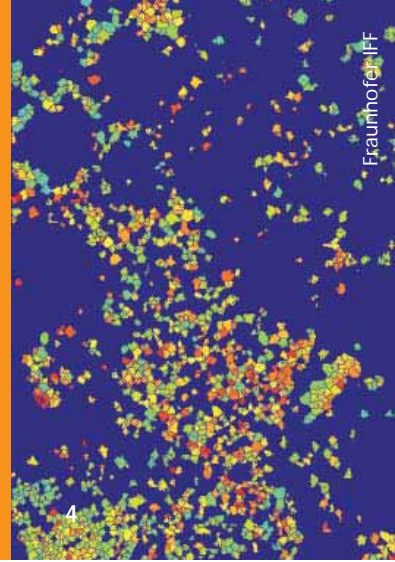
Ausgehend von zuvor festgelegten forstlichen Anwendungsfeldern wurden zwei verschiedene Versuchsstränge durchgeführt. Dabei erfolgte die Ermittlung von Gefährdungen und Schäden durch Eichenfraßgesellschaften sowie eine allgemeine Stressbetrachtung und Vitalitätsansprache ausgewählter Gebiete zur Ermittlung des Waldzustands. Letztere diente gleichzeitig als Ergänzung zur jährlich stattfindenden Waldschadenserhebung.

In beiden Versuchssträngen wurden Überfliegungen identischer Flächen mit modernster Hyperspektralkameratechnik zur Datenerhebung durchgeführt. Parallel dazu erfolgten terrestrische Parallelaufnahmen für die überflogenen Flächen, um Referenzdaten zum tatsächlichen Stresszustand zu erheben. Auf Basis der erhobenen Daten (Spektral- und Referenzdaten) wurden im ersten Schritt mit Methoden maschinellen Lernens und künstlicher Intelligenz dedizierte mathematische Modelle erstellt, welche die Kalibration der Spektraldaten auf die forstwirtschaftlich relevanten Zielgrößen (Stresszustand) ermöglichten. Dies war die Basis für ein Expertensystem (neuronales Netz) zur automatischen Detektion stressbedingter Stoffwechselzustände bei spezifizierten Baumarten und entsprechender Stressfaktoren. Im zweiten Schritt erfolgte die Anpassung (Training) der Auswertungsalgorithmen an spezifische Einsatzfälle (Vorsorge, Erfolgskontrolle) und regionale Spezifika (Kalibrierungsbasis).

- 1 *Hyperspektrale Aufnahme eines Laubwaldbestands in Sachsen-Anhalt.*
- 2 *Die Larve des Schwammspinners.*
- 3 *Fraßschäden an einer Eiche.*
- 4 *Ermittelte Schadstufen eines Eichenbestands aus Hyperspektralaufnahmen.*



FKK Gotha



Fraunhofer IFF

Abschließend wurden Handlungsempfehlungen zur Vorbereitung schneller, sicherer und umweltschonender Maßnahmen zur Früherkennung und Prävention bzw. Bekämpfung von Kalamitätsfällen sowie zur Übertragung der Algorithmen und Vorgehensweisen auf andere Flächen und Kalamitätsfälle abgeleitet.

### Ergebnisse und Nutzen

Auf der Grundlage der erhobenen forstlichen Parameter und der durchgeführten Hyperspektral-Überfliegungen konnten verschiedene Schadbilder und eine große Bandbreite verschiedener Vitalitätsstufen erfolgreich aufgezeichnet werden und standen für die mathematische Modellierung und den Test der entwickelten Modelle zur Verfügung. Speziell für forstliche Anwendungen wurden Algorithmen entwickelt, die in den Hyperspektralbildern zunächst einzelne Baumkronen separieren und anschließend anhand deren hyperspektraler Signatur Aussagen zur Baumart, Vitalität sowie zu biotischen und abiotischen Stressfaktoren ableiten. So konnten durch das entwickelte Verfahren u. a. für Eichen eines Bestands in Sachsen-Anhalt die Schadstufen für einzelne Bäume ermittelt werden. Die Ergebnisse demonstrieren exemplarisch, welchen Mehrwert ein derartiges System für die routinemäßige Verwendung in der Forstwirtschaft bietet.

### Ausblick

Die Realisierung eines zuverlässigen Diagnose- und Frühwarninstruments auf Basis hyperspektraler Messtechnik erfordert weitere wissenschaftliche Arbeiten. Insbesondere ist eine Validierung der entwickelten mathematischen Modelle erforderlich, die aufgrund der kurzen Projektlaufzeit zunächst nur auf Daten einer Saison basieren. Weitere Schwerpunkte liegen u. a. in Entwicklungen zur Verbesserung der Aufnahme der Hyperspektralbilder bei unterschiedlichen Wetter- und Beleuchtungsbedingungen und in Möglichkeiten zur Berücksichtigung

ergänzender Datenquellen (z. B. Meteorologie, Phänologie) in den Auswertalgorithmen zur Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Diagnoseverfahren.

### Projektpartner

ThüringenForst – Anstalt öffentlichen Rechts, Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum, Gotha

### Ansprechpartner im

#### Kompetenzfeld Biosystems Engineering

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

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

#### Geschäftsfeld Logistik- und Fabrikssysteme

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt  
Telefon +49 391 4090-811 | Fax +49 391 4090-93-811  
ina.ehrhardt@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »Erkennung stressbedingter Veränderungen des Vitalitäts- und Stoffwechselzustandes von spezifischen Baumarten auf Basis von Hyperspektralaufnahmen« wurde aus Mitteln des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen A 02/2014)



**SACHSEN-ANHALT**  
Ministerium für  
Landwirtschaft und Umwelt



## EFFIZIENTE NAHRUNGSMITTELPRODUKTION MIT EDUKTEN AUS KRAFTWERKSANLAGEN

### Ausgangssituation und Motivation

Die Holzbearbeitung Bralitz (HBB) betreibt ein holzgefeuertes Heizkraftwerk zur Wärme- und Stromversorgung. Die Anlage wurde vom Fraunhofer IFF geplant und arbeitet mit der ORC (Organic Rankine Cycle)-Technologie zur Stromerzeugung. Die bei der Stromproduktion entstehende Wärme wird im Produktionsprozess zur Holz Trocknung sowie zu Heizzwecken genutzt. Da die Anlage mit Biomasse als Brennstoff arbeitet, trägt der Prozess bereits im Rahmen der Strom- und Wärme-Produktion zur Minderung der Treibhausgasemissionen bei.

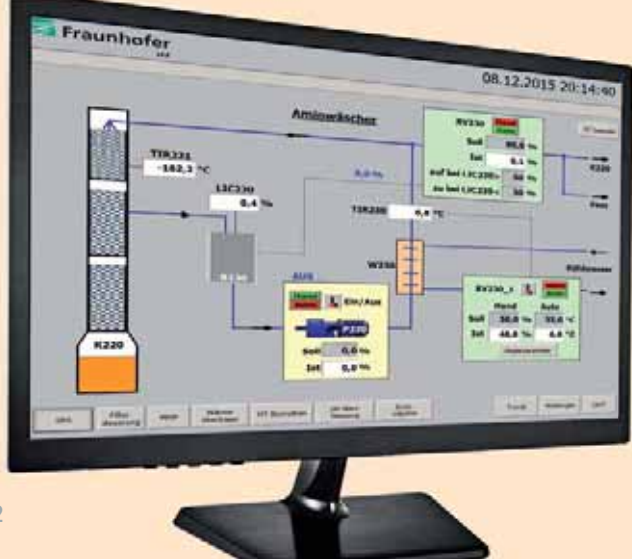
Um die Anlage optimal unter emissionstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu nutzen, wird eine Betriebsart am Auslegungspunkt der Stromerzeugung realisiert. Da die dabei abzuführende Wärme nicht vollständig zu Produktions- und Heizzwecken eingesetzt werden kann, wurde am Anlagenstandort zusätzlich eine Gewächshausanlage errichtet, um den Nutzungsgrad der Abwärme des Heizkraftwerks zu erhöhen. Für einen effizienten Betrieb der Gewächshausanlage mit möglichst schnellem Pflanzenwachstum und kurzen Rotationsperioden ist zusätzlich zur Beheizung und ggf. Beleuchtung eine Wasser- und Nährstoffzufuhr notwendig. Neben der herkömmlichen Nährstoffzufuhr wird in Gewächshausanlagen zunehmend eine »Düngung« mit CO<sub>2</sub> eingesetzt, d. h., das Gasvolumen im Gewächshaus wird mit Kohlendioxid angereichert, das im Wachstumsprozess von den Pflanzen assimiliert wird. Das CO<sub>2</sub> wird meist aus Flüssiggastanks oder durch Direkteinleitung von Abgas aus dem Betrieb von Gasbrennern oder Gasmotor-Blockheizkraftwerken bereitgestellt. Beim Einsatz von industriellem Flüssig-CO<sub>2</sub> fallen Kosten für Bereitstellung und Transport an und es treten Gasverluste auf. Im Bereich der Nahrungsgüterwirtschaft ist die Abgas-Direkteinleitung unter Vermarktungs- und Qualitätssicherungsaspekten

problematisch bei reiner Erdgasverbrennung und bei dem Einsatz von motorischen Abgasen und unzulässig bei Kraftwerksabgasen. Ziel war es daher, mit einem Separationsverfahren das im Abgas des Heizkraftwerks anfallende CO<sub>2</sub> abzutrennen und für die Gewächshausanlage nutzbar zu machen.

### Randbedingungen und Aufgabenstellung

Die normale Kohlendioxidkonzentration beträgt in der Umgebungsluft 320 bis 360 ppm (parts per million). Nach heutigen Erfahrungen liegt die CO<sub>2</sub>-Konzentration für eine maximale Assimilation bei 600 bis 1 600 ppm je nach Pflanzenart. Im Gewächshaus werden vorrangig Gurken und Paprika produziert, bei denen das CO<sub>2</sub>-Optimum eher im oberen Bereich liegt. Diese Gewächshausanlage mit einer Grundfläche von 4,5 Hektar hat unter Beachtung der Sonnenstunden und der Einstrahlungsintensität einen zusätzlichen Jahresbedarf an CO<sub>2</sub> von etwa 2 000 Tonnen, da keine künstliche Beleuchtung vorhanden ist. Die CO<sub>2</sub>-Zielkonzentration variiert zudem je nach Jahreszeit und wird in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung geregelt in die Zuluft dosiert. Das Gewächshaus ist in vier Segmente eingeteilt, in denen die Wärmezufuhr und die CO<sub>2</sub>-Konzentration separat optimal angepasst an die jeweilige Pflanzenart und den Vegetationszustand eingestellt werden können.

- 1 Gewächshausanlage der GBB Gartenbau Bralitz.
- 2 Steuerung des Aminwäschers.
- 3 Gasweiche und Kohlendioxid-speicher.



2

Fraunhofer IFF



3

Fraunhofer IFF

Das Abgas des Heizkraftwerks weist eine  $\text{CO}_2$ -Konzentration von 10 bis 12 Vol. Prozent (bezogen auf feuchtes Rauchgas) mit einem Abgasbetriebsvolumenstrom von ca. 20 000  $\text{m}^3/\text{h}$  auf. Damit steht ein  $\text{CO}_2$ -Volumenstrom zur Verfügung, der für die Vollversorgung der Gewächshausanlage ausreichend ist. Die Aufgabe der Abtrennungsanlage ist es, mit möglichst geringem Energieaufwand und hoher Gasqualität das  $\text{CO}_2$  bereitzustellen.

### Lösungskonzept, Ergebnisse und Nutzen

Da der  $\text{CO}_2$ -Volumenstrom an die Vegetationsbedingungen angepasst geregelt werden muss, ist die Abtrennungsanlage nur für einen Rauchgasteilstrom ausgelegt und mit einem Gasspeicher versehen. Damit sinken die Investitionskosten für die kleinere Anlage. Zudem werden Betriebskosten gespart, da die Anlage im Regellastbetrieb über 24 Stunden konstant betrieben wird und Verluste durch Anfahr-, Abfahr- und Lastwechselprozesse entfallen. Vor der eigentlichen Gasabtrennung wird für den Rauchgasteilstrom eine Gasaufbereitung, bestehend aus Schlauchfilter, Nasswäsche und Gaskühlung, durchgeführt, um hohe Standzeiten für die Waschlösung zur  $\text{CO}_2$ -Abtrennung zu gewährleisten. Nach der Gasaufbereitung wird der Teilstrom einer drucklosen Gaswäsche zugeführt. In der Kolonne mit Füllkörperpackung wird im Gegenstrom zum Gas eine Aminwaschlösung zirkuliert, wodurch es zum intensiven Gas-Flüssigkeits-Kontakt kommt und das  $\text{CO}_2$  aus dem Rauchgas von der Waschlösung chemisorbiert wird. Der Kolonnenkopf ist mit einem Wäscher ausgerüstet, um den austretenden Abgasstrom zu kühlen sowie gasförmige Bestandteile zu kondensieren und den Verlust der Waschlösung damit zu verringern. Die aus der Kolonne abgeführte, mit  $\text{CO}_2$  beladene Waschlösung wird in einem Wärmetauscher aufgeheizt und das  $\text{CO}_2$  wird aus der Waschlösung desorbiert. Die dafür benötigte Wärmeenergie wird vom Heizkraftwerk bereitgestellt. In einem Gasabscheider wird die regenerierte Waschlösung vom  $\text{CO}_2$  getrennt und in die Kolonne rezirkuliert, das  $\text{CO}_2$  wird abgekühlt und damit von Wasserdampf befreit, ein luftgekühltes Rückkühlwerk sorgt für entsprechende Wärmeabfuhr. Das  $\text{CO}_2$  wird dann von einer

Gasweiche je nach Bedarf in das Gewächshaus oder in einen Tragluft-Gasspeicher geleitet. Zur Gewährleistung der Gasqualität ist in der  $\text{CO}_2$ -Zuführungsleitung ein Aktivkohlefilter eingebaut, um eventuelle Fremdbestandteile zu adsorbieren. Zusätzlich wurde das Gesamtanlagenkonzept mit einem 2 000  $\text{m}^3$ -Warmwasserspeicher ausgerüstet, um eine optimale Wärmenutzung im Regellastbetrieb des Heizkraftwerks bei schwankendem Gewächshaus-Wärmebedarf zu gewährleisten und Betriebsunterbrechungen zu vermeiden.

Bei optimaler Abstimmung der Wasser-, Nährstoff- und Wärmezufuhr wird mit der  $\text{CO}_2$ -Düngung eine Ertragssteigerung um bis zu 20 Prozent erreicht. Das vorgestellte Gesamtanlagenkonzept stellt eine optimale Verringerung des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes durch die Kombination von Biomassekraftwerk und überproportionaler  $\text{CO}_2$ -Assimilation bei der Nahrungsgüterproduktion dar.

### Projektpartner

Holzbearbeitung Bralitz (HBB), Bralitz

### Ansprechpartner im Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik

Dr.-Ing. Matthias Gohla  
Telefon +49 391 4090-361 | Fax +49 391 4090-93-361  
matthias.gohla@iff.fraunhofer.de



## REZEPTURSTEUERUNG ZUR GRANULATION VON KOHLENSTOFF- UND METALLSTÄUBEN

### Ausgangssituation

In Kooperation mit der Pergande GmbH in Weißandt-Görlau und im Rahmen der Forschungsarbeiten des Regionalen Wachstumskerns für Wirbelschicht- und Granuliertchnik (WIGRATEC) wurde ein Laborgranulator entwickelt, der bezüglich der Konstruktion, des Funktionsumfangs, der Flexibilität und der innovativen Bedienbarkeit neue Maßstäbe im Bereich der Granuliertchnik setzt. Auf der Ausstellungstagung »ACHEMA«, der weltweit größten Messe der Prozessindustrie für chemische Technik, Verfahrenstechnik und Biotechnologie, konnte die Schunk Kohlenstofftechnik GmbH für den Einsatz der Anlage in ihrem Unternehmen als Endanwender gewonnen werden.

Die Schunk Kohlenstofftechnik GmbH stellt hochqualitative Produkte und Bauteile aus Sintermetall her. Für die Produktion werden Mischungen aus Kohlenstoff- und Metallstäuben verwendet. Diese Stäube weisen naturgemäß im Ausgangszustand unzureichende fließfähige Eigenschaften auf. Die sogenannte Schütt- und Rieselfähigkeit ist jedoch wichtig, um während des Herstellungsprozesses die Sintermetallformen vollständig und gleichmäßig zu befüllen und um übermäßige Staubbelastungen zu vermeiden. Aus diesen Gründen ist die Granulation der Ausgangsstoffe unumgänglich.

Die Abteilung »Forschung und Entwicklung« der Schunk Kohlenstofftechnik GmbH unter der Leitung von Dr. Günter Rinn erprobt neue Sintermetall-Mischungen. Dafür werden mit dem Laborgranulator kleine Mengen Granulat produziert, um diese im nächsten Schritt für Parameterstudien hinsichtlich der Zusammensetzung des Granulats, der notwendigen Bindermenge und der Optimierung der Betriebsparameter einzusetzen.

### Aufgabenstellung

Die Leistung des Fraunhofer IFF umfasste die softwaretechnische Integration sowie die Prüfung der Implementierbarkeit der Anforderungsvorgaben des Anwenders in die Programmstruktur der Speicherprogrammierbaren Steuerung und der Prozessvisualisierung. Die Realisierung sollte ausschließlich unter Zuhilfenahme der Basisfunktionen in das vorhandene Siemens SIMATIC basierte Automatisierungssystem erfolgen und ausdrücklich ohne zusätzliche, kostenintensive, lizenzpflichtige Batch-Software-Optionen auskommen.

### Beschreibung

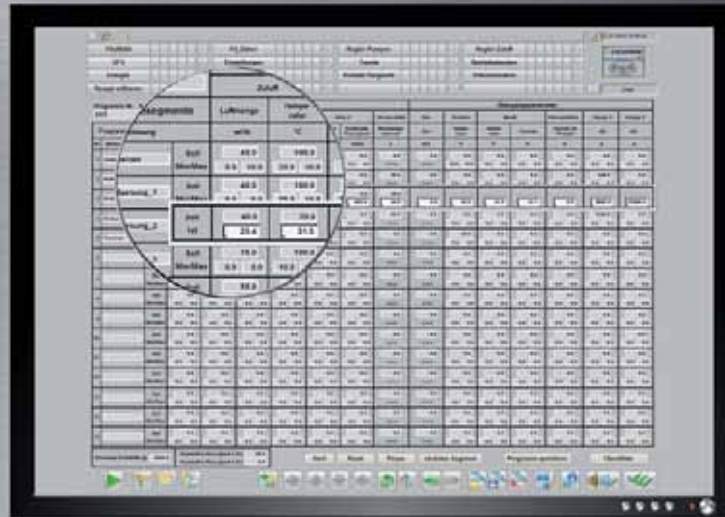
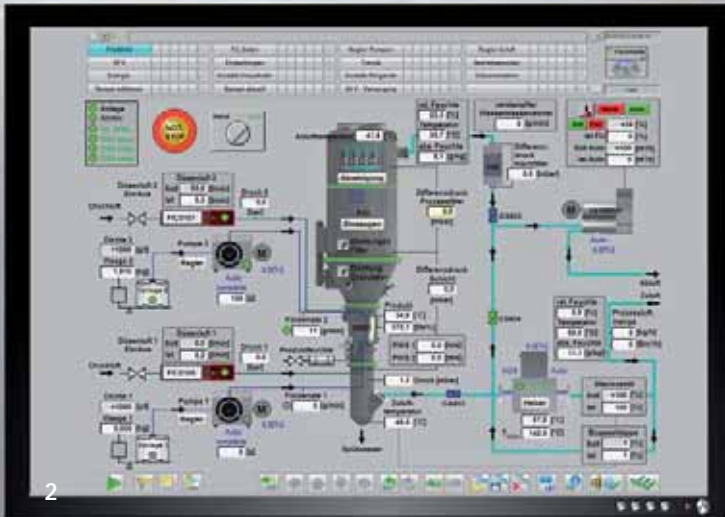
Die ursprüngliche für die einstufige Wirbelschichtgranulation im Batchbetrieb ausgelegte Rezeptursteuerung bestand aus den vier Basisschritten: Vorwärmen, Sprühen, Trocknen und Kühlen. Die Eingabe der Soll-Werte für die einzelnen Anlagenaggregate sowie die Vorgabe der Zeit für die Abarbeitung der jeweiligen Rezeptphase erfolgte schrittweise.

Für einen möglichst flexiblen, mehrstufigen Versuchs- und Produktionsbetrieb musste diese starre Struktur aufgebrochen und in eine frei parametrierbare, funktionale Struktur gewandelt werden.

1 Laborgranulator der Pergande GmbH.

2 Prozessbilder der Granulatorsteuerung (l.) und der Rezeptursteuerung (r.).





Vor diesem Hintergrund und in enger Zusammenarbeit mit der Schunk Kohlenstofftechnik GmbH wurden nach Analyse der anlagenspezifischen Eigenschaften die Anzahl der möglichen Rezepturschritte erhöht und die Anlagenparameter in Prozess- und Übergangsparameter aufgeteilt.

Die Prozessparameter beziehen sich auf die ansteuerbaren Aggregate, wie Ventilator, Heizer, Pumpe, Düsenluft und Prozessfilter. Die Übergangsparameter werden im direkten Zusammenhang mit den real verfügbaren Sensorwerten betrachtet. Hier werden z. B. Grenzwerte für die Produkttemperatur, die Abluftfeuchte oder die eingedüste Menge an Granulierflüssigkeit parametrisiert, bei deren Erreichen die Anlage in den nächsten Rezepturschritt überführt wird. Die Parameter können zudem mit spezifischen Min-/Max-Toleranzgrenzen ergänzt werden.

Eine programminterne Prüfung auf Plausibilität (Handshake) erfolgt nicht nur für die geschriebenen Parameter, sondern auch für die zu erwartende Reaktion der Anlage auf Parameteränderungen. Bei Verletzung der Toleranzgrenzen werden dem Bediener über eine Meldungsausgabe Informationen zum Anlagenzustand bereitgestellt. Hier kann nachfolgend anhand eines Online-Programmstatus eine konkrete Analyse erfolgen. Zudem hat der Bediener die Möglichkeit, bei Bedarf unmittelbar in den Prozess über eine Parameter- oder Rezeptänderung eingreifen zu können bzw. per Mausklick die Anlage in den nachfolgenden Rezepturschritt zu überführen. Die Rezepte können mit den erstellten Prozessbildern im Visualisierungssystem parametrisiert, editiert und auf Programmspeicherplätzen gesichert werden.

### Ergebnisse und Nutzen

Mit der vorliegenden Lösung zur automatischen Abarbeitung von frei parametrierbaren Verfahrensabläufen zur Produktion eines Granulats aus pulverförmigen Ausgangsstoffen können komplexe, vom Startmaterial und Suspension abhängige

Rezepturen entwickelt, optimiert und deren Funktionalität nachweisbar verifiziert werden. Durch die innovierte Rezeptursteuerung wird der Endanwender in die Lage versetzt, mehrstufige Wirbelschichtgranulationsprozesse selbsttätig abarbeiten zu lassen. Nicht zuletzt kann die entwickelte Softwarelösung an großtechnischen Produktionsanlagen implementiert und nachhaltig verwertet werden.

### Ausblick

Im Kontext zu Industrie 4.0 kann der Pergande-Laborgranulator mit diesem Software-Update sowie den projektbezogenen implementierten Anlagenmodifikationen bezüglich hochspezifischer, kundenspezifischer und kleinster Losgrößen für die Auftragsproduktionen von Klein- und Kleinstchargen eingesetzt werden. Zukünftige Planungen beinhalten die Erweiterung der Granulationsanlage mit intelligenten verfahrenstechnischen Modulen, z. B. zur Prozesswärmerückgewinnung, Klassierung oder Enstaubung, nach dem von der WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG entwickelten DIMA (Dezentrale Intelligenz für Modulare Anlagen)-Konzept.

### Projektpartner

Pergande GmbH, Weißandt-Görlzau; Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, Heuchelheim

### Ansprechpartner im Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik

Dipl.-Ing. (FH) André Pomraenke  
 Telefon +49 391 4090-369 | Fax +49 391 4090-93-369  
 andre.pomraenke@iff.fraunhofer.de



## EFFIZIENTE NUTZUNG VON ABWÄRME AUS EINEM SALZGEWINNUNGSPROZESS

### Ausgangssituation und Motivation

Die K+S Kali GmbH mit Sitz in Kassel ist das führende Unternehmen der Salzgewinnung in Deutschland. Der Werksstandort in Zielitz ist innerhalb K+S ein sehr bedeutender Produktionsstandort mit dem Fokus auf die Herstellung von Kalisalz (Dünger). Dem dafür erforderlichen Grundlagenprozess der Flotation geschuldet, müssen große Energiemengen für die Trocknung der Produkte aufgewendet werden. Die Haupttrocknungsleistung erbringen Trommeltrockner. Die einzelnen Trockner werden mit je einer Gasturbine beheizt. Es handelt sich um zwei Gasturbinen des Typs Solar Taurus 60 mit ca. 4500 Kilowatt elektrischer Leistung und um eine kleinere Kawasaki M1A-13D mit ca. 1200 Kilowatt elektrischer Leistung. Die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) gereinigten Abgase verlassen die Trockneranlagen mit ca. 130 °C und werden über einen 120 Meter hohen Schornstein an die Atmosphäre abgegeben. Der Gesamtvolumenstrom beträgt ca. 100 000 Bm<sup>3</sup>/h.

Der Schornstein ist ein gemauerter frei stehender Schornstein (Baujahr 1970), der für eine Nassfahrweise ausgelegt ist. Dazu war in der Vergangenheit direkt im Schornstein ein Rauchgaswäscher installiert. Daher hat der Schornstein eine säurebeständige Innenröhre. Das ist für die zu betrachtende Abwärmennutzung von Vorteil. Die Nassfahrweise wird heute nicht mehr praktiziert.

Da der Abgasmassenstrom der Trockner mit ca. 130 °C einen Verlustwärmestrom darstellt, ist die K+S Kali GmbH daran interessiert, Nutzungsmöglichkeiten dieses Wärmestroms zu untersuchen. Mehrere Hersteller bieten seit kurzem Kleinst-ORC (Organic Rankine Cycle)-Turbinen am Markt an und werben dafür, Niedertemperaturabwärme damit nutzen zu können.

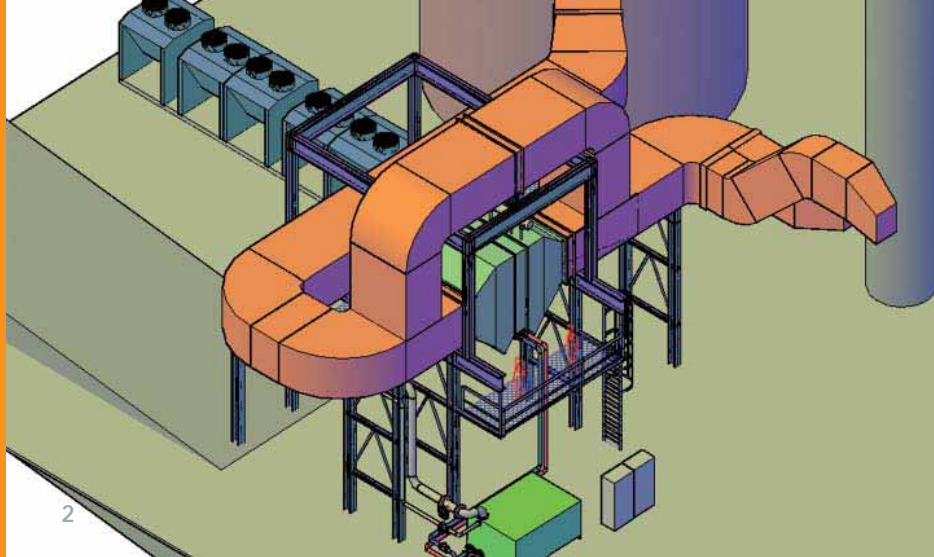
Die K+S Kali GmbH hat deshalb das Fraunhofer IFF mit einer Studie zur Abwärmennutzung mittels ORC-Turbine zur Stromerzeugung beauftragt.

Um die Abgaswärmemenge einem ORC-System zuzuführen, muss ein Abhitzekegel in die Abgasleitung eingebaut werden. Da der Abgaskanal zwischen dem Gebäude, in dem die Trockneranlage untergebracht ist, und dem Schornstein ca. 20 Meter im Freien in einer Höhe von ca. 8 Metern verläuft, erscheint die Nachrüstung eines Abhitzekegels technisch machbar. Das Fraunhofer IFF hat für K+S eine Konzeption entwickelt, die unter Verwendung marktüblicher Komponenten eine Nutzung der im Trocknerabgas enthaltenen Abwärme zur Eigenstromerzeugung ermöglicht.

### Technische Beschreibung des Lösungsvorschlags

Bei ORC-Turbinen handelt es sich im Prinzip um Dampfturbinen, die anstelle des bekannten Wasserdampfs ein synthetisches Arbeitsmittel verwenden, das auf bestimmte Temperaturniveaus ausgelegt werden kann. So können Arbeitsmittel gefunden werden, die bei einer Temperatur von ca. 100 °C und einem Druck von ca. 5 bar verdampfen. Dadurch wird Stromerzeugung aus Abwärmeströmen mit Temperaturen kleiner 150 °C möglich, die bis vor Kurzem noch nicht für eine Stromerzeugung genutzt werden konnten.

- 1 Die Nutzung von Produktionsabwärme unterstützt die Energieeffizienz des Werks.
- 2 Aufstellplan der technischen Anlage.



Fraunhofer IFF

Der Verdampfer der ORC-Anlagen wird indirekt beheizt. Dazu ist ein sogenannter Zwischenkreis aufzubauen, in dem das Wärmeträgermedium zirkuliert. Dieses hat die Aufgabe, die im Trocknerabgas enthaltene Wärme dem Verdampfer des ORC-Prozesses zuzuführen. Aufgrund des hier vorliegenden Temperaturniveaus und der Anforderungen an die später auszuwählende ORC-Turbine eignet sich herkömmliches Heizungswarmwasser mit max. 105 °C Vorlauftemperatur als Wärmeträger.

Um die Abwärme der Trocknerabgase an das Wärmeträgermedium zu übertragen, ist ein Abhitzekegel notwendig. Dieser ist in die Abgasleitung einzubauen. Dazu ist der vorhandene Kanal soweit zu entfernen, dass ein den Leistungsdaten angepasster Wärmeübertrager in die Abgasleitung eingebaut werden kann. Die thermische Leistung wurde im vorliegenden Beispiel zu 921 Kilowatt ermittelt. Damit lässt sich ein Standard-ORC-Modul mit 75 Kilowatt elektrischer Leistung betreiben.

### Vorgehensweise

Vom Fraunhofer IFF wurden mittels einer umfassenden Datenauswertung Betriebszustände der Gasturbinen- und Trockneranlage klassiert und daraus Durchschnittswerte für die Leistungsberechnung und Anlagenkonfiguration gebildet. Die technischen Werte wurden als Vorgabewerte für ein Richtpreisangebot der Hauptkomponenten herangezogen, um für die gewählte Anlagenkonfiguration eine Investitionskalkulation vornehmen zu können. Auf deren Basis wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mittels Annuitätenmethode durchgeführt. Die Anlagenkonfiguration wurde in Form eines Anlagenfließbilds und einer Aufstellungsplanung dargestellt. K+S erhält so Aufschluss über den zu erwartenden Platzbedarf der Abwärmenutzung mittels ORC-Technologie am konkreten Beispiel.

### Ergebnisse/Nutzen

Das angestrebte Konzept der Abwärmenutzung durch Stromerzeugung mittels ORC-Turbine kann für die K+S Kali GmbH nicht wirtschaftlich realisiert werden. Die Untersuchungen des Fraunhofer IFF haben den erheblichen technischen und finanziellen Aufwand deutlich aufgezeigt, der für die Installation der konzipierten Anlagentechnik erforderlich wäre. Insbesondere durch die sehr hohen Investitionskosten ist eine Wirtschaftlichkeit des Konzepts bei Weitem nicht darstellbar. Das Fraunhofer IFF hat darüber hinaus auch die Kriterien ermittelt, ab denen eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann und alternative Lösungsvorschläge aufgezeigt. So kann die K+S Kali GmbH in wiederkehrenden Zeitabständen auf Basis der vom Fraunhofer IFF erarbeiteten Grundlagen die Wirtschaftlichkeit einer Abwärmenutzung im Werk Zielitz überprüfen.

### Projektpartner

K+S Kali GmbH, Werk Zielitz

### Ansprechpartner im Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik

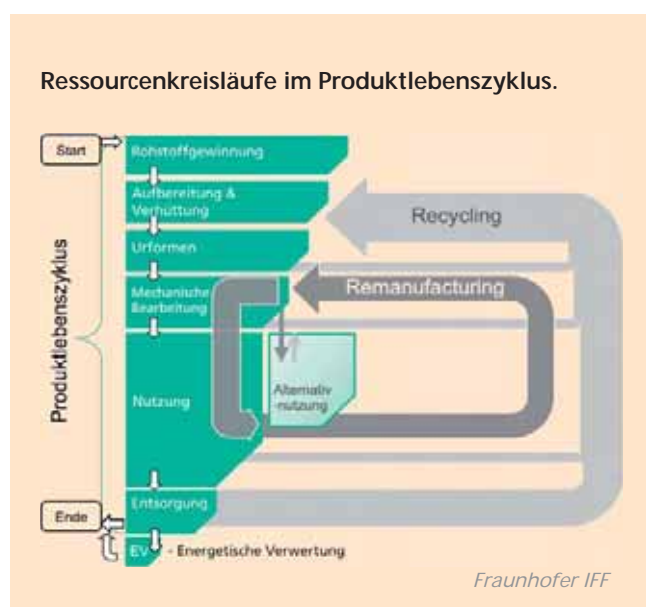
Dipl.-Ing. Marcus Kögler  
 Telefon +49 391 4090-356 | Fax +49 391 4090-93-356  
 marcus.koegler@iff.fraunhofer.de

## REMANUFACTURING ALS »LEBENSRETTER« FÜR MASCHINEN UND ANLAGEN

### Motivation für Prozesse mit mehr Ressourceneffizienz

Der Materialeinsatz heutiger Produktionen bildet mit ca. 50 Prozent den größten Kostenanteil. Moderne Instandhaltungs- und auch Recyclingkonzepte zielen deshalb darauf ab, den Produktlebenszyklus zu verlängern sowie kreislauforientiert und optimiert zu gestalten, um den Primärressourceneinsatz zu verringern und so effektiv Kostenvorteile zu generieren. Wiederverwendungskonzepte (Remanufacturing) verfolgen dabei das Ziel, einen erneuten funktionsbezogenen bzw. -erhaltenden Einsatz der Produkte oder Bauteile nach einer Aufarbeitung zu ermöglichen. Fertigungs-, ressourcen- und investitionsintensive Bauteile und Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus sind besonders für den Remanufacturing-Prozess prädestiniert und versprechen deshalb großes Potenzial.

Den Rahmenbedingungen des Leitmarkts »Energie, Maschinen- und Anlagenbau, Ressourceneffizienz« folgend, sollen die Maschinen- und Anlagenbauer kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) in Sachsen-Anhalt auf Basis des bestehenden umfangreichen technischen Know-hows der Forschungsinstitute und Transferpartner von neuen Leistungen eines überregionalen Kompetenzzentrums profitieren. Es soll die industrielle Wiederaufarbeitung im Sinn des Remanufacturing von Produkten des Maschinen- und Anlagenbaus nachfrageorientiert technologisch und prozessorientiert vorantreiben und anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungs (FuE)-Leistungen für Unternehmen erbringen. Die intelligenten vernetzten technischen Lösungen sollen zudem helfen, den Produkten Alleinstellungsmerkmale und Zusatzservices zu verleihen, um die Marktstellung der KMU zu festigen und Innovationssprünge zu ermöglichen.



### ER-WIN®-Netzwerkaktivitäten geben Anstoß

Im Rahmen des Innovationsclusters ER-WIN®, das die Forschungsvorhaben zur Energie- und Ressourceneffizienz am Fraunhofer IFF kanalisiert, wurden in den Gesprächen mit regionalen Unternehmen die Kontakte intensiviert und erste Potenziale im Austausch mit dem ZIM Nemo-Netzwerk »Industrial Reman« identifiziert. Da es sich dabei um die Erschließung eines neuen Markts mit neuen umfassenden Leistungen handelt, wurde als vorbereitende Maßnahme eine differenzierte Markt- und Stakeholder-Analyse durchgeführt. Diese sollte als Vorstudie dazu dienen, die technischen und ökonomischen Potenziale für das Technologiefeld »Remanufacturing« im Land Sachsen-Anhalt zu eruieren und folgende Fragen zu beantworten:

<sup>1</sup> Remanufacturing ist vor allem für hochinvestive Industriegüter ein lukratives Geschäftsmodell.



- Welche Hersteller mit welchen Produkten sind relevant?
- Welche praxisrelevanten Problemstellungen existieren?
- Welche Leistungsangebote können potenzielle Partner eines Kompetenzzentrums für Remanufacturing erbringen bzw. werden nachgefragt?
- Welche FuE-Arbeiten sind hierfür zu leisten?

#### Unternehmensbefragung rückt Bedarfe in den Fokus

Ein Team aus Ingenieuren, Wirtschaftsingenieuren und Technikern hat sich deshalb in der ersten Phase sowohl einer technischen als auch ökonomischen Analyse der Marktpotenziale mittels Befragung gewidmet. Im Ergebnis sollen sich durch das zu erwartende breit gefächerte Themenfeld viele, vor allem technologische Fragestellungen ableiten lassen, die das FuE-Potenzial eines Kompetenzzentrums »Remanufacturing« in der zweiten Phase bestimmen werden. Des Weiteren wird gleichermaßen die strategische Ausrichtung des Wiederaufarbeitungszentrums davon beeinflusst werden und es wird die wettbewerbsorientierte Entwicklung marktgerechter technologieorientierter Leistungen herausstellen. Die Befragung hat sich deshalb auf die Anforderungen eines aufarbeitungsfähigen Produkts konzentriert und folgende Aspekte beleuchtet:

- Identifizierbarkeit,
- Altteile-Informationen zur Wiederherstellung von Original-Geometrien,
- Erstbefundung,
- Produktlebenszyklen und Modifikationen während der Nutzung,
- Funktionen im Gesamtsystem,
- Zugänglichkeit und Austauschbarkeit sowie
- Demontierbarkeit und Aufarbeitbarkeit.

#### Erste Forschungslücken wurden identifiziert

Innerhalb der Befragung wurden folgende Aufgaben im Sinne relevanter Forschungsfragen abgeleitet:

- Generierung von Demontage- und Montageprozeduren mit Aufwandsabschätzung,
- intelligente Bauteilentwicklung und Integration von Sensorik zur Überwachung von Beanspruchungen, Zustandsveränderungen und Abnutzungsgrenzen
- Bereitstellung von voreilenden Informationen für die Prozessplanung und -steuerung aus Tracking und Condition Monitoring während der Nutzung
- Entwicklung von Prüfverfahren zur Bestimmung von Oberflächenbeschaffenheiten und Entwicklung von Technologien zur Wiederherstellung von Original-Geometrien

#### Projektpartner

titi Technologietransfer und Innovationsförderung Magdeburg GmbH, Magdeburg

#### Ansprechpartner im Geschäftsfeld Logistik- und Fabrikssysteme

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

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

#### Förderung

Die Durchführung der Potenzialanalyse wurde im Rahmen der Leitmarktaktivitäten des Landes Sachsen-Anhalt durch das Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft finanziert. (Förderkennzeichen: 72 REMAN P8/2015)



SACHSEN-ANHALT



## E3 – DIE PRODUKTION ENERGIEORIENTIERT PLANEN UND STEUERN

### Motivation und Zielstellung

Viele Unternehmen haben die Potenziale der Energieverbrauchsreduktion erkannt und setzen Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung um. Sie beschränken sich derzeit meist auf einfache technologische Maßnahmen, wie z. B. dem Austausch ineffizienter Pumpen. Darüber hinausgehende organisatorische Maßnahmen bis hin zur Berücksichtigung von Energieangebot und -verbrauch bei der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) werden nur selten geplant und umgesetzt. Für Unternehmen, die einen hohen Anteil ihrer benötigten Energie über regenerative Energien selbst erzeugen, könnte es in Zukunft von großem Nutzen sein, Energieverbräuche und -kosten bei der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) zu berücksichtigen. Da elektrische Speicher immer noch vergleichsweise teuer sind und bei einem hohen Anfall erneuerbarer Energien die verfügbare Energie auch nur begrenzt aufnehmen können, ist es für Unternehmen sinnvoll, Produktionsschritte mit hohem Energiebedarf in Zeiten hoher Energieverfügbarkeit zu legen.

Unternehmen, die zeitvariable Stromtarife einsetzen, stehen vor einer ähnlichen Herausforderung. Zeitvariable Tarife werden angeboten, um Anreize zu schaffen, die Energienachfrage von Zeiten hoher Kosten für die Stromproduktion in Zeiten geringer Produktionskosten zu verlagern. Je nach Tarifmodell erhalten die Unternehmen mit einem Vorlauf von mehreren Monaten, einem Tag oder wenigen Stunden Informationen über die zukünftige Energiepreisentwicklung.

Diesen beiden Unternehmensgruppen gemein ist der Bedarf an Konzepten, mit denen der eigene Energiebedarf an das Energieangebot angepasst werden kann und die Auswirkungen dieser Anpassungen auf die klassischen Zielgrößen der PPS quantifiziert werden können.

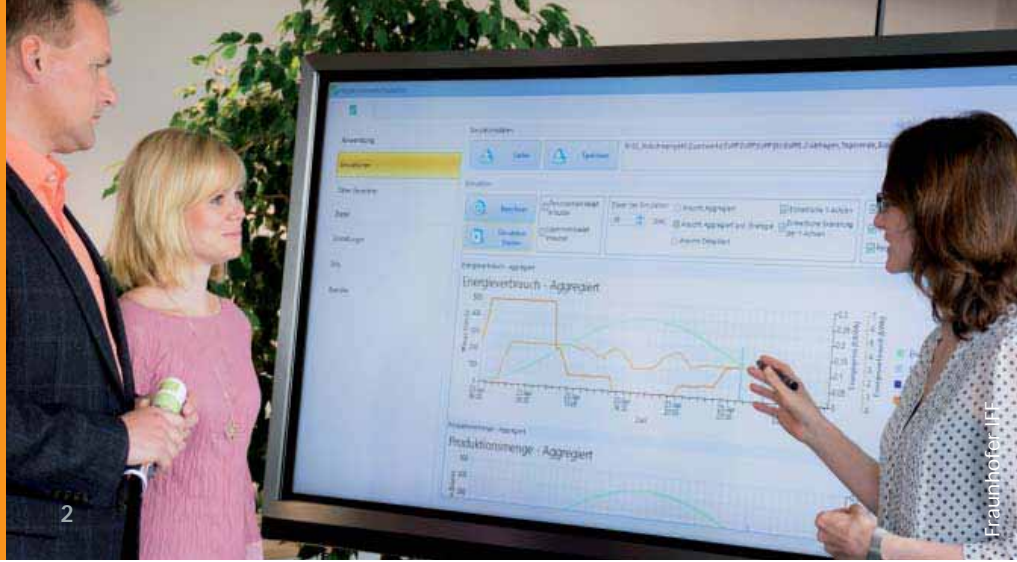
### Lösungskonzept

Im Rahmen des Leitprojekts »E3-Produktion« wurden bereits durch das Fraunhofer IFF mögliche Lösungsansätze erforscht. Mit der entwickelten Pilot-Software »EoPP« (Energieoptimierte Produktionsplanung) ist es möglich, Produktionssysteme mathematisch zu modellieren und unterschiedliche Strategien zur Anpassung der Produktion an die Energieverfügbarkeit zu vergleichen.

EoPP ermittelt das theoretische Potenzial der jeweiligen Strategien. Dazu werden die Produktionsprozesse mit den jeweiligen Parametern, wie Bearbeitungszeiten, Energieverbrauch und Personaleinsatz, erfasst. Ebenso werden durch den Energieversorger vorgegebene oder prognostizierte Energiepreise in die Software integriert. Berücksichtigt werden dabei sowohl die Verwendung spezifischer Energietarife als auch die Nutzung von eigenerzeugter Energie. Der Materialfluss wird über Flusserhaltungsgleichungen beschrieben. Für die Bewertung der realisierbaren Produktionspläne erfolgt die Abbildung der voraussichtlichen Kosten für Personaleinsatz, der anfallenden Produktionsbedarfe sowie auch eventueller Pönalen/Konventionalstrafen.

Im Ergebnis entsteht ein gemischt-ganzzahliges lineares Optimierungsproblem, das mit einem leistungsstarken Solver, wie z. B. dem Programmsystem »CPLEX«, gelöst werden kann.

- 1 Gewinnung von Industriemineralien durch eine Schwimmgreiferanlage.
- 2 EoPP-Pilotsoftware im Einsatz.



## Ergebnisse

Einer der ersten Anwender von EoPP ist ein Unternehmen, das sich mit der Gewinnung, Aufbereitung und Veredelung von Quarzsand befasst. Die Aufgabe bestand darin, zwei unterschiedliche Produktionsstrategien in Abhängigkeit des verfügbaren Energieangebots zu bewerten. Während die erste Strategie auf die Minimierung der Lagerbestände abzielte (Lean-Strategie), sollten mit der zweiten Strategie die Energiekosten minimiert werden (energieorientierte Strategie). Die Grundanforderung beider Strategien war die Erfüllung aller Kundenbedarfe.

Der Prozess wurde inklusive der relevanten Parameter zunächst mittels der Unified Modeling Language (UML) modelliert. Das EoPP-Tool ist in der Lage, in UML-modellierte Prozesse direkt durch eine Extensible Markup Language (XML)-Schnittstelle einzulesen. Auf Basis des UML-Diagramms erfolgte die mathematische Modellierung des Problems im EoPP-Tool. Dazu wurde eine Zielfunktion aufgestellt, die Personal-, Lager- und Energiekosten sowie die Bedarfslücke (Differenz aus Kundenbedarf und tatsächlich produzierter Menge) berücksichtigte. Die unterschiedlichen Produktionsstrategien wurden dabei durch Wichtung der verschiedenen Kostenarten abgebildet. Vereinfacht dargestellt, entspricht eine hohe Wichtung der Lagerkosten der Lean-Strategie, während eine hohe Wichtung der Energiekosten für eine energieorientierte Produktionsstrategie steht. Der Vergleich der beiden Strategien erfolgte für einen Referenztag mit einem prognostizierten Energieangebot.

Im konkreten Anwendungsfall konnten beide Strategien den Kundenbedarf decken. Der Energiebedarf beider Strategien war somit identisch. Signifikante Unterschiede bestehen jedoch bei den Energiekosten. Da durch die Energieverfügbarkeitsprognose sehr günstige Energiepreise im Zeitraum von 0:00 bis 5:00 Uhr vorausgesagt wurden, wurde bei der energieorientierten Strategie die Produktion in diesem Zeitraum hochgefahren und auf Lager produziert.

Im Ergebnis lagen die Energiekosten der energieorientierten Strategie 24 Prozent unter den Energiekosten der bestandsorientierten Strategie, der Bestand lag um 65 Prozent darüber. Bei der ausschließlichen Betrachtung von Energie- und Bestandskosten war für den konkreten Anwendungsfall die energieorientierte Strategie vorzuziehen.

## Ausblick

Das beschriebene Beispiel zeigt, dass eine energieorientierte Produktion sinnvoll sein kann. Derzeit begrenzende Restriktionen sind Umweltauflagen, Schichtregime und begrenzte Anlagenflexibilität vor dem Hintergrund sinkender Energiekosten. Um mögliche unternehmensübergreifende Potenziale zu erschließen, werden derzeit Koordinationsmechanismen von Energieangeboten und -bedarfen in Industrieparks untersucht.

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Logistik- und Fabrikssysteme

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

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Robert Kummer M.A.  
Telefon +49 391 4090-138 | Fax +49 391 4090-93-138  
robert.kummer@iff.fraunhofer.de

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

# SICHERE VERSORGUNG BEI UNFÄLLEN UND PANNEN MIT ELEKTROAUTOS

## Ausgangssituation und Herausforderung

Die Bundesregierung formulierte im November 2008 das Ziel, die Anzahl zugelassener Elektrofahrzeuge in Deutschland bis zum Jahr 2020 auf eine Million zu erhöhen.

Unter Elektrofahrzeugen werden in diesem Zusammenhang Personenkraftwagen (Pkw) verstanden, die mit elektrischer Energie als überwiegend genutzten Energieträger betrieben werden. Im Gegensatz zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen wird bei Elektrofahrzeugen ein Hochvoltsystem (Elektromotor, Leistungselektronik, Batterie etc.) mit einer Spannungsebene von ca. 400 Volt eingesetzt.

Bei einem Fahrzeugdefekt oder bei einem Verkehrsunfall ergeben sich durch die technischen Besonderheiten veränderte Anforderungen an die zu Hilfe gerufenen Pannen- und Rettungsdienstleister. Dabei können sie auf neue Gefahrenquellen treffen, wie z. B. Hochvoltkabel mit defekter Isolierung und mechanisch beschädigte oder kurzgeschlossene Batterien, für deren Bewältigung sie nicht uneingeschränkt auf bewährte Routinen und Algorithmen zurückgreifen können. Neue Vorgehensweisen und Werkzeuge werden benötigt, um erfolgreich und schnell auch in zeitkritischen Situationen reagieren zu können.

Im Projekt »SafetE-Car« – Szenariengestützte Entwicklung des Dienstleistungssystems »Sichere Versorgung bei Unfällen und Pannen mit Elektrofahrzeugen« werden die resultierenden Anforderungen durch ein Konsortium, bestehend aus vier Praxis- und drei Forschungspartnern, untersucht.

## Lösungskonzept

Ziel des Verbundprojekts ist die umfassende und zugleich nachhaltige Sensibilisierung und Aufklärung der zentralen Akteure beim Umgang mit Elektrofahrzeugen bei nicht geplanten Betriebszuständen. Dazu werden bestehende Arbeitsprozesse des Pannen- und Rettungsdienstes in Workshops und Experteninterviews aufgenommen, modelliert und analysiert. Im Rahmen einer Außensimulation werden die erhobenen Prozesse verifiziert und die durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen erforderlichen Anpassungsbedarfe identifiziert. Um Rückschlüsse auf Einflussfaktoren und Entwicklungsperspektiven der Dienstleistungen für die Elektromobilität aus Sicht von Rettungsdienstleistern, Pannendienstleistern und der Bevölkerung ziehen zu können, erfolgt zudem die Konzeption und Durchführung quantitativer Untersuchungen. Ferner werden im Rahmen von SafetE-Car Unterstützungssysteme entwickelt, um zukünftig eine sichere und wirtschaftliche Versorgung bei Unfällen und Pannen mit Elektrofahrzeugen zu gewährleisten.

## Ergebnisse

Die bisherigen Ergebnisse werden nachfolgend exemplarisch für Pannendienstleister vorgestellt. Wesentliche, aus dem Einsatz von Elektrofahrzeugen resultierende Anpassungsbedarfe des Dienstleistungsprozesses bestehen in den Teilprozessen der Datenaufnahme, Koordination sowie Durchführung der Pannenhilfe.

- 1 *Pannensituation.*
- 2 *Pannenhelfer mit Elektroschutzhandschuhen und Isolationsmatte.*





Bei der Datenaufnahme müssen beispielsweise Fragen nach dem Status der Kontrollleuchten sowie nach auffälligen Gerüchen in die Abfrageprozedur der Telefonzentrale übernommen werden. Im Rahmen der Koordination kann die Auswahl des geeigneten Pannendienstleisters nicht ausschließlich auf Grundlage der räumlichen Entfernung zum Pannort getroffen werden. Ebenso müssen die elektrofahrzeugspezifischen Qualifikationen (z. B. die Berufsgenossenschaftliche Information BGI 8686) sowie die technische Ausstattung berücksichtigt werden. Die eigentliche Durchführung der Pannenhilfe erfordert sowohl die Nutzung spezieller Ausrüstung (z. B. Isolationsmatte, Schutzhandschuhe und -helm) als auch zusätzliche Arbeitsschritte wie die Prüfung hinsichtlich thermischer Beschädigungen oder Isolationsfehler des Hochvoltsystems.

Um zu ermitteln, inwieweit die Elektromobilität bereits Eingang in die tägliche Arbeit der Pannendienstleister gefunden hat, wurden dazu u. a. deutschlandweit 325 Pannendienstleister durch die Projektpartner ACE und assistance partner befragt. Im Ergebnis zeigte sich, dass ein Drittel der befragten Unternehmen die Qualifikation BGI 8686 (Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen) besitzt. Gut 60 Prozent haben bereits eine Pannendienstleistung an einem Elektrofahrzeug durchgeführt, wobei lediglich in 9 Prozent der Fälle das Hochvoltsystem Auslöser der Panne war. Trotzdem investieren fast alle befragten Unternehmen in die Qualifikation der Mitarbeiter und in spezifische technische Ausrüstung oder planen diese Investitionen. Hinsichtlich möglicher Maßnahmen zur Verbesserung des Dienstleistungsprozesses fanden eine automatische Informationsübermittlung (z. B. Fahrzeugtyp), benutzerfreundlichere Trennschalter sowie die einheitliche Kennzeichnung der Elektrofahrzeuge bei fast allen Befragten Zuspruch.

## Ausblick

Im ersten Halbjahr 2016 wird eine Befragung der (potenziellen) Nutzer von E-Autos den Sachverhalt aus einem anderen Blickwinkel beleuchten. Es stehen die Erwartungen und

Befürchtungen der Nutzer im Hinblick auf Veränderungen im Straßenverkehr durch eine zunehmende Elektromobilität im Vordergrund. Zudem wird ein Assistenzsystem entwickelt, das Pannenhelfern durch die Bereitstellung kontextbezogener Informationen, z. B. über die fahrzeugspezifische Lage der Hochvoltkomponenten, am Einsatzort unterstützen soll.

## Projektpartner

DRK Rettungsdienst Mittelhessen gGmbH, Marburg; assistance partner GmbH & Co. KG, München; ACE Auto Club Europa e. V., Berlin; DEKRA Akademie GmbH, Stuttgart; Institut für Arbeitswissenschaft IAW sowie das Aachener interdisziplinäre Trainingszentrum für medizinische Ausbildung – AIXTRA der RWTH Aachen University, Aachen

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Logistik- und Fabrikssysteme

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Robert Kummer M.A.  
Telefon +49 391 4090-138 | Fax +49 391 4090-93-138  
robert.kummer@iff.fraunhofer.de

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

## Förderung

Das Projekt »SafetE-Car« wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert. (Förderkennzeichen 01FE13010/E)





## HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZU FORSTLICHEN ZERTIFIZIERUNGSSYSTEMEN

### Motivation und Hintergrund

Die Zertifizierung eines Waldes und seiner Produkte ist ein Instrument, um wichtige Nachhaltigkeitsstandards im Forst und der ihm nachgelagerten Holzwirtschaft zu garantieren. Im Ergebnis eines Zertifizierungsprozesses werden Produkte aus wirtschaftlich-, sozial- und ökologisch nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und Unternehmen, die nach forstlichen Standards handeln, mit einem Zertifikat gekennzeichnet. Die Zertifizierungssysteme erfassen nicht nur die erzeugten Produkte, sondern auch das unternehmerische Handeln der Akteure entlang der Bereitstellungskette Holz (Chain of Custody). Heute existieren für eine solche Zertifizierung verschiedene Systeme mit unterschiedlichen Standards, wie FSC, PEFC, DFSZ, KFP, KUOS und RAL). Aufgrund der Vielfalt und Komplexität dieser Standards steigt die Verunsicherung bei den Akteuren (Waldeigentümer, Forstbetriebe, Dienstleister und Endverbraucher) und die Konkurrenz unter den Zertifizierungssystemen hinsichtlich Preis, Leistungsumfang und Aufwand. Obgleich die forstliche Zertifizierung ein in der Branche anerkanntes Instrument ist, um Nachhaltigkeit in Forst und Holzwirtschaft zu garantieren, ist der Zertifizierungsgrad im Land Sachsen-Anhalt relativ gering.

Die regionalen Akteure des Clusters Forst-Holz formulierten daher vor dem Hintergrund gemeinsamer Bemühungen um den Klimaschutz den Bedarf, die Wirkung der forstlichen Zertifizierung auf verschiedenen Ebenen (betrieblich, überbetrieblich) zu untersuchen, deren fördernde und hemmende Faktoren zu ermitteln und entsprechende Handlungsempfehlungen und -hilfen anzubieten. Die Ergebnisse des Projekts können einen Beitrag leisten, die Zertifizierung der Chain of Custody Forst-Holz in Sachsen-Anhalt im Kontext der Bestrebungen um eine Verbesserung des Klimaschutzes, der Schonung der natürlichen Ressourcen und der CO<sub>2</sub>-Bindung voranzubringen.

### Zielstellung und Herangehensweise

Das Projekt »Vergleich forstlicher Zertifizierungssysteme« zielte auf die Erarbeitung von Ansätzen zur Überwindung der dargestellten Problem- und Bedarfslagen ab sowie auf die Erarbeitung und Ableitung entsprechender Handlungsempfehlungen und Hilfsmittel für Akteure verschiedener Entscheidungsebenen. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand eine (zertifizierungssystem)-neutrale Erhebung bei und mit Beteiligten, eine Analyse und Bewertung der den Ausbau der Zertifizierung fördernden und hemmenden Faktoren sowie die Darstellung und Gegenüberstellung von Leistungsangeboten einzelner Systeme. Im Rahmen des Projekts wurde, basierend auf den verschiedenen empirischen Erhebungen (Expertengespräche, leitfadengestützte Interviews, moderierte Workshops, Brainstorming-Prozesse, postalische Befragung, Auswertung von Sekundärliteratur), die mit Unterstützung von Stakeholdern in Sachsen-Anhalt sowie unter Einbindung regionaler Akteure durchgeführt wurden, die Basis für eine neutrale (nichtforstliche) Gegenüberstellung und Bewertung forstlicher Zertifizierungssysteme geschaffen.

Zunächst wurden Meinungen unterschiedlicher Zielgruppen zu den fördernden und hemmenden Faktoren erhoben und zu Thesen zusammengefasst. Eine darauf aufbauende postalische Befragung diente der Evaluierung des Meinungsbilds und der Thesen. In vertieften Interviews wurden vor allem Aufwand-Nutzen-Effekte der forstlichen Zertifizierung erhoben. Begleitend erfolgten Dokumentenvergleiche und ergänzende

- 1 *Buchenwald.*
- 2 *Waldarbeit mit einem Harvester.*
- 3 *Holzprodukte für Industrie und Handel.*



2



3

Befragungen der Systemträger, Zertifizierungsstellen und Auditoren. Die Erhebungen stützten sich dabei auf Sachinformationen und Meinungen zertifizierter und nicht-zertifizierter Betriebe sowie auf Sach- und Fachinformationen der Zertifikats- und Zertifizierungsanbieter, um die gesamte Bandbreite der Herausforderungen bezüglich der forstlichen Zertifizierung sowie die Pro- und Contra-Argumente in ihrer Vielfalt zu erörtern und darzustellen.

### Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Die im Rahmen des Projekts ermittelten hemmenden Faktoren zum Auf- und Ausbau der Zertifizierung und deren Ursachen liegen im Wesentlichen in den:

- widersprüchlichen Interessen und Erwartungen, die sowohl auf politischer und gesellschaftlicher als auch auf einzelbetrieblicher Ebene vorhanden sind,
- »Unklarheiten« und Intransparenzen in der internen und externen Kommunikation zu den Zielen und Wirkungen der Zertifizierung,
- veränderten Rahmenbedingungen (gegenüber der ursprünglichen Motivation) der Zertifizierungssysteme, unter denen die Zertifizierung heute stattfindet, d. h. den aktuellen und künftigen politischen Erfordernissen und gesellschaftlichen Ansprüchen an Waldentwicklung, -nutzung und -produkte sowie
- im Rahmen der kontinuierlichen (Weiter-) Entwicklung der Systeme stetig gestiegenen Anforderungen auf nationaler Ebene, die sowohl über die im internationalen Maßstab gültigen Forderungen als auch über die Vorgaben des geforderten, allgemein gültigen »Rechtsrahmens« auf nationaler Ebene hinausgehen.

Die Ergebnisse umfassen bewertungsneutrale Darstellungen zu den forstlichen Zertifizierungssystemen, Aussagen zu Aufwand-Nutzen-Relationen der Zertifizierung sowie Handlungsempfehlungen und -hilfen. Die im Rahmen der Untersuchung aufgezeigten Verbesserungspotenziale gehen auf diejenigen

Handlungsoptionen ein, die im Zusammenwirken aller Akteure, d. h. der zertifizierten Betriebe, der Systemträger, Zertifizierungsstellen sowie der Stakeholder und Entscheidungsträger im Umfeld der Holz- und Forstwirtschaft zu einer erhöhten Akzeptanz forstlicher Zertifizierungsprozesse einerseits und einer verbesserten (gesellschaftlichen und politischen) Wahrnehmung der Leistungen und Herausforderungen der Branche andererseits beitragen können. Der Bericht ist auf der Internetseite des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt publiziert und abrufbar:

[www.mlu.sachsen-anhalt.de/themen/forst-jagd-fischerei/forstwirtschaft-in-sachsen-anhalt/Waldbewirtschaftung/](http://www.mlu.sachsen-anhalt.de/themen/forst-jagd-fischerei/forstwirtschaft-in-sachsen-anhalt/Waldbewirtschaftung/)

### Projektpartner

In die Bearbeitung des Projekts wurde eine Vielzahl assoziierter Partner aus dem Cluster Forst-Holz einbezogen.

### Ansprechpartner im Geschäftsfeld 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)

### Förderung

Das Projekt »FZ4CoC« wurde im Rahmen des Programms »Sachsen-Anhalt Klima« durch das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt aus den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Kommission (EFRE) gefördert. (Förderkennzeichen 5702260008)



Europäische Kommission  
 Europäischer Fonds  
 für regionale Entwicklung  
 INVESTITION IN IHRE ZUKUNFT

## PORTAL FÜR ANLAGENBAUSTELLEN LIEFERT JEDERZEIT GESICHERTE INFORMATIONEN

### Gesicherte Informationen als Entscheidungsgrundlage

Anlagenbauer haben auf ihren Baustellen generell die Aufgabe, zwischengelagerte Teile den Lieferungen, Bestellungen und aktuellen Montageplänen zuzuordnen. Bei der Umsetzung eines bestimmten Montageschritts muss das Vorhandensein benötigter Teile zur richtigen Zeit und in der richtigen Menge am Montageort sichergestellt sein. Einige Fertigungs- oder Lieferfehler werden erst während der Umsetzung eines Montageschritts erkennbar. Sowohl zu frühe als auch verspätete Lieferungen und von der Bestellung abweichende Mengen treten auf. Unter Baustellenbedingungen kann nicht immer eine korrekte Vereinnahmung und detailliert dokumentierte Einlagerung von Teilen und Baugruppen im Zwischenlager vorausgesetzt werden.

Bei Abweichungen, die sich während der Montagevorbereitung oder -durchführung offenbaren, muss der Bauleiter über den weiteren Ablauf des Montageschritts entscheiden. Entscheidungen des Verantwortlichen fallen bei der Vorbereitung eines Montageschritts auf der Baustelle auch auf Basis gesicherter Detailinformationen zur Verfügbarkeit benötigter Teile und Ressourcen zum Ausführungszeitpunkt.

Die IT-Unterstützung für den Bauleiter ist für operative Aufgaben meist nicht durchgängig und ausreichend funktional vorhanden. Bauleiter helfen sich pragmatisch mit Standard-Office-Programmen. Häufig werden einfache Sortier- und Suchfunktionen von Tabellenkalkulation oder Textverarbeitung benutzt, um die komplexe Organisation der Zwischenlagerung von Teilen auf der Baustelle mit IT zu unterstützen.

### Nutzbarkeit aller vorhandenen Informationen

Informationen über Zusammenhänge zwischen Montageplänen, Zeichnungen und Konstruktionsstücklisten mit Bestellungen, Lieferungen und Packlisten aus Einkauf und Versand oder Fertigungsdaten aus der Produktion sind für den Bauleiter wertvoll, aber oft nur schwer zu erlangen. Detailfragen können häufig nur im telefonischen Kontakt mit Konstruktion, Einkauf, Fertigung und Versand des Stammhauses oder der Zulieferer mit Hilfe von Inhouse-Mitarbeitern beantwortet werden, denn jeder Unternehmensbereich strukturiert die zur Montage vorliegenden Bauteile nach den für seine Aufgabe am besten passenden Kriterien. So verwendet die Konstruktion für die zusammenhängende Darstellung der Teile einer Anlage Zeichnungen, Zeichnungspositionen und Stücklisten, konstruierte Komponenten werden projektübergreifend wiederverwendet. Für den Einkauf ist die Bildung großer Bestellmengen auch über Projektgrenzen hinweg anstrebenswert, ein einzelnes Projekt stellt sich in Form von zugehörigen Aufträgen, Auftragspositionen und Lieferanten dar. Die Logistik teilt die Anlage dagegen für den Transport in Lieferungen und Packstücke für ein Projekt auf, es werden Liefer- und Fertigstellungstermine und Montageabrufe berücksichtigt. Detaillierte fach- und aufgabenspezifische Anlagenmodelle spiegeln die Anforderungen ihrer Anwender und der eingesetzten Werkzeuge wider und stehen auf Unternehmensebene in klar definierten Beziehungen. Es existiert nur eine unzureichende Schnittstelle, durch welche die Bauleiter auf die vorhandenen Informationen im Unternehmen zugreifen können.

*FAM-Aufbereitungsanlage für einen Tagebau in Chile.*



---

### **Aufbau eines projektbezogenen Informationsportals für den Bauleiter vor Ort**

---

Um die Prozesse auf den Baustellen besser als bisher zu unterstützen, hat die FAM Förderanlagenbau Magdeburg GmbH zusammen mit dem Fraunhofer IFF eine Webanwendung entwickelt, die in einer konsolidierten Datensicht auf Basis des Projektstrukturplans, die Zeichnungsstruktur und die Packlisten von Lieferungen der Zulieferer und der Eigenfertigung vereint und für die Beantwortung der Fragestellungen des Bauleiters auf der Baustelle aufbereitet. Projektbezogene Daten werden aus den IT-Systemen von Konstruktion, Einkauf, Fertigung und Logistik importiert und strukturell verbunden.

Die Webanwendung bietet eine flexible und aufgabenbezogene Recherchemöglichkeit innerhalb der auf der Baustelle zwischengelagerten Bauteile und bildet die bisher fehlende Brücke zwischen den auf der Baustelle eingesetzten Konstruktions- und Montageplänen und den mit den zu verbauenden Teilen verbundenen Lieferdaten. Der Bauleiter kann zu jedem Zeitpunkt nachvollziehen, ob das in einer Zeichnungsposition dargestellte Bauteil bereits angeliefert oder ob es vom Lieferanten versendet wurde. Er kann zu einem vorliegenden Bauteil ermitteln, auf welcher Zeichnung es im Zusammenhang mit weiteren Bauteilen dargestellt ist und wo es im Montageplan erscheint.

---

### **Informationserfassung auf der Baustelle**

---

Zu den Bauteilen können zusätzliche Informationen, z. B. zum Anlieferungs- oder Montagetermin, auf der Baustelle erfasst und abgerufen werden. Damit ist ein Track & Trace der Teile auf der Baustelle bis hin zur Abnahme der verbauten Teile durch den Kunden möglich. Zu jedem Bauteil können zu Dokumentationszwecken zusätzlich Dateien, z. B. Fotos bei Transportschäden, abgelegt werden.

---

### **Wenigerer Aufwand für Recherche, Suche und Dokumentation und bei der Erfassung von Packlisten**

---

Der Hauptnutzen des Informationsportals besteht in der Unterstützung der Prozesse auf der Anlagenbaustelle. Für den Bauleiter werden Informationsrecherche-, Such- und Wartezeiten reduziert. Er ist zu jedem Zeitpunkt über den Status der aktuell eingelagerten und bearbeiteten Bauteile und deren Aufenthaltsort auskunftsfähig. Rückfragen durch die eigene Einkaufsabteilung, durch Lieferanten oder Kunden können sicherer beantwortet werden. Falschteile und Fehllieferungen werden schneller erkannt.

Die bisher manuell durchgeführten Korrekturen der von den Lieferanten übermittelten Packlisten durch Sachbearbeiter und das Übertragen von gedruckten Lieferantendaten in elektronische Form wurden merklich reduziert. Inkonsistenzen werden durch die Importfunktion der Webanwendung erkannt und zusammen mit detaillierten Hinweisen auf die Fehlerquelle angezeigt, sodass ein Sachbearbeiter sie entsprechend korrigieren kann. Die Kommunikation mit den Lieferanten ist aus Sicht des Unternehmens sicherer als in der Vergangenheit.

---

### **Projektpartner**

---

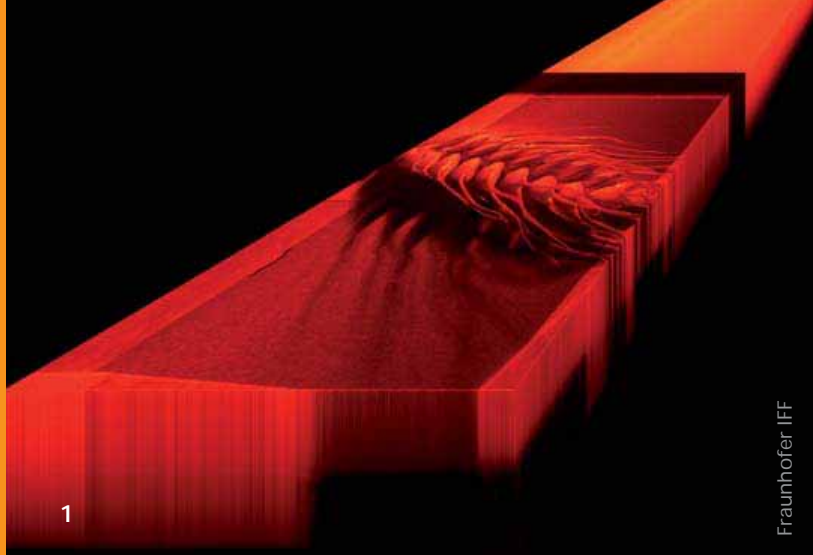
FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH, Magdeburg

---

### **Ansprechpartner im Kompetenzfeld Materialflusstechnik und -systeme**

---

Dipl.-Inf. Bernd Gebert  
Telefon +49 391 4090-412  
bernd.gebert@iff.fraunhofer.de



## DER SPEKTRALE BLICK IN DIE ZUKUNFT DURCH VORHERSAGE VON ZÜCHTUNGSERFOLGEN

### Motivation – die Landwirtschaft im Wandel

Durch Klimaveränderungen, das Bevölkerungswachstum und weitere Faktoren ändern sich weltweit die Bedingungen, unter denen Landwirtschaft erfolgreich betrieben werden kann. Eine Möglichkeit, um daraus resultierenden Herausforderungen gerecht zu werden, ist die Züchtung neuer Pflanzensorten, die z. B. besser an bestimmte Umweltbedingungen angepasst sind, die Resistenzen gegen bestimmte Krankheitserreger oder Parasiten besitzen oder die unter gleichen Bedingungen höhere Erträge als andere Sorten liefern. Egal, ob die Pflanzenzüchtung auf klassischen Methoden wie der Kreuzung existierender Sorten oder gentechnischen Veränderungen des Erbguts basiert, der Erfolg wird erst anhand des Phänotyps und durch den Vergleich mit anderen Sorten unter gleichen Bedingungen messbar.

Da mit Blick auf das Züchtungsziel nicht jede Kreuzung oder Veränderung automatisch zu einem guten Ergebnis führt, ist eine Vielzahl von Experimenten im Gewächshaus oder im Feldversuch notwendig. Die objektive Bewertung des Erfolgs erfordert aufwendige und kostenintensive Laboruntersuchungen. Aufwand und Kosten begrenzen wiederum die Zahl der durchgeführten Experimente und verlängern so die Zeitspanne, die für die Züchtung neuer Sorten erforderlich ist.

In Zusammenarbeit mit den renommierten Pflanzenforschungszentren der University of Adelaide und dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben wurde vom Fraunhofer IFF deshalb ein optisches Bewertungsverfahren entwickelt und getestet, das in Zukunft die Zahl der notwendigen Laboruntersuchungen reduzieren oder überflüssig machen soll. Den Züchtungserfolg schnell zu bewerten und damit erfolgreich erscheinende Züchtungen

frühzeitig zu erkennen, ermöglicht es Saatgutzüchtern, schneller auf die sich ändernden Bedingungen durch Bereitstellung neuer, besser angepasster Sorten zu reagieren. Im Rahmen des Projekts konzentrierten sich die Arbeiten zunächst auf die Erfassung der genetischen Diversität von Gerste.

### Internationale Kooperation

Dass mit der University of Adelaide eine australische Forschungseinrichtung an der Entwicklung des Verfahrens beteiligt ist, spiegelt zum einen die große internationale Relevanz der zu lösenden Aufgabe wider, und zum anderen bietet das an dieser Universität angesiedelte Forschungszentrum »The Plant Accelerator« eine weltweit einzigartige Plattform für die durchzuführenden biologischen Experimente. Insbesondere in Australien erfordern das trockene Klima sowie durch intensive Landwirtschaft sehr salzhaltige Böden die Entwicklung speziell angepasster Kulturpflanzen. Mit The Plant Accelerator wurde ein automatisiertes Gewächshaus geschaffen, das Hochdurchsatzexperimente, vollautomatische Anzucht und begleitende Phänotypisierung der Pflanzen während ihres gesamten Entwicklungszyklus ermöglicht.

- 1 Visualisierung einer hyperspektralen Aufnahme einer Gerstenähre.
- 2 Teil der Population an Gerstenpflanzen, die im Projekt verwendet worden sind.
- 3 Hyperspektraler Messplatz, aufgebaut im Gewächshaus des Forschungszentrums The Plant Accelerator.



## Technologie

Für die Dauer des Projekts wurde von Mitarbeitern des Fraunhofer IFF am The Plant Accelerator ein hyperspektraler Messplatz aufgebaut und betrieben. Dabei wurden zwei Hyperspektralkameras des norwegischen Herstellers Norsk Elektro Optikk eingesetzt, die gemeinsam den Wellenlängenbereich von 400 bis 2500 Nanometer räumlich und spektral hochauflöst erfassen können. Ergänzt wurden die Kameras durch einen speziellen, unter den Kameras verfahrbaren Messtisch sowie künstliche Beleuchtung, die qualitativ hochwertige und reproduzierbare Messungen sichert.

Die Auswertung der Hyperspektralbilder für die Erzeugung geeigneter Vorhersagemodelle erfolgte nach den vor-Ort-Messungen im Fraunhofer IFF. Die speziell entwickelten mathematischen Modelle zeichnen sich dadurch aus, dass sie später leicht in ein Online-Klassifikationssystem integriert werden und die Vorhersagen für neue Pflanzen somit unmittelbar nach der Messung geliefert werden können.

Die Vorhersagen werden anhand von Aufnahmen der Gerstenähre in einem festgelegten Entwicklungsstadium getroffen, in dem die Reifung noch nicht abgeschlossen ist. Automatisiert werden zunächst anhand der spektralen Daten die einzelnen Körner detektiert und irrelevante Pflanzenteile von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen. Die Spektren der verbleibenden ausgewählten Bereiche werden individuell analysiert. Die Ergebnisse werden dann zu einer Aussage für die ganze Pflanze aggregiert.

Es wurden mehrere Replikate für jede Sorte vermessen, die alle unter den gleichen Umweltbedingungen aufgezogen wurden. Die so gewonnenen Informationen über die Variation des Phänotyps wurden genutzt, um robuste mathematische Modelle zu erzeugen und bildeten außerdem die Basis für einen statistisch unabhängigen Test des Verfahrens.

Anhand der Ähnlichkeit der Spektren, also des Phänotyps der verschiedenen Sorten, wurde gemeinsam mit den Partnerinstitutionen auch untersucht, inwieweit sich die genetische Verwandtschaft einzelner Sorten durch die optische Messung feststellen lässt.

## Projektpartner

The Plant Accelerator, University of Adelaide, Australien;  
Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben

## Ansprechpartner im Kompetenzfeld Biosystems Engineering

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

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

## Förderung

Das Projekt »Unlocking the potential of genetic diversity in barley through high-throughput and high precision phenotyping« wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert (Förderkennzeichen 01DR14027A).



# PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS KONVERGENTE VERSORGUNGSINFRASTRUKTUREN





- 66 Analyse von Akzeptanzfaktoren für den Ausbau von Freileitungstrassen
- 68 Sichere erneuerbare Energien dank intelligenter Mess- und Steuertechnik
- 70 Das Smart Grid Energy Storage System als Speicher für die Energiewende
- 72 Effektives Energieversorgungskonzept auf Basis eines Virtuellen Kraftwerks

*Blick in den mobilen Batteriegroßspeicher des Fraunhofer IFF. Der 1-Megawatt-Speicher wird zur Entwicklung intelligenter Stromnetze eingesetzt. Mit ihm wird aus regenerativen Quellen gewonnene Energie zwischengespeichert und dem Netz dann zur Verfügung gestellt, wenn sie gebraucht wird.*



# ANALYSE VON AKZEPTANZFAKTOREN FÜR DEN AUSBAU VON FREILEITUNGSTRASSEN

## Herausforderung Energiewende

Die flächendeckende Verfügbarkeit und Nutzung elektrischer Energie haben in der Vergangenheit unseren Lebensstandard gesichert und maßgeblich zur wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands beigetragen. Vor diesem Hintergrund sehen sich die Politik und die Energiebranche im Rahmen der Energiewende aktuell vor große Herausforderungen gestellt.

Bis zum voraussichtlich endgültigen Atomausstieg im Jahr 2022 soll die Energieerzeugung aller Kernkraftwerke in der Bundesrepublik ersetzt werden. Um die Versorgungssicherheit in gleichbleibender Qualität zu gewährleisten, ist ein intelligenter Aus- und Umbau der elektrischen Netze und ihrer Infrastruktur notwendig. Ein Großteil der Energie wird im Norden und Osten erzeugt, fernab der Verbraucherschwerpunkte in den industriellen Ballungsgebieten im Westen und Süden. Für den Transport müssen neue Hochspannungstrassen errichtet werden. Um die Planung der Energienetze möglichst transparent zu gestalten und die negativen Einflüsse auf Mensch, Umwelt und das Landschaftsbild so gering wie möglich zu halten, ist durch den Gesetzgeber eine Beteiligung der betroffenen Kommunen und ihrer Bürger als fester Bestandteil des Planungsprozesses garantiert. Dies erfordert von den verantwortlichen Netzbetreibern eine intensive Kommunikation mit den kommunalen Vertretern.

Das Fraunhofer IFF hat für die 50Hertz Transmission GmbH (50Hertz) auf Basis aktueller Technologien der Virtuellen Realität eine Planungs-, Visualisierungs- und Kommunikationsplattform mit dem Ziel entwickelt, den intensiven Austausch aller Beteiligten an Projekten zum Ausbau von Freileitungstrassen zu unterstützen und zu fördern.

## Vorgehensweise

Zur Verbesserung der Kommunikation im Kontext der Trassenplanung war im Rahmen des Projekts die Akzeptanz verschiedener Gestaltungsvarianten von Freileitungstrassen im Zusammenhang mit unterschiedlichen Umgebungsparametern zu ermitteln. Hierzu wurden mehrere virtuell-interaktive 3D-Visualisierungen erstellt. Darin konnten vielfältige Varianten zur Positionierung und Gestaltung der Trassen in unterschiedlichen Umgebungskontexten dargestellt und analysiert werden, um die Wirkung einer jeden Trasse immer in Zusammenhang mit der individuellen Umwelt zu verdeutlichen.

In einem ersten Schritt wurden verschiedene fiktive, virtuelle Umgebungen abgebildet, welche die unterschiedlichen Landschaften in dem Aktionsgebiet von 50Hertz repräsentieren. Es entstanden u. a. Raumszenarien mit Seenlandschaften oder Bergen und Umgebungen mit Infrastrukturen wie Autobahnen, Bahntrassen und Windparks. Auf diese Weise kann in einer allgemeinen Herangehensweise in der Kommunikation mit Interessierten auf das jeweils individuelle landschaftliche Lebensumfeld eingegangen werden.

Neben den fiktiven Raumszenarien wurden im zweiten Schritt auch reale Situationen virtuell abgebildet, um ebenfalls eine reale Planungssituation in die Akzeptanzanalyse einzubeziehen. Hierzu wurde ein großes Gebiet in Sachsen-Anhalt visualisiert, in dem bereits mehrere Freileitungen vorhanden sind und der Bau weiterer Trassen in Vorbereitung ist.

1 *Betrachtung einer Trasse in ländlicher Umgebung.*

2 *Perspektive eines Anwohners auf eine Trasse.*

3 *Trasse in Kombination mit anderen Infrastrukturen Auftraggeber und Projektpartner.*



Darüber hinaus waren für den Auftraggeber sehr spezifische Anforderungen umzusetzen, da ein hoher Detaillierungsgrad der Akzeptanzbetrachtungen erreicht werden sollte. So können jetzt mit der eingesetzten Technologie in der Visualisierung jederzeit z. B. auch Konfigurationen von Masten und der Seildurchhang geändert werden.

Eine Besonderheit im Projekt war die virtuelle Abbildung eines gänzlich neuen Masttypen, der derzeit von 50Hertz zur Akzeptanzsteigerung von Strommasten entwickelt wird. Der neue Mast ist eine technische Innovation, dessen Erscheinungsbild und Wirkung unter der Berücksichtigung vielfältiger Parameter innerhalb der Visualisierung erprobt wurde.

### Durchführung

Mit der realisierten Planungs-, Visualisierungs- und Kommunikationsplattform wurde 50Hertz in die Lage versetzt, die Akzeptanz von verschiedenen Varianten einer Freileitung zu ermitteln. Ein Team des Fraunhofer IFF und der City Analytics begleitete diesen Prozess bei mehreren Workshops an verschiedenen Orten. Die Plattform mit den virtuell-interaktiven 3D-Modellen stellte dabei die wesentliche Grundlage für den kommunikativen Austausch sowie für die psychologisch fundierten und begleiteten Befragungen und Auswertungen dar.

### Ergebnisse

Für den Auftraggeber 50Hertz Transmission GmbH Berlin konnten mit der durchgeführten Akzeptanzanalyse alle Ziele erreicht werden. Im Ergebnis wurde eine Planungsvariante identifiziert, die von den meisten Beteiligten präferiert wurde und daher auf eine maximale Akzeptanz stoßen wird. Des Weiteren wurde eine Verbesserung vom Meinungsbild über 50Hertz über die durchgeführte Bürgerintegration erreicht, da eine direkte Integration, eine proaktive Information und ein Mitspracherecht, also eine persönlichere Ebene in der Inter-

aktion, durch die Beteiligten wahrgenommen wurde. Insgesamt war die Kombination aus Plattform und Workshops sehr erfolgreich und die Visualisierung selbst wurde ebenfalls von allen Beteiligten als wesentliches Werkzeug wahrgenommen und akzeptiert.

### Ausblick

Mit dem durchgeführten Projekt konnte die Planungs-, Visualisierungs- und Kommunikationsplattform signifikant optimiert und darüber hinaus in ihrer Funktionalität und Einsetzbarkeit validiert werden. Als nächste Schritte sind die Weiterentwicklung zu einem ganzheitlichen Werkzeug der Akzeptanzanalyse, die direkte Integration der zu verwendenden Befragungsmethoden sowie die Kombination mit vorhandenen Werkzeugen für Akzeptanzbetrachtungen zu sehen.

### Projektpartner

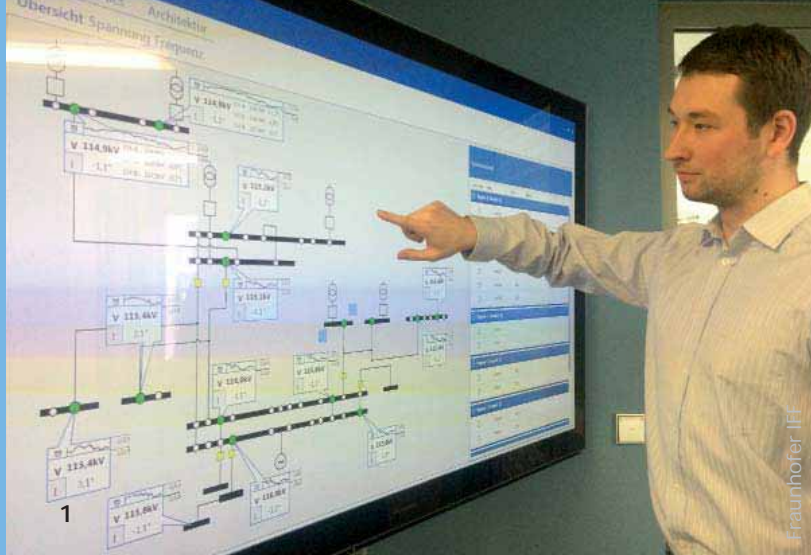
50Hertz Transmission GmbH, Berlin; City Analytics, Berlin

### Ansprechpartner im Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik

Dipl.-Ing. Nicole Mencke  
Telefon +49 391 4090-147 | Fax +49 391 4090-93-115  
nicole.mencke@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Ronny Franke  
Telefon +49 391 4090-144 | Fax +49 391 5090-93-115  
ronny.franke@iff.fraunhofer.de

Andreas Höpfner M. Sc.  
Telefon +49 391 4090-116 | Fax +49 391 4090-93-115  
andreas.hoepfner@iff.fraunhofer.de



## SICHERE ERNEUERBARE ENERGIEN DANK INTELLIGENTER MESS- UND STEUERTECHNIK

### Erneuerbare Energien – Chance und Herausforderung

Die zunehmende Anzahl dezentral und volatil einspeisender Energiequellen, wie Windenergie- und Photovoltaikanlagen in der Energieversorgung, stellen die Netzbetreiber im Allgemeinen und regionale Verteilnetzbetreiber im Besonderen vor große Herausforderungen. Was einerseits nachhaltig und gut für die Umwelt ist, kann sich zeitweise negativ auf die Netzstabilität, insbesondere in den Verteilnetzen, auswirken. Dies liegt hauptsächlich in der heutzutage stark begrenzten Steuerbarkeit dezentraler Erzeugungsanlagen begründet, deren Verhalten bestenfalls in Abhängigkeit der Wettersituation prognostiziert werden kann. So kann es bei großen Prognoseabweichungen zu kritischen Netzsituationen kommen, welche die Netzstabilität in gefährliche Grenzsituationen bringt.

Zur Bewältigung dieser Herausforderung müssen neuartige Mess- und Steuerungssysteme und moderne Algorithmen entworfen, umgesetzt und in den elektrischen Verteilnetzen eingesetzt werden, die es erlauben, kritische Situationen zu vermeiden und zu beherrschen. Die prototypische Umsetzung eines solchen Systems steht im Fokus des Forschungsvorhabens »SECVER«.

### Neuartige Messsysteme liefern ein genaues Netzabbild

Voraussetzung zur Gewährleistung eines stabilen Betriebs der elektrischen Netze ist die permanente, genaue und zuverlässige Bestimmung des aktuellen Systemzustands des Netzes. Dies bedeutet, dass sowohl Spannungen und Ströme zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort des Netzes bekannt sein müssen, um beurteilen zu können, ob es zu einer kritischen Situation im Netz kommen kann und wo die Ursache hierfür liegt. Heut-

zutage findet eine solche Zustandsabschätzung im Verteilnetz nur lückenhaft und relativ ungenau statt.

Mit Hilfe von neuartigen Messsystemen, sogenannten Phasor Measurement Units (PMUs), kann die Zustandsbestimmung enorm verbessert werden. Dies wird dadurch erreicht, dass PMUs eine sehr hohe Messgenauigkeit aufweisen und diese mit einem sehr präzisen, global verfügbaren Zeitstempel versehen.

Im Projekt SECVER wurden 15 dieser PMU-Geräte innerhalb des Verteilnetzes in der Region Harz installiert, um eine verbesserte Zustandsbestimmung für das Verteilnetz zu ermöglichen. Diese werden an optimal ausgewählten Netzknoten eingesetzt und übermitteln in Echtzeit Daten, sodass eine hochgenaue Abschätzung des Netzzustands erfolgen kann. Zur Abschätzung werden neue Algorithmen eingesetzt, welche die Besonderheit eines hochgenauen Zeitstempels ausnutzen und somit schneller und genauer den Netzzustand bestimmen. Mit diesem System kann sowohl in der Leitwarte sehr schnell ein kritischer Netzzustand ermittelt und angezeigt werden als auch automatisch eine erforderliche Anpassung im Netz berechnet werden.

1 Mit Hilfe innovativer Leitsysteme können elektrische Netze in Echtzeit überwacht und kritische Situationen rechtzeitig erkannt werden.

2 Umspannanlagen der 110 kV-Ebene sammeln und transportieren die vorwiegend erneuerbar erzeugte Energie.



---

## Sicherung der Netzstabilität durch Anpassung der Einspeisung von erneuerbaren Energien

---

Mit Hilfe der PMU-basierten Zustandsabschätzung des Verteilnetzes kann identifiziert werden, wo im elektrischen Netz kritische Punkte vorhanden sind und wo deren Ursachen liegen. Im nächsten Schritt gilt es nun, die im Netz vorhandenen dezentralen Energiequellen gezielt anzusteuern, um das elektrische Netz wieder in einen sicheren Betriebszustand zu führen. Hierbei werden sowohl Windenergieanlagen, Photovoltaikanlagen als auch biogasbasierte Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt. Wird durch die Zustandsabschätzung der Bedarf einer Optimierung zur Verbesserung der Netzsicherheit ermittelt, werden die relevanten Anlagen unter der technischen, sicherheitsrelevanten Prämisse gesteuert und deren Wirk- und Blindleistung werden für die Netzeinspeisung angepasst. Der Algorithmus, welcher die jeweiligen Sollwerte für die Anlagen bestimmt, ist dabei so ausgelegt, dass mit möglichst wenig Aufwand die größtmögliche Wirkung zur Netzstabilisierung erzielt wird.

---

## Feldtest in der Region Harz

---

Der Landkreis Harz bietet mit einem großen Anteil an erneuerbaren Energien eine geeignete Testumgebung zur Erprobung des entwickelten SECV-Systems. Hierbei können auch die Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt »RegModHarz« genutzt werden, das ebenfalls den Harz als Testregion nutzte. Mit einer Vielzahl unterschiedlicher erneuerbarer Energiequellen, wie Windparks, Biogas-BHKW und Photovoltaikanlagen unterschiedlicher Größe, können unterschiedliche Szenarien, Testfälle und Optimierungsansätze untersucht werden. Zudem ist das elektrische Verteilnetz der 110-kV-Ebene topologisch vorteilhaft aufgestellt, sodass die Erprobung des PMU-basierten Messsystems detailliert untersucht werden kann.

Derzeit befindet sich das Projekt SECV-System in der Felderprobungsphase und erste Ergebnisse konnten gesammelt werden.

Es ist bereits jetzt abzusehen, dass sowohl das verbesserte Netzbeobachtungssystem als auch der Einsatz von erneuerbaren Energien zur Netzstützung einen großen Beitrag für die sicheren Energieversorgungssysteme der Zukunft liefern.

---

## Projektpartner

---

AVACON AG, Salzgitter; Fraunhofer IWES, Kassel; Regenerativ-Kraftwerke Harz GmbH & Co. KG, Dardesheim; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; SIEMENS AG, München

---

## Ansprechpartner

---

### Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik

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

### Kompetenzzentrum Energienetze und Regenerative Energien

Prof. Dr.-Ing. Zbigniew Styczynski  
Telefon +49 391 67-58866 | Fax +49 391 67-42408  
sty@ovgu.de

---

## Förderung

Das Projekt »SECV – Sicherheit und Zuverlässigkeit von Verteilnetzen auf dem Weg zu einem Energieversorgungssystem von morgen« wird aus Mitteln des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie finanziert. (Förderkennzeichen 0325631)

Gefördert durch:





Fraunhofer IFF

# DAS SMART GRID ENERGY STORAGE SYSTEM ALS SPEICHER FÜR DIE ENERGIEWENDE

## Veränderungen in der Stromerzeugung

Die zuverlässige und sichere Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie stellt eine der wichtigsten Herausforderungen in den Industrieländern dar. Die Entscheidungen der letzten Jahre insbesondere in Deutschland, wie die Abkehr von der Kernenergie und ökologische Zielstellungen, treiben den Zubau erneuerbarer Energiequellen stetig voran. Damit gehen Veränderungen des elektrischen Übertragungs- und Verteilnetzes einher, die durch die hohe Anzahl und Aufteilung der Erzeugungseinheiten auf unterschiedliche Systemebenen charakterisiert werden. Weiterhin werden durch die steigende Abhängigkeit von den natürlichen Energieträgern, wie Sonne und Wind, die Sicherung der Energiebereitstellung zu jedem Zeitpunkt und die Erhaltung der Qualität deutlich erschwert.

## Speicherbedarf und Technologien im Stromnetz

Diesen Strukturänderungen muss durch Steigerungen der Flexibilität im elektrischen Energiesystem, die sowohl durch neues Betriebsverhalten der Lasten als auch durch den Netzausbau zu erlangen sind, Rechnung getragen werden. In durch regenerative Erzeugung geprägten Netzen müssen darüber hinaus größere Mengen an elektrischer Energie je nach Wetterlage gepuffert bzw. zeitlich verschoben werden. Eine Möglichkeit, diesen Umwälzungen zu begegnen, stellt die Anwendung von Speichersystemen dar. Durch den Einsatz energieakkumulierender Anlagen lässt sich eine Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch realisieren. Derzeitige Kraftwerke, die über Speichervermögen verfügen, sind vor allem Pumpspeicherkraftwerke (PSW). Diese werden jedoch hauptsächlich als Spitzenlastkraftwerke eingesetzt und sie sind an geografische Gegebenheiten gebunden. Zur mittel- und langfristigen Speicherung von Ener-

## Technologieeinteilung nach Speicherdauer.



Fraunhofer IFF

gie und damit einer ganzjährigen stabilen Versorgung durch nachwachsende Primärenergieträger sind weitere Anlagen notwendig. Das Potenzial für konventionelle Speicheranlagen ist weitestgehend ausgeschöpft, sodass diese Aufgabe neuen Technologien wie den Batteriespeichern zukommt.

## Einsatzfelder von Batteriespeichern

Neben der genannten Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch durch Zwischenspeicherung der volatilen Energie aus Wind und Photovoltaik ergibt sich eine Vielzahl weiterer Einsatzmöglichkeiten für Speichersysteme, die sowohl technischer als

- 1 Das Energiespeichersystem wird verladen.
- 2 Installation des SGESS in einer Photovoltaikanlage.



auch wirtschaftlicher Natur sein sollen. Speichersysteme können bei richtiger Bemessung Systemdienstleistungen erbringen, die zum sicheren Betrieb des Netzes beitragen. Dazu zählen die Bereitstellung von Regelenergie, die lokale Spannungsstützung, die Blindleistungskompensation oder auch die Fähigkeit zum Netzwiederaufbau nach Fehlerfall. Im ökonomischen Bereich ist vor allem der Handel mit gespeicherter Energie bspw. am Spotmarkt zu nennen. Aber auch die Reduktion von Spitzenlasten bzw. die Entlastung von Betriebsmitteln zur Vermeidung von Ausbauinvestitionen zählen dazu. Als besonders vorteilhaft sind darüber hinaus die dualen Speicheranwendungen, wie in erster Linie die E-Car-Konzepte. In sogenannten Vehicle-to-Grid-Konzepten (V2G) stehen Batteriespeicher auf der einen Seite dem Transport und auf der anderen Seite während der Anschlusszeiten an die Ladeinfrastruktur dem Netz zur Verfügung. Im weiteren Sinne fallen auch »second life«-Untersuchungen für Batteriezellen in diese Kategorie, wobei typischerweise mobile Anwendungen mit hohen Ansprüchen an die Energiedichte als Erstanwendung zum Tragen kommen sowie eine anschließende Zweitanwendung in stationären Speichersystemen, bei denen Energiedichte nur eine untergeordnete Rolle spielt.

### Smart Grid Energy Storage System (SGESS)

Der SGESS wurde mit der Prämisse konzipiert, die unterschiedlichsten theoretisch erarbeiteten Speichereinsatzszenarien bearbeiten zu können. Hierbei wurde auf eine Spezialisierung und damit auf die Systemeffizienz nur an zweiter Stelle Wert gelegt. Eine entscheidende Randbedingung, die zur Erfüllung der Forschungsaufgaben von Bedeutung war, ist die Mobilität, also die Möglichkeit das System an unterschiedliche Standorte für den Feldeinsatz transportieren zu können. Daher sind alle Komponenten in einem 40 Fuß-Container integriert. Dieser beinhaltet die Batteriezellen, die Wechselrichter und zwei Transformatoren für einen möglichen 0,4 - oder 10 Kilovolt-Anschluss. Zudem ist die für den Betrieb notwendige Peripherie, wie Informations- und Kommunikationstechnik, Brandmeldesystem, Klimatechnik usw., im Container integriert.

### Ergebnisse und Nutzen

Mit Hilfe des SGESS konnten unterschiedliche Betriebsstrategien für Batteriespeicher unter entsprechenden Realbedingungen erprobt werden. Des Weiteren konnten technologie- und betriebsbedingte Charakteristika und resultierende Herausforderungen identifiziert und untersucht werden. Hierdurch war es möglich, detailliertere Modelle technischer sowie auch ökonomischer Natur zum Speicherbetrieb abzuleiten. Batteriespeicher können somit durchaus einen wichtigen Beitrag in elektrischen Netzen leisten, gerade mit Bezug auf Netzdienstleistungen oder zur Integration von erneuerbaren Energien. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist, ausgenommen die Primärregelleistung, jedoch nur durch Kombination von Anwendungsfällen und mit entsprechend günstigen Randbedingungen realisierbar. Dies liegt zum Teil an den noch fehlenden Vergütungen bzw. geringen Ertragspotenzialen für Netzdienstleistungen, Energiehandel, Lastspitzenminimierung, Blindleistungsbereitstellung etc. und den sich daraus ergebenden Betriebsstrategien.

### Ansprechpartner im Geschäftsfeld

#### Prozess- und Anlagentechnik

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki  
 Telefon +49 391 4090-373 | Fax +49 391 4090-93-373  
 komarn@iff.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Christoph Wenge  
 Telefon +49 391 4090-731 | Fax +49 391 4090-93-731  
 christoph.wenge@iff.fraunhofer.de

#### Förderung

Das Projekt »Großbatteriespeicher« wurde mit Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt gefördert.



**SACHSEN-ANHALT**

# EFFEKTIVES ENERGIEVERSORGUNGSKONZEPT AUF BASIS EINES VIRTUELLEN KRAFTWERKS

## Motivation und Hintergrund

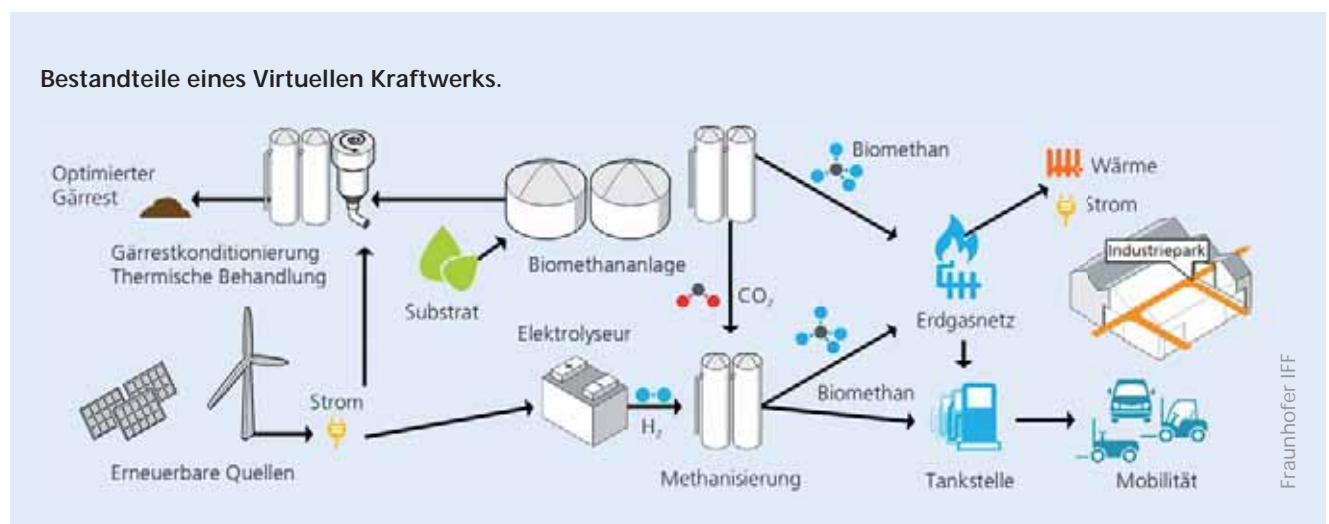
Die Industrie-, Gewerbe- und Chemieparken in Deutschland haben einen Endenergieverbrauch von ca. 1 100 Terawattstunden. Das sind 45 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs. Die Industrie- und Gewerbe-parks verfügen zudem meist über keine eigene Energieversorgung durch separate Kraftwerke. Sie müssen ihren Strombedarf möglichst kostengünstig decken und gleichzeitig marktwirksam agieren, erneuerbarer Strom und stark ansteigende Netzentgelte nehmen darauf Einfluss.

Industrie- und Gewerbe-parks, in denen sowohl Verbraucher- als auch Erzeugungsanlagen angesiedelt sind, können zur Bereitstellung von positiver und negativer Regelenergie Verbünde aufbauen. Der Verbund kann dadurch am Energiemarkt zusätzliches Einkommen erzielen und positiv auf eigene Netzbereiche einwirken. Eigenversorgung spielt deshalb eine immer größere Rolle für Industrieparkbetreiber.

Basierend auf Potenzialanalysen lassen sich Konzepte erstellen und abschließend technisch sowie wirtschaftlich bewerten. Eine dezentrale Energieversorgung bestehender Gewerbe-parks führt hierbei zu Problemen, wenn diese auf Basis der erhobenen Wärme- und Stromverbräuche sowie deren Auswirkungen auf den Gas- und Heizölverbrauch in die Konzepte integriert werden muss. Gewerbe-parks können durch Optimierung und Energieeffizienzmaßnahmen ihr Lastprofil verbessern. Die Wirtschaftlichkeit von Neuinvestitionen kann mitunter auch von der Attraktivität des Gesamtkonzepts abhängen.

## Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Ziel der IGP Mittelelbe GmbH (IGP) als Industrieparkbetreiber war die Vorbetrachtung der Versorgung auf Basis eines innovativen Energie-Verbunds. Die technische Unterstützung und den Technologietransfer leisteten Forscher des Fraunhofer IFF.







Das beinhaltet die Analyse des Ist-Zustands im Industriepark, die Untersuchung von Technologien und Verschaltungen sowie die anschließende Bewertung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit dem Ziel einer geeigneten Konzeptauswahl. Bei der zu Beginn durchgeführten Potenzialermittlung über vorhandene Energiebereitstellungseinrichtungen und die Verbrauchssituation standen die thermischen und elektrischen Energiesysteme der IGP im Vordergrund. Das aufgezeigte Optimierungspotenzial lieferte die Grundlagen für die Konzeptentwicklung. Für die Strombereitstellung wurde ein Windrad definiert und Technologien zur Verschaltung wurden analysiert. Elektrolyseure, Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Systeme und Speichertechnologien bzw. -arten wurden betrachtet. Die Konzepte wurden bewertet, gesichtet, verglichen und eine Systemauswahl wurde getroffen.

## Lösungskonzept und Ergebnisse

Mit Hilfe eines »Virtuellen Kraftwerks«, das dezentrale Energieerzeugungsanlagen miteinander kombiniert, wurden insgesamt 30 Konzepte für IGP untersucht. Die Basis bildete die maximale Leistung einer Windkraftanlage, die einen entsprechend leistungsstarken Elektrolyseur versorgen soll. Für die Auswertung der Konzepte wurden die EEG-Umlagekosten, die Netzentgelte, die Stromkosten eines Fremdanbieters sowie auch vermiedene Stromkosten bedacht. Erlöse für den durchschnittlichen Parkverbrauch der letzten Jahre sowie aus geltenden Gesetzen wurden zusammen mit Wasserstoff- und Stromerlösen aus der Rückverstromung zusammengeführt. Die Erlöse der Jahre 2014/15 wurden den Investitionskosten für Wind-/Photovoltaik-Anlage und Elektrolyseur entgegengesetzt. Es wurde der Nachweis erbracht, dass das Optimalleistungskonzept des Elektrolyseurs an der Windkraftanlage bei einer Investition von rd. 5 Mio € und negative Erlöse kein wirtschaftliches Konzept für IGP darstellen würden. Extreme Überschussproduktion an Wasserstoff und minimale Versorgung des IGP verhindern eine Amortisation.

Vier Konzepte auf Basis von Windkraft-, Biogasanlage und Elektrolyse kristallisierten sich heraus. Erwartungsgemäß ergab sich, dass die Stromersparnis bei der Energieversorgung durch den Support bzw. die Versorgung durch die Biogasanlage auf der Reststoffbasis der »braunen Tonne« finanziell am lukrativsten ist. Dagegen ist die Biomasse-KWK-Variante die attraktivste, da die Investition im Verhältnis zur Amortisationszeit ein geringeres Risiko darstellt. Während Erstere vom Abnahmepreis für die »braune Tonne« abhängt, ist Letztere vom Nutzungsgrad und vom möglichst günstigen Bezug des Brennstoffs abhängig, um mit Amortisationen in ca. 4 bis 6 Jahren die zeitkritischste Lösung zu stellen. Klassische Power-to-Gas (PtG)-Konzepte ohne bedarfsgerechte Einbindung und Auslegung sind zum aktuellen Zeitpunkt unwirtschaftlich.

## Ausblick

Ziel des Fraunhofer IFF ist es, für Industrie- und Gewerbeparks sowie Energieanlagen bedarfsgerechte und wirtschaftliche Power-to-X (PtX)- und Versorgungskonzepte zu erarbeiten, aufzubauen und den Betrieb zu unterstützen. Mit der IGP steht zudem ein Standort zur Verfügung, der durch die Integration erneuerbarer Energieversorgungsinfrastrukturen und von PtG/X zum Wasserstoff-Leuchtturm in Sachsen-Anhalt und Nordostdeutschland avancieren kann.

## Projektpartner

Industrie- und Gewerbepark Mittelelbe GmbH, Magdeburg

## Ansprechpartner im Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik

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

<sup>1</sup> Industrie- und Gewerbepark Mittelelbe GmbH.

# HIGHLIGHTS, VERANSTALTUNGEN UND MESSEPRÄSENTATIONEN (AUSWAHL)





7. Januar 2015, Pathum Thani, Thailand

**Towards Unified M2M/IOT Platforms for efficient Smart City Implementations – Status Quo and Practical Ways Forward**

Veranstalter: Fraunhofer IFF/Fraunhofer IFF ASEAN Regional Office NGO, Bangkok, Thailand; National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Thailand; National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC), Thailand

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski

22. Januar 2015, Bangkok, Thailand

**Fostering Innovation in SMEs in Germany and Thailand**

Veranstalter: Embassy of the Federal Republic of Germany, Bangkok, Thailand; Ministry of Science and Technology (MOST) Thailand; National Science Technology and Innovation Policy Office (STI), Thailand

Panel-Diskussion: »Possible ways of transformation and application of measures from Germany to Thailand and vice versa«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski

22. Januar 2015, Magdeburg

**Projektabschluss »Virtuelle Wirtschaftsregion Magdeburg«**

Veranstalter: Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg (Stadt Magdeburg, Landkreis Börde, Salzlandkreis, Landkreis Jerichower Land)

Vortrag: »Möglichkeiten der virtuellen Gebietssimulation« (Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner M. Sc.)

Exponat: »Virtuelle Wirtschaftsregion Magdeburg«

Fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk

Die Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg präsentierte am 22. Januar 2015 das virtuelle Modell der Wirtschaftsregion Magdeburg. Damit geht der Wirtschaftsstandort auf Investorensuche für seine Industrie- und Gewerbeparks in Magdeburg und Umgebung.

22. Januar 2015, Magdeburg

**5. Workshop »Energieeffiziente Produktion: Abwärme aus industriellen Prozessen nutzen«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Vortrag: »Simulation zur effizienten Wärmenutzung« (Dipl.-Ing. Carsten Keichel)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Matthias Gohla, Dipl.-Math. Stefanie Kabelitz

Die IHK Magdeburg und das Fraunhofer-Innovationscluster ER-WIN® luden am 22. Januar 2015 zum Workshop »Abwärmenutzung aus industriellen Produktionsprozessen« ein. An konkreten Prozessen wurde gezeigt, wie sich die Abwärme aus Prozessen energetisch nutzen lässt.

*1 Prof. Michael Schenk, Institutsleiter des Fraunhofer IFF (l.), begibt sich gemeinsam mit Thomas Weibel (r.), Minister für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, in die virtuelle Planungswelt.*

*2 Visualisierungsexperte Andreas Höpfner präsentiert zum Abschluss des Projekts »Virtuelle Wirtschaftsregion Magdeburg« die Möglichkeiten des digitalen Planungsmodells.*



23. Januar 2015, Magdeburg

**Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung zwischen der BTU Cottbus-Senftenberg und dem Fraunhofer IFF**

Fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk, Dipl.-Ing. Holger Seidel

Um ihre wissenschaftliche Zusammenarbeit zu intensivieren, haben die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) und das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF am 23. Januar 2015 einen Kooperationsvertrag unterzeichnet. Die Universität und das Forschungsinstitut werden die wissenschaftliche Exzellenz in gemeinsamen nationalen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben weiter steigern und regionale Kompetenznetzwerke und Cluster in Brandenburg nachhaltig unterstützen. Der Erfahrungs- und Informationsaustausch zwischen den Wissenschaftlern wird weiter ausgebaut. Dabei stehen zunächst die Forschungsschwerpunkte rund um das Thema Industrie 4.0, des Digital Engineering sowie der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktionstechnik im Vordergrund.

27. Januar 2015, Wolfsburg

**VW »Innovative Logistics Solution Day«**

Veranstalter: Volkswagen AG; IPM GmbH

Exponat: »RFID-Armband für sichere logistische Prozesse«

Fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jewgeni Kluth

27. – 29. Januar 2015, Karlsruhe

**Messe LEARNTEC – internationale Fachmesse und Kongress für professionelle Bildung, Lernen und IT**

Vortrag: »Erfahrungswissen im Unternehmen sichern und weitergeben – Lösungsansätze mit Virtual Reality. Einschätzung am Beispiel der ThyssenKrupp Steel Europe AG« (Dr. Benjamin Nakhosteen (TKS), Dipl.-Ing. Tina Haase als Co-Autor)

Exponate: »Technologiebasierte Qualifizierung und Assistenz für komplexe technische Maschinen und Prozesse, Erfahrungstransfer durch Nutzung virtueller Szenarien (am Beispiel ausgewählter Projektarbeiten)«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Phys. Sabine Szyler, Dipl.-Ing. Ronny Franke

28. Januar 2015, Dnipropetrovsk, Ukraine

**Energy Efficiency and Energy Management in Ukrainian Industry**

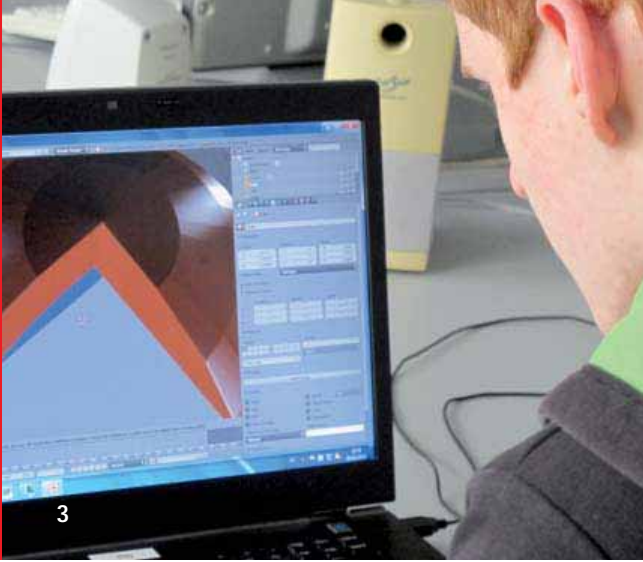
Veranstalter: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH – Ukraine

Vortrag: »Capacity Development for EnMS in German Industry« (Dipl.-Wirt.-Ing. Marc Kujath)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Vw. Kay Matzner

1 Prof. Jörg Steinbach (l.), BTU-Präsident, und Prof. Michael Schenk (r.), Institutsleiter des Fraunhofer IFF, bei der gemeinsamen Unterzeichnung des Kooperationsvertrags.

2 Dr.-Ing. Marco Franke präsentiert den Nutzen von Industrie 4.0-Lösungen anhand von Projekten des Fraunhofer IFF auf der 2. VDI-Fachtagung Industrie 4.0 in Düsseldorf.



28. – 29. Januar 2015, Düsseldorf

## 2. VDI-Fachtagung »Industrie 4.0«

Veranstalter: VDI Wissensforum GmbH

Vortrag: »Digital Engineering and Operation als Grundlage für Industrie 4.0« (Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk)

Exponate: »Anlagen sicher planen und betreiben mit Digital Engineering and Operations« (Bsp. Zusammenarbeit mit Fangmann Energy Services GmbH & Co. KG); »Planung virtuell interaktiv unterstützen (Design Review)«; »Qualifizieren mit virtueller Realität« (Bsp. Zusammenarbeit mit Berufsgenossenschaft RCI); »Simultane Produkt- und Fertigungsentwicklung mit Digital Engineering and Operations« (Bsp. Zusammenarbeit mit der LANXESS AG)

Fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Marco Franke, Dipl.-Ing. Stefan Leye

6. Februar 2015, Magdeburg

## Abschlussveranstaltung »Steps to Work«

Veranstalter: isw Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung gGmbH; Fraunhofer IFF

Organisation: Dipl.-Phys. Sabine Szyler

10. Februar 2015, Stuttgart

## Messe »LogiMat 2015«

Exponat: »RFID-Armband für sichere logistische Prozesse«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Olaf Poenicke, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jewgeni Kluth

12. Februar 2015, Magdeburg

## Abschlussveranstaltung »REStabil – Sachsen-Anhalt«

Vorträge: »REStabil – Unterstützung regionaler elektrischer Netze durch dezentrale Energieanlagen – Live-Demonstration der Projektergebnisse« (Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki, Dr.-Ing. André Naumann)

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller

Eine Kleinstadt, ein Gewerbe- oder ein Industriepark können heute durchaus allein mit erneuerbaren Energien versorgt werden. Doch lassen sich Sonne und Windkraft nicht einfach regeln und am aktuellen Bedarf ausrichten. In Zusammenarbeit mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und den Partnern ABO-WIND AG, ZERE e. V., Mitnetz Strom und GETEC Heat & Power untersuchen die Forscher des Fraunhofer IFF in dem Forschungsprojekt »REStabil«, wie dezentrale Anlagen, beispielsweise Photovoltaik-, Wind- oder Biogasanlagen, dazu beitragen können, das Netz zu stabilisieren und welche technischen Veränderungen dafür notwendig sind.

Das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt hat »REStabil« mit rund einer Million Euro gefördert, finanziert aus EFRE-Mitteln.

3 Studien- und Berufsorientierung mal anders: Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 10 bis 12 konnten sich im Rahmen von »Steps to Work« an ihren Projekten im Virtual Development and Training Centre des Fraunhofer IFF ausprobieren.

4 Jörg Wirtz von der ABO Wind AG (r.), einer der REStabil-Projektpartner, im Podiumsgespräch mit Prof. Gerhard Müller, stellvertretender IFF-Institutsleiter, Univ.-Prof. Jens Strackeljan, Rektor Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Dr. Hermann Onko Aeikens, Minister für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt, und Dr. Tamara Zieschang, Staatssekretärin im Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen Anhalt (v. l.).



1



2

18. Februar 2015, Dresden

### **Dresdner Forum Prävention 2015**

Veranstalter: DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Vortrag: »Industrie 4.0« (Dipl.-Ing. Holger Seidel)

19. Februar 2015, Magdeburg

### **Program for Visit to the Fraunhofer IFF – Internet of Energy**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Vorträge: »Fraunhofer Gesellschaft and Fraunhofer IFF« (Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk); »Fraunhofer IFF – R&D Energy and ICT – overview« (Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki); »Center for Digital Engineering Magdeburg« (Dr.-Ing. Marco Schumann)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller, Dr.-Ing. Nico Zobel, Dr.-Ing. André Naumann, Dr.-Inform. Kathleen Hänsch, Dr.-Ing. Christoph Wenge, Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner M. Sc., Dr.-Ing. Bartlomiej Arendarski

25. Februar 2015, Leipzig

### **Ressourceneffiziente Produktion – E3-Produktion**

Veranstalter: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Vortrag: »Integration regenerativer Energiequellen und -speicher in Produktionssysteme mittels DEMS« (Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Fabian Behrendt

26. Februar 2015, Magdeburg

### **Industrie 4.0 – Potenziale für Unternehmen in Sachsen-Anhalt**

Veranstalter: REFA-Verband Sachsen-Anhalt;  
 HAUS DER WIRTSCHAFT

Vorträge: »Industrie 4.0 – was heißt das (heute schon)?« (Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk); »Industrie 4.0 – Checkup für Unternehmen« (Dipl.-Ing. Holger Seidel)

11. – 13. März 2015, Halle

### **Hafenhinterlandkonferenz**

Veranstalter: IMG – Investitions- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt mbH

Teilnahme im Podium »Business Breakfast Logistik« zum Thema »Europa und die Versorgungssicherheit durch EFRE im Hafenhinterland« (Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Holger Seidel, Dipl.-Geograph Andreas Müller

16. – 18. März 2015, Köln

### **Konferenz »35. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF«**

Veranstalter: Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung

Vortrag: »Fast Segmentation of Hyperspectral Images by Combining Textural and Spectral Information« (Dipl.-Inf. Uwe Knauer)

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert, David Kilius B. Sc.

1 Der polnische Botschaftsrat zu Besuch im Virtual Reality-Labor des Fraunhofer IFF.

2 Fraunhofer-Forscher legen mit dem Leitprojekt »E3-Produktion« wichtige Grundlagen für eine nachhaltige Fabrikation. Anlässlich des Treffens zur ressourceneffizienten Produktion war das Fraunhofer IFF zu Gast beim Fraunhofer IWU.



17. März 2015, Darmstadt

### »Forschung trifft Praxis« – Rohstoffgipfel 2015

Veranstalter: Arbeitsgemeinschaft Rohholzverbraucher e. V. (AGR); Bundesverband der Säge- und Holzindustrie Deutschland e. V. (DeSH)

Vortrag: »Ausgewählte Ergebnisse des Projekts »Vergleich Forstlicher Zertifizierungssysteme«« (Dr.-Ing. Ina Ehrhardt)

19. März 2015, Magdeburg

### BASF-Pflanzenschutztagung

Veranstalter: BASF

Vortrag: »Nicht-invasive Detektion von Schorfinfektionen« (Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dr. Andreas Backhaus, David Kiliias B. Sc.

19. März 2015, Weihenstephan

### FORUM Wissenschaft & Praxis, 19. Forstlicher Unternehmertag »Der intelligente Wald – Potenziale von Mensch und Technik nutzen«

Veranstalter: Technische Universität München, Professur für Forstliche Verfahrenstechnik

Vortrag: »Ausgewählte Ergebnisse des Projekts »Vergleich Forstlicher Zertifizierungssysteme«« (Dr. rer. pol. Bettina Heise)

23. – 25. März 2015, Magdeburg

### Besuch der Kasachisch-Britischen Technischen Universität im Fraunhofer IFF

Vorträge: »Vorstellung der Fraunhofer IFF-Forschungsfelder Intelligente Arbeitssysteme, Ressourceneffiziente Produktion und Logistik, Konvergente Infrastrukturen« (Dipl.-Vw. Christian Blobner); »Virtual Development and Training« (Dr.-Ing. Marco Schumann); »Digital Engineering im Maschinenbau« (Dipl.-Inform. (FH) Matthias Kennel, Dr. Ing. Rüdiger Mecke); »Präsentation des Forschungsstands zum elektrischen Stromnetz« (Dr.-Ing. Bartłomiej Arendarski); »Digital Engineering am Fraunhofer IFF« (Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk)

Exponate: »Leitstand für eine energiegesteuerte Fabrik«; »Demonstrator: Durchgängiges Digital Engineering am Beispiel einer Fertigungsanlage«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Inform. (FH) Matthias Kennel, Dr.-Ing. Rüdiger Mecke

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dipl.-Betriebswirt Burghard Scheel, Dipl.-Ing. Steffen Masik, Dipl.-Ing. Ronny Franke

Vom 23. bis 25. März 2015 begrüßte das Fraunhofer IFF Magdeburg eine Delegation der Kasachisch-Britischen Technischen Universität und der »Nationalen Agentur für technologische Entwicklung AG« (NATD). Im Rahmen des Zusammentreffens wurde am 24. März 2015 ein »Memorandum of Understanding« zur Förderung der gemeinsamen Zusammenarbeit unterzeichnet.

*3 Bolat Nussupov, Botschafter der Republik Kasachstan in der Bundesrepublik Deutschland, Dr. Iskander Kapshayev, von der Kasachisch-Britischen Technischen Universität, und Prof. Michael Schenk, Leiter des Fraunhofer IFF, (v.l.) bei der Unterzeichnung des Memorandum of Understanding.*

*4 Institutsleiter Prof. Michael Schenk erläutert der kasachischen Delegation neueste Forschungsergebnisse des IFF zur sicheren Mensch-Roboter-Interaktion.*



24. März 2015, Nürnberg

**3. Gemeinschaftsveranstaltung »Nutzung digitaler Methoden und Modelle im Anlagenlebenszyklus«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF; FASA Zweckverband zur Förderung des Maschinen- und Anlagenbaus Sachsen-Anhalt e. V.; Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach; IHK Mittelfranken  
 Vortrag: »Oculus Rift: Einsatzszenario im Anlagenbau« (Dipl.-Ing. Ronny Franke, Dipl.-Ing. Steffen Masik)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Andrea Urbansky

24. März 2015, Nürnberg

**10. Industriearbeitskreis »Laserscanning und Virtual Reality im Anlagenbau«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF  
 Vorträge: »Vorstellung der Ziele und des Konzepts des Industriearbeitskreises »Laserscanning und Virtual Reality im Anlagenbau«« (Dipl.-Ing. Andrea Urbansky); »Überblick über die Möglichkeiten von Virtual Reality in industriellen Anwendungen« (Dipl.-Phys. Sabine Szyler, Dipl.-Ing. Steffen Masik)  
 Exponat: »Oculus Rift: Einsatzszenario im Anlagenbau«  
 Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Ronny Franke, Dipl.-Ing. Steffen Masik

24. März 2015, Magdeburg

**6. Workshop »Energieeffiziente Produktion: Energieoptimiertes Schichtregime in Gießereien – Sprechabend der VDG-Landesgruppe Mitteldeutschland«**

Veranstalter: VDG-Landesgruppe Mitteldeutschland; Fraunhofer IFF  
 Vorträge: »Vorstellung des Fraunhofer IFF« (Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk); »Energie- und ressourceneffiziente Produktion in Gießereien mit dem Innovationscluster ER-WIN®« (Dipl.-Wirt.-Ing. Marc Kujath)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Patric Heidecke M. Sc., Dr.-Ing. Bartolomiej Arendarski

24. – 25. März 2015, Hundisburg

**Tagung »Ressource Holz« schützen und nutzen«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF  
 Organisation: Fraunhofer IFF  
 Vorträge: »Forstliche Zertifizierung – Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung« (Dr.-Ing. Ina Ehrhardt)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Dr. rer. pol. Bettina Heise

Mit der Tagung »Ressource Holz« vom 24. – 25. März 2015 bot das Fraunhofer IFF einer kompletten Branche eine bundesweit einzigartige Plattform für den substanziellen Erfahrungsaustausch und Wissenstransfer. Die Veranstaltung setzte den Dialog der Praktiker in der bisherigen Veranstaltung »Holzlogistik« fort und stellte in diesem Jahr Erkenntnisse zum Schutz des Waldes und neue Herausforderungen bei der Nutzung seiner Ressourcen vor.

24. – 25. März 2015, Karlsruhe

**VDI/KIT-Forum »Energieeffizienz«**

Veranstalter: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt in Zusammenarbeit mit dem KIT Karlsruhe  
 Exponate: »Physikalisches Optimum«; »Virtuelle Kraftwerke (ER-WIN®)«  
 Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Math. Stefanie Kabelitz, Dipl.-Ing. Carsten Keichel, Dipl.-Ing. Thorsten Birth

*1 Im Showroom »Energie Erlebniswelt« des Fraunhofer IFF informiert Dr.-Ing. Bartolomej Arendarski die Teilnehmer des 6. Workshops »Energieeffiziente Produktion« über Smart Grid-Lösungen.*

*2 Wie lässt sich der Wald nachhaltig nutzen und gleichzeitig schützen? Darüber diskutierten die Teilnehmer der Tagung »Ressource Holz«.*





24. – 26. März 2015, Magdeburg

**Landeswettbewerb Jugend forscht**

Veranstalter: Stiftung Jugend forscht e. V.; Avacon AG

Gastgeber: Fraunhofer IFF

Fachliche Mitwirkung: Anna-Kristina Mahler M. A.

24. – 27. März 2015, Köln

**Messe Anuga FoodTec – Hyperspektral messen – Qualität sichern in der Lebensmittelproduktion**

Exponate: »Nicht-invasive Qualitätskontrolle«; »Hyperspektrale Messtechnik«; »Sensorik zur Online-Charakterisierung von Flüssigkeiten«

Fachliche Mitwirkung: Dr. Andreas Backhaus

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert, Dr.-Ing. Andreas Herzog

25. – 26. März 2015, Würzburg

**GETPRO – 5. Kongress zur Getriebeproduktion**

Veranstalter: FVA GmbH

Vortrag: »Virtuelle Produkt- und Produktionsplanung – realer Nutzen im Zeitalter von Industrie 4.0« (Dipl.-Ing. Andrea Urbansky)

31. März 2015, Magdeburg

**Abschlussveranstaltung zum Projekt »Zertifizierung der Chain of Custody Forst-Holz in Sachsen-Anhalt als Beitrag zur Verbesserung des Klimaschutzes, zur Schonung der natürlichen Ressourcen und zur CO<sup>2</sup>-Bindung – FZ4CoC«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Vorträge: »Motivation und Zielstellung des Projekts FZ4CoC«; »Zusammenhänge und Wirkungsbereiche Forstlicher Zertifizierungssysteme«; »Forstliche Zertifizierung: Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung und Handlungsempfehlungen« (Dr.-Ing. Ina Ehrhardt)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dr. rer. pol. Bettina Heise

Forscherinnen und Forscher vom Fraunhofer IFF haben im Ergebnis des Projekts »FZ4CoC« Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger aus der Wald- und Forstwirtschaft erarbeitet, um Licht in den »Dschungel« der Zertifikate zu bringen. So sollen u. a. bestehende Hemmnisse beim Ausbau der Zertifizierung in Sachsen-Anhalt abgebaut werden.

Neben der Förderung durch das Land Sachsen-Anhalt wurde das Projekt durch eine Vielzahl von Partnern aus Sachsen-Anhalt, wie dem Landesforstbetrieb, dem Landeszentrum Wald, dem Waldbesitzerverband und der Arbeitsgemeinschaft forstlicher Lohnunternehmer, der Holzindustrie sowie den regionalen PEFC- und FSC-Arbeitsgruppen, unterstützt.



1. April 2015, Magdeburg

### **7. Workshop »Energieeffiziente Produktion: Lebensmittelproduktion«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Vorträge: »Ergebnisse der Online-Umfrage ›Lebensmittel energieoptimiert produzieren‹«; »Optimieren – Ja, doch wo ist das Ende?« (Dipl.-Ing. Carsten Keichel)

Wie es gelingen kann, mit wenigen Maßnahmen kurzfristig Effekte zu schaffen und damit langfristig weniger Energie und Ressourcen in der Produktion zu verbrauchen, stand im Fokus des Workshops. An konkreten Beispielen wurde gezeigt, wie unentdeckte Potenziale der Produktion nutzbar gemacht werden können.

9. April 2015, Marienborn

### **Projektpräsentation ANIKA**

Veranstalter: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; Fraunhofer IFF; ifak e. V.

Vortrag: »ANIKA Sachsen-Anhalt – Konzepte zur Energieversorgung und Validierung mittels Infrastrukturmodell« (Dipl.-Inf. Tobias Kutzler)

Exponat: »Virtuelles Infrastrukturmodell (Simulationsmodell von Verkehrsdynamik und Netzwerkkommunikation)«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Phys. Bastian Sander

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk, Dipl.-Geograph Andreas Müller, Dipl.-Ing. Holger Seidel

13. – 17. April 2015, Hannover

### **Hannover Messe 2015**

#### **Fraunhofer IFF auf dem Stand TÜV Nord**

Exponat: »Mobiles Assistenzsystem für die Prüfung von Industrieanlagen«

Fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Rüdiger Mecke, Dipl.-Ing. Torsten Böhme, Dr.-Ing. Marco Franke, Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Möser M. Sc.

Unter dem Schlagwort Industrie 4.0 wandeln sich Produktionsanlagen zu komplexen cyber-physischen Systemen, die mechanische Objekte mit eingebetteter Software über das Internet vernetzen. Auch das traditionelle Prüfgeschäft ändert sich mit digitalen Technologien. Auf der Hannover Messe 2015 stellten der TÜV NORD und das Fraunhofer IFF ein mobiles Assistenzsystem für die Prüfung von Industrieanlagen vor.

Digitale Technologien, wie mobile Assistenzsysteme, Virtual Engineering oder Augmented Reality, bringen viele Vorteile für die technische Inspektion. Hierzu kooperierte TÜV NORD mit

*1 Für mehr Sicherheit auf den Straßen: Mit dem Projekt ANIKA werden Notrufsäulen an Autobahnen zur V2I-Kommunikation aufgerüstet, um Fahrer künftig rechtzeitig vor Verkehrsrisiken zu warnen: (v.l.) Harry Evers, Geschäftsführer ITS automotive nord GmbH, Daniela Behrens, Staatssekretärin im niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Dr. Klaus Klang, Staatssekretär im Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, und Andreas Müller, Galileo-Testfeld für Logistik und Verkehrstelematik (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg).*

*2 Dipl.-Ing. Torsten Böhme (2. v. r.) präsentiert Scheich Khalifa bin Jassim Al-Thani, Präsident der Industrie- und Handelskammer von Katar, und Dr. Dirk Stenkamp, Mitglied des Vorstands der TÜV NORD GROUP (v. l.), das Messe-Exponat zum gemeinsamen Projekt.*



3



4

dem Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF aus Magdeburg. Das Forschungsinstitut entwickelte mit diesen Technologien Systemlösungen für intelligente Arbeitssysteme; TÜV NORD brachte das Know-how aus der Prüfung komplexer Industrieanlagen ein. Das strategische Ziel der Zusammenarbeit ist, innovative Technologien für das Dienstleistungsangebot von TÜV NORD zu entwickeln und in konkreten Anwendungen einzusetzen. Gemeinsam arbeiteten die Partner in einem Pilotprojekt zusammen. Bei der sogenannten »Cyber Inspection« wollen die Experten zukünftig mobile Assistenzsysteme für Prüfdienstleistungen einsetzen.

#### **Fraunhofer IFF auf dem Stand des Fraunhofer-Vereins Produktion**

Exponat: »Leitstand für eine energiegesteuerte Fabrik«  
 Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Wirt.-Ing. Fabian Behrendt, Dr.-Ing. Bartłomiej Arendarski, Stephan Balischewski M. Sc., Corinna Brandt B. A., Andy Gottschalk M. A., Dr.-Inform. Kathleen Hänsch, Marie Christin Henkel, Dipl.-Wirt.-Ing. Marc Kujath, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Robert Kummer, Dr.-Ing. Pio Alessandro Lombardi, Dipl.-Ing.-Inf. Alexander Pelzer, Sarah Rosenbohm B. Sc., Dipl.-Phys. Bastian Sander M. Sc., Dipl.-Ing. Holger Seidel, Tabea Tripke B. Sc., Andreas Wiedemann B. Sc.

#### **Fraunhofer IFF auf dem Stand des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI)**

Exponat: »Präsentation des Fraunhofer IFF als attraktiver Arbeitgeber für Ingenieure«  
 Fachliche Mitwirkung: Andy Gottschalk M. A., Corinna Brandt B. A.

15. April 2015, Hannover

#### **Forum Industrie 4.0 auf der Hannover Messe 2015**

Veranstalter: Deutsche Messe AG  
 Vortrag: »Industrie 4.0-Checkup – Identifizierung von Reifegrad und Potenzialen« (Prof. Dr. sc. techn. Ulrich Schmucker)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Sebastian Häberer B. Sc.

15. April 2015, Bad Münde

#### **Gemeinsame Sitzung der Industriegruppen Kautschuk und Glas**

Veranstalter: IG Bergbau, Chemie, Energie  
 Vortrag: »Produktionsarbeit im Wandel – Industrie 4.0 – Smart Factory« (Dipl.-Ing. Holger Seidel)

16. April 2015, Magdeburg

#### **8. Workshop »Energieeffiziente Produktion: Kurzfristige Einsparpotenziale in der Strom- und Wärmeversorgung am Beispiel industrieller und kommunaler Objekte«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF  
 Vorträge: »Betriebstechnische Optimierung von Heizkesselanlagen«; »Gewinnsteigerung einer Eigenstromerzeugung durch Flexibilisierung und Optimierung« (Dipl.-Ing. Marcus Kögler)

Viele Produktionsbetriebe und Gebäudekomplexe werden über Versorgungsanlagen und -netze mit Strom und Wärme versorgt. Ob Heizanlage, Heizhaus oder Eigenstromversorgung – die Anlagen unterliegen im laufenden Betrieb Veränderungen, die häufig schon nach wenigen Betriebsjahren zu Abweichungen gegenüber dem ursprünglichen Planungszustand führen. Die Folge sind oft steigende Betriebs- und Energiekosten. Hier liegen Einsparpotenziale, die es zu heben gilt. Wie das geht, zeigten die Fraunhofer IFF-Experten in diesem Workshop, der im Rahmen des Innovationsclusters »ER-WIN®« ausgerichtet wurde.

*3 Demonstration von Digital Engineering-Lösungen des Fraunhofer IFF für eine energiegesteuerte Fabrik auf der Hannover Messe 2015.*

*4 Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, gemeinsam mit Bundesministerin für Bildung und Forschung Prof. Dr. Johanna Wanka auf dem Stand Verbund Produktion der Fraunhofer-Gesellschaft.*



16. April – 3. Juni 2015, Magdeburg

**18. Gastvortragsreihe Logistik »Logistik als Arbeitsfeld der Zukunft«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Schirmherrschaft: Thomas Webel, Minister für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt

Fachliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk,

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter, Dipl.-Ing. Holger Seidel

Organisation: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Fabian Behrendt

Logistik ist ein Arbeitsfeld mit Zukunft. In der Diskussion um teure Mitarbeiter und hohe Produktivität wird immer mehr klar, dass althergebrachte Produktions-, Handels- und Dienstleistungskonzepte nicht ausreichen, um Arbeitsplätze und Wohlstand zu sichern. Die Logistik beschäftigt sich in Wissenschaft und Praxis mit der Suche nach neuen Lösungen der Planung und Steuerung, der Optimierung und Umgestaltung ganzheitlicher Systeme. Dieser realen Vision fühlt sich die Gastvortragsreihe Logistik verpflichtet, die im Jahr 2015 bereits zum 18. Mal durchgeführt wurde.

23. April 2015, Magdeburg

**Girls' Day in Forschung und Entwicklung**

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Fachübers. (FH) Katja Krombholz,

Andy Gottschalk M. A., Dipl.-Ing. Tina Haase, Dipl.-Phys.

Sabine Szlyer, Dipl.-Ing. Ronny Franke, Dr.-Ing. Katharina

Holstein, Betty Appelt M. Sc., Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller

Am »Girls' Day« konnten die Mädchen das Institut und die alltägliche Arbeit einer Wissenschaftlerin bei Fraunhofer kennenlernen. Zwei Workshops gaben ihnen Gelegenheit, ihr Geschick im Aufbau von Lego-Robotern zu beweisen und die Möglichkeiten der virtuellen Realität zu erleben. Im »Science-Talk« bestand die Möglichkeit, einigen Mitarbeitern Fragen zu den Berufsfeldern und Karrieremöglichkeiten bei der Fraunhofer-Gesellschaft zu stellen.

5. – 8. Mai 2015, Stuttgart

**29. Control – Internationale Fachmesse für Qualitätssicherheit**

Exponat: »Fertigungsintegriert 3D messen mit cyber-physischen Prüfsystemen im Kontext der Smart Factory in der Industrie 4.0«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Ralf Warnemünde, Dr.-Ing. Christian Teutsch

5. – 8. Mai 2015, München

**Messe »transport logistic«**

Exponat: »Virtuelle Wirtschaftsregion Magdeburg und intelligente Logistikobjekte« (Gemeinschaftsstand der IMG – Investitions- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt mbH)

Fachliche Mitwirkung: Sebastian Häberer B. Sc., Dipl.-Ing. (FH)

Andreas Höpfner M. Sc., Dipl.-Inf. Tobias Kutzler, Dipl.-Ing.

Holger Seidel, Dipl.-Inf. (FH) André Winge

*1 Ein breites Publikum versammelte sich zur Gastvortragsreihe Logistik im Fraunhofer IFF, um die Präsentationen von hochrangigen Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft zu sehen und im Anschluss mit ihnen ins Gespräch zu kommen.*

*2 Fraunhofer hat sich zum Ziel gesetzt, den Anteil an Wissenschaftlerinnen insgesamt und besonders an weiblichen Führungskräften zu steigern. Um das Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Berufen bei jungen Mädchen zu wecken, werden Schülerinnen ab der 5. Klasse zum alljährlichen Girls' Day herzlich eingeladen.*



6. – 7. Mai 2015, Leipzig

**Messe »med.Logistica«**

Vortrag: »Sichere Geräte durch sichere Prüfprozesse – Unterstützung wiederkehrender Prüfungen an Medizinprodukten durch AutoID-Systeme« (Dr.-Ing. Frank Ryll)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Rüdiger Mecke

30. Mai 2015, Magdeburg

**10. Lange Nacht der Wissenschaft**

Veranstalter: Landeshauptstadt Magdeburg

Exponate: »Mobiler Roboterassistent«; »Roboterbasiertes Prüfen von Flugzeugrumpfschalen nach der Montage«; »Taktill- und Kapazitivsensorik zur Absicherung von Robotern bei der MRK«; »Neuartiges Sicherheitskonzept: taktiller Fußboden + Projektionstechnik zur Absicherung von industriellen MRK-Szenarien mit High-Playload-Robotern« (SAPARO inkl. Fußboden + Projektionstechnik); »Demonstrator Digital Engineering zum Entwurf von Produkten und Produktionssystemen«; »Kommissionierplatz mit Google-Brille und RFID-Armband«; »Virtuelle A 14«; »Virtuelle Wirtschaftsregion Magdeburg mit mobiler Projektionswand«; »Demontage eines virtuellen Bahn-PowerPacks« (Bahnantrieb); »Energiefresser in der Produktion entlarven« (Wertstromanalyse)

Fachliche Mitwirkung: insgesamt ca. 50 Mitarbeiter des Fraunhofer IFF

Organisation: Anna Mahler M. A., Dipl.-Des. Daniela Martin

Die Lange Nacht der Wissenschaft lockte zum zehnten Mal tausende Wissenschaftsbegeisterte und Neugierige in Forschungseinrichtungen. Das Fraunhofer IFF und das Virtual Development and Training Centre im Wissenschaftshafen öffneten ihre Türen und luden zur Entdecker-Tour durch die Welt der angewandten Forschung ein. Am Standort der MTU REMAN TECHNOLOGIES GMBH präsentierten »Forscher außer Haus« gemeinsame Forschungsprojekte für die Produktion.

15. – 19. Juni 2015, Frankfurt am Main

**ACHEMA – Internationale Leitmesse der Prozessindustrie**

Veranstalter: DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V.

Exponat: »Mobiles Assistenzsystem für die Prüfung von Industrieanlagen«

Fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Simon Adler

16. – 20. Juni 2015, Düsseldorf

**GIFA – Internationale Gießerei-Fachmesse mit Technical Forum**

Veranstalter: Messe Düsseldorf GmbH

Exponate: »Schwungmassenspeicher«; »Leitstand für energiegesteuerte Fabrik«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Wirt.-Ing. Marc Kujath, Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk

Auf der 13. Internationalen Gießerei-Fachmesse vom 16. – 20. Juni 2015 präsentierten die Fraunhofer IFF-Wissenschaftler das Innovationscluster ER-WIN® auf dem Gemeinschaftsstand des Bundesverbands der Deutschen Gießerei-Industrie. Sie stellten Leistungen und Projektbeispiele rund um das Thema Energie- und Ressourceneffizienz vor.

*3 Besucheransturm im Magdeburger Hafen zur »Langen Nacht der Wissenschaft«.*

*4 Besonders die präsentierten Robotersysteme des Fraunhofer IFF waren in der »Langen Nacht der Wissenschaft« eine Faszination für Groß und Klein.*



17. – 18. Juni 2015, Wolfsburg

### 17. Industrieforum Wolfsburg 2015

Veranstalter: Volkswagen AG; IPM GmbH

Exponate: »RFID-Armband«; »SmartGlass-Visualisierung für sichere logistische Prozesse«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jewgeni Kluth

18. Juni 2015, Berlin

### Jahreswirtschaftskonferenz »Technologiekoope- ration als Motor der deutsch-polnischen Wirtschaftsbeziehungen«

Diskussionspanel: »Wirtschaft und Forschungsinstitute aus Deutschland und Polen im Dialog«

Best Practice-Podiumsteilnehmer: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk

Weitere fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Bartłomiej Arendarski

22. – 23. Juni 2015, Magdeburg

### Global U8-Konsortium

Veranstalter: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg;  
Fraunhofer IFF

Organisation: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Fabian Behrendt

Vom 22. – 23. Juni 2015 tagte erstmalig das Global U8-Konsortium, ein weltweites Ausbildungs- und Forschungsnetzwerk zur Logistikforschung, mit den Zielen, die interkulturelle Lehre und die Entwicklung gemeinsamer Austauschprogramme sowie innovativer Curricula zu fördern, interdisziplinäre und exzellente Verbundforschungen durchzuführen sowie die globale Kooperation von Universitäten und deren Administration zu stärken. In diesem Jahr freuten sich die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und das Fraunhofer IFF, Gäste aus den Partneruniversitäten Le Havre (Frankreich) und Xiamen (China) sowie Vertreter der Universitäten Fortaleza (Brasilien), Haifa (Israel), Hull (Großbritannien), Inha (Südkorea) und Malaysia Perlis (Malaysia) begrüßen zu dürfen.

Als besonderes Highlight fand am 24. Juni 2015 der GU8-Scoping Workshop »Global Cooperation and Sustainable Development on Renewables Energies« statt. Themenschwerpunkte waren dabei u. a. Erneuerbare Energien, Energieeinsparungen sowie innovative Technologien für die energieeffiziente Produktion.

23. Juni 2015, Magdeburg

### 8. Internationaler Doktorandenworkshop

Veranstalter: The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS), Bangkok, Thailand

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski

Organisation: Dr.-Ing. Markus Koch M. Sc.

Das Institut für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und das Fraunhofer IFF Magdeburg veranstalteten gemeinsam den Internationalen Doktorandenworkshop Logistik.

Junge Wissenschaftler aus unterschiedlichen Ländern stellten im Rahmen des 8. Internationalen Doktorandenworkshops am 23. Juni 2015 ihre Forschungsarbeiten im Bereich der Logistik vor. Neben Kommunikation und kritischem Feedback, die für die wissenschaftliche Arbeit unerlässlich sind, erfüllte der Workshop auch den Zweck, persönliche Kontakte zu knüpfen.

1 Gemeinsam mit TÜV NORD präsentierte das Fraunhofer IFF auf der AICHEMA ein cyber-physisches Inspektionssystem, das mechanische Objekte in Industrieanlagen mit eingebetteter Software über das Internet vernetzt.

2 Eröffnung des 8. Internationalen Doktorandenworkshops durch IFF-Institutsleiter Prof. Michael Schenk.



3



4

24. – 25. Juni 2015, Magdeburg  
**18. IFF-Wissenschaftstage**

Veranstalter: Fraunhofer IFF  
 Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk  
 Organisation: Andreas Knittel M. A.

Die IFF-Wissenschaftstage in Magdeburg sind ein Forum für Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Das Erfolgsrezept der dreitägigen Konferenz ist eine gelungene Mischung aus aktuellen Inhalten, exzellenten Referenten und hochinteressiertem Fachpublikum.

Die Fachveranstaltungen der Konferenz widmeten sich 2015 zentralen Forschungsfragen der Logistik, des Digital Engineering und der sicheren Mensch-Roboter-Kollaboration.

In den Vorträgen, im persönlichen Austausch und auf der begleitenden Fachausstellung konnten die Teilnehmer der 18. IFF-Wissenschaftstage vom 24. – 25. Juni 2015 Einblicke in aktuelle Forschungsvorhaben und Projekte erhalten, die Wissenschaftler und Industriepartner gemeinsam umsetzen.

### Programm

- 24. – 25. Juni 2015  
**12. Fachtagung »Digital Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme«**
- 24. – 25. Juni 2015  
**Assistenzrobotik und Mensch-Roboter-Kollaboration**
- 24. – 25. Juni 2015  
**20. Magdeburger Logistiktage – Sichere und nachhaltige Logistik**
- 24. Juni 2015  
**23. Industriearbeitskreis »Kooperation im Anlagenbau«**
- 24. Juni 2015  
**IFForum »Wirtschaft trifft Wissenschaft«**
- 25. Juni 2015  
**Workshop »Wäschereien der Zukunft – Technologien, Menschen, Produkte«**

3 Eröffnung der 18. IFF-Wissenschaftstage.  
 4 Neben den Fachvorträgen luden die Pausen sowohl zum fachlichen Networking als auch zum geselligen Get-together ein.



24. – 25. Juni 2015

### 12. Fachtagung »Digital Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme«

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk, Prof. Dr. sc. techn. Ulrich Schmucker, Dr.-Ing. Marco Schumann  
 Vorträge: »Industrie 4.0 Check-up« (Dipl.-Ing. Holger Seidel); »Ein integriertes und durchgängiges Fertigungsplanungssystem für das hochgenaue Bahn- und Punktschweißen« (Dipl.-Inf. (FH) Matthias Kennel); »CyberInspection: Mobiles Assistenzsystem für die Aufzugsprüfung« (Dr.-Ing. Simon Adler)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr. sc. techn. Ulrich Schmucker, Dr.-Ing. Marco Schumann  
 Organisation: Betriebswirtin (VWA) Beate Ziller

Ein Schwerpunkt der 12. Fachtagung »Digital Engineering« war neben der Umsetzung der technischen Aspekte von Industrie 4.0 die Rolle des Menschen in diesem Prozess, insbesondere die Veränderungen hinsichtlich der Fachkräfteausbildung. Herausforderungen des Fachkräftemangels und zukünftige Anforderungen an den Menschen in der Fabrik im Umgang mit hochtechnologischen, vernetzten Systemen rückten zudem in den Fokus. Die Fachtagung bot Experten, Entscheidern und Forschern die Möglichkeit, Erfahrungen mit anderen Experten auszutauschen und ihre Netzwerke zu erweitern.

24. – 25. Juni 2015

### Assistenzrobotik und Mensch-Roboter-Kollaboration

Wissenschaftliche Leitung: Dr. techn. Norbert Elkmann  
 Vorträge: »Mobile Assistenzroboter: Architektur und Programmierung universeller Helfer« (Dipl.-Ing. Christoph Walter); »Studien zur Bestimmung biomechanischer Grenzwerte für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration« (Dipl.-Ing. Roland Behrens)  
 Organisation: Dipl.-Fachübers. (FH) Katja Krombholz

Im Fokus der alle zwei Jahre stattfindenden Fachtagung »Assistenzrobotik und Mensch-Roboter-Kollaboration« stand das zentrale Thema der aktuellen Roboterforschung: der Roboter als Assistent des Menschen und die Kollaboration und Interaktion zwischen Mensch und Roboter. Neben erstklassigen Referenten aus Wissenschaft und Forschung zeigte die Begleitausstellung die neuesten Entwicklungen und Technologien des Fraunhofer IFF sowie aus Industrie und Wissenschaft zu dem Thema Assistenzrobotik und Mensch-Roboter-Kollaboration.

- 1 *Im Virtual Development and Training Centre des Fraunhofer IFF hatten auch andere Unternehmen während der IFF-Wissenschaftstage die Möglichkeit, ihre neuesten Entwicklungen zur Virtual Reality in der Wirtschaft zu präsentieren.*
- 2 *Bei der Besichtigung der ausgestellten Exponate erhielten die Teilnehmer u. a. interessante Einblicke in aktuelle Technologien zur sicheren Mensch-Roboter-Kollaboration am Fraunhofer IFF.*





24. – 25. Juni 2015

### 20. Magdeburger Logistiktage – Sichere und nachhaltige Logistik

Co-Veranstalter: Institut für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
 Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk, Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek  
 Vorträge: »Cyberdatensouveränität in der Logistik« (Dipl.-Sporting. Dipl.-Ing. Hagen Borstell); »Prozesse verbessern – Was kann Simulation im Unternehmen leisten?« (Dr.-Ing. Tobias Reggelin); »Simulationsbasiertes Re-Engineering eines Oberflächenbehandlungsprozesses« (PD Dr. rer. nat. habil. Juri Tolujew); »Laufweganalyse und Kollisionsuntersuchung in der Montageplanung mit Hilfe von Simulation und Visualisierung« (Dipl.-Ing. Steffen Masik); »Optimierung innerbetrieblicher Logistikprozesse mit Hilfe von Simulation und Virtual Reality« (Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner M. Sc., Dipl.-Inf. Tobias Kutzler); »Ressourcen- und Energieeffizienz im Unternehmen mit Simulation verbessern« (Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter, Dr.-Ing. Frank Ryll, Dipl.-Ing. Holger Seidel  
 Organisation: Dipl.-Math. Annegret Brandau, Dipl.-Wirtsch.-Inf. Oliver Meier

Neben Vorträgen aus Forschung und Entwicklung zu den neuesten Erkenntnissen, Methoden und Techniken für eine sichere und nachhaltige Logistik stellten sich die Impulsreferenten auf der Podiumsdiskussion der Frage, wie die Logistik durch Digitalisierung schlanker und ressourceneffizienter gestaltet werden kann. Im Fokus der vier Workshops zu Themenbereichen wie »Intelligente Logistik« und »Wäscherei der Zukunft« standen Best Practices und die gemeinsame Diskussion über die neuesten Trends und Entwicklungen in der Logistik.

24. Juni 2015

### 23. Industriearbeitskreis »Kooperation im Anlagenbau«

Schwerpunktthema: »Digitale Intelligenz im Maschinen- und Anlagenbau«

Vorträge: »Potenziale virtueller 3D-Industrieparkmodelle in der ganzheitlichen Standortentwicklung und im ressourceneffizienten Betrieb« (Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner M. Sc.); »Gesicherte Informationen auf Anlagenbaustellen« (Dipl.-Inf. Bernd Gebert)

Fachliche Leitung und Organisation: Dipl.-Ing. Andrea Urbansky

Das Thema des 23. Industriearbeitskreises lautete »Digitale Intelligenz im Maschinen und Anlagenbau« und baute somit auf dem Industriearbeitskreis im November 2014 mit dem Thema »Digitalisierung der Wertschöpfungskette/Industrie 4.0 im Anlagenbau« auf. Industrie 4.0 ist der Zukunftsweg, dem sich vor allem der Maschinen- und Anlagenbau nicht entziehen kann, um seine Wettbewerbsfähigkeit zu halten und auszubauen. Besonders interessant sind dabei Überlegungen einer gesamtheitlichen Digitalisierung der Fabrik-, Maschinen- und Anlagenprozesse. Die Schwerpunkte der Veranstaltung lagen in der Herausarbeitung von unternehmensinternen und -externen Anforderungen an die Geschäftsprozesse und im Aufzeigen von Best Practice-Beispielen aktueller Methoden und Technologien.

3 | 4 *Intensiver Austausch unter Experten während der IFF-Wissenschaftstage.*



25. Juni 2015

**Workshop »Wäschereien der Zukunft – Technologien, Menschen, Produkte«**

Schwerpunktthemen: »Kreislaufführung von Wäscherei-abwässern durch Wasseraufbereitung«; »Simulation als Werkzeug zur Produktionsplanung, für Energiemanagementsysteme und zur Personaleinsatzplanung«

Fachliche Leitung und Organisation: Dr.-Ing. Annegret Brandau, Dr.-Ing. Frank Ryll, Dipl.-Ing. Christian Lüdigg

1. Juli 2015, Magdeburg

**Energieauditforum**

Veranstalter: e-SCAN® AKADEMIE der BWI GmbH; LENA Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH; ÖHMI EuroCert® GmbH; RKW Sachsen-Anhalt GmbH

Planspiel: »Energie in der Produktion – Zwischen Bauchgefühl und Planungsnot«

Exponat: »Schwungmassenspeicher«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Wirt.-Ing. Marc Kujath, Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk, Dipl.-Ing. Carsten Keichel

3. Juli 2015, Astana, Kasachstan

**Internationale Konferenz zur Zukunft der deutsch-kasachischen Beziehungen**

Veranstalter: Robert Bosch-Zentrum der DGAP in Zusammenarbeit mit der kasachischen Botschaft

Vortrag: »Zukunftsstrategien der deutsch-kasachischen Beziehungen« (Prof. Dipl.-Betriebswirt Burghard Scheel)

7. Juli 2015, Magdeburg

**Pressefest des Ministeriums für Landesentwicklung und Verkehr – Grüne Mobilitätskette**

Exponate: »Virtuelle A14«; »Virtuelle Wirtschaftsregion Magdeburg mit mobiler Projektionswand«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Marco Danneberg, Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner M. Sc., Dipl.-Inf. Tobias Kutzler, Dr.-Ing. Christoph Wenge, Anna-Kristina Mahler M. A., Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller

<sup>1</sup> Auf dem Energieauditforum präsentierte das Fraunhofer IFF Informationen und Lösungen rund um das Thema Energieeffizienz sowie Energiemanagementsysteme.



2



3

9. Juli 2015, Magdeburg

### 7. Magdeburger Firmenstaffel

Organisation: Betriebswirtin (VWA) Beate Ziller, Jenny Dittbrenner, Maraike Müller

Unter dem Motto »Laufen, Motivieren, Netzwerken!« fand am 9. Juli 2015 die inzwischen 7. Magdeburger Firmenstaffel statt. Das Fraunhofer IFF war mit insgesamt sieben Teams vertreten (davon fünf Teams in der Wertungskategorie »Herren« sowie jeweils ein Team in den Kategorien »Mixed« und »Damen«). Die drei Kilometer lange Strecke führte durch den Elbauenpark, vorbei am Jahrtausendturm und am Pappelsee.

9. Juli 2015, Barleben

### 15 Jahre Sachsen-Anhalt MAHREG Automotive

Veranstalter: Cluster MAHREG Automotive

Präsentation des Fraunhofer IFF-Leistungsportfolios:

Anna-Kristina Mahler M. A.

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller

10. August 2015, Bangkok, Thailand

### Opening Ceremony – Promotion Centre for the Development of Company R&D Centres in Thailand (CRDC)

Veranstalter: Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS), Bangkok, Thailand; Ministry of Science and Technology (MOST) Thailand; National Science Technology and Innovation Policy Office (STI), Thailand

Vortrag: »Virtual Reality – Expertise and Applications at Fraunhofer IFF Germany« (Dipl.-Ing. Ralf Opierszynski)

25. August 2015, Jena

### Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel zu Besuch am Fraunhofer IOF in Jena

Exponat: »Modellbasierte Montage – Ein Arbeitsplatz der Zukunft«

Fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Dirk Berndt, Dipl.-Inform.

Steffen Sauer

Am 25. August 2015 besuchte der Bundesminister für Wirtschaft und Energie Sigmar Gabriel das Fraunhofer IOF in Jena während seiner Sommerreise durch die neuen Bundesländer. Im Fokus seines Besuchs standen die Optik- und Photonikbranche, neue Modelle zur Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sowie die Mensch-Maschine-Interaktion in zukünftigen Arbeits- und Lebenswelten.

Im Rahmen eines Presserundgangs wurden dem Minister Forschungshighlights aus den Bereichen Luft- und Weltraum sowie der Mensch-Maschine-Kommunikation und -Interaktion demonstriert. Mit besonderem Interesse probierte der Bundesminister den mit visueller Montageassistenz ausgestatteten »Arbeitsplatz der Zukunft« des Fraunhofer IFF aus.

2 *Der Firmenstaffellauf – das sportlichste Meeting in Magdeburg: Auch die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFF waren mit bester Laune vorn dabei. Hier Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk.*

3 *Bundesminister für Wirtschaft und Energie Sigmar Gabriel (3. v. r.) nebst IFF-Experte für Mess- und Prüftechnik Dipl.-Inform. Steffen Sauer (r.) am »Arbeitsplatz der Zukunft«.*



2. September 2015, Bangkok, Thailand

**FTPI 20th Anniversary Productivity Conference/  
Industry 4.0 »The Future Revolution of Productivity  
and Competitiveness«**

Veranstalter: Thailand Productivity Institute (FTPI), Thailand;  
The Federation of Thai Industries (FTI), Thailand; Asian Pro-  
ductivity Organisation (APO), Japan

Vortrag: »Industry 4.0 – R&D Portfolio, Expertise and Refer-  
ences of the Fraunhofer Society Germany« (Dipl.-Ing. Ralf  
Opierzynski)

28. – 29. September 2015, Düsseldorf

**RFID tomorrow 2015**

Veranstalter: RFID im Blick

Vortrag: »Grundlagen, Testsznarien und Ausblicke – RFID in  
Logistik und Produktion« und Moderation »Forum 2 – In-  
dustrie – keine Innovation in der Industrie ohne RFID« (Prof.  
Dr.-Ing. Klaus Richter)

Exponat: »Technische Systemlösung für eine prozess-  
integrierte Objektidentifikation mittels RFID-Armband«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Martin Kirch

1. Oktober 2015, Magdeburg

**Auftakt-Veranstaltung »DynaGridCenter – Dynamische  
Netzleitwarten«**

Veranstalter: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg;  
Fraunhofer IFF

Fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Dipl.-Ing.-Inf. Alexander Pelzer, Dr.-Inform. Kathleen Hänsch,  
Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller

In Mitteldeutschland wird ein einzigartiges Versuchslabor  
entstehen, in dem Wissenschaftler die Herausforderungen im  
Hochspannungsnetz der Zukunft simulieren und erforschen  
können. Spezialisten der Otto-von-Guericke-Universität Mag-  
deburg, der Technischen Universität Ilmenau und der Ruhr-  
Universität Bochum entwickeln gemeinsam mit den Forschern  
des Fraunhofer IFF sowie des Fraunhofer AST/IOSB Ilmenau  
und der Siemens AG als Konsortialführer in den nächsten drei  
Jahren Steuerungs- und Regelungstechnologien, die das deut-  
sche Strom-Transportnetz auf die Anforderungen der Energie-  
wende vorbereiten. Das Bundesministerium für Wirtschaft  
und Energie unterstützt das Forschungsprojekt mit rund fünf  
Millionen Euro.

*1 Dipl.-Ing. Martin Kirch und Dipl.-Ing.  
Jewgeni Kluth (Mitte, v.l.) vom Fraunhofer  
IFF im Gespräch mit interessierten Besu-  
chern auf der RFID tomorrow.*

*2 Prof. Martin Wolter (l.), Institut für  
Elektrische Energiesysteme, und Dr.-Ing.  
Przemyslaw Komarnicki (r.), Experte für  
elektrische Energiesysteme, gehören zu  
den Forschern, die in Mitteldeutschland  
gemeinsam im DynaGridCenter wirken.*



5. – 9. Oktober 2015, Bordeaux, Frankreich

### **22nd ITS World Congress**

Veranstalter: Die Stadt Bordeaux gemeinsam mit den jeweiligen ITS-Gesellschaften der Länder Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Belgien, Dänemark, Deutschland, Italien, Österreich, Schweden und Finnland

Exponat: »Virtuelles Infrastrukturmodell« (Simulationsmodell von Verkehrsdynamik und Netzwerkkommunikation)

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Phys. Bastian Sander M. Sc.

Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Holger Seidel, Dipl.-Inf. Tobias Kutzler

7. – 9. Oktober 2015, Bangkok, Thailand

### **TGGS's 10th Anniversary – Science and Technology Exhibition**

Veranstalter: The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS), Thailand; King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB), Thailand; RWTH Aachen

Vortrag: »Innovations driven by Fraunhofer IFF Germany/R & D-, Product- and Service-Portfolio« (Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski)

8. Oktober 2015, Almaty, Kasachstan

### **IV. Deutsch-Kasachisches Logistikforum »Kasachstan als Brücke zwischen Asien und Europa«**

Veranstalter: Deutsch-Kasachische Universität (DKU) in Kooperation mit dem Fraunhofer IFF und dem Verband der deutschen Wirtschaft (VDW)

Plenarvortrag: »Zukunftsstrategien der Deutsch-Kasachischen Beziehungen« (Prof. Burghard Scheel)

10. Oktober 2015, Aachen

### **New Challenges in Neural Computations (NC<sup>2</sup>) 2015**

Veranstalter: GI Fachgruppe Neuronale Netze

Vortrag: »Polynomial approximation of spectral data in LVQ and Relevance Learning« (Dipl.-Ing. Friedrich Melchert M. Sc.)

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert

14. Oktober 2015, Taichung, Taiwan

### **Saxony-Anhalt and Industry 4.0 – Smart solutions for smart companies**

Veranstalter: IMG – Investitions- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt mbH (Investment and Marketing Corporation Saxony-Anhalt mbH), Magdeburg; AHK/Deutsches Wirtschaftsbüro Taipeh, Taiwan (The German Trade Office Taipei, Taiwan)

Vortrag: »Industry 4.0 – Priorities, Challenges and Potentials« (Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Holger Seidel, Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki, Dr.-Ing. Matthias Gohla

*3 Dr.-Ing. Tobias Reggelin vom Fraunhofer IFF stellte auf dem 4. Deutsch-Kasachischen Logistikforum das gemeinsame Projekt »LogCentre« mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie dem Institut für Logistik und Materialfluss der Otto-von-Guericke-Universität und der Deutsch-Kasachischen Universität vor.*

*4 Angeregter Austausch über die jüngsten Trends der Industrie 4.0 auf dem Symposium »Saxony-Anhalt: Industrie 4.0 – Smart solutions for smart companies« in Taichung, Taiwan. Links im Bild Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski vom Fraunhofer IFF.*



20. Oktober 2015, Magdeburg

**5. Mittelstandsforum »Die Arbeitswelt von morgen: Technik – Bildung – Zukunft«**

Veranstalter: BVMW Bundesverband mittelständischer Wirtschaft, Sachsen-Anhalt Nord; Fraunhofer IFF; Amt für Wirtschaftsförderung der Stadt Magdeburg; FASA Zweckverband zur Förderung des Maschinen- und Anlagenbaus Sachsen-Anhalt e. V.; VDI-Landesverband Sachsen-Anhalt  
 Vortrag: »Unsere Arbeitswelt in 20 bis 30 Jahren« (Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Holger Seidel, Dr.-Ing. Dirk Berndt

22. Oktober 2015, Wien, Österreich

**Konferenz Automatisierung in der Lebensmittelindustrie – AiL 2015**

Veranstalter: Centauro AG  
 Vortrag: »Online Qualitätssicherung in der Lebensmittelindustrie durch hyperspektrale Sensorik« (Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert)

22. Oktober 2015, Wien, Österreich

**Treff Eliteförderverein »Jugend aktiv Mitteldeutschland«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF  
 Vortrag: »Zukunftstechnologie mit Durchblick« (Dr.-Ing. Katharina Holstein)  
 Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Tina Haase, Dipl.-Ing. Ronny Franke, Dr.-Ing. Kathleen Haensch, Dipl.-Ing. Erik Trostmann, Veit Müller M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Möser M. Sc.

23. Oktober 2015, Magdeburg

**Tag der Gesundheit**

Veranstalter: Fraunhofer IFF  
 Organisation: Andy Gottschalk M. A.

Wie man die Weisheit durch »Brainfood« sprichwörtlich mit Löffeln »isst« und zahlreiche weitere interessante Tipps für eine alternative, gesunde und vor allem konzentrationsfördernde Ernährungsweise auf Basis pflanzlicher Produkte waren nur einige von vielen spannenden Programmpunkten am Tag der Gesundheit des Fraunhofer IFF. Im Sinne eines ganzheitlichen Gesundheitsmanagements des Instituts hatten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am 23. Oktober die Möglichkeit, ein umfangreiches Workshop-Angebot rund um das Thema »Gesundheitsvorsorge und Ernährung« zu besuchen. »Wir möchten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit diesem Tag motivieren, sensibler mit ihrer eigenen Gesundheit umzugehen. In den verschiedenen Kursen erhalten sie dazu interessante und wertvolle Anregungen für eine gesunde, abwechslungsreiche Ernährung, die sie ganz einfach umsetzen können«, erklärt Personalentwicklungskordinator Andy Gottschalk. Doch nicht nur auf die Ernährung kommt es an. Deshalb widmete sich das Tagesprogramm auch körperlichen Anwendungen, wie beispielsweise Massagen oder Yoga, für einen gestärkten und gleichzeitig entspannten Körper.

27. – 28. Oktober 2015, Augsburg

**Fachkonferenz »Roboter in der Automobilindustrie«**

Veranstalter: Süddeutscher Verlag Veranstaltungen GmbH  
 Vortrag: »Neue Entwicklungen zur sicheren Mensch-Roboter-Kollaboration« (Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann)

*1 Gesunde Ernährung war eines der Themen am »Tag der Gesundheit« am Fraunhofer IFF.*



28. – 30. Oktober 2015, Berlin

### 32. Deutscher Logistik-Kongress

Veranstalter: Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V.

Exponate: »Digitale Logistik – für mehr Effizienz, Sicherheit und Transparenz«; »Interaktiver Präsentationsscreen zum »Industrie 4.0-CheckUp« als Unternehmens-Reifegrad-Einschätzung« u. a. mit dem Planspiel »Energie in der Produktion – Zwischen Bauchgefühl und Planungsnot« und der »Demonstrationsoberfläche für RFID-gestützte Prüfprozesse »ELISA 2.0««; »Themenüberblick zum e-Airport – EGNSS für effiziente Flughafen-Prozesse und Demonstration von RFID-Armband und Datenbrille«

Fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk, Sebastian Häberer B. Sc., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jewgeni Kluth, Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk, Dipl.-Wirt.-Ing. Marc Kujath, Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter, Dipl.-Ing. Holger Seidel

29. Oktober 2015, Magdeburg

### 1. Branchentreff »Hol's Holz«

Veranstalter: IMG Investments- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt mbH

Exponat: »Hyperspektrale Messtechnik für die Land- und Forstwirtschaft«

Fachliche Mitwirkung: Dr.-Ing. Ina Ehrhardt, Dipl.-Inf. Uwe Knauer

29. Oktober 2015, Magdeburg

### 9. Workshop »Energieeffiziente Produktion: Thermen und Schwimmbäder – Energieeffizienz in warmwasserbasierten Heizzentralen«

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Vortrag: »Begrüßung und Vorstellung des Fraunhofer IFF« (Dr.-Ing. Nico Zobel)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Andreas Lehwald

5. – 6. November 2015, Ho Chi Minh City, Vietnam

### Workshop »Industrial Relation and Technology Transfer: From Theory to Practice«

Veranstalter: The Vietnamese-German-University (VGU), Vietnam

Vortrag: »Applied Research at Fraunhofer IFF Magdeburg »Industrial Relation and Technology Transfer: From Theory to Practice«« (Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski)

16. – 17. November 2015, Bandung, Indonesien

### International Conference on Information Technology Systems and Innovation

Veranstalter: Institute of Technology Bandung (ITB)

Vortrag: »Internet of Things: Technology and Application of Industry 4.0« (Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski)

17. November 2015, Magdeburg

### Abschlussveranstaltung Knowledge 4.0

Veranstalter: Hochschulzentrum CeDEMO der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Vortrag: »Digital Engineering, Management & Operations im Zeitalter von Industrie 4.0« (Dr.-Ing. Simon Adler)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Stefan Leye, Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk

2 Durch die im EU-Projekt e-Airport entwickelten Ortungssysteme können die Prozesse auf den Vorfeldern am Flughafen effizienter gesteuert werden.

3 Früherkennung aus der Luft: Auf dem Branchentreff »Hol's Holz« erläutert Uwe Knauer vom Fraunhofer IFF dem Minister für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt Dr. Hermann Onko Aeikens wie der Gesundheitszustand von Wäldern auf Basis von Hyperspektraltechnik nichtinvasiv bestimmt werden kann.



18. November 2015, Magdeburg

#### **24. Industriearbeitskreis »Kooperation im Anlagenbau«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk

Fachliche Organisation: Dipl.-Ing. Andrea Urbansky

Vorträge: »Die Initiative des Landes Sachsen-Anhalt ›Industrie 4.0 – Digitale Baustelle« (Dipl.-Ing. Andrea Urbansky, Dipl.-Ing. Udo Ramin, TEC EPM GmbH); »Der virtuelle, interaktive Chemie- und Industriepark« (Dipl.-Ing. Nicole Mencke)

19. November 2015, Düsseldorf

#### **Verleihung des VDI-Ehrenzeichens an Professor E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller**

Veranstalter: VDI Verein Deutscher Ingenieure

Im Rahmen der VDI-Vorstandsversammlung am 19. November 2015 überreichte VDI-Präsident Prof. Dr.-Ing. Udo Ungeheuer das Ehrenzeichen des VDI an Herrn Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller, stellvertretender Leiter des Fraunhofer IFF, für seinen langjährigen und unermüdlichen Einsatz bei der Förderung der Ingenieurwissenschaften.

Gerhard Müller ist ein unermüdlicher Förderer der Ingenieurwissenschaften in Sachsen-Anhalt und ist weit über die Landesgrenzen hinaus als herausragender Wissenschaftler und mutiger Wissenschaftsmanager bekannt. Seinem anwendungs- und nachhaltigkeitsorientierten Forscherweitblick und der intensiven Förderung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft ist es zu verdanken, dass das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Sachsen-Anhalt auf den zukunftsweisenden Gebieten der Produktion, Logistik und Energietechnik einen exzellenten Ruf genießt. Besonders zu betonen sind auch sein Engagement und öffentliches Eintreten für die Heranführung junger Menschen an die Technik und sein Einsatz für die technische Bildung. Als Initiator zahlreicher Kooperationen mit Schulen, als Unterstützer beim Aufbau von VDI-Partnerschulen in Sachsen-Anhalt und als Förderer des ingenieurwissenschaftlichen

Nachwuchses bietet er mit dem Fraunhofer IFF als anwendungsorientiertem Forschungsinstitut in Sachsen-Anhalt eine nachhaltige berufliche Perspektive.

Den Verein Deutscher Ingenieure unterstützt Gerhard Müller nicht nur vor Ort beim Landesverband Sachsen-Anhalt, sondern seit 1997 auch auf technisch-wissenschaftlicher Ebene in der VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik als Mitglied des Vorstands und Beirats sowie als Mitglied und stellvertretender Vorsitzender in zahlreichen Fachausschüssen.

20. November 2015, Magdeburg

#### **17. Forschungskolloquium am Fraunhofer IFF »Arbeitssysteme der Zukunft«**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Vorträge: »Manipulation unbekannter Mechanismen mit Hilfe eines autonomen Assistenzroboters« (Magnus Hanses M. Sc.); »Durchgängigkeit von der Entwicklung bis zum Betrieb – mobiles Assistenzsystem für den Service von Maschinen und Anlagen« (Dipl.-Inform. Alexa Kernchen); »Funktionale Approximation von Spektraldaten zur Steigerung der Klassifikationsleistung in GMLVQ« (Dipl.-Ing. Friedrich Melchert M. Sc.); »Automatische Handlungserkennung mittels Lernverfahren für eine Werkerunterstützung« (Florian Warschewske M. Sc.)

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann, Dr.-Ing. Dirk Berndt

*1 Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller mit dem verliehenen VDI-Ehrenzeichen.*





24. – 26. November 2015, Nürnberg

**SPS IPC Drives 2015**

Exponat: »Demonstrator Virtuelle Inbetriebnahme – Vorstellung des Softwaresystems ›VINCENT‹«

Fachliche Mitwirkung: Dipl.-Ing. Torsten Böhme, Dipl.-Inform. (FH) Matthias Kennel, Dr.-Ing. Marco Franke, Dr.-Ing. Andriy Telesh

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr. sc. techn. Ulrich Schmucker, Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Möser M. Sc.

25. November 2015, Adelaide, Australien

**Workshop on progress of objective Powdery Mildew assessment**

Vortrag: »Powdery Mildew Detection using Hyperspectral Imaging« (Dipl.-Inf. Uwe Knauer)

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert

30. November 2015, Eindhoven, Niederlande

**Fall Meeting 2015 of the Dutch Society of Pattern Recognition and Image Processing**

Vortrag: »Using polynomial approximation to improve classification of spectral data« (Dipl.-Ing. Friedrich Melchert)

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert

7. – 10. Dezember 2015, Kapstadt, Südafrika

**6th IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM 2015)**

Veranstalter: IEEE Computational Intelligence Society Data Mining Technical Committee

Vortrag: »Evaluation of Fusion Methods for Gamma-divergence based Neural Network Ensembles« (Dr. Andreas Backhaus)

Weitere fachliche Mitwirkung: Dipl.-Inf. Uwe Knauer, Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert

9. Dezember 2015, Berlin

**Innovation Days 2015**

Veranstalter: Partnering One

Vortrag: »Novel Hyperspectral Sensors for Quantitative Assessment of Health and Nutrition State of Crop Plants« (Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert)

9. – 11. Dezember 2015, Sydney, Australien

**9th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT2015)**

Veranstalter: University of New South Wales

Vortrag: »Towards grape-vine management based on mapping of airborne hyperspectral images« (Dipl.-Inf. Uwe Knauer)

Weitere fachliche Mitwirkung: Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert

14. Dezember 2015, Magdeburg

**Kinderweihnachtsfeier am Fraunhofer IFF**

Veranstalter: Fraunhofer IFF

Organisation: Dipl.-Fachübers. (FH) Katja Krombholz, Betriebswirtin (VWA) Beate Ziller

*2 Auf der SPS IPC Drives stellte das Fraunhofer IFF die Möglichkeiten des Digital Engineering für Fertigungsanlagen vor.*

*3 Aufregung und strahlende Augen bei Groß und Klein: Der Weihnachtsmann besuchte auch im Jahr 2015 das Fraunhofer IFF und beglückte den Nachwuchs mit zahlreichen Präsenten.*

# NAMEN, DATEN, VERÖFFENTLICHUNGEN



**Gremienmitarbeit  
(Auswahl)**

**ACOD Automotive Cluster  
Ostdeutschland e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Mitglied

**AG Wissenschaft der Landes-  
hauptstadt Magdeburg**

Anna-Kristina Mahler M. A.,  
Mitglied

**AMA Fachverband für  
Sensorik e. V.**

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich  
Schmucker, Mitglied

**BITKOM Bundesverband  
Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue  
Medien e. V.**

Dipl.-Inf. Tobias Kutzler,  
Dr.-Ing. Ina Ehrhardt,  
Mitglieder im Gremium und  
Mitarbeit im Dialogkreis Intelli-  
gente Mobilität

**Bundesverband BioEnergie  
e. V.**

Betty Appelt M. Sc.,  
Mitglied in der Arbeitsgruppe V  
Holzasche

**BVL Bundesvereinigung  
Logistik e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk,  
Mitglied des wissenschaftlichen  
Beirats und Ehrenmitglied der BVL  
Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Mitglied Regionalgruppe  
Sachsen-Anhalt  
Sebastian Häberer B. Sc.,  
Studentischer Regionalgruppen-  
sprecher Sachsen-Anhalt

**BWA Bundesverband für Wirt-  
schaftsförderung und Außen-  
wirtschaft e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk,  
Mitglied des Senats

**CC Ost – Carbon Composites  
e. V.**

Dr.-Ing. Dirk Berndt,  
Sprecher des Fraunhofer IFF

**CEN**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Cathrin Plate, Mitglied TC 319  
Maintenance – Europäischer  
Arbeitskreis für Normung in der  
Instandhaltung

**Cigré International Council on  
Large Electric Systems**

Dr.-Ing. Pio Alessandro Lom-  
bardi, Mitglied C6.22/Microgid  
Evolution Roadmap und Mitglied  
C6.30/The Impact of Battery  
Energy Storage Systems on  
Distribution Networks

**CLAWAR Climbing and Wal-  
king Robots Association**

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich  
Schmucker, Mitglied

**CRIS International Institute for  
Critical Infrastructures**

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Mitglied

**DAGM Deutsche Arbeits-  
gemeinschaft für Muster-  
erkennung**

Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert,  
Dr.-Ing. Andreas Herzog,  
Mitglieder

**Deutsch-Russisches Forum e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Mitglied

**Deutsche Vereinigung für  
Wasserwirtschaft, Abwasser  
und Abfall, Landesverband  
Nord-Ost (DWA Nord-Ost)**

Patric Heidecke M. Sc.,  
Mitglied

**DGZfP Deutsche Gesellschaft  
für Zerstörungsfreie Prüfung  
e. V.**

Dr.-Ing. Dirk Berndt, Mitglied  
Arbeitskreis Magdeburg

**DIN Deutsches Institut für  
Normung e. V.**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Cathrin Plate, Mitglied Normen-  
ausschuss Technische Grund-  
lagen NATG, Arbeitsausschuss  
Normung in der Instandhaltung  
NA 152-06-07 und Mitglied  
Normausschuss Informations-  
technik und Anwendungen  
NIA 043-01-031  
Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter,  
Mitglied Normausschuss Informa-  
tionstechnik und Anwendungen  
NIA 043-01-031

**DKE Deutsche Kommission  
Elektrotechnik Elektronik  
Informationstechnik im DIN  
und VDE**

Dr.-Ing. André Naumann,  
Mitglied DKE AK 952.0.14  
Dr.-Ing. Przemyslaw Komar-  
nicki, Mitglied DKE/K 261  
Systemaspekte der elektrischen  
Energieversorgung, Mitglied  
Fokusgruppe DKE/STD\_1911.5  
Netzintegration Elektromobilität  
Dr. techn. Norbert Elkmann,  
Mitglied DKE-Innovationskreis  
»Elektrotechnische Anwendun-  
gen der Robotertechnologien«

## GREMIENMITARBEIT (AUSWAHL)

### **Energiestammtisch nördliches Sachsen Anhalt der IHK Magdeburg**

Dipl.-Ing. Carsten Keichel,  
Mitglied

### **European Study on the excellence of research at European universities in robotics**

Dr. techn. Norbert Elkmann,  
Mitglied der Expertenkommission

### **FASA e. V. – Zweckverband zur Förderung des Maschinen- und Anlagenbaus in Sachsen und Sachsen-Anhalt**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Vorstandsmitglied  
Dipl.-Ing. Andrea Urbansky,  
Geschäftsführerin

### **FEE Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e. V.**

Dr.-Ing. Torsten Birth,  
Ansprechpartner des Fraunhofer IFF, Mitglied Arbeitsgruppe Vergasung von Biomasse

### **FNN Forum Netztechnik und Netzbetrieb im VDE**

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Mitglied Projektgruppe Netzanalyse-Szenarien 2015 -2030

### **Förderverein Kreislaufwirtschaft e. V.**

Dipl.-Ing. Frank Mewes,  
Vorstandsmitglied

### **Fraunhofer-Allianz »autoMOBILproduktion«**

Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Vertreter des Fraunhofer IFF

### **Fraunhofer Allianz BigData**

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt, Mitglied  
Dr.-Ing. Christian Teutsch,  
Sprecher des Fraunhofer IFF/  
Sprecher Cluster »Produktion & Industrie 4.0«

### **Fraunhofer-Allianz Energie**

Dr.-Ing. Matthias Gohla,  
Koordination Fraunhofer IFF-  
Aktivitäten (i. A. der Institutsleitung)

### **Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung**

Dr.-Ing. Uwe Klaeger,  
Vertreter der Institutsleitung

### **Fraunhofer-Allianz Verkehr**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Mitglied  
Dr.-Ing. Dirk Berndt,  
Sprecher des Fraunhofer IFF/  
Sprecher AG Rail

### **Fraunhofer-Allianz Vision**

Dr.-Ing. Dirk Berndt,  
Mitglied des Koordinationsrats

### **Fraunhofer-Gesellschaft**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk,  
Mitglied des Präsidiums

### **Fraunhofer-Gesellschaft Wissenschaftlich-Technischer Rat (WTR)**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Mitglied  
Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller,  
gewählter Vertreter des  
Fraunhofer IFF

### **Fraunhofer-Netzwerk**

#### **Morgenstadt**

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Olaf Poenicke,  
Mitglied

#### **Fraunhofer-Verbund**

##### **Nanotechnologien**

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich  
Schmucker, Mitglied

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

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Vorsitzender  
Dr.-Wirtsch.-Ing. Fabian  
Behrendt, Geschäftsführer

### **FVI Forum Vision Instandhaltung e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Mitglied  
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Cathrin Plate, Mitglied,  
Vertreterin des Fraunhofer IFF  
im Konsortium

### **FWV Forstwirtschaftliche Vereinigung Altmark w. V.**

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt,  
Vorsitzende des Beirats

### **GI Gesellschaft für Informatik e. V., Fachgruppe Virtuelle und Erweiterte Realität**

Dr.-Ing. Marco Schumann,  
Mitglied des Lenkungskreises

### **GOR Gesellschaft für Operations Research e. V.**

Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Mitglied

### **Hafen Hamburg Marketing e. V.**

Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Bevollmächtigter des  
Fraunhofer IFF

**HYPOS Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany e. V.**

Dr.-Ing. Frank Ryll,  
Mitgliedschaft, Themenverantwortlicher, Ansprechpartner des Fraunhofer IFF

**IEC International Electro-technical Comission**

Dr.-Inform. Kathleen Hänsch,  
Mitglied IEC TC8/WG 6  
Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Mitglied IEC TC8/WG7 General Planning, Design, Operation and Control of the Micro-Grid

**IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers**

Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert,  
Mitglied Technical Committee Data Mining  
Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Mitglied P2030.4 Draft Guide for Control and Automation Installations Applied to the Electric Power Infrastructure und Mitglied C37.118 Standard Working Group H11

**IGZ Innovations- und Gründerzentrum Magdeburg GmbH**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk,  
Beiratsmitglied

**IHK Industrie- und Handelskammer Magdeburg, Verkehrsausschuss**

Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Mitglied

**INNS International Neural Network Society**

Dr.-Ing. Andreas Herzog,  
Mitglied

**ISO International Standardization Organisation IEC**

Dr.-Inform. Kathleen Hänsch,  
Mitglied ISO/IEC 15118 PT6

**Jenoptik AG**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Mitglied des wissenschaftlichen Beirats

**Kompetenzcluster SpectroNet**

Dr.-Ing. Dirk Berndt,  
Mitglied

**LAG »Colbitz-Letzlinger-Heide«**

Betty Appelt M. Sc.,  
Mitglied Arbeitsgruppe V  
Holzasche

**Landesbeirat Holz Sachsen-Anhalt**

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt,  
Berufenes Mitglied

**Landeshauptstadt Magdeburg, Facharbeitsgruppe »Verkehr« des Umweltamts**

Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Mitglied

**Logistikbeirat beim Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt**

Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Mitglied

**LPQIVES – Leonardo Power Quality Initiative Vocational Education System Certification Board**

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Mitglied Certification Board

**MAHREG Automotive, Sachsen-Anhalt Automotive e. V.**

Prof. E. h. Dr.-Ing.  
Gerhard Müller,  
Vertreter des Fraunhofer IFF

**Marketing-Club Magdeburg e. V.**

Dipl. rer. com. Wibke Pörschke,  
Mitglied

**mmb Magdeburger Maschinenbau e. V.**

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich Schmucker, Vorstandsmitglied  
Dipl.-Ing. Andrea Urbansky,  
Mitglied

**NAM NA 060 Normenausschuss Maschinenbau**

Dr. techn. Norbert Elkmann,  
Mitglied DIN NA 060-30-02 AA  
»Roboter und Robotikgeräte«

**NAMUR-Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie**

Dr.-Ing. Nico Zobel,  
Mitglied im Arbeitskreis »Produktionsnahe Logistik«

**Netzwerk euRobotics aisbl »Promoting Excellence in European Robotics«**

Dr. techn. Norbert Elkmann,  
Repräsentant des Fraunhofer IFF

**PEFC Deutschland e. V.**

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt,  
Mitglied Arbeitsgruppe »Standards«

**Presseclub Magdeburg e. V.**

Anna-Kristina Mahler M. A.,  
Mitglied

**PR-Netzwerk Fraunhofer-Gesellschaft e. V.**

Anna-Kristina Mahler M. A.,  
Mitglied

## GREMIENMITARBEIT (AUSWAHL)

### **RAL Gütegemeinschaft Wald- und Landschaftspflege e. V.**

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt,  
Berufenes Mitglied Güte-  
ausschuss Holztransport

### **REFA Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung, Landesverband Sachsen-Anhalt**

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt,  
stellv. Vorstandsvorsitzende  
Dipl.-Ing. Holger Seidel,  
Mitglied des erweiterten  
Vorstands

### **REFA/VDG – Fachausschuss Gießerei des Verbandes für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V. und des Vereins Deutscher Gießereifachleute**

Dipl.-Math. Sonja Hintze,  
Mitglied

### **Regionale Innovationsstrategie Sachsen-Anhalt**

Dipl.-Ing. Carsten Keichel,  
Ansprechpartner für Energieeffizienz, Arbeitskreis Erneuerbare Energien sowie Mitglied Leitmarkt »Energie, Maschinen- und Anlagenbau, Ressourceneffizienz«

### **SANASA Satelliten Navigation Sachsen-Anhalt e. V.**

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter,  
Vorstandsmitglied

### **SfN Society for Neuroscience**

Dr.-Ing. Andreas Herzog,  
Mitglied

### **Smart Grid Coordination Group in the work of EU Commission**

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Mitglied Mandat M/490

### **SPIE International Society for Optics and Photonics**

Dr.-Ing. Dirk Berndt, Mitglied

### **Stadtmarketing »Pro-Magdeburg« e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Mitglied

### **TAM Transferferzentrum für Automatisierung im Maschinenbau e. V.**

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich  
Schmucker, Vorstandsmitglied  
Dipl.-Ing. Andrea Urbansky,  
Mitglied

### **Team Mobile Maintenance (TMM)**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Cathrin Plate, Mitglied Arbeitskreis Mobile Instandhaltung, Auto-ID und Kommunikation, Vertreterin des Fraunhofer IFF im Konsortium

### **Technologie- und Kompetenzzentrum organisches Reststoffrecycling**

Patric Heidecke M. Sc. ,  
Mitglied

### **TKB Technologiekontor Bremerhaven F&E Gesellschaft für die Nutzung regenerativer Energien m.b.H.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Aufsichtsratsmitglied

### **TSI Transport and Telecommunication Institute Riga, International Scientific Advisory Board**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk, Vorstandsmitglied

### **VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informations-technik e. V.**

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki,  
Mitglied Taskforce Smart Cities  
Dr.-Ing. André Naumann, Mitglied FNN-PG Kommunikations-/ Steuerungsschnittstellen  
Prof. Dr. Udo Seiffert, Dr. Andreas Herzog, Mitglieder ITG Informationstechnische Gesellschaft, Fachgruppe Hardware und Neuronale Netze

### **VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.**

Dipl.-Ing. Carsten Keichel,  
Mitglied VDI-Fachausschuss für Energieanwendungen und VDI-Fachausschuss für Ressourceneffizienz, stellv. Leiter VDI-Richtlinienausschuss zur Richtlinie 4663 (PhO)

### **VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V., Bezirksverein Magdeburg**

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter,  
Leiter Arbeitskreis Entwicklung Konstruktion Vertrieb  
Dr.-Ing. Dirk Berndt, Mitglied Arbeitskreis Produktionstechnik  
Dipl.-Ing. Andrea Urbansky,  
Mitglied Bezirksgruppe Ohre/Börde

**VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V., Fachgesellschaft GMA Mess- und Automatisierungstechnik**

Dr.-Ing. Dirk Berndt, Mitglied  
 Fachbereich 3: Fertigungsmesstechnik, FAs 3.32 Optische 3D-Messtechnik und FA 3.34 Large Volume Metrology  
 Dr.-Ing. Christian Teutsch,  
 Mitglied Fachbereich 7,  
 FA 7.24 Big Data Industrie 4.0

**VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V., Fachgesellschaft Produktion und Logistik (GPL)**

Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller, Vorstandsmitglied und stellv. Vorsitzender Fachbereich Fabrikplanung und Betrieb (GPL02)  
 Dipl.-Wirtsch.-Ing. Thomas Dengler, Dipl.-Ing. Eyk Flechtner, Dipl.-Math. Stefanie Kabelitz, Mitglieder im Fachausschuss Fabrikplanung und Mitarbeit in den Arbeitsgruppen  
 Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Cathrin Plate, Mitglied Fachausschuss Instandhaltung, Mitglied Arbeitsgemeinschaft Fokus Instandhaltung, Mitglied VDI-VDEh Forum Instandhaltung, Programmkomitee und Mitglied Fachausschuss Thermografie in der Instandhaltung

**VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V., Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)**

Dr.-Ing. Dirk Berndt, Mitglied  
 Fachbereich Informationstechnik, Fachausschuss 148 Reverse Engineering von Geometriedaten im industriellen Umfeld

**VDMA AK Track und Trace**

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter,  
 Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Cathrin Plate, Mitglieder

**WAB Windenergieagentur Bremerhaven/Bremen e. V.**

Dr.-Ing. Frank Ryll, Mitglied-  
 schaft, Ansprechpartner des  
 Fraunhofer IFF

**Wissenschaftliche Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation WGAB e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
 Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
 Michael Schenk, Mitglied  
 Hochschulgruppe

**Wissenschaftliche Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik MHI e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
 Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
 Michael Schenk, Mitglied  
 Dr. techn. Norbert Elkmann,  
 Mitglied, Ansprechpartner  
 des Fraunhofer IFF

**ZAL Tech-Transfer Produktion – Zentrum für angewandte Luftfahrtforschung**

Dr.-Ing. Dirk Berndt,  
 Mitglied, Ansprechpartner  
 des Fraunhofer IFF

**ZERE Zentrum für Regenerative Energien Sachsen-Anhalt e. V.**

Prof. E. h. Dr.-Ing.  
 Gerhard Müller, Vorstands-  
 mitglied  
 Dr.-Ing. Matthias Gohla,  
 Ansprechpartner des  
 Fraunhofer IFF  
 Dr.-Ing. André Naumann,  
 Geschäftsführer

**Zukunftsallianz Maschinenbau e. V.**

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich  
 Schmucker, Mitglied

## FORSCHUNGS- UND KOOPERATIONSPARTNER (AUSWAHL)

### Forschungs- und Kooperationspartner (Auswahl)

50Hertz Transmission GmbH, Berlin	Airborne Research Australia (ARA), Adelaide, Australien	BDLI – Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrt-industrie e. V., Berlin	Breitfeld & Schlickert GmbH, Karben
Aachener interdisziplinäres Trainingszentrum für medizinische Ausbildung, Aachen	Airbus Operations GmbH, Bremen, Stade	Bergmann Automotive GmbH, Barsinghausen	BSF Swissphoto, Schönhausen
ACE-Auto Club Europa, Berlin	Arbeitsgemeinschaft Rohholz-verbraucher e. V., Berlin	Beumer Group GmbH & Co. KG, Beckum	Bundesanstalt für Material-prüfung, Berlin
Adelwitz Technologiezentrum, Arzberg-Adelwitz	Ascona GmbH, Meckenbeuren	BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, Bremen	Bundesverband des Holztrans-portgewerbes e. V., Hannover
AEM-Anhaltische Elektromoto-renwerk Dessau GmbH, Dessau-Roßlau	assistance partner GmbH & Co. KG, München	BIGS Brandenburgisches Institut für Gesellschaft und Sicherheit, Potsdam	Business Information, Social and Marketing Research Centre (BISAM), Almaty, Kasachstan
Aernnova Aerospace S. A., Mina-no Mayor, Alava, Spanien	Atos S. A., Madrid, Spanien	Bilfinger Hochbau GmbH, Frankfurt/Main	Business Innovation Technologie GmbH, Magdeburg
Aeronautical Institute Kharkov Kharkov, Ukraine	Audi AG, Ingolstadt	Bionic Robotics, Darmstadt	Cabka GmbH und Co. KG, Weira
AfL Sachsen-Anhalt e. V., Coswig	Automation W+R, München	BKR Ingenieurbüro GmbH, Wackersdorf	Carl Zeiss Automated Inspection GmbH, Öhringen
AGCO GmbH, Marktobendorf	Avacon AG, Salzgitter	BMW AG Werk Leipzig, Leipzig	Carl Zeiss Industrielle Messtech-nik GmbH, Oberkochen
AGDW – Die Waldeigentümer e. V., Berlin	AVINOR, Oslo, Norwegen	Bosch Service Scheil, Leipzig	Caspian State University of Tech-nology and Engineering, Aktau, Kasachstan
AIDIMA Furniture, Wood, Packaging Technology Institute, Valencia, Spanien	Ayala Corporation, Manila, Philippinen	Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Cottbus	Cassidian Airborne Solutions GmbH, Bremen
Aimess Service GmbH, Burg	AZO Limited Thailand, Bangkok, Thailand	Brandenburgisches Institut für Gesellschaft und Sicherheit gGmbH, Potsdam	CEH4 technologies GmbH, Celle
	BASF AG, Ludwigshafen		Centasia Co. Ltd., Bangkok, Thailand
	BASF SE, Limburgerhof		
	BBW Recycling Mittelelbe GmbH, Magdeburg		



## FORSCHUNGS- UND KOOPERATIONSPARTNER (AUSWAHL)

CeTEC GmbH & Co. KG, München	Deister Electronic GmbH, Barsinghausen	direct process institute, Magdeburg	Enterprise Europe Network Sachsen-Anhalt, Magdeburg
Chamber of Commerce, Industry and Navigation of Valencia, Valencia, Spanien	DEKRA Akademie, Stuttgart	DMT GmbH & Co. KG, Essen	ENTSO-E, Brüssel, Belgien
Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand	Deutsche Bahn AG, Werk Paderborn, Paderborn	Domeprojection, Berlin	ERRIN European Regions Re- search and Innovation Network, Brüssel, Belgien
CHMS Coburger Handtuch- und Mattenservice, Rödental	Deutsche Bahn Fahrzeuginstand- haltung GmbH, Frankfurt/Main	Dornheim Medical Images GmbH, Magdeburg	Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estland
CLIC Center for Leading Inno- vation & Cooperation, Handels- hochschule Leipzig gGmbH, Leipzig	Deutsche Saatveredelung (DSV), Asendorf	Dorsch Consult Asia, Bangkok, Thailand	European Commission, Brüssel, Belgien
COMPLEVO GmbH, Berlin	Deutscher Forstwirtschaftsrat e. V., Berlin	DR. GRUENDLER® Ingenieur- büro für Betriebsorganisation, Magdeburg	Fachhochschule der Polizei Sachsen-Anhalt, Aschersleben
CosmoCode GmbH, Berlin	Deutsches Biomasse Forschungs- zentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig	Dr. Ing. h. c. F. Porsche Aktien- gesellschaft, Stuttgart	FAM – Magdeburger Förderanla- gen und Baumaschinen GmbH, Magdeburg
COSMO Consult TIC GmbH, Magdeburg	Deutsches Rotes Kreuz, Rettungs- dienst Mittelhessen, Marburg	Dr. Weigel Anlagenbau GmbH, Magdeburg	Fangmann Energy Services GmbH & Co. KG, Salzwedel
CP Group, Bangkok, Thailand	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. Internationales Büro des BMBF, Bonn	DTV Deutscher Textilreinigungs- verband e. V., Bonn	Fasihi GmbH, Ludwigshafen
Crewpharm GmbH, Halle	DFKI Deutsches Forschungszen- trum für künstliche Intelligenz GmbH, Kaiserslautern	ebf Dresden GmbH, Dresden	Fermacell GmbH, Calbe/Saale
CSIRO Agriculture, Adelaide, Australien	DFUV – Netzwerk der Forstunter- nehmen und Forsttechnik e. V., Tirpersdorf	EcoFys, Berlin	FGL Handelsgesellschaft mbH, Fürstenwalde
Daimler AG, Stuttgart	DHL Solutions & Innovations, Bonn	EERA European Energy Research Alliance, Brüssel, Belgien	FIEGE Logistik Holding Stiftung & Co. KG, Greven
Dawin GmbH, Troisdorf		Eltec Electronic AG, Mainz	Flughafen Leipzig/Halle GmbH, Schkeuditz
Deere & Company European Office, Mannheim		Enerparc AG, Hamburg	

## FORSCHUNGS- UND KOOPERATIONSPARTNER (AUSWAHL)

Forest Management Institute Brandys nad Labem UHUL, Bran- dys nad Labem, Tschechien	Gesa Automation GmbH, Teuchern	Hochschule für angewandte Wis- sensschaften Hamburg, Hamburg	Institute for Environmental Solutions (IES), Cesis, Lettland
Forestry and Game Management Research Institute, Strnady Opocno Research Station, Opocno, Tschechien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln  Götting KG, Lehrte	Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin, Berlin  Hochschule Mittweida, Fach- gruppe Mathematik, Mittweida	Institut technologique FCBA (Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement), Champs sur Marne, Frankreich  Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowitz, Polen
Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich	HaCon Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover	Holo3, St. Louis, Frankreich	Ionenaustauscher Bitterfeld GmbH, Bitterfeld
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Würt- temberg (FVA), Freiburg	Hafen Hamburg Marketing e. V., Hamburg	IBM Deutschland GmbH, Ehningen	IPT Pergande GmbH, Weißandt- Gölzau
Fraunhofer-Institut für Produk- tionsanlagen und Konstruktions- technik IPK, Berlin	Harting Electric GmbH, Espel- kamp  Harzer Schmalspurbahnen GmbH, Wernigerode	IHK Industrie- und Handelskam- mer Magdeburg, Magdeburg	ISL Applications GmbH, Bremerhaven
Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI, Dresden	HASA GmbH, Burg  Hasomed GmbH, Magdeburg	IIP Invest Projekt GmbH, Westeregeln	ITS Niedersachsen e. V., Braunschweig
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Wirtschafts- und Sozialpsycho- logie (WISO), Nürnberg	HAW Hamburg, Hamburg	Ikea Distribution GmbH, Dortmund	James Hutton Institute, Dundee, Großbritannien
Fundacion Comunidad Valen- ciana Región Europea, Brüssel, Belgien	HEC Hanseatische Software-, Entwicklungs- und Consulting GmbH, Bremen	Industrie und Gewerbepark GmbH, Magdeburg	James Jones & Sons Ltd., Stirlingshire, Großbritannien
Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt, Magdeburg	Herbert Kannegiesser GmbH, Vlotho	inGenics AG, Ulm	JBL Consulting, Aalen
GeoFly GmbH, Magdeburg	Hochschule Anhalt, Köthen/ Bernburg/Dessau	Ingenieurkammer Sachsen- Anhalt, Magdeburg	JENOPTIK Robot GmbH, Monheim/Rhein
		Inno-Spec GmbH, Nürnberg	Johnson Controls GmbH, Burscheid
		InnovaWood, Brüssel, Belgien	

## FORSCHUNGS- UND KOOPERATIONSPARTNER (AUSWAHL)

JSC Samruk-Kazyna, Astana, Kasachstan	Kolbus GmbH & Co. KG, Rahden  Kopterzentrale.de, Hannover	Leibniz-Institut für Neurobiologie (LIN), Magdeburg	Martin-Luther-Universität Halle- Wittenberg, Halle/Saale
Julius-Kühn-Institut (JKI), Quedlinburg und Siebeldingen	Krankenhauswäscherei Königin Elisabeth Herzberge GmbH, Berlin	Leibniz-Institut für Pflanzengene- tik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben	Maschinen- und Anlagentechnik GmbH, Magdeburg
Kasetsart University, Bangkok, Thailand	Kübler & Essig GmbH, Ebhausen	Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig	Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH, Ludwigsfelde
KETEC Ltd., Kokkola, Finnland	Kumpulan Ikram Sdn Bhd., Kajang, Malaysia	Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, Lindenberg	metraTec GmbH, Magdeburg
Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand	Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e. V., Groß Umstadt	Liebherr-Werk Biberach GmbH, Biberach	Metropolitan Waterworks Authority, Bangkok, Thailand
King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Jeddah, Saudi Arabien	LABORELEC GDF-SUEZ, Linkebeek, Belgien	Livingsolids GmbH, Magdeburg	Ministerium für Inneres und Sport des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg
King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand	Landesenergieagentur Sachsen- Anhalt (LENA), Magdeburg	Logistik Service Agentur GmbH (LSA), Bremerhaven	Ministerium für Landesentwick- lung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg
Klein Wanzlebener Saatzucht KWS AG, Einbeck	Landesforstbetrieb Sachsen- Anhalt, Magdeburg	Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen- Anhalt, Magdeburg
KLEUSBERG GmbH & Co. KG, Wissen	Landeszentrum Wald Sachsen- Anhalt, Halberstadt	Magdeburger Hafen GmbH, Magdeburg	Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen- Anhalt, Magdeburg
Kohlbach KBT, Magdeburg	LANXESS Deutschland GmbH, Leverkusen	Makerere University, Kampala, Uganda	
Kohlbach KCO Cogeneration und Bioenergie GmbH, Wolfsberg, Österreich	Lavatec Laundry Technology GmbH, Heilbronn	Mannstaedt GmbH, Troisdorf	Ministry of Agriculture, Tallinn, Estland
Kohlbecker Architekten & Ingenieure, Gaggenau	LE Mobile GmbH, Leipzig	Marseille Gyptis International, Marseille, Frankreich	Ministry of the Interior, Helsinki, Finnland
		Martin Bauer GmbH & Co. KG, Vestenbergsgruth	MITNETZ Strom, Halle/Saale

## FORSCHUNGS- UND KOOPERATIONSPARTNER (AUSWAHL)

MitSoft, Vilnius, Litauen	National Science Technology and Innovation Policy Office, Bangkok, Thailand	Panalpina Welttransport (Deutschland) GmbH, Hannover, Bremen	Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand
Mitteldeutsches Bitumenwerk GmbH, Hohenmölsen OT Webau	Naturtherme Templin GmbH, Templin	Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi, Thailand	ProCAD GmbH, Karlsruhe
MTU Aero Engines GmbH, München	NEPIC North East Process Industry Cluster, Cleveland, USA	Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Kaarst	Procter & Gamble Service GmbH, Schwalbach
MTU Friedrichshafen GmbH, Friedrichshafen	Niigata University, Dept. Chemistry and Chem. Eng., Niigata, Japan	Peace Research Institute Oslo, Oslo, Norwegen	Project: Syntrophy GmbH, Magdeburg
MTU Reman Technologies GmbH, Magdeburg	Nordhäuser Palettenbau GmbH, Nordhausen	PFAHL Systemtechnik GmbH, Gera	Provincial Electricity Authority of Thailand, Bangkok, Thailand
Munich RE, München	Nordsaat Saatzucht GmbH, Langenstein	Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Blomberg	Provitec GmbH, Neuenstadt/Kocher
Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt NASA GmbH, Magdeburg	Norsk Elektro Optikk (NEO), Lörenskog/Oslo, Norwegen	Policia Local de Valencia, Valencia, Spanien	Puschendorf Textilservice GmbH, Flechtingen
Nanotron GmbH, Berlin	Öko-control GmbH, Schönebeck/Elbe	Pozen University of Technology, Pozeb, Polen	Quadus GmbH, Ribnitz-Damgarten
National Agency for Technological Development JSC, Astana, Kasachstan	Oncotec GmbH, Dessau-Roßlau	Precis Maschinen und Anlagen Service GmbH, Brandenburg/Havel e. V.	Railenium Test & Research Centre, Famars, Frankreich
National infocommunication Holding »Zerde«, Astana, Kasachstan	Optimum Datenmanagement GmbH, Karlsruhe	Premium Aerotec GmbH, Nordenham, Augsburg	regiocom GmbH, Magdeburg
National Innovation Agency (NIA), Bangkok, Thailand	Otto Fuchs KG, Meinerzhagen	Precise Corporation Co. Ltd, Bangkok, Thailand	Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg
National Science and Technology Deleopment Agency, Bangkok, Thailand	Otto-von-Guericke-Gesellschaft Magdeburg, Magdeburg		Regionomica GmbH, Berlin
	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg		Rehability Reha-Fachhandel GmbH & Co. KG, Heidelberg

## FORSCHUNGS- UND KOOPERATIONSPARTNER (AUSWAHL)

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH), Aachen	Scheller Systemtechnik GmbH, Wismar	Stadt Magdeburg, Dezernat III Wirtschaft, Tourismus und regionale Zusammenarbeit, Magdeburg	Technological University of Takikistan, Dushanbe, Tadjikistan
Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, Niederlande	SCHIESS GmbH, Aschersleben	Stork Umweltdienste GmbH, Magdeburg	Technologiezentrum Informatik und Informationstechnik (TZI) der Universität Bremen, Bremen
Ripac-Labor GmbH, Potsdam	SchmitterGroup AG, Thüngen	Strube Resaerch GmbH & Co. KG, Schlanstedt Söllingen	Teprosa GmbH, Magdeburg
RKW Sachsen-Anhalt GmbH, Magdeburg	School of Urban and Regional Planning, Manila, Philippines	Swarm Tech GmbH, Hamburg	Textilpflege Stralsund GmbH & Co. KG, Stralsund
Robeta Holz OHG, Milnersdorf	ScienceVision Filmproduktions GmbH, Judendorf-Straßengel, Österreich	Systrac GmbH, Schönebeck	ThüringenForst AöR, Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum, Gotha
Rodenstock GmbH, München	Sick AG, Waldkirch	Symacon GmbH, Barleben	ThyssenKrupp Steel Europe AG, Duisburg
Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Oberursel, Dahlewitz	Siemens AG, München	Tarakos GmbH, Magdeburg	Tonfunk Systementwicklung und Service GmbH, Falkenstein/Harz
RTT AG, München	Siemens AG Energy Sector Power Transmission Division, Berlin	Technische Hochschule Wildau, Wildau	Transports Metropolitans de Barcelona TMB, Barcelona, Spanien
RUAG Ammotec GmbH, Fürth	SM Calvörde Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG, Calvörde	Technische Universität Chemnitz, Chemnitz	Treston Deutschland GmbH, Hamburg
RUNDHERUM 3D- und Panoramafotografie, Magdeburg	SphereOptics GmbH, UHldingen-Mühlhofen	Technische Universität Dresden, Dresden	TRIMOS SYLVAC S.A. PTY LTD, Pretoria, Südafrika
RWE Service GmbH, Essen	SRH FernHochschule Riedlingen, Riedlingen	Technische Universität Ilmenau, Ilmenau	Tropical Islands Management GmbH, Krausnick
Saatzucht Josef Breun GmbH & Co. KG, Herzogenaurach	ST Sportservice Leipzig, Leipzig	Technische Universität München, München	True Corporation Public Company Ltd., Bangkok, Thailand
Sachsen-Anhaltinische Landesentwicklungsgesellschaft mbH (SALEG), Halle	Stahlbau Magdeburg GmbH, Magdeburg		
Sanet Group Thailand, Bangkok, Thailand			

## FORSCHUNGS- UND KOOPERATIONSPARTNER (AUSWAHL)

T-Systems Multimedia Solutions (MMS), Dresden	Uzbek International Forwarders Association (UIFA), Tashkent, Usbekistan	Waretex Textilreinlichkeit aus einer Hand GmbH, Berlin
tti Technologietransfer- und Innovationsförderung Magdeburg GmbH, Magdeburg	VDMA GAB, Frankfurt/Main	Warsaw University of Technology, Warsaw, Polen
TÜV Nord, Magdeburg	Verband der Deutschen Wirtschaft in der Republik Kasachstan (VDW), Almaty, Kasachstan	Weidplas Germany GmbH, Treuen
Umschlags- und Handelsgesellschaft Haldensleben mbH (UHH), Haldensleben	Vertretung des Landes Sachsen-Anhalt bei der Europäischen Union, Brüssel, Belgien	Weber Industrieller Rohrleitungsbau und Anlagenbau GmbH & Co KG, Merseburg
Universität Ulm, Ulm	VHS Bildungswerk GmbH, Quedlinburg	Westnetz GmbH, Wesel
Universidad Politecnica de Valencia (UPVLC), Valencia, Spanien	VLS Engineering GmbH, Bonn	White Cyber Knight, Tel Aviv, Israel
Universität Paderborn, Paderborn	Viaboxx GmbH, Königswinter	Wiegiershaus GmbH, Leverkusen
University of Adelaide, The Plant Accelerator, Adelaide, Australien	Vidzeme Planning Region, Cesis, Lettland	Woodilee Consultancy Ltd., Glasgow, Großbritannien
University of Liverpool, Liverpool, Großbritannien	VISUALEXPRESSION, Magdeburg	Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Wroclaw, Polen
University of South Australia, Adelaide, Australien	Volkswagen AG, Braunschweig, Salzgitter, Wolfsburg	Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Polen
University of Stavanger, Stavanger, Norwegen	VTT Technical Research Centre Of Finland, Tampere, Finnland	XEO Holding GmbH, Hannover
University of Valencia, Valencia, Spanien	Waldbesitzerverband Sachsen-Anhalt e. V., Magdeburg	Z-Laser GmbH, Freiburg
	Waldbesitzerverband Niedersachsen e. V., Hannover	Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung e. V., Ilmenau

-----  
**Herausgeberschaften und  
Monografien**  
-----

Schenk, M. (Hrsg.):  
**12. Fachtagung Digital Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme. 18. IFF-Wissenschaftstage. Magdeburg, 24. Juni 2015 – 25. Juni 2015.**  
Band 12, 1. Aufl.,  
Magdeburg: Fraunhofer IFF,  
ISSN 2196-7598

Schenk, M. (Hrsg.):  
**17. Forschungskolloquium am Fraunhofer IFF. Arbeitssysteme der Zukunft. Magdeburg, 20. November 2015.**  
Band 17, 1. Aufl.,  
Magdeburg: Fraunhofer IFF,  
ISSN 2191-8783

Schenk, M. (Hrsg.):  
**18. Gastvortragsreihe Logistik 2015. Logistik als Arbeitsfeld der Zukunft. Magdeburg, 16. März 2015 – 3. Juni 2015.**  
Band 18, 1. Aufl.,  
Magdeburg: Fraunhofer IFF,  
ISSN 2192-1865

Schenk, M. (Hrsg.):  
**20. Magdeburger Logistik-tage. Sichere und Nachhaltige Logistik. Magdeburger Logis-tiktagung des Fraunhofer IFF und des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. 18. IFF-Wissen-schaftstage. Magdeburg, 24. Juni 2015 – 25. Juni 2015.**  
Band 20, 1. Aufl.,  
Magdeburg: Fraunhofer IFF,  
ISSN 2196-7563

Schenk, M. (Hrsg.):  
**22./23. Industriearbeitskreis 2014/15 Kooperation im An-lagenbau.**  
**22. Industriearbeitskreis Kooperation im Anlagenbau sowie Digitalisierung der Wertschöpfungskette/Indus-trie 4.0.**  
Magdeburg, 7. November 2014  
**23. Industriearbeitskreis Digitale Intelligenz im Maschi-nen- und Anlagenbau.**  
Magdeburg, 24. Juni 2015.  
Band 22, 1. Aufl.,  
Magdeburg: Fraunhofer  
ISSN 2191-8996

Schenk, M. (Hrsg.):  
**Fraunhofer IFF Jahresbericht 2014. Leistungen und Ergeb-nisse.**  
Magdeburg: Fraunhofer IFF,  
ISSN 2192-1768

Schenk, M. (Hrsg.):  
**IFFOCUS 1/2015: Hightech für mehr Ertrag.**  
Magdeburg: Fraunhofer IFF,  
ISSN 1862-5320

Schenk, M. (Hrsg.):  
**Produktion und Logistik mit Zukunft. Digital Engineering and Operation.**  
1. Aufl.,  
Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (VDI-Buch),  
ISBN 978-3-662-48266-7

-----  
**Beiträge in Tagungs- und  
Sammelbänden**  
-----

Adler, S.; Kernchen, A.;  
Reipsch, T.; Bayrhammer, E.;  
Schmucker, U.:

**Mobile Assistenzsysteme für  
sicheren Betrieb und Wartung  
von Maschinen und Anlagen.**

In: WInTeSys 2015: Wissen-  
schafts- und IndustrieForum  
Intelligente Technische Systeme.  
23. April 2015 – 25. April 2015.  
Paderborn, S. 197-210

Bayrhammer, E.; Kennel, M.:

**Mechatronische Systeme mit  
Virtual Engineering durch-  
gängig entwickeln.**

In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leis-  
tungen und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 30-31,  
ISSN 2192-1768

Behrens, R.; Saenz, J.; Vogel, C.;  
Elkmann, E.:

**Upcoming Technologies and  
Fundamentals for Safeguar-  
ding All Forms of Human-Ro-  
bot Collaboration.**

In: dguv (Hrsg.): 8th International  
Conference Safety of Industrial  
Automated Systems (SIAS 2015).  
18. November 2015 – 11.  
November 2015. Königswinter,  
S. 18-23

Borstell, H.; Plate, C.:

**Bildbasierte Situationsanalyse  
unterstützt Logistikprozesse.**

In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leis-  
tungen und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 28-29,  
ISSN 2192-1768

Borstell, H.; Richter, K.; Ganter,  
N.; Edelmann-Nusser, J.:

**Echtzeitfähige Sensor-Aktor-  
Netzwerke im Sport.**

In: SpoTec 2015. 10. Juni 2015 –  
12. Juni 2015. Magdeburg, S. 38

Elkmann, N.:

**Sensorik und Perzeption für  
mobile Roboter und Manipu-  
latoren.**

In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leis-  
tungen und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 22-23,  
ISSN 2192-1768

Hänsch, K.; Bartłomiej, A.;  
Naumann, A.; Komarnicki, P.;  
Brunner, C.; Styczynski, Z. A.:

**Impact of large storage  
system on distribution grid  
operation.**

In: Proc. of XVIII Seminarium  
Energotestu Automatyka w elek-  
troenergetyce. Zawiercie, Poland,  
22. April 2015

Hanses, M.; Walter, C.; Lüder, A.:

**Operating articulated objects  
with force sensitive mobile  
manipulators.**

In: IEEE (Hrsg.): 20th IEEE Interna-  
tional Conference on Emerging  
Technologies and Factory Auto-  
mation. Luxembourg, 8. Sep-  
tember 2015 – 11. September  
2015. Institute of Electrical and  
Electronics Engineers, S. 1-4

Hauser, C.; Herrmann, K.;  
Meyer, F.; Petz, A.; von Garrel, J.,  
Kummer, R.:

**Sichere und zuverlässige  
Elektromobilität – Rettungs-  
und Pannendienstleistungen  
zukunfts-fähig gestalten.**

In: Beverungen, D.; Fabry, C.;  
Ganz, W.; Matzner, M.;  
Satzger, G. (Hrsg.): DELFIN  
Dienstleistungen für Elektro-  
mobilität Förderung von Inno-  
vation und Nutzerorientierung.  
Stuttgart: Fraunhofer-Verlag,  
S. 112-128

Kennel, M.; Adam, T.:

**Ein integriertes und durch-  
gängiges Fertigungsplanungs-  
system für das hochgenaue  
Bahn- und Punktschweißen.**

In: Schenk, M. (Hrsg.):  
12. Fachtagung Digital Engi-  
neering zum Planen, Testen und  
Betreiben technischer Systeme.  
18. IFF-Wissenschaftstage. Mag-  
deburg, 24. Juni 2015 – 25. Juni  
2015. Band 12, 1. Aufl., Magde-  
burg: Fraunhofer IFF, S. 37-44.  
ISSN 2196-7598, DOI: 10.13140/  
RG.2.1.5174.2567

Kennel, M.; Juhasz, T.:

**Materialsimulation für die vir-  
tuelle Planung und Inbetrieb-  
nahme.**

In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leis-  
tungen und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 32-33,  
ISSN 2192-1768



- Kernchen, A.; Bayhammer, E.;  
Adler, S.:  
**Durchgängigkeit von der  
Entwicklung bis zum Betrieb  
– Mobile Assistenzsysteme für  
den Service von Maschinen  
und Anlagen.**  
In: Schenk, M. (Hrsg.):  
17. Forschungskolloquium am  
Fraunhofer IFF. Arbeitssysteme  
der Zukunft. Magdeburg,  
20. November 2015. Band 17, 1.  
Aufl., Magdeburg: Fraunhofer IFF,  
S. 33-39, ISSN 2191-8783
- Kirch, M.:  
**Prozessintegriert identifizieren  
mit dem RFID-Armband.**  
In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leistungen  
und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 26-27,  
ISSN 2192-1768
- Knauer, U.; Backhaus, A.;  
Seiffert, U.:  
**Evaluation of Fusion Methods  
for Gamma-Divergence-Based  
Neural Network Ensembles.**  
In: 2015 IEEE Symposium Series  
on Computational Intelligence  
(SSCI). 7. Dezember 2015 – 10.  
Dezember 2015. Cape Town,  
South Africa, S. 322-327.  
DOI: 10.1109/SSCI.2015.55
- Knauer, U.; Edwards, E.;  
McGrath, A.; Loeff, W.;  
Hacker, J. M.; Seiffert, U.:  
**Towards grape-vine manage-  
ment based on mapping  
of airborne hyperspectral  
images.**  
In: 9th International Symposium  
on Mobile Mapping Technology,  
9. Dezember 2015 – 11. Dezem-  
ber 2015. Sydney, Australia,  
S. 1-5
- Knauer, U.; Kilias, D.; Seiffert, U.:  
**Fast Segmentation of Hyper-  
spectral Images by Combining  
Textural and Spectral Infor-  
mation.**  
In: Deutsche Gesellschaft für  
Photogrammetrie, Fernerkun-  
dung und Geoinformation e.V.  
(Hrsg.): 35. Wissenschaftlich-  
Technische Jahrestagung der  
DGPF. 16. März 2015 – 18. März  
2015, Köln, S. 206-215
- Komarnicki, P.; Haensch, K.;  
Wenge, C.:  
**Effizienter Einsatz von Elek-  
trofahrzeugen im urbanen  
Smart Grid.**  
In: Koch, M. K.; Krüger, V.;  
Schmidt, J. A. (Hrsg.): Wett-  
bewerb Energieeffiziente Stadt.  
Band 4: Stadtentwicklung und  
Mobilität. Berlin: LIT Verlag Dr. W  
Hopf, S. 157-166
- Müller, V.; Fritzsche, M.;  
Elkmann, N.:  
**Sensor Design and Calibration  
of Piezoresistive Composite  
Material.**  
In: IEEE (Hrsg.): IEEE SENSORS  
2015. 1. November 2015 –  
4. November 2015. Busan, South  
Korea, S. 1-4, DOI: 10.1109/IC-  
SENS.2015.7370488
- Poenicke, O.:  
**Sichere Luftfracht durch  
Fracht-Fingerprint an Pack-  
stücken.**  
In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leistun-  
gen und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 56-57,  
ISSN 2192-1768
- Reichert, C.; Kennel, M.; Kruse,  
R.; Heinze, H.-J.; Schmucker, U.;  
Hinrichs, H.; Rieger, J. W.:  
**Brain-Controlled Selection of  
Objects Combined with Auto-  
nomous Robotic Grasping.**  
In: Londral, A. R.; Encarnação, P.;  
Rovira, J. L. P. (Hrsg.): Neurotech-  
nology, Electronics, and Infor-  
matics. Bd. 13. Cham: Springer  
International Publishing, S. 65-77
- Richter, K.; Poenicke, O.:  
**Neue Dienstleistungen in der  
City-Logistik auf Basis von  
Wechselbehältern und Elek-  
tromobilität.**  
In: Wettbewerb Energieeffiziente  
Stadt. 7 – Dienstleistungen für  
die energieeffiziente Stadt,  
S. 161-168
- Saenz, J.:  
**Mobile Roboter zur Produkti-  
vitätssteigerung in der Flug-  
zeugproduktion.**  
In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leistun-  
gen und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 20-21,  
ISSN 2192-1768
- Schäfer, A.:  
**Stationäres Roboter-Assis-  
tenzsystem zum Bearbeiten  
schwerer Bauteile.**  
In: Schenk, M. (Hrsg.): Fraunhofer  
IFF Jahresbericht 2014. Leistun-  
gen und Ergebnisse. Magdeburg:  
Fraunhofer IFF, S. 24-25,  
ISSN 2192-1768

- Schenk, M.:  
**Roboter mit sensibler Haut.**  
In: Sachsen-Anhalt Automotive e. V. (Hrsg.): MAHREG. autovotive nachrichten. 15 Jahre Sachsen-Anhalt Automotive e. V., Bd. 56. 56 Bände. Barleben: Clustermanagement MAHREG Automotive, S. 18
- Schenk, M.:  
**Stabiles Stromnetz trotz Energiemix.**  
In: Dynamik2000 Wirtschaftsmedien Verlag (Hrsg.): Versorgungssicherheit verlangt Verteilernetze. Leipzig: Dynamik2000 Wirtschaftsmedien (Themen-Magazin, 2015, 2)
- Schenk, M.; Flechtner, E.; Kujath, M.; Häberer, S.:  
**Industrie 4.0 CheckUp. Identifizierung des Reifegrades und des Potenzials eines Unternehmens hinsichtlich des Leitgedankens »Industrie 4.0«.**  
In: Gronau, N. (Hrsg.): Industrie 4.0 Management. Arbeitsorganisation 4.0. Erstauflage, neue Ausg. Berlin: Gito, S. 21-25
- Schenk, M.; Gohla, M.; Keichel, C.; Weigel, K.:  
Prozessoptimierung für Wertschöpfungsketten. Eine Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz.  
In: Gronau, N. (Hrsg.): productivity 5/2015. Intralogistik. 1., Erstauflage, neue Ausg. Gronau, N. (Hrsg.). Berlin: Gito (productivity), S. 61-64
- Schenk, M.; Richter, K.; Behrendt, F.; Assmann, T.:  
**Innovation digitale Logistik - Neue Anwendungspotenziale im intelligenten Logistikraum.**  
In: Wolf-Kluthausen, H. (Hrsg.): Jahrbuch Logistik 2015. Bd. 30. Korschbroich: free beratung GmbH, S. 12-16
- Schenk, M.; Richter, K.; Behrendt, F.; Assmann T.:  
**Innovative digitale Logistik. Neue Anwendungspotenziale im Intelligenten Logistikraum.**  
In: Jahrbuch Logistik 2015, S. 1-9
- Schenk, M.; Seidel, H.:  
**Fabrikplanung – Zukunftsfähige Fabrikstrukturen Energie- und Ressourceneffizient betreiben.**  
In: Dombrowski, U. (Hrsg.): Innovationen im Advanced Industrial Engineering and Management. 1. Aufl. Herzogenrath: Shaker (Schriftenreihe des IFU), S. 79-92
- Vogel, C.; Saenz, J.; Elkmann, N.:  
**Real-world applications of human-robot interaction.**  
In: IEEE (Hrsg.): 2015 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA). 26. Mai 2015 – 30. Mai 2015. Seattle, USA
- Vogel, C.; Walter, C.; Elkmann, N.:  
**A Projection-based Sensor System for Ensuring Safety While Grasping and Transporting Objects by an Industrial Robot.**  
In: IEEE/RSJ (Hrsg.): 2015 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors. 18. Oktober 2015 – 20. Oktober 2015. Langkawi, Malaysia
- Voigt, S.; Fuchs-Kittowski, F.; Koschnick, D.:  
**Strukturierte Wikis – Konzept und Anwendungsbeispiel.**  
In: Wissensgemeinschaften in Wirtschaft und Wissenschaft: Knowledge Communities in Business and Science. Konferenzbeiträge der/Proceedings of 8. proWM Konferenz/Conference. Unter Mitarbeit von Thomas Koehler. 18. GeNeMe-Workshop. Wissensgemeinschaften 2015. Dresden, 25. Juni 2015 – 26. Juni 2015. TU Dresden. 1. Aufl., Dresden: TUDpress Verlag der Wissenschaften Dresden, S. 141-146
- Walter, C.; Penzlin, F.; Schulenburg, E.; Elkmann, N.:  
**Enabling multi-purpose mobile manipulators: Localization of glossy objects using a light-field camera.**  
In: IEEE (Hrsg.): 2015 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA). Seattle, USA, 26. Mai – 30. Mai 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers, S. 1-8

-----  
**Zeitschriftenaufsätze**  
-----

Dieguez-Alonso, A.;

Anca-Couce, A.; Zobel, N.;

Behrendt, F.;

**Understanding the primary and secondary slow pyrolysis mechanisms of holocellulose, lignin and wood with laser-induced fluorescence.**

In: Fuel, 6. März 2015 (153), S. 102-109

Bartusevičs, A., Novickis, L., Leye, S.;

**Models and Methods of Software Configuration Management.**

In: Applied Computer Systems (Vol. 17), S. 53-59

Felsch, T.; Strauss, G.; Perez, C.; Rego, J.; Maurtua, I.;

Susperregi, L.; Rodríguez, J.;

**Robotized Inspection of Vertical Structures of a Solar Power Plant Using NDT Techniques.**

In: Robotics 4 (2), S. 103-119, DOI: 10.3390/robotics4020103

Melchert, F.; Seiffert, U.; Biehl, M.; Hammer, B.; Martinetz, T.; Villmann, T.;

**Polynomial Approximation of Spectral Data in LVQ and Relevance Learning.**

In: Machine Learning Reports 9 (3), S. 25-32

Poenicke, O.;

**Integrated Identification with the RFID Wristband.**

In: RFID im Blick – Company & Application Guide 2015, S. 17

Schumann, M., Leye, S.,

Popov, A.;

**Virtual Reality Models and Digital Engineering Solutions for Technology Transfer.**

In: Applied Computer Systems (Vol. 17), S. 27-33

Zobel, N.; Anca-Couce, A.;

**Influence of intraparticle secondary heterogeneous reactions on thereaction enthalpy of wood pyrolysis.**

In: Journal of Analytical and Applied Pyrolysis (116), S. 281-286

-----  
**Vorträge**  
-----

Bielchev, I.; Richter, M.; Banka, M.; Trojan, P.; Styczynski, Z. A.; Naumann, A.; Komarnicki, P.;

**Dynamic distribution grid management through the coordination of decentralized power units : Vortrag.**

In: IEEE Power & Energy Society General Meeting (Denver, USA 26. Juli 2015)

Birth, T.;

**Power-to-Gas vs. Versorgungssicherheit – Aufbau virtueller Kraftwerke im Industrieparkverbund : Vortrag.**

In: VDI Expertenforum Energieeffizienz – Wege aus Kostenspirale. VDI (Karlsruhe, 24. März 2015)

Birth, T.;

**Energetische Verwertung agrarischer Reststoffe mittels Vergasung – Eine Alternative zum Holz? : Vortrag.**

In: 15. Internationaler BBE-Fachkongress für Holzenergie (Augsburg, 2. Oktober 2015)

Birth, T.;

**Power-to-Gas vs. Versorgungssicherheit – Aufbau virtueller Kraftwerke im Industrieverbund : Vortrag.**

In: 22. Symposium »Nutzung regenerativer Energiequellen und Wasserstofftechnik«. FH Stralsund (Stralsund 6. November 2015)

Birth, T.; Heidecke, P.; Keichel, C.;

**Energy Supply from Agricultural Waste by Means of Fluidized Bed Combustion and Gasification : Vortrag.**

In: ETA Florence (Wien, Österreich 1. Juni 2015)

Borstell, H.;

**Cyberdatensouveränität in der Logistik : Vortrag.**

In: 20. Magdeburger Logistik-tage. IFF-Wissenschaftstage. Fraunhofer IFF, Institut für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Magdeburg 24. Juni 2015)

Brunner, C.; Huon, G.; Naumann, A.;

**Profiling IEC 61850 Explained on a practical example of ENTSO-E : Vortrag.**

In: DistribuTECH 2015 (San Diego, USA 4. Februar 2015)

- Franke, R.:  
**Sicheres Training mit virtuell-interaktiven Medien : Vortrag.**  
 In: Expertenworkshop Serious Gaming für betriebliche Unfall- und Gefahrenabwehr. Virtual Dimension Center TZ (St. Georgen 22. Juli 2015)
- Gollnick, H.; Göppner, D.; Berndt, D.; Dornheim, L.; Kellermann, K.; Teutsch, C. et al.:  
**A dermatological assistance system for the computer-aided image analysis of nevi : Vortrag.**  
 In: 4th World Congress of Dermoscopy and Skin Imaging (Wien, Österreich 16. April 2015)
- Gollnick, H.; Göppner, D.; Berndt, D.; Dornheim, L.; Kellermann, K.; Teutsch, C. et al.:  
**Dermascanner plus: half automatic computer assisted full body skin imaging system for dermatology : Vortrag.**  
 In: 4th World Congress of Dermoscopy and Skin Imaging (Wien, Österreich 16. April 2015)
- Gollnick, H.; Göppner, D.; Berndt, D.; Dornheim, L.; Kellermann, K.; Teutsch, C. et al.:  
**Dermascanner plus: methods of high-precision optical metrology lay the foundations for a constant reproducible quality in computer-aided skin cancer screening : Vortrag.**  
 In: 4th World Congress of Dermoscopy and Skin Imaging (Wien, Österreich 16. April 2015)
- Hänsch, K.; Arendarski, B.; Naumann, A.; Komarnicki, P.; Brunner, C.:  
**Anforderungen und mögliche Energiesystemfunktionalität unter Anwendung des IEC 61850 : Vortrag.**  
 In: XVIII Seminarium Energotest Automatyka w elektroenergetyce. (Zawiercie, Polen 22. April 2015)
- Halicka, K.; Lombardi, P. A.; Styczynski, Z. A.:  
**Future-oriented analysis of battery technologies : Vortrag.**  
 In: IEEE International Conference on Industrial Technology (Sevilla, Spanien 17. März 2015)
- Heidecke, P.:  
**Dezentrale Klärschlammverbrennung : Vortrag.**  
 In: Klärschlammforum. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA). (Kremmen 4. November 2015)
- Heidecke, P.:  
**Einfluss des Flockungsmittels auf die Schadgasentstehung und Phosphorverfügbarkeit der Verbrennungsgaschen bei der Klärschlammverbrennung : Vortrag.**  
 In: Workshop im Rahmen des ZIM-Netzwerks »Technologie- und Kompetenzzentrum organisches Reststoffrecycling« (TKoR) (Leipzig 29. April 2015)
- Keichel, C.:  
**Das Physikalische Optimum. Neue Methodik zur systematischen Bewertung und Verbesserung der Energieeffizienz von Produktionsanlagen und -prozessen : Vortrag.**  
 In: VDI-Fachgesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU). (Karlsruhe 20. März 2015)
- Keichel, C.:  
**Optimierung ist endlich. Neue Methodik zur systematischen Bewertung und Verbesserung der Energieeffizienz von Produktionsanlagen & -prozessen. Fokus Lebensmittelproduktion: Energie und Ressourcen effizient nutzen : Vortrag.**  
 In: 7. Workshop Energieeffiziente Produktion. Fraunhofer IFF (Magdeburg 1. April 2015)
- Keichel, C.:  
**Simulationen zur effizienten Wärmenutzung. Abwärmennutzung aus industriellen Produktionsprozessen : Vortrag.**  
 In: 5. Workshop Energieeffiziente Produktion. Fraunhofer IFF (Magdeburg 22. Januar 2015)
- Klabunde, C., Moskalenko, N., Styczynski, Z.; Lombardi, P.; Komarnicki, P.:  
**Optimal Onshore Wind Power Integration Supported by Local Energy Storages : Vortrag.**  
 In: 2015 IEEE PES General Meeting, Powering Up The Next Generation (Denver, USA 26. Juli 2015)

Klabunde, C., Moskalenko, N., Styczynski, Z.; Lombardi, P.; Komarnicki, P.:  
**Use of Energy Storage Systems in Low Voltage Networks with High Photovoltaic System Penetration : Vortrag.**  
 In: IEEE PowerTech Eindhoven 2015 Towards Future Power Systems and Emerging Technologies (Eindhoven, Niederlande 29. Juni 2015)

Lehwald, A.:  
**Substitution of natural gas with product gas in a micro-turbine power plant : Vortrag.**  
 In: 23rd European Biomass Conference and Exhibition (Wien, Österreich 3. Juni 2015)

Mencke, N.:  
**Der virtuelle, interaktive Chemie- und Industriepark : Vortrag.**  
 In: Industriearbeitskreis Kooperation im Anlagenbau (Magdeburg 18. November 2015)

Mencke, N.:  
**Modellebenen in Virtuellen Standort - Informationssystemen für Wirtschaftsräume : Vortrag.**  
 In: 23. Industriearbeitskreis Kooperation im Anlagenbau (Magdeburg 24. Juni 2015)

Poenicke, O.:  
**e-Airport - Effiziente und sichere Flughafenprozesse durch EGNSS.Navigationskonvent 2015 : Vortrag.**  
 In: Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation e.V. (DGON) (Berlin 18. Juni 2015)

Poenicke, O.:  
**ESecLog – Erweiterte Sicherheit in der Luftfrachtkette : Vortrag.**  
 In: Arbeitskreistreffen des Bundesverbands Deutscher Postdienstleister (BvDP) (Berlin 3. März 2015)

Richter, K.:  
**Dienstleistungen für die City-Logistik - Wechselbehälter als kombinierter Frachtraum und Energiespeicher für kleinvolumige Wirtschaftsverkehre. Innovationen mit Energieeffizienz-Dienstleistungen : Vortrag.**  
 In: Berliner Energietage. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) (Berlin 29. April 2015)

Richter, K.:  
**DIN 66277 – Chancen für Fertigung, After Sales und Instandhaltung : Vortrag.**  
 In: VDMA-Workshop »Elektronisches Typenschild – DIN 66277«. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Frankfurt am Main 8. Juli 2015)

Richter, K.:  
**Industrie 4.0 – Erwartungen und Chancen : Vortrag.**  
 In: Workshop auf Mitgliederversammlung VDMA-Bekleidungs- und Ledertechnik. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Leipzig 6. Oktober 2015)

Richter, K.:  
**Innovative Technologien im Turnaround für Industrie 4.0 : Vortrag.**  
 In: Industrieworkshop. Kempchen Dichtungstechnik GmbH (Oberhausen 6. Mai 2015)

Richter, K.:  
**RFID in Logistics and Production. Applications, Research and Visions : Vortrag.**  
 In: Kongress RFID tomorrow. RFID im Blick (Düsseldorf 28. September 2015)

Richter, K.:  
**Transparent und Rückverfolgbar: Technische Informations- und Kommunikationssysteme. Cyberdatensouveränität in der Logistik : Vortrag.**  
 In: Informationsworkshop Cyber-DatenSouveränität. Metop GmbH (Magdeburg 20. Januar 2015)

Scheel, B.:  
**Fraunhofer IFF Magdeburg Forschung für die Praxis : Vortrag.**  
 In: Ostausschuss der Deutschen Wirtschaft (Berlin 5. März 2015)

- Schenk, M.:  
**Fraunhofer Forschung für die Praxis : Vortrag.**  
In: Fraunhofer IFF (Magdeburg 19. Februar 2015)
- Schenk, M.:  
**Gestaltung flexibler und effizienter Logistikketten für Primärrohstoffe : Vortrag.**  
In: Montanuniversität Leoben. (Leoben, Österreich 13. November 2015)
- Schenk, M.:  
**Industrie 4.0. Was heißt das (heute schon)? : Vortrag.**  
In: Verband Haus der Wirtschaft Magdeburg (Magdeburg 26. Februar 2015)
- Schenk, M.:  
**Industrie der Zukunft. Reale und virtuelle Arbeitswelt : Vortrag.**  
In: Refa (Berlin 5. November 2015)
- Schenk, M.:  
**Intelligente Logistik – Intelligente Mobilität. : Vortrag.**  
In: 4. Sitzung der Fokusgruppe »Konvergenz der Netze«. Alcatel-Lucent Digitalfunk Betriebsgesellschaft mbH (Berlin 30. Juni 2015)
- Schenk, M.:  
**Mathematik und Logistik : Vortrag.**  
In: Fakultät für Mathematik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Magdeburg 24. Oktober 2015)
- Schenk, M.:  
**Stand und Zukunft von Energiespeichersystemen in Deutschland : Vortrag.**  
In: CDU Wirtschaftsrat Sektion (Magdeburg 26. November 2015)
- Schenk, M.:  
**Wissen um das Wissen : Vortrag.**  
In: 25. Firmenjubiläum zum isM-Kundentag 2015. integral systemtechnik GmbH (Barleben 25. September 2015)
- Schenk, M.:  
**Zukunft der Industrie in Ostdeutschland : Vortrag.**  
In: Industriedialog Ost. IHK Magdeburg (Magdeburg 19. November 2015)
- Schenk, M.; Schmucker, U.; Schumann, M.:  
**Digital Engineering and Operation als Grundlage für Industrie 4.0 : Vortrag.**  
VDI. (Düsseldorf, 29.1.2015.)
- Schenk, M.; Schmucker, U.; Schumann, M.:  
**Digital Engineering and Operation als Grundlage für die Industrie 4.0 : Vortrag.**  
In: Industrie und Hochschule 2015 – ISF-Tagung »Zerspanen im modernen Produktionsprozess 2015«. TU Dortmund (Dortmund 23. September 2015)
- Urbansky, A.:  
**Einsatz virtueller Techniken in Produktentwicklung und Produktionsplanung – realer Nutzen im Zeitalter von Industrie 4.0 : Vortrag.**  
In: GETPRO Kongress (Würzburg 25. März 2015)
- Wache, H.-H.; Franke, R.:  
**Weniger Unfälle bei gefährdenden Tätigkeiten : Vortrag.**  
In: Fachtagung für 3D-Training, Virtuelle Realität, Simulation und Thermodynamik im Bereich Safety & Security. Virtual Fires Kongress (St. Georgen 23. April.2015)
- Wenge, C.; Naumann, A.; Komarnicki, P.:  
**Secure operation of large offshore windfarms by increase of observability and intelligent control : Vortrag.**  
In: IEEE Power & Energy Society General Meeting (Denver, USA 26. Juli.2015)

-----  
**Internetdokumente**  
-----

Reichert, C.; Kennel, M.;  
Kruse, R.; Heinze, H.-J.;  
Schmucker, U.; Hinrichs, H.;  
Rieger, J. W.:

**Brain-Controlled Selection of  
Objects Combined with Auto-  
nomous Robotic Grasping.**

In: Londral, A. R.; Encarnação, P.;  
Rovira, J. L. P. (Hrsg.): Neuro-  
technology, Electronics, and  
Informatics. Bd. 13. Cham:  
Springer International Publishing,  
S. 65-77,  
Online verfügbar unter [http://  
link.springer.com/10.1007/978-3-  
319-15997-3\\_5](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-15997-3_5), zuletzt geprüft  
am 31. August 2015

Schenk, M.:

**Industrie der Zukunft.  
Reale und virtuelle Arbeits-  
welt : Vortrag.**

In: Refa (Berlin 5. November  
2015)  
Online verfügbar unter [http://  
www.refa-ost.de/vortraege](http://www.refa-ost.de/vortraege),  
zuletzt geprüft am 20. Januar  
2016.

Toschner, D.; Berndt, D.;  
Göppner, D.:

**Ein geschärfter Blick auf die  
Haut. Ganzkörperscanner  
erleichtert Hautkrebs-Früh-  
erkennung.**

Investitions- und Marketingge-  
sellschaft Sachsen-Anhalt (Hrsg.)  
Online verfügbar unter  
[http://www.investieren-in-  
sachsen-anhalt.de/report-invest/  
newsletter-iisa/2015/02/  
ein-geschaerfter-blick-auf-die-  
haut](http://www.investieren-in-sachsen-anhalt.de/report-invest-newsletter-iisa/2015/02/ein-geschaerfter-blick-auf-die-haut), zuletzt geprüft am  
4. März 2015

-----  
**Graue Literatur/Bericht/  
Report**  
-----

Bienert, S.; Herrmann, K.;  
Hauser, C.; Kummer, R.;  
Meyer, F.; Petz, A.:

**Handreichungen für die  
betriebliche Praxis Dienstleis-  
tungen im Straßenverkehr –  
Herausforderungen durch die  
Elektromobilität.**

Aachen.

-----  
**Poster**  
-----

Lehwald, A.; Gohla, M.;  
Heineken, W.:

**Substitution von Erdgas durch  
Brenngas in einer Mikrogas-  
turbine.**

Poster. Jahrestreffen der Fach-  
gruppe Energieverfahrenstechnik.  
ProcessNet. Bonn, 23. Februar  
2015

# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK







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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 67 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen über 1,8 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

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

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

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

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

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

# ANSPRECHPARTNER



---

## Organisation

---

### Institutsleiter

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

### Sekretariat | Büroleiterin

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

### Sekretariat im Virtual Development and Training Centre VDTC

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

### Verwaltungsleiterin

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

### Stellvertretender Institutsleiter

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

### Sekretariat des stellvertretenden Institutsleiters

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

### Organisation und Kommunikation

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

### Presse und Öffentlichkeitsarbeit

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

### Marketing

Dipl. rer. com. Wibke Pörschke  
Telefon +49 391 4090-480 | Fax +49 391 4090-93-480  
wibke.poerschke@iff.fraunhofer.de  
marketing@iff.fraunhofer.de

---

## Geschäftsfelder

---

### Robotersysteme RS

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

### Mess- und Prüftechnik MPT

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

### Virtual Engineering VE

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

### Logistik- und Fabrikssysteme LFS

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

### Prozess- und Anlagentechnik PAT

Dr.-Ing. Matthias Gohla  
Telefon +49 391 4090-361 | Fax +49 391 4090-93-361  
matthias.gohla@iff.fraunhofer.de

---

## Kompetenzfelder

---

### Materialflusstechnik und -systeme MFT

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

### Biosystems Engineering BIO

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

---

## Geschäftsstellen

---

### Geschäftsstelle ER-WIN®

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

### Geschäftsstelle Elbedom 2.0

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

---

## International

---

### Fraunhofer IFF EU Office

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

### Fraunhofer IFF ASEAN Office

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

Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski

Telefon (Germany) +49 172 319 8506

Telefon (Thailand) +66 812 855 465

Telefon (Thailand) +66 2630-8644 | Fax +66 2630-8645

ralf.opierzynski@iff.fraunhofer.de

---

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

---

**Lehr- und Forschungsbereich für Logistische Systeme**

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

Michael Schenk

Telefon +49 391 67-58601 | Fax +49 391 67-12646

michael.schenk@ovgu.de

**Lehr- und Forschungsbereich für Logistik**

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek

Telefon +49 391 67-58604 | Fax +49 391 67-12646

hartmut.zadek@ovgu.de

**Lehr- und Forschungsbereich für Materialflusstechnik**

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter

Telefon +49 391 4090-420 | Fax +49 391 4090-93-420

klaus.richter@ovgu.de

**Lehr- und Forschungsbereich für Fördertechnik**

Prof. Dr.-Ing. André Katterfeld

Telefon +49 391 67-58603 | Fax +49 391 67-12646

andre.katterfeld@ovgu.de

---

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

---

**Logistikprozessanalyse**

Dr.-Ing. Elke Glistau

Telefon +49 391 67-58898 | Fax +49 391 67-12646

elke.glistau@ovgu.de

**Rohstoff- und Biomasse Logistik**

Dr.-Ing. Sebastian Trojahn

Telefon: +49 391 67-52645 | Fax: +49 391 67-12646

sebastian.trojahn@ovgu.de

**Modellierung und Simulation logistischer Prozesse**

Dr.-Ing. Tobias Reggelin

Telefon +49 391 4090-259 | Fax +49 391 4090-93-259

tobias.reggelin@ovgu.de

**Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt**

**Innovation Center für Digitale Infrastruktur, Mobilität  
und Logistik**

Dipl.-Geogr. Andreas Müller

Telefon +49 391 67-52126 | Fax +49 391 67-12646

mueller.gate@ovgu.de

**Analyse und Bewertung verkehrslogistischer Systeme**

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Fabian Behrendt

Telefon: +49 391 4090-411 | Fax: +49 391 4090-93-411

fabian.behrendt@ovgu.de

---

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

---

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

Prof. Dr. rer. nat. habil. Gunter Saake  
Telefon +49 391 67-58800 | Fax +49 391 67-12020  
saake@iti.cs.uni-magdeburg.de

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

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

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

Prof. Dr. Frank Ortmeier  
Telefon +49 391 67-52804 | Fax +49 391 67-12810  
frank.ortmeier@ovgu.de

---

## Kompetenzzentren mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

---

### Visualisierungstechniken

Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard Preim  
Telefon +49 391 67-58512 | Fax +49 391 67-11164  
bernhard@isg.cs.uni-magdeburg.de

### Training und Technologie

Prof. Dr. paed. Klaus Jenewein  
Telefon +49 391 67-56602 | Fax +49 391 67-16550  
klaus.jenewein@ovgu.de

### Virtual Engineering

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinrich Grote  
Telefon +49 391 67-58521 | Fax +49 391 67-12595  
karl.grote@ovgu.de

### Prof. Dr.-Ing. Roland Kasper

Telefon +49 391 67-58607 | Fax +49 391 67-12656  
roland.kasper@ovgu.de

### Simulationstechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Schulze  
Telefon +49 391 67-52825 | Fax +49 391 67-11216  
thomas.schulze@ovgu.de

### Energienetze und Regenerative Energien

Prof. Dr.-Ing. habil. Zbigniew Antoni Styczynski  
Telefon +49 391 67-18866 | Fax +49 391 67-12408  
sty@ovgu.de

### Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Telefon +49 391 67-58784 | Fax +49 391 67-11160  
evangelos.tsotsas@ovgu.de

### Robotik und Eingebettete Systeme

Prof. Dr. rer. nat. Jörg Kaiser  
Telefon +49 391 67-58829 | Fax +49 391 67-11161  
kaiser@ivs.cs.uni-magdeburg.de

### RobotsLab

Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich  
Telefon +49 391 67-18499 | Fax +49 391 67-11186  
christian.diedrich@ovgu.de

# IMPRESSUM

## Leistungen und Ergebnisse

### Jahresbericht 2015

### des Fraunhofer-Instituts für

### Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg

## Herausgeber

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

## Redaktion

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

## Satz/Layout

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

## Herstellung

Druckerei

## Gleichstellung/Gender

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

## Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

## Alle Rechte vorbehalten

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

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

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

ISSN 2192-1768

© Fraunhofer IFF, 2016

*Titelbild: Das Fraunhofer IFF  
entwickelt digitale Technologien  
für die gesamte Prozesskette.*





## Quellen

### Fotos

Titel, Seite 7, 18, 26 (1), 27 (2), 53 (1), 89 (3, 4), 90 (1), 122, 129: Fraunhofer IFF/Dirk Mahler  
 Seite 9: Siemens AG  
 Seite 11: IG Metall/Michael Schinke  
 Seite 12: Fraunhofer IFF/Bernd Liebl  
 Seite 16, 38 (1), 64, 77 (4), 84 (1), 86 (2): Fraunhofer IFF/Daniela Martin  
 Seite 20 (1), 77 (3), 78 (1), 97 (2): Fraunhofer IFF  
 Seite 21 (2): Fraunhofer IFF/Florian Warschewski  
 Seite 22 (1), 23 (2): ATZ Torgau  
 Seite 25 (2): Fraunhofer IFF/Martin Woitag  
 Seite 28 (1): BMW AG  
 Seite 31 (1): Cabka GmbH & Co. KG  
 Seite 31 (2): Fraunhofer IFF/Martin Kirch  
 Seite 33 (2): Fraunhofer IFF/Christoph Walter  
 Seite 33 (3): Fraunhofer IFF/Sven Kutzner  
 Seite 35 (2): Fraunhofer IFF/Markus Fritzsche  
 Seite 37 (2): Fraunhofer IFF/Matthias Kennel  
 Seite 38 (1): Fraunhofer IFF/Simon Adler  
 Seite 40: kadmy/Fotolia.com  
 Seite 42 (1), 63 (2, 3): Fraunhofer IFF/ Udo Seiffert  
 Seite 44 (2), 45 (3) Foto: FFK Gotha/ Mathias Stürtz  
 Seite 46 (1), 47 (3): Holzbearbeitung Bralitz/ Ronald Leitz  
 Seite 48 (1): Pergande GmbH  
 Seite 50 (1): K+S Kali GmbH  
 Seite 54 (1): Bertold Werkmann/Fotolia.com  
 Seite 55 (2): Fraunhofer IFF/Andreas Wiedemann  
 Seite 57 (1): pure-life-pictures/Fotolia.com  
 Seite 57 (2): Fraunhofer IFF/Robert Kummer  
 Seite 58 (1): Holzindustrie Templin  
 Seite 59 (2), 74, 75 (1, 2), 87 (3, 4), 88 (1, 2): Fraunhofer IFF/Viktoria Kühne

Seite 59 (3): Kurt Michel/pixelio.de  
 Seite 61: FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH  
 Seite 68 (1), 69 (2): Fraunhofer IFF/ André Naumann  
 Seite 70 (1): Fraunhofer IFF/René Maresch  
 Seite 71 (2): Fraunhofer IFF/Stephan Balischewski  
 Seite 76 (1): BTU Cottbus-Senftenberg  
 Seite 76 (2): Fraunhofer IFF/Stefan Leye  
 Seite 78 (2): Fraunhofer IWU  
 Seite 79 (3, 4), 84 (2), 94 (1): Fraunhofer IFF/ Bettina Rohrschneider  
 Seite 80 (1): Fraunhofer IFF/Sarah Rosenbohm  
 Seite 80 (2): Fraunhofer IFF/Andreas Wiedemann  
 Seite 81 (3): Fraunhofer IFF/Madeleine Stubbe  
 Seite 82 (1): ITS automotive nord GmbH  
 Seite 82 (2), 86 (1): TÜV NORD  
 Seite 83 (3): Fraunhofer IFF/Marc Kujath  
 Seite 83 (4): Fraunhofer/Kurt Fuchs  
 Seite 85 (3): Andreas Lander  
 Seite 85 (4): Dustin Maenecke  
 Seite 91 (2): Fraunhofer IFF/Silvio Sperling  
 Seite 91 (3): Fraunhofer IOF  
 Seite 92 (1): Verlag & Freie Medien »RFID im Blick«  
 Seite 92 (2): OVGU/AVMZ/Stefan Berger  
 Seite 93 (3): Deutsch-Kasachische Universität (DKU)  
 Seite 93 (4): Investitions- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt mbH  
 Seite 95 (2): Fraunhofer IFF/Anna-Kristina Mahler  
 Seite 95 (3): Fraunhofer IFF/Andreas Lander  
 Seite 96 (1): VDI/Christina Schumacher  
 Seite 97 (3): Fraunhofer IFF/Maria Mewes  
 Seite 98: Fraunhofer IFF/Martin Stiller

### Grafiken

Seite 14, 15: Fraunhofer IFF  
 Seite 22, 23: Fraunhofer IFF/Martin Woitag  
 Seite 25: Fraunhofer IFF/Klaus Richter  
 Seite 52: Fraunhofer IFF/Frank Ryll  
 Seite 70: Fraunhofer IFF/Stephan Balischewski  
 Seite 72: Fraunhofer IFF/Torsten Birth  
 Seite 120, 121: Fraunhofer-Gesellschaft

### VR-Bilder

Seite 24 (1): Fraunhofer IFF/Martin Woitag  
 Seite 25 (3): Fraunhofer IFF/Martin Kirst  
 Seite 29 (2): Fraunhofer IFF/Veit Müller  
 Seite 32 (1): Fraunhofer IFF/Christoph Walter  
 Seite 35 (1): Fraunhofer IFF/Markus Fritzsche  
 Seite 36 (1), 37 (3): Fraunhofer IFF/ Matthias Kennel  
 Seite 39 (2): Fraunhofer IFF/Torsten Böhme  
 Seite 51 (2): Fraunhofer IFF/Marcus Kögler  
 Seite 66 (1), 73 (1): Fraunhofer IFF/ Nicole Mencke  
 Seite 67 (2, 3): Fraunhofer IFF/Ronny Franke

### Kamerabilder, rechnergestützte Auswertungen und Bilder

Seite 20 (1), 43 (2, 3, 4), 44 (1): Fraunhofer IFF  
 Seite 45 (4), Seite 62 (1): Fraunhofer IFF/ Uwe Knauer  
 Seite 47 (2): Fraunhofer IFF/Cornelia Roggisch  
 Seite 49 (2): Fraunhofer IFF/André Pomraenke

