



# Fraunhofer

ICT

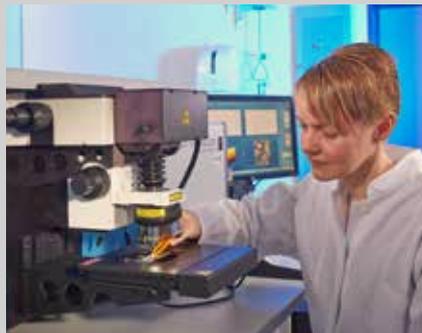
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR CHEMISCHE TECHNOLOGIE ICT



**JAHRESBERICHT  
2018/2019**



60 JAHRE ICT



# INHALT

## ALLGEMEINE INFORMATIONEN

- 5 Vorwort
- 6 Kurzprofil
- 8 Organigramm
- 9 Kuratorium
- 10 Wirtschaftliche Situation

## KERNKOMPETENZEN

- 14 Chemische Prozesse
- 20 Kunststofftechnologie und Verbundwerkstoffe
- 26 Energiesysteme
- 32 Explosivstofftechnik
- 38 Antriebssysteme

## ANHANG

- 45 Leistungszentren, Verbände und Allianzen
- 48 Lehr- und Gremientätigkeiten
- 54 Veranstaltungen, Messen und Fachausstellungen
- 56 Veröffentlichungen
- 61 Der kurze Weg zum Fraunhofer ICT
- 62 Die Fraunhofer-Gesellschaft
- 63 Impressum

# **ALLGEMEINE INFORMATIONEN**



## KOOPERATIONEN IN EINEM STABILEN UMFELD

Die gute wirtschaftliche Lage in Deutschland und in Baden-Württemberg bietet uns die Möglichkeit, viele unserer Ideen und Fähigkeiten in die Tat umzusetzen. Das spiegelt sich auch in der großen Anzahl unserer durchgeführten Projekte wieder. In über 500 bilateralen Forschungs- und Entwicklungsprojekten haben wir 2018 fast 10 Millionen Euro in der Auftragsforschung für unsere Industriekunden erzielt. Bei durch Bund, Land und EU kofinanzierten Verbundprojekten zwischen Industrie und Forschungsinstituten haben wir weitere 11,2 Millionen Euro erwirtschaftet. Auch der gestiegene Verteidigungshaushalt in Deutschland erforderte eine größere Zuarbeit durch die Explosivstoff-Experten des Instituts.

Dieses stabile Umfeld versetzt uns in die Lage, unsere Kompetenzen weiter auszubauen. Mit der Karlsruher Forschungsfabrik ist Anfang 2019 der Startschuss zum Bau eines Entwicklungs- und Demonstrationszentrums für die Fabrik der Zukunft gefallen. Ziel des Kooperationsprojektes zwischen dem Karlsruher Institut für Technologie KIT und den Fraunhofer-Instituten IOSB und ICT ist es, unreife Prozesse mittels künstlicher Intelligenz bereits nach kurzer Entwicklungszeit produktiv zu machen.

Dieses Jahr feiern wir übrigens bereits unseren 60. Geburtstag! Das ICT wurde 1959 als siebtes Institut der damals 10 Jahre jungen Fraunhofer-Gesellschaft gegründet. Zum Zeitpunkt der Gründung waren wir das »Fraunhofer-Institut für Chemie der Treibstoffe«. Hervorgegangen sind wir aus dem Institut für Chemische Technik der Technischen Hochschule Karlsruhe, dem heutigen KIT.

Mit der Chemie der Treibstoffe befassen wir uns auch noch nach 60 Jahren sowohl im Bereich der militärischen Treib- und Explosivstoffe als auch im Bereich der Kraftstoffe von Verbrennungsmotoren. In den sechs Jahrzehnten sind aber noch viele weitere Kompetenzen am Institut aufgebaut worden. Diese lassen sich unter unseren fünf aktuellen Kernkompetenzen zusammenfassen. Erfolgreich aktiv sind wir auf diesen Arbeitsgebieten:

- Chemische Prozesse
- Kunststofftechnologie und Verbundwerkstoffe
- Energiesysteme
- Explosivstofftechnik
- Antriebssysteme

Einen detaillierteren Einblick in unsere Forschungsthemen entnehmen Sie dem vorliegenden Jahresbericht. Wir freuen uns sehr, wenn Sie mit uns in Verbindung treten, zum Beispiel gerne an unserem Tag der offenen Tür am Samstag, den 13. Juli 2019. Um weiterhin auf die richtigen Themen zu setzen ist uns der Austausch mit Ihnen sehr wichtig.

Herzliche Grüße  
Ihr Peter Elsner

# KURZPROFIL

## Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

In unserer Forschungsausrichtung legen wir großen Wert auf die Skalierbarkeit von Prozessen und die Überführung der Forschungsergebnisse vom Labormaßstab in den Technikumsmaßstab sowie zum Teil bis hin zur vorserienreifen Anwendung.

2018 waren etwa 550 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei uns beschäftigt. Unser Hauptcampus mit über 100 Laboren, vielen Technika sowie 3 Testcentern auf 21 Hektar Gelände ist auf dem Hummelberg in Pfinztal bei Karlsruhe. Der Produktbereich Neue Antriebssysteme und die diversen Motoren- und Abgasprüfstände sind am Campus Ost des Karlsruher Institut für Technologie KIT.

Unsere Kunden und Projektpartner sind Unternehmen der Chemie und der chemischen Verfahrenstechnik, Automobilhersteller und deren Zulieferer, Kunststoffverarbeitende Industrie, Materialhersteller, Recyclingunternehmen, Unternehmen im Energie- und Umweltbereich, Kunden mit sicherheitstechnischen Fragen, die Bauindustrie und die Luftfahrtindustrie. Zudem sind wir das einzige Explosivstoff-Forschungsinstitut in Deutschland, das den gesamten Entwicklungsbereich vom Labor über das Technikum bis zum System bearbeitet.

## Unsere Kernkompetenzen

Die Kernkompetenz **»Chemische Prozesse«** umfasst die Fähigkeit zur Auslegung und Durchführung neuartiger, ressourcenschonender chemischer Prozesse vom Labor bis zum technischen Maßstab. Wir decken hierbei die gesamte Prozesskette ab – beginnend bei der Rohstoff-Aufarbeitung, über die chemische Reaktionsführung, das Downstream-Processing (zum Beispiel Aufreinigungs- und Trenntechniken) bis hin zu nachgeschalteten Prozessen wie der Produktveredelung (zum Beispiel Kristallisation und Partikeltechnik) und Formgebung (zum Beispiel Formulierung und Compoundierung).

Seit 1994 forscht das Fraunhofer ICT in der Kernkompetenz **»Kunststofftechnologie und Verbundwerkstoffe«** erfolgreich an technischen Kunststoffen für den Einsatz in der Praxis: von der Polymersynthese über Werkstofftechnik, Kunststoffverarbeitung, Bauteilentwicklung und -fertigung bis hin zum Recycling.

Eine nachhaltige und bezahlbare Energieversorgung sowie der effiziente Umgang mit Energie bilden die Schwerpunkte der aktuellen Forschungspolitik. Innerhalb der Kernkompetenz **»Energiesysteme«** befassen wir uns mit elektrischen Energiespeichern für mobile und stationäre Systeme, mit Brennstoffzellen und Elektrolyse sowie Wärme- und stofflichen Energiespeichern und ihren Einsatzmöglichkeiten. Unser Institut hat sich innerhalb dieser Kernkompetenz über mehr als 30 Jahre elektrochemisches und chemisches Know-how aufgebaut und die Grundlagen für die Entwicklung effizienter und kostengünstiger Speicher und Wandler gelegt.

Auf Basis langjähriger Erfahrung steht das Fraunhofer ICT als einziges deutsches Forschungsinstitut für die gesamte Systemkette vom Rohprodukt bis zum Prototyp im Bereich **Explosivstoffverarbeitung** sowohl dem Verteidigungsministerium als auch der Industrie und öffentlichen Einrichtungen zur Bearbeitung aktueller Fragestellungen in den Themenfeldern innere und äußere Sicherheit zur Verfügung.

Unsere Kernkompetenz **»Antriebssysteme«** umfasst sowohl Lösungen für elektromotorische als auch für verbrennungsmotorische Antriebe. Die Systeme werden bei uns konzipiert, konstruiert, simuliert und im Versuch validiert. Ergänzend betrachten wir die Entwicklung und Validierung von mobilen und stationären Akkumulatoren, Batterien und Brennstoffzellen sowie auch thermische Speichersysteme.

---

**HOMEPAGE**

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



# ORGANIGRAMM



## Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner  
Telefon +49 721 4640-401  
peter.elsner@ict.fraunhofer.de

## Stellvertretende Institutsleitung

Dipl.-Phys. Wilhelm Eckl  
Produktbereichsleiter Energetische Systeme  
  
Prof. Dr.-Ing. Frank Henning  
Produktbereichsleiter Polymer Engineering



## Produktbereich Querschnittsaufgaben

Dr. Bernd Hefer  
Telefon +49 721 4640-125  
bernd.hefer@ict.fraunhofer.de



## Produktbereich Zentrales Management

Dr.-Ing. Stefan Tröster  
Telefon +49 721 4640-392  
stefan.troester@ict.fraunhofer.de



## Produktbereich Energetische Materialien

Dr. Stefan Löbbecke  
Telefon +49 721 4640-230  
stefan.loebbecke@ict.fraunhofer.de



## Produktbereich Energetische Systeme

Dipl.-Phys. Wilhelm Eckl  
Telefon +49 721 4640-355  
wilhelm.eckl@ict.fraunhofer.de



## Produktbereich Angewandte Elektrochemie

Prof. Dr. Jens Tübke  
Telefon +49 721 4640-343  
jens.tuebke@ict.fraunhofer.de



## Produktbereich Umwelt Engineering

Dipl.-Chem. Rainer Schweppe  
Telefon +49 721 4640-173  
rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de



## Produktbereich Polymer Engineering

Prof. Dr.-Ing. Frank Henning  
Telefon +49 721 4640-420  
frank.henning@ict.fraunhofer.de



## Produktbereich Neue Antriebssysteme

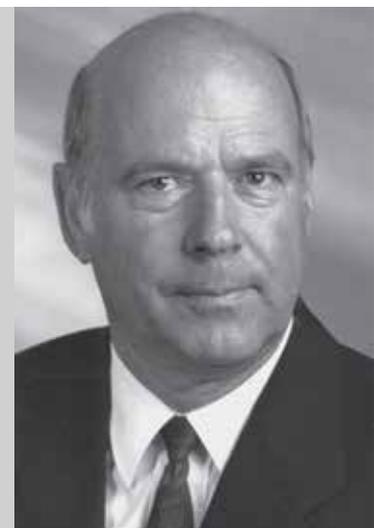
Dr.-Ing. Hans-Peter Kollmeier  
Telefon +49 721 9150-3811  
hans-peter.kollmeier@ict.fraunhofer.de

# KURATORIUM

- Dr. Wolfgang Böttger  
Dynamit Nobel Defence GmbH, Burbach
- Dr.-Ing. Thomas Czirwitzky  
Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis,  
Weil am Rhein
- Christian Dieffenbacher  
DIEFFENBACHER GmbH + Co. KG, Eppingen
- Michael Humbek  
Dynamit Nobel Defence GmbH, Burbach
- Dr.-Ing. Guido Kurth  
Bayern-Chemie GmbH, Aschau am Inn
- Prof. Dr.-Ing. Detlef Löhe  
KIT Karlsruhe, Kuratoriumsvorsitzender
- Kay Nehm  
Generalbundesanwalt i. R.
- Wolf-Rüdiger Petereit  
Neuwied
- Prof. Dr.-Ing. Stefan Schlechtriem  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR),  
Institut für Raumfahrtantriebe, Hardthausen a. K.
- Dipl.-Kfm. Jörg Schneider  
WERIT Kunststoffwerke W. Schneider GmbH, Altenkirchen
- MD'in Dr. Simone Schwanitz  
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst  
Baden-Württemberg, Stuttgart
- MRin Katrin Walter  
Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin
- Dr. Robert Wassmer  
Kelvion Holding GmbH, Bochum
- MinR Norbert M. Weber  
Bundesministerium der Verteidigung, Bonn
- MinR Dr. Joachim Wekerle  
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau  
Baden-Württemberg, Stuttgart
- Dr. Hans-Ulrich Wiese  
Gräfelfing
- Dr. Tobias Wirtz  
Premium Aerotech GmbH, Augsburg
- Beate Zika-Beyerlein  
ElringKlinger Abschirmtechnik (Schweiz) AG,  
Sevelen, Schweiz
- Dr.-Ing. Michael Zürn  
Daimler AG, Sindelfingen

## **Zu Ehren unseres langjährigen Kuratoriumsvorsitzenden Dr.-Ing. Axel Homburg**

Im Oktober 2018 hat uns die traurige Nachricht vom Tod unseres langjährigen Kuratoriumsvorsitzenden und Ehrenkurators Dr. Axel Homburg erreicht. Dr. Homburg hat 1994 bei uns den Kuratoriumsvorsitz übernommen und das Kuratorium bis 2008 geführt. Im Anschluss war er bis zu seinem Tode als Ehrenkurator tätig. Dr. Homburg war maßgeblich an der Neuorientierung und Weiterentwicklung unseres Instituts beteiligt. Durch seine wirtschaftliche und technologische Kompetenz und mit seinen präzisen Analysen hat er die Entwicklung des Institutes maßgeblich beeinflusst. Wir sind ihm für seine tatkräftige Unterstützung sehr dankbar und behalten ihn in sehr guter Erinnerung. Wir werden Dr. Axel Homburg sehr vermissen.



# WIRTSCHAFTLICHE SITUATION

Unser Betriebshaushalt ist gegenüber dem Vorjahr um etwa 8 Prozent angestiegen und beträgt 40,3 Millionen Euro. Ein Drittel unserer Aktivitäten bestreiten wir in Zusammenarbeit mit dem Verteidigungsministerium und den nachgeschalteten Behörden. Dank der sehr guten Wirtschaftslage in Deutschland haben wir in Kooperation mit der Industrie, der so genannten Auftragsforschung, im Vergleich zum Vorjahr erneut einen großen Zuwachs von über 1 Million Euro erreicht. 2018 haben wir in über 500 Projekten 9,97 Millionen Euro mit direkten Wirtschaftserträgen erzielt, 155 Aufträge aus der Wirtschaft lagen dabei bei einem Volumen über 25.000 Euro. Unser RhoWi, der Wirtschaftsertragsanteil, erreichte 39,5 Prozent und toppte den bereits hohen Vorjahreswert um weitere 2,5 Prozentpunkte.

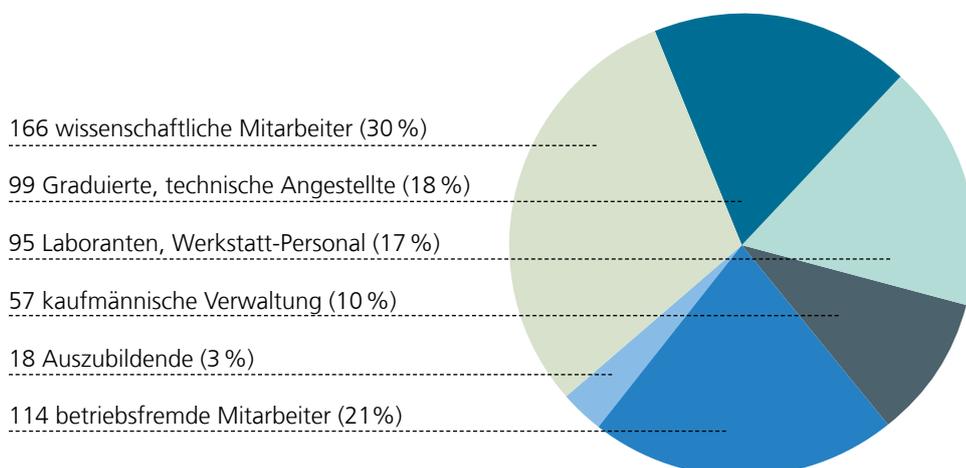
In den durch Bund, Land und EU geförderten Kooperationsprojekten zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen haben wir im vergangenen Jahr 11,2 Millionen Euro

umgesetzt. Mit den etwa 7,4 Millionen Euro Mitteln aus unserer institutionellen Förderung, die sich durch unsere Aktivitäten und Kennzahlen des Vorjahres ergibt, bereiten wir wissenschaftlich-technische Fragestellungen mit einem Umsetzungshorizont in der Industrie von ca. 5 Jahren vor.

Aufgrund guten Wirtschaftens konnten wir 2018 wiederum Rücklagen aus nicht verbrauchter institutioneller Förderung bilden. Diesen Ertrag werden wir investieren, um uns auf dem aktuellsten Stand der Technik zu halten sowie um die Mitarbeitenden mit Forschungszulagen am Erfolg des Institutes zu beteiligen.

Auf Seite unseres Personalstammes setzen wir weiter auf eine starke Ausbildung. Wir haben aktuell 18 Auszubildende und betreuen etliche Mitarbeitende bei Ihren Doktorarbeiten.

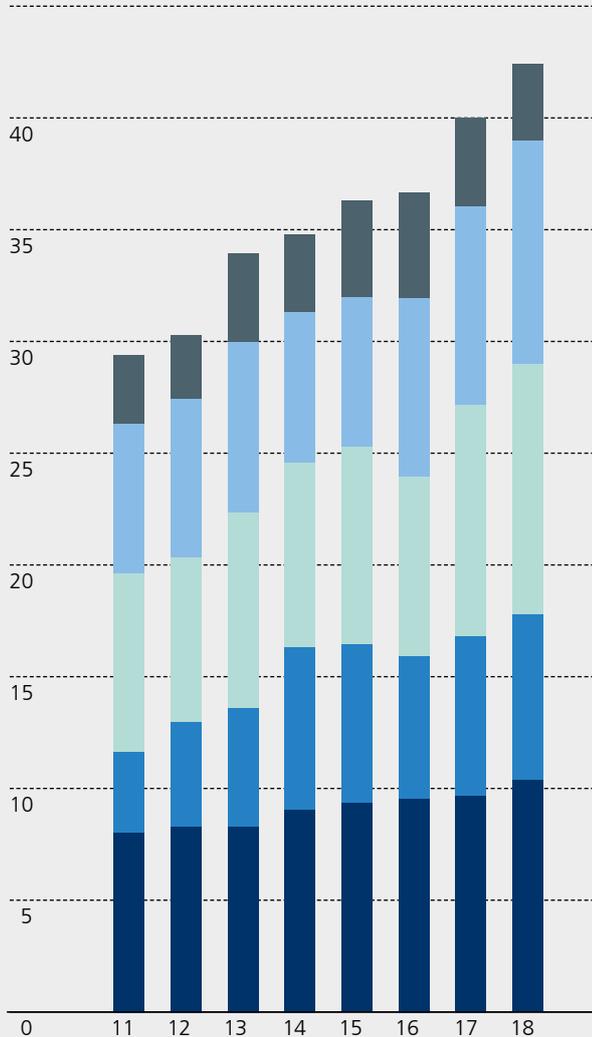
## Personalstruktur des Fraunhofer ICT: Stand 31. Dezember 2018



## Finanzielle Entwicklung des Fraunhofer ICT 2011 bis 2018.

### Erträge

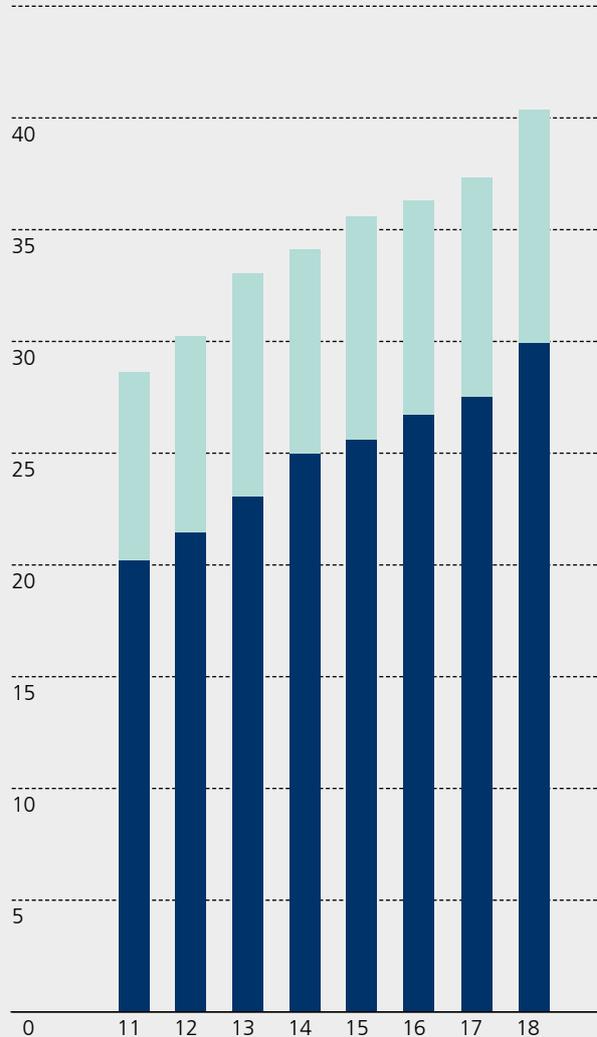
Mio. €



- Sonstige
- Industrie
- Öffentliche Hand
- Institutionelle Förderung: BMBF
- Institutionelle Förderung: BMVg

### Aufwendungen

Mio. €



- Sachkosten
- Personalkosten



# **KERNKOMPETENZEN**

# KERNKOMPETENZ CHEMISCHE PROZESSE

Die Kernkompetenz »Chemische Prozesse« umfasst die Fähigkeit zur Auslegung und Durchführung neuartiger, ressourcenschonender chemischer Prozesse vom Labor- bis zum technischen Maßstab. Die Kernkompetenz deckt hierbei die gesamte Prozesskette ab – beginnend bei der Rohstoff-Aufarbeitung, über die chemische Reaktionsführung, das Downstream-Processing (zum Beispiel Aufreinigungs- und Trenntechniken) bis hin zu nachgeschalteten Prozessen wie der Produktveredelung (zum Beispiel Kristallisation und Partikeltechnik) und Formgebung (zum Beispiel Formulierung und Compoundierung).

Zentrale Zielgrößen der chemischen Prozessauslegung und Prozessoptimierung sind Produktqualität, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Insbesondere für Prozesse der Fein- und Spezialitätenchemie ist das Erreichen hoher Selektivitäten und Ausbeuten sowie dezidierter Produkteigenschaften von großer Bedeutung.

Für die Wirtschaftlichkeit der Prozessführung stehen Forderungen nach energieeffizienten und ressourcenschonenden Verfahrenstechniken im Mittelpunkt. Gleichmaßen gilt es aber auch, Nachhaltigkeitsanforderungen im Hinblick auf die Minimierung der Abfallströme, die Rückführung von Stoffströmen und den Einsatz erneuerbarer Rohstoffquellen zu erfüllen.

Am Fraunhofer ICT begegnen wir diesen Anforderungen mit der Entwicklung moderner Verfahrens- und Prozesstechniken. Ein großer Teil unserer Arbeiten wird exklusiv im Auftrag von Industriekunden durchgeführt. Hierbei wird häufig erfolgreich ein Paradigmenwechsel von diskontinuierlichen zu kontinuierlichen Prozesstechniken vollzogen. So ist beispielsweise die kontinuierliche Prozessführung unter Einsatz von mikroverfahrenstechnischen Apparaten ein zentrales Element der Prozessauslegung und Prozessintensivierung. Sie erlaubt die sichere Prozessführung in neuen Prozessfenstern (zum Beispiel hohe Temperaturen, hohe Drücke, hohe Konzentrationen, kurze Reaktionszeiten), die mit klassischen Verfahren nur schwer oder gar nicht zugänglich sind und in denen chemische Reaktionsprozesse technisch und wirtschaftlich optimiert betrieben werden können. Häufig handelt es sich hierbei um Syntheseschritte bei der Herstellung von Vorstufen oder Produkten aus dem Bereich der Fein- und Spezialitätenchemie.

Darüber hinaus wird die kontinuierliche Prozessführung systematisch auf weitere Prozessschritte und neue Anwendungsfelder übertragen. Insbesondere sind dies die Intensivierung im Downstream-Bereich (extraktive Aufreinigung in verschiedenen Druckregimen, reaktive Trennung, Emulsionsspaltung), die größenkontrollierte Herstellung von Nanopartikeln oder Mikrokapseln, die Entwicklung umweltfreundlicher Katalyseprozesse (auch Phasentransferkatalyse) und elektrochemischer Synthesen sowie die Intensivierung mehrphasiger Reaktionsprozesse (gasförmig/flüssig, flüssig/flüssig).

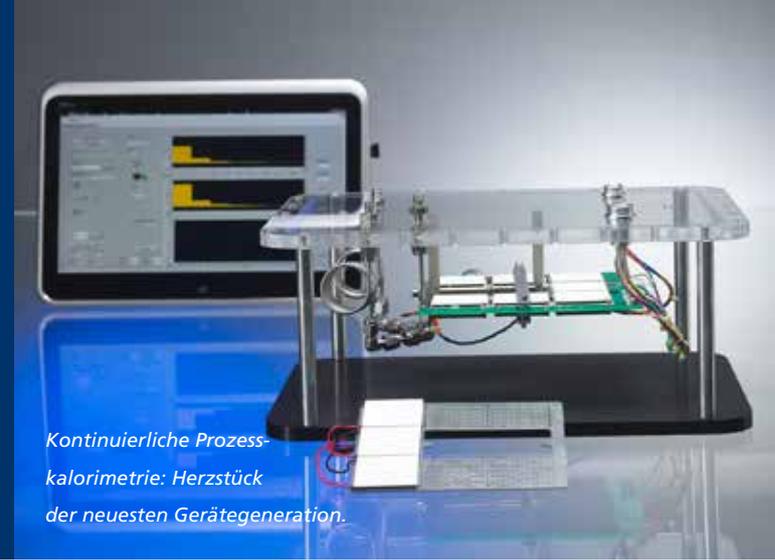
Ein wichtiges Werkzeug der Prozessauslegung bilden modernste, zum Teil eigenentwickelte Prozessanalysetechniken. Große Fortschritte erzielen wir bei der Entwicklung und Adaption schneller spektroskopischer und kalorimetrischer Prozessanalysetechniken, mit deren Hilfe sich die Dynamik chemischer Prozesse mit einer hohen Zeit- und Ortsauflösung verfolgen lässt. Dadurch werden häufig erstmals kinetische, mechanistische sowie sicherheitstechnische Daten für eine optimierte Prozessauslegung zugänglich. Die schnelle Verfügbarkeit umfassender prozessanalytischer Daten erlaubt es nicht nur Prozessentwicklungszeiten drastisch zu verkürzen sondern auch diese vermehrt in der Digitalisierung chemischer Reaktionsprozesse – wie sie im Zukunftsprojekt »Chemie 4.0« etabliert wird – zu nutzen.



*Die sichere Durchführung  
gefährdeter chemischer Synthesen  
beruht auf langjährigen Erfahrungen  
in der Explosivstofftechnik.*



Steuerungswarte für mehrstufige kontinuierliche Syntheseprozesse.



Kontinuierliche Prozesskalorimetrie: Herzstück der neuesten Gerätegeneration.

Aufgrund unseres umfassenden Know-hows auf dem Gebiet der Explosivstofftechnik verfügen wir über spezielle Kompetenzen bei der sicherheitstechnischen Auslegung und Durchführung gefahrgeneigter Prozesse (explosiv, toxisch). Bei der Entwicklung von Hochdruck-Prozessen profitieren wir zudem von unseren langjährigen Erfahrungen bei der Prozessführung überkritischer Fluide. Sowohl unter dem Aspekt der Prozesssicherheit als auch der Erzielung einer stabilen Prozessführung bilden die maßgeschneiderte Prozessregelung, Prozesssteuerung und Prozessüberwachung einen integralen Bestandteil unserer Entwicklungsarbeiten. Mit der Fähigkeit zur Syntheseaufskalierung und Durchsatzsteigerung in eigenentwickelten Mehrzweck-, Miniplant- und Pilotanlagen können wir sowohl größere Substanzmengen für Testanwendungen bereitstellen als auch Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen auf realistische Betriebsgrößen und -maßstäbe abbilden.

Für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe entwickeln wir eigene Bioraffinerieprozesse und evaluieren sie unter bioökonomischen Gesichtspunkten. Biogasprozesse für die Energiespeicherung ergänzen die Bioökonomie-Aktivitäten. Diese Prozesse umfassen die Einsatzstoffe Holz, Fette und Öle, Kohlenhydrate sowie andere nicht im Wettbewerb zur Nahrungsmittelproduktion stehende Biomasseströme. Die Aktivierung von CO<sub>2</sub> (aus der Luft) zur Generierung kurzketziger Alkohole mittels des PTL Prozesses (Power-to-Liquid) stellt die jüngste reaktionstechnische Entwicklung dar. Mittels regenerativer Energie hergestellter Wasserstoff ermöglicht der PTL-Prozess eine komplette Rohstoffunabhängigkeit am Standort des Betreibers.

Biobasierte Produkte ermöglichen den Aufbau verschiedenster Chemie-Plattformen für die chemische Industrie. Ökonomische Betrachtungen der Downstream-Prozesse vervollständigen erste Abschätzungen der Wirtschaftlichkeit auch bei der Durchführung ganzheitlicher Bilanzierungen (LCA). Aktuelle Arbeitsgebiete sind deshalb auf die ökonomische Intensivierung und Energieoptimierung klassischer Trenntechnologien mittels reaktiver Extraktionen ausgelegt. Spezielle Salzgemische ermöglichen hierbei selektive Extraktionen in die mobile Phase. Insbesondere für schwach konzentrierte Produktströme ist dieser Prozess wirtschaftlicher als ein thermischer Trennprozess.

---

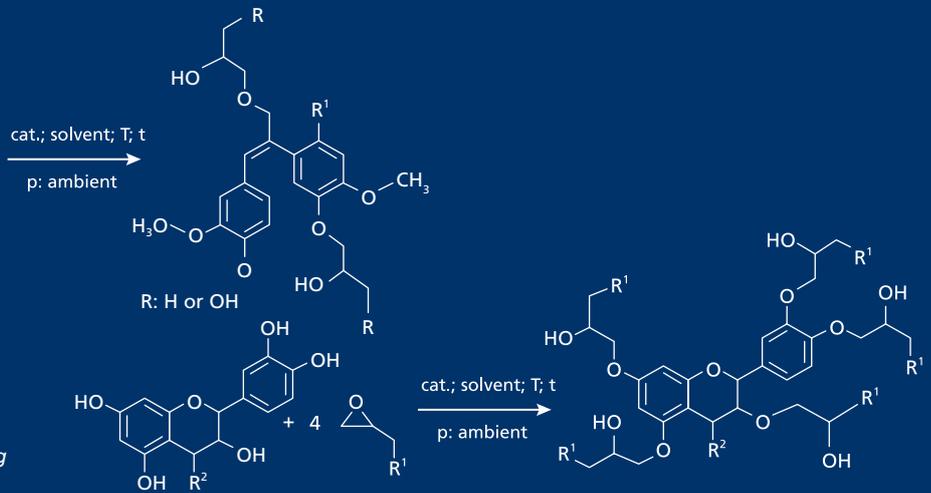
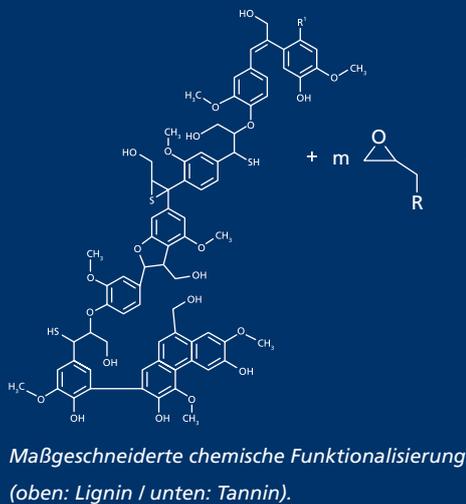
## KONTAKT

### **Dr. Stefan Löbbecke**

Tel. +49 721 4640-230 | stefan.loebbecke@ict.fraunhofer.de

### **Rainer Schweppe**

Tel. +49 721 4640-173 | rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de



## UMWELTFREUNDLICHE KLEBSTOFFE AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

Das Fraunhofer ICT arbeitet in einem europäischen Verbundprojekt gemeinsam mit assoziierten Partnern an der Entwicklung alternativer, formaldehydfreier Holzklebstoffe. Diese neuen Bioklebstoffe liefern eine integrative Lösung zur bestehenden Emissionsproblematik von Klebstoffen in Holzverbänden.

Im Fokus stehen verschiedene chemische und biotechnologische Prozesse und Modifizierungen an den natürlichen Polyolen Lignin und Tannin zur Herstellung formaldehydfreier Klebstoffformulierungen. Gleichzeitig sollen die Emissionen der bei der Herstellung und Verarbeitung entstehenden flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) sowie später aus dem Verbundwerkstoff heraus eliminiert werden. Hierzu wurden die Vernetzungsmechanismen, die Aushärtung und die Co-Polymerisationen der eingesetzten Bio-Polyole im Detail untersucht.

Aktuell sind neue Klebtechnologien, Klebefestigkeit und Haltbarkeit sowie die Klassifizierung Kernthemen des laufenden Vorhabens. Die Nutzung von Nebenprodukten bedeutender europäischer Industriezweige (Zellstoffindustrie, 2G -Bioethanol) für die Herstellung von Produkten, die erdölbasierte Produkte mit hoher Toxizität und hoher Umweltschädlichkeit in der Holzverarbeitenden Industrie ersetzen können, erfüllt nicht nur die Forderungen einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. Sie trägt auch zur Verbreitung neuer Bioaffineriekonzepte bei und unterstreicht deren sozioökonomische Relevanz für die Gesellschaft (Arbeits- und Umweltschutz, Arbeitsbedingungen).

Gemeinsam mit den Projektpartnern werden verschiedene chemische und enzymatische Modifizierungen an Ligninen, Ligninfraktionen und Tanninen durchgeführt, um die chemische Reaktivität dieser Biopolymere für die Darstellung von Klebstoffen anzupassen. Hierbei werden neue Ansätze zur Darstellung Lignin- und Tannin-basierter, polymerer Klebstoffe

an modifizierten Substraten verfolgt. Ziel ist die Synthese von neuen, formaldehydfreien Duroplasten über Isocyanat-freie Polyurethane und Polyaminbausteine. Das Fraunhofer ICT entwickelt hierfür eine maßgeschneiderte chemische Funktionalisierung der Substrate Tannin und Lignin sowie die Fraktionierung bzw. molekulare Sortierung verschiedener Lignine als Teil dieser Konditionierung. Hierzu werden chemische Modifizierungen in Form von Pfropfungsreaktionen umgesetzt, um die Anzahl der chemisch reaktiven, funktionellen aliphatischen OH-Gruppen an Ligninen und Tanninen zu erhöhen sowie an Ligninfraktionen bis in den Kilogramm-Maßstab umzusetzen.

Eine gründliche Charakterisierung des Aushärtungsverlaufs, der Bindungseigenschaften und der VOC-Emissionen der neuen Klebstoffe schließt sich der Synthese an, bevor dann noch die technischen, ökonomischen und umweltspezifischen Wirkungen ausgewählter Klebstoffsysteme eingehend untersucht werden.

Die Projektergebnisse dienen als Basis für die Einwerbung von Nachfolgeprojekten für eine Implementierungsphase mit der Industrie.

Das europäische Vorhaben wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt (ERACo-Bio Tech: WooBAdh, FKZ: 031B0572B).

Weitere Informationen zum Projekt unter:  
[www.usc.es/biogroup/woobadh](http://www.usc.es/biogroup/woobadh)



### KONTAKT

**Detlef Schmiedl**

Tel. +49 721 4640-747 | [detlef.schmiedl@ict.fraunhofer.de](mailto:detlef.schmiedl@ict.fraunhofer.de)

**Rainer Schweppe**

Tel. +49 721 4640-173 | [rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de](mailto:rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de)



*Lichtleiterbasierte Multiplex-Infrarotspektroskopie an einem kontinuierlichen Syntheseprozess.*



*Adaption eines Pushbroom-Imagers an einem mikrostrukturierten Reaktor.*

## HOCHAUFLÖSENDE ANALYTIK FÜR KONTINUIERLICHE SYNTHESPROZESSE

Die kontinuierliche Betriebsweise chemischer Prozesse ist eine wichtige Alternative zu der herkömmlichen Batch-Prozessfahrweise und bietet viele Vorteile im Hinblick auf die zunehmend geforderte Flexibilität chemischer Produktionsprozesse und drastische Verkürzung des Time-to-Market. Vor dem Hintergrund einer wachsenden Dynamik der globalen Märkte, einer steigenden Produktvielfalt und immer kürzeren Produktzyklen ermöglichen insbesondere kontinuierliche Prozesse eine skalierbare Produktionskapazität. Anlagenseitig werden diese Anforderungen zunehmend mit der Entwicklung modularer und adaptierbarer Anlagentechnik erfüllt, zum Beispiel unter Nutzung mikrostrukturierter und miniaturisierter Apparate. Auch im Bereich der Prozesssteuerung müssen im Hinblick auf flexiblere Prozesse neue Konzepte entwickelt und angewendet werden. Anstatt starrer Regelabläufe ist die Implementierung daten- und wissensbasierter Steuerungskonzepte notwendig. Am Fraunhofer ICT bilden prozessanalytische Techniken, die wichtige Daten zur stofflichen Zusammensetzung liefern, die Grundlage für eine aktive Prozesssteuerung.

Ein weiterer, entscheidender Erfolgsfaktor im Hinblick auf flexible Produktionsprozesse ist eine schnelle Prozessentwicklung, die bereits im Labor-Maßstab beginnt, wo die Mikroreaktionstechnik in Kombination mit spektroskopischen Analysetechniken ein effektives Prozess- und Reaktionsscreening ermöglicht. Am Fraunhofer ICT werden dazu mikroverfahrenstechnische Prozesse in unterschiedlichsten Spektralbereichen (UV, Vis, NIR, IR, Raman) mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung verfolgt.

Eine in diesem Zusammenhang spezielle leistungsfähige Messtechnik ist das ursprünglich aus der Fernerkundung und Satellitentechnik stammende Pushbroom-Imaging-Verfahren, das spektrale Informationen in einem Objektfeld simultan erfassen kann. Chemische Prozesse können damit in einem

ausgewählten Abschnitt eines Reaktionsraumes mit hoher Ortsauflösung in Echtzeit spektroskopisch verfolgt werden. Die Verwendung von Lichtleiterfasern erlaubt es zudem, diese Imaging-Technik als Multiplex-Spektroskopie an mehreren diskreten, frei wählbaren Positionen eines chemischen Prozesses simultan einzusetzen. Dies ermöglicht die Verfolgung chemischer Prozesse über längere Reaktionsstrecken und liefert eine Vielzahl an kinetischen und mechanistischen Informationen.

Am Fraunhofer ICT wird Pushbroom-Imaging beispielsweise zur Prozesssteuerung bei der kontinuierlichen Herstellung von hochexplosiven Nitrateestern im kg-Maßstab eingesetzt. Bei diesen Veresterungsreaktionen muss die korrekte Stöchiometrie der Reaktionspartner (Mischsäure und mehrwertige Alkohole) aus Sicherheitsgründen zwingend eingehalten werden. Abweichungen führen unmittelbar zu Zersetzungsreaktionen, die in einem unkontrollierten Reaktionsverlauf resultieren. Ein Pushbroom-Imager ist über Lichtleiterfasern an mehreren Positionen entlang des Reaktionskanals eines mikrostrukturierten Glasreaktors adaptiert. Eine eventuell einsetzende Zersetzungsreaktion kann so durch Detektion der dabei entstehenden nitrosen Gase (NO<sub>x</sub>) mit sehr hoher Zeitauflösung (< 10 ms) erkannt werden. Der Pushbroom-Imager ist zudem in die Prozesssteuerung implementiert. Mithilfe geschlossener Regelkreise können Aktoren, das heißt Pumpen und Ventile, direkt angesteuert werden, um einen sicheren Betriebszustand wieder einzustellen. Auf diese Weise wird nicht nur die Sicherheit dieser gefahrgeneigten Prozesse signifikant erhöht sondern auch eine Prozessoptimierung durch einen effektiven Einsatz der Rohstoffe erzielt.

---

### KONTAKT

**Dr. Dušan Bošković**

Tel. +49 721 4640-758 | [dusan.boskovic@ict.fraunhofer.de](mailto:dusan.boskovic@ict.fraunhofer.de)

## AUSSTATTUNG

- verschiedene Synthesetechnika für chemische und mechanische Verfahrenstechnik
- Technikumsanlage zur Aufskalierung in den 50 kg- bzw. 50 L-Maßstab
- Sicherheitsboxen zur ferngesteuerten Reaktionsführung gefahrgeneigter Prozesse
- Mikroverfahrenstechnische Versuchsstände und Syntheseanlagen
- Anlagen zum Parallelscreening von Syntheseansätzen (auch unter Hochdruck)
- mehrere Reaktionskalorimeter (Batch und kontinuierlich)
- modernste Prozessspektrometer für die ein- und mehrdimensionale Inline-, Online- oder Atline-Prozessverfolgung (UV/Vis, NIR, IR, Raman)
- kontinuierliche und diskontinuierliche Hochdruckanlagen für die Hydrothermolyse, Oxidation und Hydrierung sowie Reaktionen in unter- und überkritischem Wasser
- Hochdruckextraktionsanlagen für die Extraktion in überkritischem Kohlendioxid
- Pilotanlagen zur Kristallisation aus Lösungen mittels überkritischer Fluide
- Anlagen zur Bestimmung von Löslichkeiten und Phasengleichgewichten bei hohen Drücken
- verschiedenste Destillationsanlagen zur thermischen Trennung hochsiedender/empfindlicher Stoffgemische (Fallfilmverdampfer, Hochtemperaturvakuumrektifikation)
- Anlagen zur Flüssig/Flüssig- und Fest/Flüssig-Extraktion
- mobile Anlagen zur Umkehrosmose, Nano- und Ultrafiltration
- Anlagen zur Lösungs- und Schmelzpolymerisation
- Beschichtungs- und Coatingprozesse
- Sprüh- und Schmelzkristallisationsprozesse
- Zerkleinerungstechniken
- Partikelgrößen- und Kristallstrukturanalytik
- umfangreich ausgestattete chemische, spektroskopische, thermische und mechanische Analysenlabore
- Anlagen zur Oberflächenanalytik, Anlagen zur volumetrischen und gravimetrischen Sorptionsmessung
- Computertomographie

# KERNKOMPETENZ KUNSTSTOFFTECHNOLOGIE UND VERBUNDWERKSTOFFE

Seit 1994 forscht das Fraunhofer ICT in der Kernkompetenz »Kunststofftechnologie und Verbundwerkstoffe« erfolgreich an technischen Kunststoffen für den Einsatz in der Praxis: von der Polymersynthese über Werkstofftechnik, Kunststoffverarbeitung, Bauteilentwicklung und -fertigung bis hin zum Recycling.

Die »Polymersynthese« ist für uns das Fundament zur Weiterentwicklung sogenannter klassischer Polymere wie Polyurethane, Polyester und Polyamide mit dem Ziel, ihrer Funktionalitäten wie beispielsweise eine verbesserte Wärmeformbeständigkeit und damit die Einsatzmöglichkeiten bisheriger Werkstoffe zu verbessern. Eine Steigerung der Nachhaltigkeit auf Basis biobasierter Rohstoffe oder der Nutzung natürlicher Polymere wie zum Beispiel Cellulose bilden einen weiteren Forschungsschwerpunkt. Neben der Polymersynthese erarbeiten und optimieren wir Synthesen von Additiven wie beispielsweise Flammenschutzmitteln für die Anwendung in neuen Kunststoff-Compounds. Flammschutzsysteme der neuesten Generationen verzichten hier vollständig auf den Einsatz halogenhaltiger Bestandteile.

Die Arbeitsgruppe für »Materialentwicklung und Compoundiertechnologien« beschäftigt sich mit der Entwicklung neuer Compoundierprozesse und Materialrezepten. Hervorzuheben sind hier extraktive Compoundierprozesse zur Reduktion von Emissionen, die Entfernung von Störstoffen im Recycling oder die innovative Reaktivextrusion zur Polymersynthese oder Polymermodifikation im Doppelschneckenextruder. Mehr Materialinnovationen entstehen durch biobasierte oder nanofunktionalisierte Polymer-Compounds für hochwertige Spritzgießprodukte sowie generative Fertigungsverfahren.

Maßgebliche Aufgaben im Themenfeld »Schäumtechnologien« bestehen in der Partikelschaumtechnik sowie der Herstellung geschäumter Halbzeuge im Direktschaumprozess. Neben der Optimierung konventioneller Materialien, befassen wir uns mit dem Schäumen von biobasierten Polymeren und von technischen, meist höhertemperaturfesten Rohstoffen. Die Kombination von Kunststoffschäumen mit

Phasenwechselmaterialien ermöglicht hybride Leichtbaumaterialien mit hohen Dämmwerten und zusätzlichen Möglichkeiten der Raumtemperierung.

Im Fokus der »Thermoplastverarbeitung« stehen Standard- und Sonderverfahren im Spritzgießen und Fließpressen sowie thermoplastische Faserverbundmaterialien und deren Verarbeitungstechnologien. Durch die Entwicklung von Tapelege- und Tapekonsolidierverfahren und der Integration neuer Anlagentechnik wurde die Prozesskette bis zur Bauteilintegration geschlossen.

Wegweisende Akzente setzt die »Duromerverarbeitung« bei der Material- und Prozessentwicklung für großserienfähige langfaserverstärkte Verbundbauteile als Struktur- und Oberflächenanwendungen. Unsere Kernkompetenzen liegen in der Materialentwicklung und Verarbeitung von Sheet Molding Compounds (SMC) sowie dem Duroplastspritzgießen. Mit der Fertigung duroplastbasierter Elektromotor- und Turboladergehäusebauteilen konnten die ersten größeren Projekte im Bereich Duromerspritzgießen erfolgreich abgeschlossen werden.

Wesentliche Elemente der Forschungsarbeit im Bereich »Hochleistungsfaserverbunde« sind die Weiterentwicklung und Industrialisierung von Resin-Transfer-Molding (RTM) sowie Wet-Compression-Molding-Verfahren (WCM) im Hinblick auf die großserienfähige Herstellung endlosfaserverstärkter Bauteile mit duromeren sowie thermoplastischen Matrices. Das Erzeugen textiler Preforms, deren Handhabung, Kombination mit Polymerschäumen und metallischen Strukturen sowie die nachfolgende Harzinfusion sind wichtige Bestandteile der betrachteten Prozesskette.



*Partikelschaum mit  
thermogeformter  
Deckschicht.*



*Preforming mittels Partikelschaum.*



*Roboterbasierter Wickelprozess zur Herstellung von Skelettstrukturen zur lokalen Endlosfaserverstärkung von strukturellen Spritzgießbauteilen.*

In der »Mikrowellen- und Plasmatechnologie« entwickeln wir Anlagen und Messtechnik für thermische Mikrowellentechnik und mikrowellenbasierte Plasmen. Anwendungen sind unter anderem die mikrowellenbasierte Erwärmung von Kunststoffen, das beschleunigte Aushärten von Klebstoffen und Harzsystemen sowie die Beschichtung oder Modifikation von Oberflächen im Plasma-Enhanced-Chemical-Vapour-Deposition-Verfahren. Einen besonderen Schwerpunkt bilden hierbei Korrosionsschutzschichten sowie nanoporöse Haftschichten. In unserem Prüflabor können wir polymere Werkstoffe entlang der gesamten Prozesskette, vom Rohstoff bis zum Bauteil, umfassend untersuchen. Im Schadensfall bieten wir eine systematische Analyse zu Schadensursachen und Fehlereinflüssen mittels analytischer und technologischer Messmethoden. Neben der normgerechten Prüfung von Standard-Werkstoffen bieten wir auch die Prüfung von Faserverbundwerkstoffen und polymeren Hartschäumen an.

Beim »Online-Prozessmonitoring« werden spektrale und auf Mikrowellen basierende Messverfahren zur anlagenintegrierten Prozess- und Materialkontrolle und zur Prozesssteuerung entwickelt. Projekte im Kontext von Industrie 4.0 bauen auf den großen Erfahrungen im Bereich der Sondentechnik, der Prozessintegration von Sensoren und dem prozessspezifischen Know-how in der Auswertung der erhaltenen Rohdaten auf. Die Applikation und Integration von Big-Data und KI Algorithmen erlauben »lernende/unreife Prozesse«.

Im Bereich »Recycling und Kreislaufwirtschaft« werden Prozesse und Technologien für eine stoffliche Verwertung von Polymeren entwickelt, mit dem Ziel einer vollständigen Rückführung in hochwertige Anwendungen. Schwerpunkte bilden dabei Technologien für die Verwertung von Kompositen und Verbundwerkstoffen (GFK, CFK) nach dem Freilegen der Fasern (zum Beispiel durch Solvolyse- oder mikrowellenunterstützte Pyrolyseprozesse) und das Trennen von PET-Multilayer-Verbünde aus dem Verpackungsbereich. Einige Thermoplaste des Consumerbereichs müssen vor ihrer Wiederverwendung einem Extraktionsverfahren unterzogen werden, um sie beispielsweise

von Flammschutzmitteln oder Farbstoffen zu befreien – hierbei kommen klassische Lösungsmittel aber auch überkritische Fluide wie zum Beispiel Kohlendioxid zum Einsatz. Wir bearbeiten seit 2018 auch Projekte zum Recycling mariner Kunststoffabfälle.

### **Fraunhofer Project Center und Allianzen**

Die Partnerschaft zwischen dem FPC@WESTERN in London, Ontario, Kanada und der Western University verbindet die Kompetenzen des Fraunhofer ICT auf dem Gebiet der Faserverbundwerkstoffe mit dem Know-how in der Material- und Oberflächenforschung der kanadischen Hochschule optimal. Die großserienfähige Anlagentechnik ermöglicht es uns Forschungsaufträge im industriellen Maßstab durchzuführen. Der Forschungsschwerpunkt des FPC@UNIST in Ulsan, Südkorea, liegt auf Verarbeitungsprozessen für Faserverbundwerkstoffe, neuen Werkstofflösungen sowie der Überführung des Leichtbaus in die Großserie.

Die »Karlsruher Forschungsfabrik®« ist eine Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft mit Ihren Instituten ICT und IOSB sowie des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT-wbk) am »Campus-Ost« des KIT. Ziel ist es, gemeinsam mit Industriepartnern neue, noch unreife Fertigungsprozesse schnell zur Serienreife zu bringen. Das Projekt wird einen wichtigen Beitrag zur »Strategie Künstliche Intelligenz« der Bundesregierung leisten.

Durch die enge thematische Vernetzung mit anderen Fraunhofer-Instituten innerhalb der Fraunhofer-Allianzen »Bau« und »Leichtbau« sind wir in der Lage, Systemlösungen aus einer Hand anzubieten.

### **KONTAKT**

#### **Prof. Dr. Frank Henning**

Tel. +49 721 4640-420 | frank.henning@ict.fraunhofer.de

#### **Rainer Schweppe**

Tel. +49 721 4640-173 | rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de

#### **Wilhelm Eckl**

Tel. +49 721 4640-355 | wilhelm.eckl@ict.fraunhofer.de



Vollautomatisierte Produktionszelle  
zur Herstellung hybrider  
Thermoplast-Strukturbauteile.

## BMBF-PROJEKT MOPAHYB: MODULAR – EFFIZIENT – GROSSERIENTAUGLICH

»Das richtige Material am richtigen Ort« gilt als Maxime des Multi-Material-Designs und als Schlüsseltechnologie im Leichtbau. Hierbei stellt die intrinsische Hybridisierung, das heißt die Herstellung eines Verbundes aus metallischen und faserverstärkten Kunststoffbauteilen in einem direkten Ur- bzw. Umformverfahren, die größten Potenziale bereit. Jedoch verhinderte das Fehlen einer wirtschaftlichen Fertigungsmethode bisher die Markteinführung für gegenwärtige Losgrößen. Um diese Hürde zu überwinden, wurde im vom BMBF geförderten Verbundprojekt MoPaHyb ein neues modulares Steuerungs- und Anlagenkonzept erfolgreich entwickelt und am Fraunhofer ICT in Form einer Pilotanlage demonstriert und validiert.

Zusammen mit einem Konsortium aus 14 Partnern wurde eine neuartige Anlagenarchitektur entwickelt, um Produktionsanlagen modular und flexibel auf neue Produkte anzupassen. Hierbei war es notwendig Gesamtanlagen in einzelne Anlagenkomponenten, sogenannte Produktionsmodule zu unterteilen. Über gemeinsam im Projekt entwickelte, standardisierte Schnittstellen sind die Module untereinander und insbesondere mit einer übergeordneten Basissteuerung verbunden. Dabei bildet das Kommunikationsprotokoll OPC UA eine zukunftsweisende Möglichkeit der Anlagenvernetzung. Die Beschreibung eines Herstellungsprozesses für ein Produkt erfolgt in einer Herstellenanweisung. Zur Erzeugung einer solchen wurde im Projekt der Modulbaukasten entwickelt. Dieser erlaubt es, die für ein Produkt benötigten Produktionsmodule auszuwählen und zu verketteten. Die erzeugte Herstellenanweisung wird in der herstellerunabhängigen Hochsprache AutomationML exportiert und dient als Grundlage zur Erzeugung der Liniensteuerung.

Die Validierung wurde anhand der Pilotanlage am Fraunhofer ICT an zwei Demonstratorbauteilen durchgeführt. Ziel war es, die Konfigurierbarkeit als auch die Rekonfigurierbarkeit an zwei unterschiedlichen Prozessrouten darzustellen.

Bei Prozessroute 1 lag der Fokus auf Hybrid-Spritzgießtechnologie. Die darin untersuchte Sitzlehnenstruktur besteht aus einem endlosfaserverstärkten thermoplastischen Halbzeug, metallischen Einlegern und wird im LFT-Spritzgießen hybridisiert. Prozessroute 2 stellt ein Unterbodensegment aus einem Endlosfaserhalbzeug mit LFT Fließpressmasse als zentralem Prozess dar.

Ein großes Augenmerk lag zudem auf innovativen Leichtbautechnologien sowie deren Weiterentwicklung und Optimierung. So erfolgte die Integration und Entwicklung eines intelligenten Tapelegeprozesses in Form der Dieffenbacher Fiberforge. Für Prozessroute 1 steuerte Arburg ein modulares Spritzgießaggregat, welches mit einer FDC-Einheit zur direkten Faserzuführung und Compoundierung ausgestattet ist, bei. Das herausragende Merkmal des Aggregates liegt in der Trennung der Versorgungseinheit vom Spritzgießaggregat. Dadurch ist es möglich, dass das Modul individuell an die Fraunhofer ICT Bestandsanlage, eine 3600t hydraulische Oberkolbenpresse der Dieffenbacher GmbH, angeschlossen werden kann. Weitere Schwerpunkte lagen in der Entwicklung innovativer Greifsysteme für FVK-Halbzeuge und Untersuchungen zur Optimierung der Metall-FVK Grenzflächen.

Fazit: Anhand der Pilotanlage konnte die neuartige Anlagenarchitektur erfolgreich demonstriert und validiert werden. Dadurch konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, hybride Faserverbundbauteile auch in kleinen Losgrößen wirtschaftlich zu fertigen.

Weitere Informationen zum Projekt unter:  
[www.mopahyb.de](http://www.mopahyb.de)



### KONTAKT

#### **Tobias Joppich**

Tel. +49 721 4640-473 | [tobias.joppich@ict.fraunhofer.de](mailto:tobias.joppich@ict.fraunhofer.de)

#### **Sascha Kilian**

Tel. +49 721 4640-448 | [sascha.kilian@ict.fraunhofer.de](mailto:sascha.kilian@ict.fraunhofer.de)



PU-Weichschaum aus recykliertem Material.



## CHEMISCHES RECYCLING VON POST-CONSUMER POLYURETHAN-BLOCKSCHAUMSTOFFEN

Polyurethane (PU) sind einer der vielseitigsten Polymertypen, da PU-Werkstoffe bei spezifischer Rezepturentwicklung in geeigneter Kombination der Rohstoffe sowohl duroplastische, thermoplastische als auch elastomere Eigenschaften erzielen können. Mit einer Jahresproduktion von 18 Millionen Tonnen sind die Polyurethane das sechsthäufigste Kunststoffmaterial der Welt. Das große Materialspektrum resultiert auch in einem sehr breiten Anwendungsfeld für diese Werkstoffe.

Fast ein Drittel der weltweit produzierten Polyurethane wird für die Herstellung von Weichschaumstoffen wie Matratzen, Kissen und Sitzpolster für die Automobil- und Luftfahrtindustrie verwendet. Nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von etwa 10 Jahren erreichen alleine in Europa ca. 30 Millionen Matratzen jährlich ihr Lebensende. Das entspricht einem Volumen von 450.000 Tonnen pro Jahr. Derzeit gehen 40 % dieses Volumens in die Verbrennung und 60 % werden deponiert. Das Problem wird sich weiter verschärfen, da Polyurethane aufgrund des guten Preis-/Leistungsverhältnisses hohe jährliche Zuwachsraten aufweisen. Das chemische Recyceln des Werkstoffes kann einer Deponierung und Verbrennung entgegenwirken bei gleichzeitiger Gewinnung neuer Ausgangsstoffe für PU-Materialien.

Chemisch gesehen sind Polyurethane Kondensationsprodukte aus Isocyanaten und Polyolen. Für das Recycling von PU-Schäumen haben wir im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts URBANREC einen chemischen Solvolyseprozess entwickelt. Für die Solvolyse kommen unterschiedliche Alkoholkomponenten zum Einsatz und zur Testung.

Mit dem von uns entwickelten Verfahren lassen sich aus post-consumer Matratzen wieder Polyolkomponenten für neue, hochpreisige PU-Materialien gewinnen. Im Rahmen des Vorhabens haben wir gemeinsam mit unseren Verbundpartnern erfolgreich Matratzen, Heißklebstoffe und Isolationschäume hergestellt. Auf Basis genormter Tests haben wir verschiedene Einsatzpotenziale der in diesem Verfahren durch chemisches Recycling erzeugten Sekundärpolyole nachgewiesen. Diese verringern damit den Anteil fossil basierter Polyole bei Neusynthesen.

Eine ökonomische und ökologische Bewertung des Prozesses im Vergleich zur Verwendung fossiler Polyole ist aktuell in Untersuchung.

Das Projekt wurde im Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union unter Kennzeichen Nr. 690103 gefördert.

Weitere Informationen zum Projekt unter [www.urbanrec-project.eu](http://www.urbanrec-project.eu)



### KONTAKT

#### Ronny Hanich

Tel. +49 721 4640-586 | [ronny.hanich@ict.fraunhofer.de](mailto:ronny.hanich@ict.fraunhofer.de)

#### Rainer Schweppe

Tel. +49 721 4640-173 | [rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de](mailto:rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de)

## AUSSTATTUNG

- Doppelschneckenextruder mit 18 bis 32 mm Schneckendurchmesser
- Dosiersysteme für flüssige und hochviskose Medien und gravimetrische Dosiersysteme für Granulate, Pulver, Fasern, etc.
- Labor für die Reaktivextrusion, ausgestattet mit Sicherheitseinrichtungen zum Arbeiten mit Gefahrstoffen
- parallelaufgeregelter hydraulischer Pressen für die Verarbeitung von Kunststoffen mit 6.300 und 36.000 kN Schließkraft
- Direkt-LFT-Anlage
- Spritzgießanlagen im Schließkraftbereich 350 bis 7.000 kN
- Spritzgießsondervorgang Spritzprägen, Mehrkomponentenspritzgießen, Thermoplast-Schaumspritzgießen, Expansionsschäumen, Duroplastspritzgießen
- Injection Molding Compounder mit 40 mm Doppelschneckenextruder und 7.000 kN Schließkraft
- Automatisiertes Thermoplast-Tapelegeverfahren für Gelege mit einem Durchmesser von 2 mm
- Anlagentechnik zur strahlungsinduzierten Vakuumkonsolidierung für thermoplastische Gelege bis  $0,94 \times 1,74 \text{ m}^2$
- Automatisierte Wickeltechnik zur Herstellung komplexer Schlaufenstrukturen
- 3D-Druck-Technologien zur Verarbeitung von funktionalisierten Polymeren – filamentbasiert und AKF-Technologie
- Partikelschaumtechnik mit Doppelschneckenextruder, Unterwassergranulierung, Vorschäumer und Formteilautomaten
- Tandem-Schaumextrusionsanlage für geschäumte Halbzeuge
- SMC-Flachbahnanlage und BMC-Knetter
- Polyurethanverarbeitung PU-RIM und PU-Fasersprühtechnologie
- thermoplastische RIM/RTM-Verarbeitung
- RIM/RTM-Technologien für die Verarbeitung duromerer und thermoplastischer Materialien im Hochdruckinjektions- und Hochdruckkompressions-RTM-Prozess
- automatisiertes PreformCenter zur Herstellung textiler Preforms
- Mikrowellenanlagen mit Generatoren im Bereich 60 kW bei 915 MHz, 12 kW bis 60 kW bei 2,45 GHz, 0,8 kW bei 5,8 GHz und 0,8 kW bei variabler Frequenz von 5,8 GHz bis 7,0 GHz
- mikrowellenbasierte Sensortechnik zur Prozessüberwachung
- Niederdruck-Flächenplasma mit  $500 \times 1.000 \text{ mm}$  Applikationsfläche und  $8 \times 2 \text{ kW}$  Leistung
- Niederdruck-Plasmaanlage mit 8 Gaskanälen, ECR-Plasma und 1.000 mm Plasmalänge
- Universalprüfmaschinen mit Vorrichtungen für Biege-, Zug-, Schäl- und Druckprüfungen
- Schlagpendel und Durchstoßfallwerk
- HDT/Vicat-Gerät
- Dynamisch-Mechanische Analyse (DMA)
- Hochdruckkapillarviskosimeter mit pVT-Messtechnik
- Rheotens®-Gerät zur Dehnviskositäts-Bestimmung
- Platte-Platte-Viskosimeter
- Kontaktwinkelmessgerät
- Differential Scanning Kalorimetrie (DSC)
- TG-MS, Pyrolyse-GC-MS
- Gelpermeationschromatographie (GPC)
- Lichtmikroskopie Auflicht und Durchlicht, Polarisation
- Rasterelektronenmikroskop mit Elementanalyse (REM-EDX)
- FTIR-, UV-VIS- und NIR-Spektroskopie
- Flammenschutz-Teststände
- Wärmeleitfähigkeitsmessgeräte
- Hydrostatischer Druckprüfstand zur Charakterisierung von polymeren Schäumen

# KERNKOMPETENZ ENERGIESYSTEME

Eine nachhaltige und bezahlbare Energieversorgung sowie der effiziente Umgang mit Energie bilden die Schwerpunkte der aktuellen Forschungspolitik. Innerhalb der Kernkompetenz »Energiesysteme« befassen wir uns am Fraunhofer ICT mit elektrischen Energiespeichern für mobile und stationäre Systeme, mit Brennstoffzellen und Elektrolyse sowie Wärme- und stofflichen Energiespeichern und ihren Einsatzmöglichkeiten. Unser Institut hat sich innerhalb dieser Kernkompetenz über mehr als 30 Jahre elektrochemisches und chemisches Know-how aufgebaut und die Grundlagen für die Entwicklung effizienter und kostengünstiger Speicher und Wandler gelegt.

Zur Speicherung elektrischer Energie entwickeln wir neue effiziente Möglichkeiten und untersuchen bereits auf dem Markt befindliche Systeme. Die Schwerpunkte liegen dabei auf Lithium-Ionen-Batterien, Festkörperbatterien, Redox-Flow-Batterien und sogenannten Post-Lithium-Ionen-Systemen, wie zum Beispiel Lithium-Schwefel oder Natrium-basierten Batterien. Zellen und Batteriemodule werden sowohl thermisch als auch elektrisch charakterisiert und simuliert, um sie dann für unterschiedliche Anwendungen auszulegen. Einen weiteren Schwerpunkt stellen Sicherheits- und Abuse-Untersuchungen mit begleitender Gasanalytik, Post-mortem-Untersuchungen an Zellen und Batterie-Modulen sowie die Entwicklung und Validierung von Sicherheitskonzepten für den Betrieb, Transport und Lagerung dar. In unseren Abuse-Laboren können wir thermische, mechanische und elektrische Sicherheitstests an Li-Ionen Zellen und an Modulen bis 2 kWh durchführen.

Elektrokatalysatoren für Brennstoffzellen und Elektrolyseure der nächsten Generation bilden einen Schwerpunkt im Bereich der Wandler. Der Themenschwerpunkt liegt in der Entwicklung von alkalischen Direktalkohol-Brennstoffzellen, zum Beispiel der Entwicklung von Palladium-Nichtedelmetalllegierungskatalysatoren für die Alkoholoxidation oder Ionomen mit hoher Stabilität in alkalischen Alkohollösungen. Zum Betrieb mit militärisch verfügbaren logistischen Kraftstoffen entwickeln wir Anodenkatalysatoren für Mitteltemperaturbrennstoffzellen, die eine hohe Toleranz für Verunreinigungen (insbesondere schwefelhaltige Verbindungen) haben. Wir besitzen darüber hinaus eine hohe Kompetenz in der Online-Analytik elektrochemischer Prozesse. Diese werden auch für die Untersuchung von Degradationsprozessen in automobilen PEMFC genutzt.

Zu unserer Kompetenz gehört ferner die Auslegung von Systemen für den Einsatz in ungewöhnlichen Umgebungen, zum Beispiel unter Wasser.

Eine weitere Möglichkeit der effizienten Nutzung von elektrischer Energie ist die Gewinnung von chemischen Erzeugnissen. So befassen wir uns mit der Entwicklung elektrochemischer Reaktoren einschließlich Elektrokatalysatoren und Elektroden sowie der Integration in einen Gesamtprozess und Kopplung an Folgeprozesse. Ein aktuelles Beispiel ist die elektrochemische Gewinnung von Wasserstoffperoxid durch partielle Reduktion von Luftsauerstoff mit gekoppelter Nutzung in einer Selektivoxidation.

Thermische Speicher werden sowohl auf der Basis von Phase-Change-Materials (PCM) als auch von Zeolithen entwickelt und charakterisiert. Dazu gehört die physikalisch-chemische Grundlagencharakterisierung inklusive der modellhaften Beschreibung und die Charakterisierung von Ad- und Desorptionsphänomenen mithilfe thermoanalytischer Methoden. Die Auslegung, der Aufbau und der Test von Sorptionspeichern und Sorptionskühlungssystemen, Wärmespeichern auf Basis von Phase-Change-Materials sowie die Auslegung und der Aufbau und Test von Hybridbauteilen, die thermische Masse und Isolation verbinden, ergänzen sehr anwendungsbezogen unsere Grundlagenuntersuchungen. Im Themengebiet der stofflichen Speicher befassen wir uns am Fraunhofer ICT mit Wasserstoff als Energieträger und Plattformchemikalie. Ein besonderer Kompetenzschwerpunkt liegt dabei in der sicherheitstechnischen Beurteilung und Auslegung von Systemen, Anlagen und Prozessen.



*2 MW Windkraftanlage  
mit Redox-Flow-Batterie und  
Batterie-Applikationszentrum.*

Der Umgang mit Wasserstoff, insbesondere die Lagerung und der Transport, die Entwicklung und Ausführung von spezifischen Sicherheitstests sowie die Beurteilung, Konzeption und Auslegung von Wasserstoffspeichern ist Schwerpunkt unserer Arbeiten. Die Ausstattung unseres Anwendungszentrums für stationäre Speicher ermöglicht die Charakterisierung und Entwicklung eines breiten Spektrums von Materialien bis hin zum Verhalten des Speichers im elektrischen Netz mit erneuerbaren Energien.

### Verbünde und Allianzen

Die Kompetenzen des Fraunhofer ICT sind sowohl über Fraunhofer-Verbünde als auch über Fraunhofer-Allianzen mit anderen Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft verknüpft. Das Fraunhofer ICT stellt mit Prof. Dr. Jens Tübke den Sprecher der »Allianz Batterien«. Weiterhin ist das Fraunhofer ICT mit seinen Themen aus dem Bereich der Energiesysteme hauptsächlich in den Allianzen »Energie«, »Space« und »Bau« aktiv.

### Dienstleistungen und Technologietransfer

Wir bieten unseren Kunden eine breite Palette an Entwicklungsleistungen für elektrische und thermische Speicher und elektrische Wandler für unterschiedlichste zivile wie militärische Anwendungsfelder. Die Auslegung und Entwicklung von Brennstoffzellensystemen für eine stationäre Anwendung sowie für Fahrzeuge umfasst folgende Schwerpunkte:

- vollständige Charakterisierung der Brennstoffzellenstacks der Typen PEMFC, HT-PEMFC und DMFC
- Umweltsimulation an Stacks und Systemen, zum Beispiel Klimatests, Einfluss von Erschütterungen etc.
- Erarbeitung von Betriebsstrategien, Optimierung des Zusammenspiels von Brennstoffzelle und Batterie
- Durchführung von Sicherheitsbetrachtungen mittels FMEA

Weiterhin entwickeln wir geeignete Elektrokatalysatoren zum Einsatz mit verschiedenen Brennstoffen (Wasserstoff, Alkohole) in sauren oder alkalischen Brennstoffzellen. Zur Evaluierung von Batteriematerialien wie Elektroden, Separatoren, Elektrolyten und Ableitern stehen uns unterschiedliche Testzellen und diverse eigenentwickelte Spezialmesszellen zur Verfügung.

- Bestimmung der Leitfähigkeit (Elektrolyt, Membran, Separator)
- Evaluierung von Elektroden (zum Beispiel NCA, NCM, Graphit, Si, LCO, LTO, O<sub>2</sub>-Kathoden etc.)
- Test von Separatoren und Untersuchung von Elektrolyten (organisch, anorganisch, ionisches Liquid, Festionenleitend) auf Performance und Stabilität
- Thermische Simulation und Kühlkonzepte für Zelle, Modul und Batterie sowie Entwicklung von Modul- und Batteriekonzepten mit spezifischen Zellen
- Forschung an Systemen der nächsten Generation (zum Beispiel Li-S, Luftkathoden, Na-Systeme, Festionenleiter)

---

### KONTAKT

#### Prof. Dr. Jens Tübke

Tel. +49 721 4640-343 | jens.tuebke@ict.fraunhofer.de

#### Wilhelm Eckl

Tel. +49 721 4640-355 | wilhelm.eckl@ict.fraunhofer.de

#### Prof. Dr. Karsten Pinkwart

Tel. +49 721 4640-322 | karsten.pinkwart@ict.fraunhofer.de



*Solarkollektoranlage auf, bestehend aus 100m<sup>2</sup>  
Luftkollektorfläche für das Projekt STARK am  
Fraunhofer ICT.*

## »STARK« – SOLARTHERMISCHE ANLAGE ZUR RAUMKLIMATISIERUNG

Mehr als 50 Prozent des gesamten deutschen Endenergieverbrauchs entfallen auf die Bereitstellung von Wärme und Kälte. Während Wärme überwiegend aus Gas erzeugt wird, ist im Kältebereich in der Regel Strom der Energieträger der Wahl, der teilweise ebenfalls aus fossilen Energieträgern produziert wird. In Anbetracht des enormen Energieverbrauchs erscheint es geradezu paradox, dass große Mengen Abwärme dabei ungenutzt an die Umgebung abgeführt werden und vorhandene solare Wärme nicht effektiver genutzt wird.

Eine Möglichkeit, die Energieeffizienz von Wärmeerzeugungsprozessen zu verbessern oder Abwärme und solare Wärme zur Kälteproduktion zu nutzen, ist der Einsatz thermisch betriebener Wärmepumpen, zu denen auch die Adsorptionswärmepumpe zählt.

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt »STARK« wird eine solarthermische Anlage zur Raumklimatisierung konzipiert, aufgebaut und im Jahresbetrieb getestet. Ziel des Vorhabens ist es, durch die Kombination von solaren Luftkollektoren mit einer Adsorptionskälteanlage eine kostengünstige und umweltfreundliche Alternative zur Raumklimatisierung zu entwickeln. Eine Stromersparnis von ca. 50 Prozent gegenüber den Voraussetzungen für die Energieeffizienzklasse A, ein Verhältnis von Kühlleistung zu Antriebswärme von mindestens 0,3 sowie die Unterstützung der Heizung in der Übergangsperiode sollen realisiert werden.

Als Grundlage dient ein im Vorgängerprojekt »Solintro« erbaute, neuartige solarer Luftkollektor, der sich durch sein besonders niedriges Gewicht und einen geringen Durchströmungswiderstand auszeichnet. Der gestiegene Wunsch nach Komfort, insbesondere in gewerblich genutzten Gebäuden, wie zum Beispiel Industriehallen, lässt sich durch den Einsatz dieses Kollektors realisieren.

Auf dem Energiecampus Fraunhofer ICT wurde von unserem Projektpartner Nordluft ein 100 Quadratmeter großes Kollektorfeld aufgebaut. Dieses mit Messtechnik ausgerüstete Kollektorfeld liefert die Antriebswärme für die Adsorptionskältemaschine und dient als Demonstrationsanlage, an der auch weitere Technologien, beispielsweise Latentwärmespeicher, erprobt werden können. Im Laufe des Projektes werden zudem Daten zur Effizienz des Kollektorsystems im Echtbetrieb gesammelt. Aus den gewonnenen Kenndaten kann anhand von Simulationsrechnungen der Energieertrag der Solarkollektoren unter verschiedenen Umwelt- und Prozessbedingungen berechnet werden.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert, und vom DLR Projektträger betreut (FZK 01LY1619B).



### KONTAKT

**Christian Teicht**

Tel. +49 721 4640-316 | christian.teicht@ict.fraunhofer.de



Elektrolysezelle zum kathodischen Aufbau von Vanillin.



Divanillin als Edukt zur Erzeugung von Polyvanillin, oligomeren Schiff'schen Basen und Polyiminen.

## »INTELEK-TO« – PROZESS- UND BIOPOLYMERENTWICKLUNG

Bei der Zellstoffherstellung durch den Kraft-Prozess fallen weltweit ca. 160 Millionen Tonnen ligninhaltige Laugen an, die zur Zeit weitestgehend energetisch und zur Rückgewinnung der Aufschluss-Chemikalien verwertet werden. Kraft-Lignin besitzt aufgrund seiner multifunktionalen, aromatischen Struktur das Potential, als Ausgangsmaterial zur Darstellung von Feinchemikalien, Intermediaten und biobasierten Hochleistungspolymeren zu dienen. Aufgrund seiner komplexen, molekularen Struktur kommt es bei thermisch-katalytischen Abbauprozessen zu einer Vielzahl von monomeren Verbindungen, elektrochemisch kann Kraft-Lignin jedoch hochselektiv in wenige monomere Verbindungen (Vanillin, Syringaldehyd, Derivate) oxidativ gespalten werden. Das im Rahmen vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderte Verbundprojekt »IntEleK-to« knüpft genau an dieser Stelle an. Das Fraunhofer ICT koordiniert das Konsortium des Verbundprojektes, bestehend aus der Universität Mainz sowie dem Reaktorhersteller HiTec Zang GmbH. Ziel ist zum einen die Entwicklung eines hochintegrierten, elektrochemischen, kontinuierlichen Prozesses und Reaktorsystems zur Konversion von Ligninen in die o.g. aromatischen Plattformchemikalien sowie neuen Oligomeren. Aus den monomeren Verbindungen werden drop-in-Chemikalien und Intermediate für stoffliche Anwendungen aufgebaut. Diese sind interessant, da sie zu bereits am Markt erhältlichen Produkten, wie Polymeradditiven, Hochleistungspolymeren, Pharmazeutika, Aroma- und Geruchsstoffe, verarbeitet werden können.

Der Produktbereich Angewandte Elektrochemie des Fraunhofer ICT beschäftigt sich im Projekt mit dem Aufbau von Vanillin und Vanillin-Derivaten zu höhermolekularen Verbindungen durch kathodische elektrosynthetische Umsetzung. Dazu wurde eine Messzelle angefertigt, die selektive elektrochemische Synthesen im Gramm-Maßstab ermöglicht. Aus den Ergebnissen wird unter optimierten Bedingungen ein kontinuierlicher Reaktor zur

Darstellung von Polymeren auf Vanillin-Basis aufgebaut. Integrierte Trenntechnik wird den Zugang zu biobasierten Polymeren einheitlicher Molekulargröße ermöglichen. Der Produktbereich Umwelt Engineering des Fraunhofer ICT analysiert anschließend im Detail die entstehenden oligomeren Abbauprodukte der elektro-chemischen Ligninoxidation. Eine nachgelagerte chemische Modifizierung der oligomeren Oxidationskoppelprodukte mit 2,3-Epoxy-1-propanol und Derivaten ermöglicht anschließend die Variation der chemischen Funktionalität und eine Erweiterung der stofflichen Anwendungsgebiete. Außerdem werden Möglichkeiten zur Darstellung von oligomeren und polymeren Schiff'schen Basen, basierend auf Vanillin und Vanillin-Derivaten, untersucht. Erzeugte Polyimine und bi-funktionelle Synthone werden hinsichtlich ihrer Eignung zur Darstellung von Hochleistungspolymeren charakterisiert sowie kathodisch erzeugte, niedermolekulare Pinacolkopplungs-Produkte mit 2,3-Epoxy-1-propanolderivaten zu neuartigen, sternförmigen Polyhydroxy-Verbindungen variabler Funktionalität umgesetzt und ebenfalls charakterisiert.

Das Fraunhofer ICT hat mit der organischen Elektrosynthese Neuland betreten und wird innerhalb des 3-jährigen Verbundprojektes »IntEleK-to« auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen, umweltfreundliche Alternativen zu traditionellen Öl-basierten Oligomeren und Polymeren entwickeln.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe gefördert (FKZ: 22409617).



### KONTAKT

**Robin Kunkel**

Tel. +49 721 4640-504 | robin.kunkel@ict.fraunhofer.de

**Dr. Detlef Schmiedl**

Tel. +49 721 4640-747 | detlef.schmiedl@ict.fraunhofer.de

## AUSSTATTUNG

- Lade- und Entladestationen für die Batteriezellen- und Modulcharakterisierung
- Argon-Schutzgasboxen
- High-Speed- und Infrarot-Kameras
- Kryostaten und Klimaschränke von  $-70\text{ °C}$  bis  $250\text{ °C}$
- Rastertunnelmikroskop (STM) / Rasterkraftmikroskop (AFM) bis in den atomaren / Nanobereich in 3D-Darstellung
- Digital-Mikroskopie bis zu 5000-fache Vergrößerung in 2D- oder 3D-Darstellung
- Rasterelektronenmikroskop (REM) / Röntgendiffraktometer (XRD)
- RAMAN- und Infrarot(IR)-Spektroskopie
- thermische, mechanische und elektrische Sicherheitstesteinrichtung für Batteriezellen und -modulen bis 6 kWh, Brennstoffzellenmodule
- Synthesemöglichkeiten für geträgerte Elektrokatalysatoren bis zum Grammmaßstab
- Messplätze für die elektrochemische Katalysatorcharakterisierung sowie zur Durchführung von Alterungstests an Membran-Elektroden-Einheiten
- differenzielle elektrochemische Massenspektrometrie (DEMS) zur Untersuchung von Reaktions- oder Korrosionsprodukten
- Mitteltemperaturzelle ( $120$  bis  $200\text{ °C}$ ) mit Onlinemassenspektrometrie (HT-DEMS)
- Sprühhvorrichtungen zur Herstellung von Membranelektroden-einheiten
- mehrere Einzelzellteststände zur Charakterisierung von Membranen-Elektroden-Einheiten für Wasserstoff-PEMFC, PEM- und AEM- und HT-PEMC basierte Direktalkoholbrennstoffzellen, HT-PEMFC im Reformatbetrieb, PEM-Elektrolyse
- Messstand zur Durchführung zeitaufgelöster online-massenspektrometrischer Messungen für die Untersuchung transienter Vorgänge in automobilen PEMFC wie Korrosion bei Schaltvorgängen oder Gasaustausch von Inertgasen
- Teststand für die Untersuchung von Short-Stacks bis 500 W der Typen PEMFC, DAFC und HT-PEMFC
- Teststand zur Stackcharakterisierung von Wasserstoff-Luft, Wasserstoff-Sauerstoff-PEMFC mit Betriebsdrücken bis 5 bar
- Möglichkeit der Systementwicklung und Komponentenuntersuchung im Hardware-in-the-Loop-Verfahren
- Umweltsimulation, insbesondere mechanische Tests (Vibration, Stoß, etc.) an Brennstoffzellenstacks und -systemen
- Online-Massenspektrometer mit Membraneinlasseinheit für Flüssigphasenanalytik
- Sputteranlage zum Beschichten mit Metallen
- verschiedene Hochtemperaturöfen mit Möglichkeit der Simulation von  $\text{H}_2$ -,  $\text{CO}$ -,  $\text{CO}_2$ - oder  $\text{SO}_2$ -haltigen Atmosphären bis  $800\text{ °C}$  und unter Druck bis 50 bar

# KERNKOMPETENZ EXPLOSIVSTOFFTECHNIK

Auf Basis langjähriger Erfahrung steht das Fraunhofer ICT als einziges deutsches Forschungsinstitut für die gesamte Systemkette vom Rohprodukt bis zum Prototyp im Bereich Explosivstoffverarbeitung sowohl dem Verteidigungsministerium als auch der Industrie und öffentlichen Einrichtungen zur Bearbeitung aktueller Fragestellungen in den Themenfeldern innere und äußere Sicherheit zur Verfügung.

Das Fraunhofer ICT nutzt die Kompetenzen seiner Mitarbeitenden zur Erforschung und Entwicklung verbesserter chemischer Energieträger und Wirksysteme für die Bundeswehr und trägt damit zur Sicherung der Analyse- und Bewertungsfähigkeit des Bundesministeriums der Verteidigung BMVg bei. Darüber hinaus werden aktuelle Fragestellungen in den Themenfeldern äußere und innere Sicherheit bearbeitet. Im Zentrum der Forschungsarbeiten stehen die Entwicklung, Synthese, Charakterisierung, Formulierung und Herstellungstechniken von Komponenten für Raketentreibstoffe, Gasgeneratoren, Rohrwaffentreibmittel, Sprengstoffe sowie neue Zünd- und Anzündsysteme. Das Fraunhofer ICT deckt dabei als einziges deutsches Forschungsinstitut die gesamte Systemkette vom Rohprodukt bis zum Systemprototyp ab. Ergänzt wird das Portfolio durch Sicherheits- und Schutzsysteme wie Airbag-Gasgeneratoren, Brandschutzbeschichtungen und pyrotechnische Täuschkörper, die in ihren spektralen Emissionen denen eines realen Triebwerks angenähert werden, um einer Differenzierung durch spektral auflösende Suchköpfe zu entgehen.

Bei der Entwicklung von Treib- und Explosivstoffsystemen werden Leistung, Empfindlichkeit, Handhabungssicherheit, Funktionalität und Umweltverträglichkeit auf Anwendungsprofile und individuelle Zielsetzungen abgestimmt und optimiert. Hierzu werden Komponenten in den Laboren des Fraunhofer ICT synthetisiert und modifiziert, neue Bindersysteme und Rezepturen entwickelt und die energetischen Produkte in den Technika des Instituts hergestellt.

In der Innenballistik und Detonik werden Umsetzungsverhalten, Empfindlichkeit und Leistungsdaten der Produkte im Labor, im Sprengbunker oder auf dem Freigelände bis in den Kilogrammmaßstab charakterisiert und mittels eigener Computercodes simuliert. Aktuelle Forschungsthemen sind umweltverträgliche signaturarme Raketenhochleistungstreibstoffe für militärische und zivile Anwendungen, geschäumte Treibladungsformkörper, unempfindliche Hochleistungssprengstoffe, Geltreibstoffe, die geregelte Schubphasen von Raketen ermöglichen, Sensoren in Raketenmotoren, die ein zerstörungsfreies Monitoring des Alterungszustands des Treibstoffs erlauben, sowie Untersuchungen zur Kompatibilität, Stabilität und Prognose des Alterungsverhaltens neuer energetischer Substanzen.

Eine weitere Kompetenz ist die Detektion von Explosivstoffen auch in geringsten Mengen mit Hilfe spezieller Sensorkonzepte, beispielsweise auf Basis molekularer Adsorber. Am Fraunhofer ICT werden sogenannte Terroristsprengstoffe hergestellt, bezüglich ihrer Handhabbarkeit und Detektierbarkeit bewertet und für Tests den Sicherheitsbehörden bereitgestellt. Die Arbeiten reichen bis hin zur Erstellung von Konzepten für das Auffinden illegaler Sprengstofffabriken, der Auslegung von zivilen oder militärischen Sicherheitsbereichen und Kontrollpunkten sowie der standardisierten Bewertung von Detektionssystemen im internationalen Umfeld wie sie beispielsweise bei Sicherheitskontrollen an Flughäfen verwendet werden. Parallel dazu steht die Entwicklung von Schutzsystemen gegen terroristische Aktionen im Mittelpunkt ergänzender Aktivitäten.



*Nachreaktion einer  
blastgesteigerten Sprengladung.*

### Verbünde und Allianzen

Im Bereich der Explosivstofftechnik und Sicherheitsforschung ist das Fraunhofer ICT Teil des Fraunhofer-Verbunds Verteidigungs- und Sicherheitsforschung VVS, in dem sich sieben Institute und drei Gastinstitute zusammengeschlossen haben, um ihre Kompetenzen zu bündeln und Forschungsaktivitäten zu koordinieren und umzusetzen. Das Fraunhofer ICT ist außerdem Mitglied der Fraunhofer-Allianz Space, einem Zusammenschluss von 15 Fraunhofer-Instituten, die im Bereich Raumfahrttechnologie angewandte Forschung betreiben.

Zudem ist das Institut mit seiner Explosivstoffkompetenz in zahlreiche nationale und internationale Projektvorhaben (BMVg, EDA, NATO, EU, BMBF, BMI, BMWi) aktiv eingebunden. Hinzu kommen Kooperationen im Rahmen bilateraler Forschungsabkommen des BMVg. Im Auftrag der Bundespolizei bringt das Institut als Testcenter sein Knowhow in die internationalen Gremien zur Verbesserung der Luftsicherheit ein.

### Forschung und Technologie

Wir bieten Forschung in allen Bereichen der Explosivstofftechnik für das Verteidigungsministerium und andere öffentliche Einrichtungen, die verteidigungsbezogene und sicherheitstechnische Industrie sowie die Bereiche Automobil, Luft- und Raumfahrt. Ein Schwerpunkt liegt bei der Entwicklung, Auslegung und Bewertung von energetischen Produkten und Systemen auf der Basis unseres chemischen Know-hows und unserer sicherheitstechnischen Ausstattung. Wir entwickeln maßgeschneiderte Verfahrenstechniken für die sichere Herstellung von Explosivstoffkomponenten, unterstützen bei der Suche nach REACH-konformen Ersatzstoffen und stellen Demonstratoren für die Erprobung neuer energetischer Produkte bereit. Softwaregestützte Analyse- und Auslegungswerkzeuge ermöglichen das Screening neuer Treib- und Explosivstoffrezepturen, unter anderem anhand ihrer Leistung und Umweltverträglichkeit. Bei Rohrwaffentreibmitteln bzw. der

Ballistik umfasst dies auch die Berücksichtigung von Systemaspekten von Waffe und Munition. Wir sind zudem in der Lage, sämtliche Entwicklungsschritte eines pyrotechnischen Gasgenerators für Sicherheitseinrichtungen (zum Beispiel Airbags) anwendungs- und kundenspezifisch durchzuführen oder zu bewerten. In unserem Testzentrum für Explosivstoffdetektionssysteme bieten wir Herstellern von Flughafenscannern und Detektionsgeräten Tests mit realen Explosivstoffen und Referenzsubstanzen zur Bewertung und Optimierung ihrer Systeme an. Darüber hinaus werden solche Detektionssysteme in Kooperation mit der Bundespolizei für die Zulassung an europäischen Flughäfen getestet.

---

### KONTAKT

#### Wilhelm Eckl

Tel. +49 721 4640-355 | wilhelm.eckl@ict.fraunhofer.de

#### Dr. Stefan Löbbecke

Tel. +49 721 4640-230 | stefan.loebbecke@ict.fraunhofer.de

Taucher mit Ankertaumline

© Landeskriminalamt Schleswig-Holstein,

Kampfmittelräumdienst, 2012

## RoBEMM – ROBOTISCHES UNTERWASSERBERGUNGS- UND ENTSORGUNGSVERFAHREN

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderte Projekt RoBEMM befasst sich mit Munitionsaltlasten in Nord- und Ostsee. Dort liegen heutigen Schätzungen nach immer noch ca. 1,6 Millionen Tonnen konventionelle und chemische Kampfmittel, die als explosives Erbe ein enormes Gefahrenpotential für Flora und Fauna, die Schifffahrt sowie das Bergungspersonal darstellen. Selbst nach über 70 Jahren haben die Sprengstoffe in Minen, Torpedos, Bomben und vielen weiteren Kampfmitteln nichts an Brisanz und Gefährlichkeit verloren. Durch fortgeschrittene Korrosion der Munitionskörper liegen toxische Sprengstoffe sowie weitere Munitionsbestandteile oder Brennstoffe wie weißer Phosphor bereits heute offen. Strömung und Sedimentbewegungen verteilen diese Stoffe im Meer.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde konzeptionell ein Verfahren entwickelt, das die gesamte Prozesskette von der Munitionsbergung über deren Zerlegung bis hin zur thermischen Entsorgung direkt vor Ort abzubilden vermag. Sicherheit und Umweltfreundlichkeit standen hierbei im Fokus. Mit dem Verfahren sollen zukünftig Tauchereinsätze, Sprengungen und Transporte entbehrlich werden. Gleichzeitig muss die Räumleistung vervielfacht werden, um der genannten gewaltigen Menge großtechnisch und damit wirksam zu begegnen, solange dies noch möglich ist.

### **Sicherheitstechnische Charakterisierung und Auslegung**

Arbeitsschwerpunkte des Fraunhofer ICT waren dabei die Charakterisierung von gealterten Sprengstoffproben aus Fundmunitionskörpern bezüglich deren sicherheitstechnischer Kenngrößen und die statistische Analyse der tatsächlichen Sprengstoffzusammensetzungen, da diese mit Rohstoffknappheit in den Kriegswirren stark variierten und Füllstoffe wie Sand und Holzmehl zum »Strecken« verwendet wurden.

Auf Basis dieser Untersuchungsergebnisse erfolgte die »Sicherheitstechnische Auslegung der Prozesskette vom Munitions- und Sprengstoffhandling zur Entsorgung« im Rahmen des RoBEMM Teilvorhabens »SiMSE«. Mit freundlicher Unterstützung und in enger Kooperation mit den Kampfmittelräumdiensten in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen sowie mit dem Munitionsvernichtungsbetrieb GEKA konnten eine Reihe an Fundmunitionskörpern beprobt und die Sprengstoffproben dem Fraunhofer ICT zur Verfügung gestellt werden. Diese Proben stammten hauptsächlich aus marinen Großkampfmitteln, die damals überwiegend so genannte »Schießwolle 39« enthielten. Diese, während des 2. Weltkriegs häufig verwendete Explosivstoffformulierung, bestand aus 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT), Ammoniumnitrat (AN), 2,4,6,2',4',6'-Hexanitrodiphenylamin (Hexyl) und Aluminium (Al). Deren Bestimmung ermöglichte eine munitionstypabhängige Statistik zur Sprengstoffzusammensetzung sowie über deren Toxizität.

Das Kernstück der sicherheitstechnischen Untersuchungen war die Bestimmung der Reib- und Schlagempfindlichkeit der Proben, da robotische Handhabung, Bearbeitung und Delabrierung der Kampfmittel zwar unter Minimierung aber nicht gänzlich ohne mechanische Beanspruchung stattfinden kann. Generell gilt gemäß UN-Einstufung ein explosiver Stoff ab einem Wert von 40 Nm als schlagempfindlich und ab einem Wert von < 4Nm als sehr schlagempfindlich. Die Reibempfindlichkeit war bei allen untersuchten Proben unproblematisch, wohingegen sich die Schlagempfindlichkeit als maßgeblich herausstellte.

Sie lag bei einzelnen Proben mit Werten deutlich unter 10 Nm im Bereich von Initialsprengstoffen und schränkte somit maßgeblich Auswahl und Betriebsarten im Prozess einsetzbarer verfahrenstechnischer Komponenten ein.

Alle Ergebnisse flossen direkt in die Ausgestaltung des verfahrenstechnischen Konzepts für die Prozesskette für das Munitions- und Sprengstoffhandling ein. Weiterhin wurde Knowhow des Fraunhofer ICT im Bereich der physikalischen Beschreibung von Zündvorgängen bei Detonationen eingebracht: Für die sicherheitstechnisch unbedenkliche Anwendung der im Projekt vorgesehenen Wasserstrahlschneidetechnik zur Bearbeitung und Zerlegung der in den Kampfmitteln enthaltenen Explosivstoffe wurden so Grenzen für deren Prozessparameter berechnet.

Als Schlüsselschritt wurde die schnellstmögliche Vereinzelung und damit Desensibilisierung der Explosivstoffe nach deren Trennung von der Munitionshülle identifiziert. Verschiedene Konzepte zur Phlegmatisierung wurden dabei betrachtet um die Restrisiken abzuwägen und damit die Prozesssicherheit und Fehlertoleranz zu optimieren.

Für eine ganzheitliche Betrachtung wurden sämtliche bei der Bearbeitung und Entsorgung von Explosivstoffen denkbaren Gefahren anhand von Risikoanalysen für verschiedene Betriebszustände inklusive Störungen und Wartung betrachtet und in das Sicherheitskonzept übernommen.

Das übergeordnete Sicherheitskonzept basiert zusätzlich auf tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilungen, wodurch das Restrisiko einer spontanen Sprengstoffumsetzung bei der Delaborierung und Bearbeitung der Kampfmittel auf ein tolerierbares Minimum reduziert werden konnte.

### **Öffentlichkeitsarbeit**

Im Zuge der Hannover Messe 2018 wurde das Vorhaben auf dem Fraunhofer Hauptstand präsentiert um auf RoBEMM und auch auf die Altlastenproblematik und die damit verbundenen Risiken aufmerksam zu machen und einen wissenschaftlichen Zugang zu diesem weiten Feld zu schaffen. Als Exponate dienten ein Minendummy des Projektpartners Heinrich Hirdes um die Dimension mariner Kampfmittel greifbar zu machen

sowie eine Miniaturdarstellung aller im Prozess abgebildeten Schritte zur Veranschaulichung des Vorhabens. Zusätzlich wurden einige Ergebnisse sicherheitstechnischer Untersuchungen und Analysen gezeigt

### **Projektpartner**

Die Projektkoordination des Vorhabens und das Engineering der Delaborationstechnik erfolgten durch das Kampfmittelräumunternehmen Heinrich Hirdes EOD Services GmbH. Die Anbindung aller Teilkomponenten und die Automatisierung wurden von der automatic Klein GmbH realisiert. Das Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM) der Universität Leipzig war für die Qualitätssicherung in Form eines Leitfadens sowie die Konzeptionierung eines Testfeldes als Zertifizierungsgrundlage zuständig.

### **Ziel des Vorhabens**

Langfristiges Ziel des Projekts RoBEMM ist es eine wirtschaftliche verfahrenstechnische Lösung zu realisieren, bei der die Kampfmittel direkt am Fundort unter Wasser teilautomatisiert bearbeitet und deren Inhalt phlegmatisiert werden kann, sodass eine umweltschonende Entsorgung offshore möglich wird und die Rückkehr lediglich mit Metallschrott erfolgen kann. Dabei soll auf den gefährlichen Einsatz von Tauchern verzichtet werden um ein Maximum an Arbeitssicherheit für das Räumpersonal zu ermöglichen.

---

Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Fördernummer 03SX403A.

---

### **KONTAKT**

#### **Paul Müller**

Tel. +49 721 4640-754 | paul.mueller@ict.fraunhofer.de

#### **Armin Kessler**

Tel. +49 721-4640-301 | armin.kessler@ict.fraunhofer.de

## AUSSTATTUNG

### TECHNIKA UND PRÜFSTÄNDE

- chemische Technika und Syntheselabore für Explosivstoffe
- Technika zur Herstellung und Modifikation von Explosivstoffprodukten
- Sicherheitsboxen und Versuchsgelände für Explosions- und Sicherheitsuntersuchungen
- Testcenter Explosivstoffdetektion
- Sprengbunker (bis 2 kg TNT)
- Prüfstände für Rohr Waffen bis Kaliber 20 mm
- Abbrandprüfstand für Raketenmotoren und Täuschkörper
- Strömungsprüfstand zur Untersuchung pyrotechnischer Systeme

### APPARATIVE AUSSTATTUNG

- Pilotanlagen zur Herstellung von Feinstpartikeln
- Mikroverfahrenstechnische Versuchsstände und Syntheseanlagen
- Wirbelschicht-Coater
- Anlage zur Sprühkristallisation
- Hochdruckanlage zum isostatischen Pressen
- spezielle Knetter, Mischer und Pressen mit Ex-Schutz

### ANALYTISCHE AUSSTATTUNG UND LABORE

- Rasterkraftmikroskop, Feldemissionselektronenmikroskop (FESEM) mit variablem Druck sowie energiedispersiver Röntgen- und Nanoanalytik (EDX)
- Mikro- und Nanocomputertomograph
- thermoanalytisches Labor, Mikro- und Reaktionskalorimeter, Alterungsprüfstände
- Labore für mechanische Prüfung und Rheologie
- ballistische und optische Vorrichtungen zur Ermittlung von Abbrandgeschwindigkeiten und Temperaturmessung von Flammen
- Labor für Röntgendiffraktometrie
- Labore für chromatographische und spektroskopische Analysetechniken (IR- und RAMAN-Mikroskop)
- On-line-Spektroskopie (UV/VIS/NIR/RAMAN)
- High-Speed-Kamera- und Spektrometersysteme

# KERNKOMPETENZ ANTRIEBSSYSTEME

Unsere Kernkompetenz Antriebssysteme umfasst sowohl Lösungen für elektromotorische als auch für verbrennungsmotorische Antriebe. Die Systeme werden bei uns konzipiert, konstruiert, simuliert und im Versuch validiert. Ergänzend betrachten wir die Entwicklung und Validierung von mobilen und stationären Akkumulatoren, Batterien und Brennstoffzellen sowie auch thermische Speichersysteme. Für verbrennungsmotorische Antriebe erforschen wir in unseren Forschungsmotoren synthetische Kraftstoffe und Additive. Im Bereich der Systementwicklung bringen wir unsere Kompetenzen der Kunststofftechnik für Gehäusekomponenten, zur Medienführung oder auch als elementaren Bestandteil unserer Antriebsstränge mit ein.

## **Elektromotorische Antriebe**

Im Bereich der elektromotorischen Antriebe beschäftigen wir uns intensiv mit elektrischen Antrieben und deren Komponenten. Ein wesentlicher Teil dieses Arbeitsgebietes ist die Entwicklung von Elektromotoren und Getriebesystemen für zukünftige batterieelektrische Fahrzeuge. Dabei fokussieren wir uns auf Technologien, die eine hohe gewichtsspezifische Leistungsdichte und einen hohen Wirkungsgrad versprechen. Bei den Elektromotoren werden alternative Kühlkonzepte und Wicklungsarten betrachtet sowie Fertigungstechnologien, die Möglichkeiten für den Einsatz in effizienten, großserienfähigen Herstellungsverfahren für Leichtbaumaterialien bieten.

Im Bereich der Entwicklung von Traktionsbatteriesystemen, liegt unser Forschungsschwerpunkt auf der Entwicklung von leichten, sicheren und funktionsintegrierten Lösungen, die den zukünftigen Anforderungen an hohe Energie- und Leistungsdichten sowie den Sicherheitsanforderungen beim schnellen Laden und Entladen gerecht werden. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Entwicklungen ist die Konzeption, Konstruktion und Simulation von effizienten Thermomanagementsystemen, die für das Heizen oder Kühlen der Batteriesysteme notwendig sind.

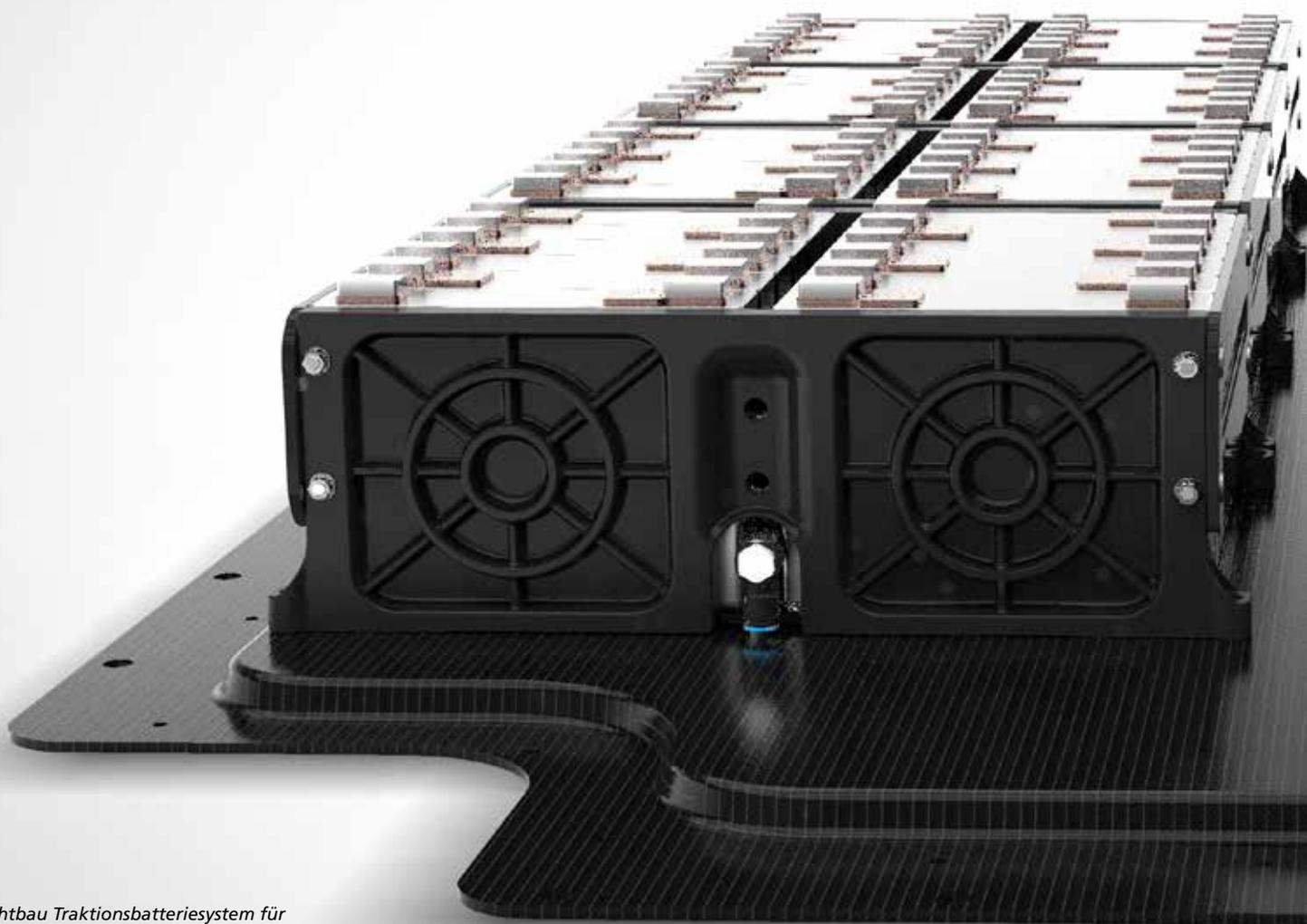
## **Verbrennungsmotorische Antriebe**

Aufgrund seiner sehr guten Gesamtwirkungsgrade (well-to-wheel), sowie hoher gravimetrischer und volumetrischer

Energiedichten der verwendeten Kraftstoffe, werden Verbrennungsmotoren in den nächsten Jahren weiterhin eine dominierende Antriebsquelle im Transport- und Individualverkehr darstellen. Im Bereich der verbrennungsmotorischen Antriebe sind unsere Forschungsschwerpunkte die Entwicklung technischer Lösungen im gesamten Antriebsstrang für mobile Anwendungen. Dabei betrachten wir den Verbrennungsmotor sowohl als alleiniges Antriebsaggregat als auch in Kombination mit einem Elektromotor als hybrides Antriebssystem. Die Zielsetzung aller unserer Entwicklungen in diesem Gebiet ist es, den Kraftstoffverbrauch und die Emissionen der Verbrennungsmotoren zu senken und das Gesamtsystem sicherer, flexibler, verfügbarer und vor allem mit bezahlbarer Mobilität in Einklang zu bringen. Deshalb beschäftigen wir uns mit hocheffizienten Brennverfahren, alternativen Motorkonzepten, verbesserter Motormechanik und Restenergienutzung. Aufgrund unserer umfassenden Forschungsexpertise –und der exzellenten Ausstattung unserer Technika setzen wir neue Trends bei der Abgasreinigung, bei synthetischen Kraftstoffen und für Konstruktionswerkstoffe. Dabei bedienen sich unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Simulations- und Optimierungstools, sowie moderner Laboreinrichtungen und automatisierter Prüfstände.

## **Konstruktionskompetenz**

Mit unserer Konstruktionskompetenz führen wir für unsere Industrie- und Projektpartner Neuentwicklungen komplexer Systeme durch. Zum Beispiel konstruieren und fertigen



*Leichtbau Traktionsbatteriesystem für  
zukünftige Elektromobilitätsanwendungen:  
Leicht, sicher und funktionsintegriert*



*Generativ gefertigter Zylinderkopf  
im Versuchsbetrieb  
auf dem Motorenprüfstand.*

wir Prototypen zur Validierung neuer Funktionsprinzipien oder Anordnungskonzepte von Elektromotoren, bis hin zu kompletten thermischen Energiewandlern, wie Verbrennungsmotoren und Turbinen. Unsere Kompetenz beginnt bereits in der Ideen- und Konzeptphase. Wir erarbeiten Entwürfe, erstellen Detailkonstruktionen und fertigungsgerechte Zeichnungen. Wir setzen als Standard CATIA V5 in Verbindung mit einem CAD-Datenmanagement-System sowie eine umfangreiche Werkstoffdatenbank bei unseren Aufträgen ein. Um die optimale Zusammenarbeit mit unseren Industriepartnern zu gewährleisten, wenden wir die MML-Konstruktionsmethodik an. Damit ist eine einheitliche und übersichtliche Bauteilstruktur möglich.

### **Simulationskompetenz**

Um neue Konstruktionen zu verifizieren und zu modellieren, analysieren wir komplexe Komponenten und Systeme bereits während der Konzeptphase. Das Verhalten einzelner Komponenten im Zusammenspiel auf Systemebene erfassen wir dabei mit Simulationstools zur Wärme-, Stoff- und Informationsübertragung, wie Dymola und GT-Suite. Die Komponenten werden dabei physikalisch oder kennfeldbasiert modelliert. Neuartige Kühlkonzepte werden mittels CFD und CHT Simulationen im Bereich Verbrennungsmotoren und Elektromotoren konzipiert und simuliert. Wir setzen auch das Gesamtfahrzeug-Simulationstool »IPG-CarMaker« ein, welches es ermöglicht, Fahrzeuge in variable Komponenten modular zu zerlegen und deren Wirksamkeit im Fahrbetrieb zu untersuchen. Dadurch lassen sich mögliche Verbrauchsvorteile der betrachteten Technologien in Fahrzyklen berechnen. Für die Strömungs-, Mehrkörper- und Struktursimulation setzen wir ebenfalls professionelle Tools gemäß aktuellem Industriestandard ein, z.B. Ansys Fluent, StarCCM+, Ansys Mechanical und SimPack.

### **Versuchskompetenz**

Wir betreiben moderne Prüfeinrichtungen und vervollständigen damit unsere Expertise aus Simulation, Konstruktion, Entwicklung und Fertigung von Komponenten und Systemen, in einem umfangreichen Versuchsfeld. Auf unserem Motorprüfstand sind vollständige Vermessungen von Vollmotoren der kleineren PKW-Größe und 1-Zylinder-Forschungs-Motoren umsetzbar. An unserem Hybridprüfstand wird der gesamte elektrische Teil des Antriebsstrangs dargestellt. Dieser besteht aus einem DC/DC-Wandler, einem Wechselrichter und einer elektrischen Maschine.

Durch den DC/DC-Wandler kann z.B. der Verlauf der Batteriespannung über den Ladezustand der Batterie dargestellt werden. Auf einem Heißgasprüfstand werden Systeme zur Restwärmenutzung, thermoelektrische Generatoren, Turbogeneratoren, Abgasturbolader und Abgasanlagen untersucht. Eine am Fraunhofer ICT entwickelte Erweiterung dieses Prüfstands ermöglicht es das Schädigungsverhalten von Komponenten bzgl. thermo-mechanischer Ermüdung (TMF) überlagert mit hochfrequent mechanischer Last (HCF) zeitlich gerafft zu bestimmen. Hierfür wird der Heißgasprüfstand mit einem Hochfrequenzpulsator kombiniert, der die mechanische Last darstellt. Unser portables Abgasmesssystem (PEMS) und unser Datenlogger ermöglichen es, die Realfahrdaten sowohl auf Emission als auch Betriebs- und Umgebungsbedingungen hin zu erfassen.

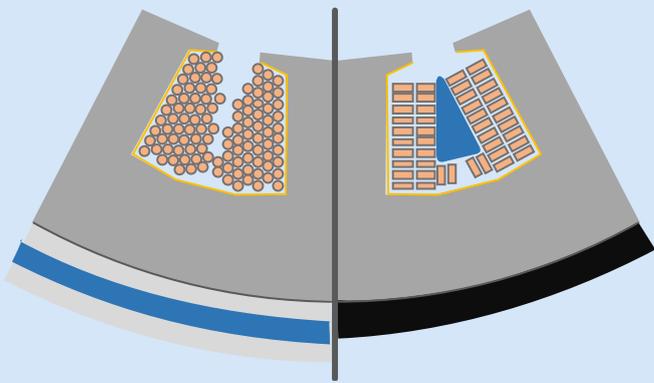
---

### **KONTAKT**

**Hans-Peter Kollmeier**

Tel. +49 721 9150-3811 |

[hans-peter.kollmeier@ict.fraunhofer.de](mailto:hans-peter.kollmeier@ict.fraunhofer.de)



Vergleich konventioneller Elektromotorkühlung (links) und neuem Ansatz mit innenliegenden Kühlkanälen (rechts)



Schnittdarstellung eines Leichtbau Elektromotors mit Kunststoffgehäuse

## DIREKTGEKÜHLTER ELEKTROMOTOR IN KUNSTSTOFFBAUWEISE FÜR TRAKTIONSANWENDUNGEN

### Motivation und Zielstellung

Der elektrische Antriebsstrang gilt als zentrales Element einer zukünftigen, nachhaltigen und umweltfreundlichen Mobilität. Zur Erhöhung der Leistungsdichte, Verbesserung der Effizienz und gleichzeitiger Reduzierung der Kosten wird ein neuer Ansatz für eine permanentmagneterregte Synchronmaschine verfolgt: Sie wird in Kunststoffbauweise mit direkter Kühlung von Stator und Rotor ausgelegt. Durch das gewählte Kühlkonzept wird die Dauerleistungsdichte des Motors gegenüber Motoren nach heutigem Stand der Technik deutlich erhöht. Im Motor kommen Kunststoffe mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit zur Anwendung.

### Konzept

Das Kernstück des Motors bildet ein Stator aus zwölf segmentierten Einzelzähnen, welche mit einem Flachdraht hochkant bewickelt sind. Durch die Verwendung des Flachdrahts, kann im Gegensatz zum typischerweise verwendeten Runddraht, bei gleichbleibendem Nutfüllfaktor ein Freiraum geschaffen werden, der zur Ausformung eines Kühlkanals genutzt wird. Somit kann die Verlustwärme direkt im Stator und damit in unmittelbarer Nähe zum Ort ihrer Entstehung abgeführt werden. Die Verteilung des Kühlwasserstroms auf die individuellen Kühlkanäle erfolgt in den Lagerschildern, welche sich durch den Zusammenbau ringförmiger Kanäle ergeben. Durch eine Rotorkühlung mit einer feststehenden Wasserlanze in der Rotorwelle, kann die Verlustwärme des Rotors ebenfalls direkt im Motor abgeführt werden. Der entwickelte Funktionsdemonstrator mit seiner konzipierten Dauerleistung von 50kW, ist für Traktionsanwendungen in der Elektromobilität ausgelegt.

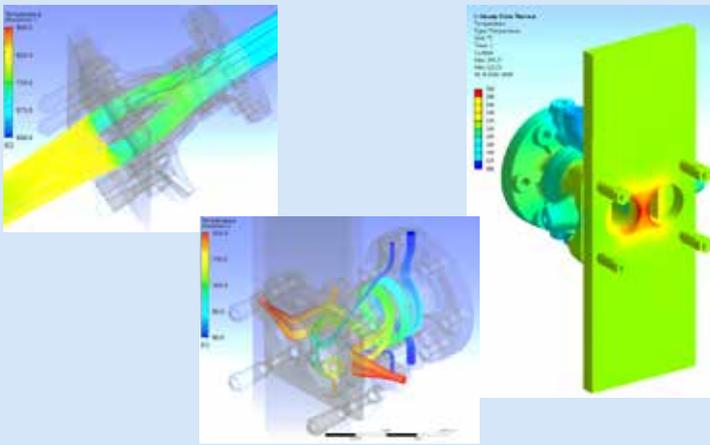
### Material und Fertigungsverfahren

Die gesamten elektrischen Aktivteile der Statorbaugruppe, werden im Transfer-Molding-Verfahren mit einer hoch gefüllten, wärmeleitfähigen Epoxidharz-Formmasse umspritzt, wobei die Kühlkanäle durch Werkzeugkerne gebildet werden. Durch die niedrige Viskosität während der Formfüllung, werden Kupferwicklungen, Sensoren und elektrische Anschlüsse schonend verkapselt. Zur Gewährleistung der strukturellen Integrität des Motors, wird die umspritzte Statorbaugruppe in ein spritzgegossenes Gehäuse aus einer strukturellen Phenolharz-Formmasse montiert, in welcher zusätzlich die Lagerung des Rotors und die Abdichtung des Kühlkreislaufs realisiert wird. Die von unserem strategischen Industriepartner SBHPP ausgewählten duromeren Formmassen besitzen ein gutes mechanisches Eigenschaftsniveau, auch bei erhöhten Einsatztemperaturen. Zudem sind sie beständig gegenüber den verwendeten Kühlmitteln und zeichnen sich durch eine hohe Maßhaltigkeit aus. Die Verarbeitung im Transfer-Molding und im Spritzgieß-Prozess stellt eine hohe Reproduzierbarkeit bei kurzen Zykluszeiten sicher.

### KONTAKT

**Steffen Reuter**

Tel. +49 721 9150-3828 | [steffen.reuter@ict.fraunhofer.de](mailto:steffen.reuter@ict.fraunhofer.de)



CHT-Simulation der Prüfstandskomponenten und Prüflinge.



Prüfstand für die außermotorische Zylinderkopfprüfung.

## AUSSERMOTORISCHE KOMPONENTENPRÜFUNG UNTER REALITÄTSNAHEN BELASTUNGEN

### Motivation und Zielstellung

Zylinderköpfe und Kolben in Verbrennungsmotoren sind im Betrieb starken Temperaturwechseln ausgesetzt, welche eine hohe thermo-mechanische Beanspruchung und dadurch eine thermo-mechanische Ermüdung (TMF = thermo-mechanical fatigue) verursachen. Da die thermo-mechanischen Belastungen mit zeitabhängigen plastischen Verformungen einhergehen, bilden sich bereits nach relativ wenigen Thermozyklen kleine Ermüdungsrisse, deren Wachstum die Lebensdauer der Komponenten begrenzt. Durch den Verbrennungsprozess ergeben sich zusätzlich hochfrequente Belastungen, welche den Thermozyklen überlagert werden und ebenfalls zur Ermüdung beitragen (HCF = high cycle fatigue).

Um einen frühzeitigen Ausfall von TMF/HCF-beanspruchten Komponenten zu verhindern, werden vor dem Serieneinsatz eines neuen Verbrennungsmotors die Komponenten auf Motorprüfständen unter verschärften Einsatzbedingungen getestet. Allerdings sind solche Motorprüfstandsversuche mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden und erlauben lediglich einen sehr eingeschränkten Einblick in die lokal an den Komponenten vorliegenden Beanspruchungen. Damit lassen sich kaum Rückschlüsse auf die Schädigungsentwicklung einzelner Komponenten bilden. Im Rahmen eines Projekts wurde eine Prüfmethodik entwickelt, welche verwendet werden kann, um Kolben und Zylinderköpfe sowie unterschiedliche Materialien unter realitätsnahen Bedingungen ohne Motorenprüfstandsversuche zu prüfen und während der Prüfung die Schädigung zu verfolgen und zu dokumentieren.

### Konzept

Um realitätsnahe Belastungen darstellen zu können, müssen TMF- und HCF-Last überlagert werden, was durch eine

Kopplung zweier unterschiedlicher Prüfvorrichtungen realisiert wurde. Die TMF-Last wird mit dem Erdgasbrenner des Heißgasprüfstandes aufgebracht. Für die HCF-Belastung werden die Prüflinge in einen Hochfrequenzpulsator (HFP) eingespannt, wodurch sie mit Heißgas beaufschlagt werden können während sie gleichzeitig mechanisch belastet werden.

### Prüfstandsentwicklung

Für die Zylinderkopfprobe wird mittels mehrerer FEM-Simulationen eine stark vereinfachte Geometrie des Brennraumdachs definiert, mit Hilfe derer der Belastungszustand mit einem HFP im zu betrachtenden versagenskritischen Bereich des Ventilstegs sehr realitätsnah nachgebildet werden kann. Für die Kolbenprobe wird ein leicht modifizierter Serien-NKW-Kolben verwendet. Zahlreiche FEM-Simulationen tragen dazu bei, dass der Lasteintrag durch einen HFP realitätsnah erfolgt. Die Konstruktion der Prüfstands aufgebauten orientiert sich an den realen thermischen Belastungen der zu untersuchenden Bauteile. Iterativ werden mittels CHT-Simulation und Anpassung der Konstruktion die Heißgasführung und Kühlung der Prüflinge dahingehend optimiert, dass die zu erzielenden realitätsgetreuen Oberflächentemperaturen und Temperaturgradienten erreicht werden. Um die Rissentstehung und den Rissfortschritt zu verfolgen, wurde eine in-situ optische Risserkennung entwickelt, welche mittels wassergekühlter hochtemperaturfester Endoskope und Kamerasysteme und Lichtleiter den kritischen Bereich der Prüflinge beobachtet.

### KONTAKT

**Karl Gerhard Kuhlen**

Tel. +49 721 9150-3815 |

karl.gerhard.kuhlen@ict.fraunhofer.de

## AUSSTATTUNG

### MOTORENPRÜFSTAND

- Belastungsmaschine
- D2T Automatisierung
- 250 Nm, 120 kW, 12 000 U/min
- Abgasmesstechnik
- Combustion NDIR, HFR, CLD
- AVL 489 (Particle Counter)
- Simulationsplattform
- AVL InMotion

### HEISSGASPRÜFSTAND

- UTF Erdgasbrenner
- Max. Temperatur 1200°C
- Leistung bis 400 kW
- Heißgasmassenstrom bis 1800 kg/h
- Temperaturgradient bis zu 100 K/s

### MOBILER HEISSLUFTPRÜFSTAND

- Heißluftherzeuger (elektrisch)
- Max. Temperatur 650°C
- Leistung bis 32 kW
- Heißluftmassenstrom bis 250 kg/h

### RDE-MESSEQUIPMENT

#### GAS-PEMS

- NO/NO<sub>2</sub>, CO/CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>
- Opt. FID-Modul (THC, CH<sub>4</sub>)
- Abgasvolumenstrom
- OBD-Logging
- Beheizte Leitung
- Stromversorgung: Batterie

#### PN-PEMS

- Real Time Particle Number

# ANHANG

# LEISTUNGSZENTREN, VERBÜNDE UND ALLIANZEN

Die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft arbeiten untereinander zusammen: Sie kooperieren in Verbänden oder bündeln je nach Anforderung unterschiedliche Kompetenzen in flexiblen Strukturen. Sie sichern dadurch ihre führende Stellung bei der Entwicklung von Systemlösungen und der Umsetzung ganzheitlicher Innovationen. An folgenden Verbänden, Allianzen und Leistungszentren ist das Fraunhofer ICT beteiligt.

## LEISTUNGSZENTREN

Leistungszentren organisieren den Schulterschluss der universitären und außeruniversitären Forschung mit der Wirtschaft und zeichnen sich durch verbindliche, durchgängige Roadmaps der beteiligten Partner in den Leistungsdimensionen Forschung und Lehre, Nachwuchsförderung, Infrastruktur, Innovation und Transfer aus.

### PROFILREGION MOBILITÄTSSYSTEME KARLSRUHE

Im Leistungszentrum »Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe« erforschen die vier Fraunhofer-Institute ICT, IOSB, ISI und IWM sowie der Bereich Neue Antriebssysteme des ICT zusammen mit dem Karlsruher Institut für Technologie, der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft und dem FZI – Forschungszentrum Informatik die Mobilität der Zukunft. Sieben Initialisierungsprojekte widmen sich den zentralen Herausforderungen einer effizienten, intelligenten und integrierten Mobilität auf der gesamten thematischen Bandbreite und vernetzen wichtige Akteure aus Wissenschaft, angewandter Forschung und Industrie.

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Lars-Fredrik Berg  
Tel. +49 721 9150-3814 | [lars-fredrik.berg@ict.fraunhofer.de](mailto:lars-fredrik.berg@ict.fraunhofer.de)  
Ivica Kraljevic  
Tel. +49 721 9150-3818 | [ivica.kraljevic@ict.fraunhofer.de](mailto:ivica.kraljevic@ict.fraunhofer.de)

## VERBÜNDE

Fachlich verwandte Institute organisieren sich in Forschungsverbänden und treten gemeinsam am FuE-Markt auf. Sie wirken in der Unternehmenspolitik sowie bei der Umsetzung des Funktions- und Finanzierungsmodells der Fraunhofer-Gesellschaft mit.

### FRAUNHOFER-VERBUND VERTEIDIGUNGS- UND SICHERHEITSFORSCHUNG VVS

- Sicherheitsforschung
- Schutz und Wirkung
- Aufklärung und Überwachung
- Explosivstoff- und Sicherheitstechnik
- Entscheidungsunterstützung für Staat und Wirtschaft
- Lokalisierung und Kommunikation
- Bildverarbeitung

**Kontakt:** Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Tel. +49 721 4640-401 | [peter.elsner@ict.fraunhofer.de](mailto:peter.elsner@ict.fraunhofer.de)

### FRAUNHOFER-VERBUND WERKSTOFFE, BAUTEILE – MATERIALS

- Gesundheit
- Energie und Umwelt
- Mobilität
- Bauen und Wohnen
- Maschinen- und Anlagenbau
- Mikrosystemtechnik
- Sicherheit

**Kontakt:** Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Tel. +49 721 4640-401 | [peter.elsner@ict.fraunhofer.de](mailto:peter.elsner@ict.fraunhofer.de)

# ALLIANZEN

Institute oder Abteilungen von Instituten mit unterschiedlichen Kompetenzen kooperieren in Fraunhofer-Allianzen, um ein Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten und zu vermarkten.

## FRAUNHOFER-ALLIANZ BATTERIEN

- Material und Zelle: Synthese von Elektrodenmaterialien, Stromableiter- und Partikelmodifikationen, Entwicklung von Elektrolyten und Separatoren, Trennverfahren
- Zellproduktion: Elektrodenfertigung, Zellassemblierung, Zellcharakterisierung, digitalisierte Batterieproduktion, Industrie 4.0
- System & Integration: Packaging und Zelldesign, Modulentwicklung, Batteriemanagementsysteme, prototypische Batteriefertigung, Fahrzeugintegration
- Testen und Prüfen: Elektrische und mechanische Charakterisierung, Funktionstests, Transport- und Lagerungstests, Sicherheits- und Abusetests
- Simulation: Begleitende Simulationen über alle Stufen der Wertschöpfungskette, von quantenchemischen bis zu strukturmechanischen Simulationen.

**Kontakt:** Prof. Dr. rer. nat. Jens Tübke  
Tel. +49 721 4640-343 | jens.tuebke@ict.fraunhofer.de

## FRAUNHOFER-ALLIANZ BAU

- Produktentwicklungen
- Bauteile, Bausysteme, Gebäude als Gesamtsystem
- Software
- Bauablauf, Bauplanung, Logistik, Baubetrieb, Lebenszyklusbetrachtung eines Gebäudes
- Internationale Projekte, Bauen in anderen Klimazonen

**Kontakt:** Prof. Dr.-Ing. Axel Kauffmann  
Tel. +49 721 4640-425 | axel.kauffmann@ict.fraunhofer.de

## FRAUNHOFER-ALLIANZ LEICHTBAU

- neue Materialien und Materialverbünde
- Füge- und Fertigungsverfahren für den Leichtbau
- Funktionsintegration
- Konstruktion und Auslegung
- Zerstörungsfreie und zerstörende Prüfverfahren

**Kontakt:** Prof. Dr.-Ing. Frank Henning  
Tel. +49 721 4640-420 | frank.henning@ict.fraunhofer.de

## FRAUNHOFER-ALLIANZ ENERGIE

- Erneuerbare Energien: Solarenergie, Biomasse, Windkraft
- Effizienztechnologien: KWK-Technologien, Gasbereitstellung, Speicher- und Energieumwandlungstechnologien, Brennstoffzellen
- Gebäude und Komponenten: Niedrigstenergiehäuser, Gebäudeenergie-technik
- Digitalisierung der Energiewirtschaft: Erhebung, Analyse, Transport und Nutzung von Energiedaten
- Speicher- und Mikroenergie-technik: Lithium-Technologie für Batterien, Brennstoffzellensysteme

**Kontakt:** Prof. Dr. rer. nat. Jens Tübke  
Tel. +49 721 4640-343 | jens.tuebke@ict.fraunhofer.de

## FRAUNHOFER-ALLIANZ SPACE

- Kommunikation und Navigation
- Materialien und Prozesse
- Energie und Elektronik
- Oberflächen und optische Systeme
- Schutztechnologien und Zuverlässigkeit
- Sensorsysteme und Analyse

**Kontakt:**  
Dr. Uwe Schaller  
Tel. +49 721 4640-676 | uwe.schaller@ict.fraunhofer.de  
Volker Weiser  
Tel. +49 721 4640-156 | volker.weiser@ict.fraunhofer.de

## CLUSTER OF EXCELLENCE

Die Fraunhofer Cluster of Excellence fördern die kooperative Entwicklung und Bearbeitung systemrelevanter Themen durch eine institutsübergreifende Forschungsstruktur. Organisatorisch entsprechen diese Forschungscluster einem »virtuellen Institut«, das sich über mehrere Standorte verteilt. Die Forschungscluster zielen dabei nicht nur auf die temporäre Durchführung eines einzelnen Projekts, sondern verfolgen vielmehr eine Roadmap zur langfristigen Entwicklung eines komplexen Technologietrends..

### FRAUNHOFER-FORSCHUNGSCLUSTER PROGRAMMABLE MATERIALS

Die Entwicklung programmierbarer Materialien kann deren Nutzung auf den Kopf stellen und komplette Systeme aus Sensoren, Reglern und Aktuatoren ersetzen. Das Ziel des Fraunhofer-Forschungsclusters Programmable Materials: durch Integration der Funktionen in das Material die Komplexität von Systemen zu senken und den Einsatz von Ressourcen zu reduzieren.

Der Fraunhofer Cluster entwickelt Materialien oder Materialsysteme, deren innere Struktur so entworfen und hergestellt wird, dass die Materialeigenschaften im Bauteil gezielt eingestellt oder gar reversibel verändert werden können. Damit lassen sich neuartige komplexe und lokal unterschiedliche Funktionen implementieren. Die Vision des Clusters ist es, die Möglichkeit zur lokalen Gestaltbarkeit der Werkstoffe und ihrer Eigenschaften konsequent weiterzudenken und in der Bauteilentwicklung zu nutzen.

Folgende Themen stehen im Fokus:

- programmierbare Transporteigenschaften (Stoff- und Wärmetransport)
- mechanisch programmierbare Materialien (mechanische und Tribo-Eigenschaften)
- Fertigung und Skalierung
- Produktentwicklung

#### Kontakt:

Elisa Seiler  
Tel. +49 721 4640-354 | elisa.seiler@ict.fraunhofer.de

### FRAUNHOFER-FORSCHUNGSCLUSTER CIRCULAR PLASTICS ECONOMY

Die beteiligten Fraunhofer-Institute zeigen am Beispiel Kunststoff auf, wie Energie- und Materialströme einer Wertstoffkette in eine zirkuläre Wirtschaftsform überführt werden können. Dazu werden spezielle Systemleistungen mit und für die Kunststoffindustrie einschließlich der an sie angeschlossenen Konsumgüter- und Handelsunternehmen und der Kreislaufwirtschaft entwickelt.

Die Grundidee für die Transformation von der linearen hin zur zirkulären Wirtschaftsweise ist simpel: die Entnahme fossiler

Ressourcen verringern, End-of-Life-Verluste vermeiden und gleichzeitig eine echte Kreislaufführung der Kunststoffe ermöglichen. Die Umsetzung ist komplex: Zirkuläres Wirtschaften ist mehr als Effizienzsteigerung und Recycling, es adressiert nicht allein geschlossene Kreisläufe, sondern lebenszyklusweite zirkuläre Produktsysteme.

Folgende Themen stehen im Fokus:

- Kreislauffähige Polymere und Additive
- Werkstoffliches und Rohstoffliches Recycling
- Digital abgebildete Produkte und Prozesse für eine Echtzeitbewertung
- Zirkuläres Produktdesign und neue Geschäftsmodelle

#### Kontakt:

Elisa Seiler  
Tel. +49 721 4640-354 | elisa.seiler@ict.fraunhofer.de

### FRAUNHOFER-FORSCHUNGSCLUSTER INTEGRIERTE ENERGIESYSTEME INES

Die zentralen technologischen und ökonomischen Herausforderungen der nächsten Phasen der globalen Energiewende stellen die System- und Marktintegration hoher Anteile variabler Erneuerbarer Energien in das Energiesystem dar. Der Fraunhofer Cluster integrierte Energiesysteme widmet sich daher der Integration großer Mengen erneuerbarer Energien in das deutsche und europäische Energiesystem. Eine fundierte, modellbasierte Energiesystemanalyse hilft bei der technisch und ökonomisch optimierten Entwicklung eines Energiesystems, in dem Wärme, Strom und Verkehr gekoppelt sind.

Folgende Themen stehen im Fokus:

- Umfassende, sektorenübergreifende Systemanalyse
- Systemtechnik für die Betriebsführung der Infrastrukturen
- Elektrolyse als Basistechnologie für systemrelevante, großskalige Speicherung

#### Kontakt:

Prof. Dr. Karsten Pinkwart  
Tel. +49 721 4640-322 | karsten.pinkwart@ict.fraunhofer.de

# LEHR- UND GREMIENTÄTIGKEITEN

Lehr- und Gremientätigkeiten sind wichtige Säulen eines Forschungsbetriebs. Entsprechend hielten wir 2018 zahlreiche Vorlesungen am KIT und weiteren Hochschulen und Dualen Hochschulen. Somit beteiligen wir uns an der Ausbildung von wissenschaftlichem und technischem Personal und sichern gleichzeitig unseren eigenen Nachwuchs. 2018 haben wir uns außerdem in zahlreichen Arbeitskreisen und Gremien eingebracht, um die Zukunft in unseren Themengebieten mitzugestalten.

## LEHRTÄTIGKEITEN

### KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE KIT

#### Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde

##### Elsner, Peter

- Polymer Engineering (2 SWS, WS und SS)
- Arbeitstechniken f. d. Maschinenbau (2 SWS, SS)

##### Weidenmann, Kay André

- Werkstoffprozessertechnik (3 SWS, WS)
- Praktikum Werkstoffprozessertechnik (1 SWS, WS)
- Materialwissenschaftliches Seminar (2 SWS, SS)
- Werkstoffe für den Leichtbau (2 SWS, SS)

#### Institut für Fahrzeugsystemtechnik

##### Henning, Frank

- Fahrzeugleichtbau – Strategien, Konzepte, Werkstoffe (2 SWS, WS)
- Faserverstärkte Kunststoffe – Polymere, Fasern, Halbzeuge, Verarbeitung (2 SWS, SS)

#### Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik

##### Tübke, Jens

- Materialien und Verfahren für elektrochemische Speicher und Wandler (2 SWS, WS + SS)

### HOCHSCHULE KARLSRUHE – TECHNIK UND WIRTSCHAFT

#### Fakultät für Elektro- und Informationstechnik

##### Graf, Matthias

- Sensorlabor 1 (2 SWS, WS und SS)

##### Hefer, Bernd

- Chemistry and Exercise (2 SWS, SS)
- Physical Chemistry (4 SWS, SS)

##### Pinkwart, Karsten

- Bio-Chemosensoren III (2 SWS, SS)
- Batterien, Brennstoffzellen und Supercaps (2 SWS, SS, WS)
- Renewable Electricity Generation and Storage (2 SWS, SS)
- Electrochemical Energy Storage Systems (2 SWS, WS)

##### Urban, Helfried

- Computer Aided Lab (4 SWS, WS)
- Elektronik 3 für Sensorsystemtechniker (4 SWS, WS, SS)

### DUALE HOCHSCHULE BADEN-WÜRTTEMBERG, KARLSRUHE

#### Fakultät Technik, Studiengang Maschinenbau

##### Becker, Wolfgang

- Wellen und Optik (4 SWS, WS)

##### Kauffmann, Axel

- Technische Mechanik und Festigkeitslehre (4 SWS, WS, SS)
- Werkstoffkunde/Kunststoffe (2 SWS, WS)
- Kunststoffverarbeitung (2 SWS, SS)
- Labore zur Kunststoffverarbeitung und Messtechnik (2 SWS, WS, SS)

##### Reinhard, Stefan

- Werkstoffkunde Kunststoffe (2 SWS, WS)
- Labor zur Kunststoffverarbeitung und Messtechnik (2 SWS, WS)

**Studiengang Mechatronik****Bader, Bernd**

- Neue Werkstoffe (2 x 33 Stunden/Jahr)

**Studiengang Sicherheitswesen****Gräbe, Gudrun**

- Grundlagen der Umwelttechnik (3 SWS, WS)

**Ditmar Schulz**

- Emissionen (3 x 8 Stunden/Jahr)

**Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen****Gräbe, Gudrun**

- Umwelttechnik und Recycling (2 x 3 SWS, SS)

**DUALE HOCHSCHULE BADEN-WÜRTTEMBERG,  
MANNHEIM****Fakultät Technik, Studiengang Maschinenbau****Bader, Bernd**

- Verarbeitung von Kunststoffen und Elastomeren (55 Stunden/Jahr)
- Konstruieren mit Kunststoffen (33 Stunden/Jahr, WS)

**DUALE HOCHSCHULE BADEN-WÜRTTEMBERG,  
MOSBACH****Studiengang Mechatronik****Peter Eyerer**

- Polymer Engineering ( 2 SWS, WS)

**HECTOR SCHOOL OF ENGINEERING  
AND MANAGEMENT****Henning, Frank**

- Automotive lightweighting and processing of composite materials (15 Std/Jahr, WS)

**TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG****Fakultät Verfahrenstechnik****Teipel, Ulrich**

- Mechanische Verfahrenstechnik (6 SWS, SS und 4 SWS, WS)
- Partikeltechnologie (4 SWS, WS)
- Partikelengineering (4 SWS, SS)

**UNIVERSITÄT ULM****Teipel, Ulrich**

- Mechanische Verfahrenstechnik ( 4 SWS, WS)
- Mechanical Process engineering (4 SWS, SS)

**HELMUT-SCHMIDT-UNIVERSITÄT –  
UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR HAMBURG****Fakultät für Elektrotechnik****Pinkwart, Karsten**

- Elektrochemische Energiespeicher und -wandler (2 SWS, WS)

**AN-INSTITUT DER OSTFALIA HOCHSCHULE FÜR  
ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN****Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel****Cremers, Carsten**

- Brennstoffzellentechnik (Blockvorl., 6 Doppelstunden, SS)

**Tübke, Jens**

- Batterietechnik (Blockvorl., 6 Doppelstunden, SS)

**UNIVERSITY OF WESTERN ONTARIO, CANADA****Faculty of Mechanical Engineering, Material Science****Henning, Frank**

- Lightweight design of vehicles (2 SWS/WS)
- Composite manufacturing (2 SWS/WS)

**WESTBÖHMISCHE UNIVERSITÄT IN PILSEN,  
TSCHECHIEN****Fakultät für Maschinenbau****Kolarik, Vladislav**

- Röntgendiffraktometrie als in situ-Methode (Gastvorlesung, einmal 2 Stunden, WS)

# GREMIENTÄTIGKEITEN

## **Böhnlein-Mauß, Jutta**

- Mitglied des Arbeitskreises »Innenballistik« der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition

## **Bohn, Manfred**

- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)
- Mitglied der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie (DBG)
- Mitglied der Gesellschaft für Thermische Analyse (GEFTA)
- NATO AC326/SG1-CNG
- Mitglied des International Steering Committee des International Pyrotechnics Seminar USA (IPS-USA Seminars)
- Mitglied des Organising Committee der KISHEM, Korea (Süd)
- Mitglied des Scientific Committee der NTREM, Pardubice, Tschechien
- Mitglied des Committee des HFCS-EM (Heat Flow Calorimetry Symposium on Energetic Materials)
- Mitglied des »Committee of International NC Symposium«
- Mitglied des International Advisory Board of the Polymer Degradation Discussion Group (PDDG)

## **Bücheler, David**

- Mitglied des AVK Arbeitskreises SMC/BMC
- Steuerkreismitglied der European Alliance for SMC BMC

## **Cäsar, Joachim**

- DKE 131 »Umweltsimulation«
- DKE 212 »IP-Schutzarten«
- Mitglied VDI e. V.
- Stellv. Vorsitzender der AG »Wirkungen auf Produkte« in der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL)
- Mitglied GUS e. V.
- Stellv. Leitung des Arbeitskreises »Partikel – Eigenschaften und Wirkung« in der Gesellschaft für Umweltsimulation
- verschiedene GUS-Arbeitskreise
- DAkKS-Fachbegutachter, Fachgebiet Umweltsimulation

## **Cremers, Carsten**

- berufenes Mitglied des gemeinsamen Fachausschusses Brennstoffzellen der Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik GEU im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) im Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE)
- Mitglied des Industrienetzwerks der Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer
- Mitglied des NATO Army Armaments Group (NAAG) Land Capability Group Dismounted Soldier System (LCGDSS) Power Team of Experts
- Mitglied der Fachgruppe angewandte Elektrochemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker
- Mitglied der Electrochemical Society (ECS)

## **Diemert, Jan**

- Gründungsmitglied und Board-Member der European Composites, Plastics & Polymer Processing Platform ECP4

## **Elsner, Peter**

- Vorsitzender des Hochschulrats der Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft
- Mitglied der Hauptkommission (HK) des wissenschaftlich-technischen Rates (WTR) der Fraunhofer-Gesellschaft
- Mitglied des Präsidiums der Fraunhofer-Gesellschaft
- Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds MATERIALS
- stellvertretender Sprecher der Fraunhofer-Allianz BAU
- Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften
- Sprecher des Fraunhofer Nachhaltigkeitsnetzwerks

## **Eyerer, Peter**

- Gutachter im VIP+, Förderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Berlin; Projektträger VDI/VDE-IT, Berlin
- Gutachter im KMU-NETC, Förderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Berlin; Projektträger VDI/VDE-IT, Berlin
- Vorstand »Offene Jugendwerkstatt Karlsruhe e. V.«

**Fischer, Thomas**

- Mitglied des Arbeitskreises »Innenballistik« der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition
- Mitglied des Arbeitskreises »Außenballistik« der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition
- Mitglied der Task Force Innenballistik-Simulation
- Mitglied des Arbeitskreises IPT-REACH des Bundesamts für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr

**Gräbe, Gudrun**

- Mitglied der Wasserchemischen Gesellschaft (Fachgruppe der GDCh)

**Henning, Frank**

- Präsident SAMPE Deutschland e. V.
- Mitglied der Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V.
- SPE Composites Division (Board of Directors, European Liaison)
- Adjunct Research Professor in the Department of Mechanical & Materials Engineering, Faculty of Engineering of The University of Western Ontario, Canada
- stellvertretender Vorstandsvorsitzender Leichtbauzentrum Baden-Württemberg e. V.
- Beiratsmitglied in der Landesagentur für Leichtbau BW

**Herrmann, Michael**

- Mitglied bei der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie (DGK)
- Mitglied der Gesellschaft für Thermische Analyse (GEFTA)

**Hettmanczyk, Lara**

- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh (u. a. Mitglied in den Fachgruppen Analytische Chemie, Chemiker im öffentlichen Dienst und Vereinigung für Chemie und Wirtschaft)

**Hübner, Christof**

- gewähltes Mitglied im wissenschaftlich-technischen Rat (WTR) der Fraunhofer-Gesellschaft

**Joppich, Tobias**

- Vertreter des Fraunhofer ICT im Leichtbauzentrum Baden-Württemberg e. V., Unterstützung des Vorstands
- Vertreter des Fraunhofer ICT in der Leichtbau-Agentur Baden-Württemberg
- Vertreter des Fraunhofer ICT in der VDMA-Arbeitsgemeinschaft Hybride Leichtbau Technologien
- Steuerkreismitglied und Seminarsprecher im Arbeitskreis »EATC – European Alliance for Thermoplastic Composites« der Industrievereinigung verstärkte Kunststoffe e. V. (AVK)
- Mitglied im Programmkomitee und stv. Chairman der International Exhibition and Conference (ITHEC)

**Juez-Lorenzo, Mar**

- Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Elektronen-Mikroskopie DGE
- Mitglied der European Microscopy Society (EMS)

**Kauffmann, Axel**

- Mitglied in der Fraunhofer-Allianz BAU

**Knapp, Sebastian**

- Mitglied der International Pyrotechnic Society
- Mitglied in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

**Keßler, Armin**

- Mitglied in der International Association for Hydrogen Safety, IA-HySafe
- Mitglied in der Intercontinental Association of Experts for Industrial Explosion Protection, INDEX e. V.
- Mitglied in der CSE-Society - Gesellschaft zur Förderung der Prozess- und Anlagensicherheit e. V.

**Kolarik, Vladislav**

- Mitglied im International Advisory Body of the Research, Development and Innovation Council der Regierung der Tschechischen Republik
- Mitglied der Gesellschaft für Korrosionsschutz e. V. GfKORR
- Mitglied im Arbeitskreis Korrosionsschutz bei erhöhten Temperaturen der GfKORR
- Session Chairman Coatings for Use at High Temperatures, International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, San Diego, USA

### **Löbbecke, Stefan**

- Mitglied ProcessNet, u.a. Fachgruppen Mikroverfahrenstechnik, Reaktionstechnik, Prozessanalytik, Zeolith; Arbeitsausschuss Reaktionstechnik sicherheitstechnisch schwieriger Prozesse
- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh (u. a. Arbeitskreis Prozessanalytik)
- Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Katalyse (GECatS)

### **Neutz, Jochen**

- Vorsitzender des Programmausschusses AIRBAG 2000 plus

### **Noack, Jens**

- Mitglied IEC TC 21/ TC 82 JWG 82 »Secondary Cells and Batteries for Renewable Energy Storage and Smart Grid Structures«
- Mitglied IEC TC 21 / TC 105 JWG 7 »Flow Batteries«
- Arbeitsgruppenleiter DKE, AK 371.0.6 »Flow Batteries«
- Mitglied DKE, AK 384 »Brennstoffzellen«

### **Parrisius, Martina**

- Vorstandsmitglied Lernort Labor - Bundesverband für Schülerlabore e. V.
- Mitglied Arbeitskreis »Initiativkreis Unternehmergeist«, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin
- Mitglied im Expertenbeirat Neue Oberstufe Berlin

### **Pinkwart, Karsten**

- Koordinator des Fraunhofer-Netzwerks Elektrochemie
- Vorstandsmitglied der Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungseinrichtungen AGEF e. V.
- Mitglied des Arbeitskreises Energietechnik der Deutschen Gesellschaft für Wehrtechnik DWT e. V.
- Leiter des Arbeitskreises Batterieprüfung der Gesellschaft für Umweltsimulation GUS e. V.
- Mitglied des Arbeitsausschusses »Elektrochemische Prozesse« der DECHEMA/ProcessNet
- Mitglied im Vorstand der Fachgruppe Angewandte Elektrochemie und der Fachgruppe Chemie und Energie der Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh

### **Rabenecker, Peter**

- Mitglied der Wissenschaftlichen Leitung des HybridSensor-Net-Symposiums

### **Reichert, Thomas**

- Geschäftsführender Vorstand der Gesellschaft für Umweltsimulation GUS e. V.
- Past president European Federation of Clean Air and Environmental Protection Associations EFCA
- Past president Confederation of European Environmental Engineering Societies CEEES
- Obmann der AG »Wirkungen auf Werkstoffe und Umweltsimulation« der Kommission Reinhaltung der Luft KRdL im VDI und DIN
- Chairman of the »European Weathering Symposia EWS«
- Chairman of the CEEES Technical Advisory Board for »Climatic and Air Pollution Effects on Materials and Equipment«
- Chairman of the Organizing Committee for the »Ultrafine Particles Symposia UFP«
- Mitglied im Fachbeirat FB III »Umweltqualität« der Kommission Reinhaltung der Luft KRdL im VDI und DIN
- Mitarbeiter im DIN Normenausschuss Kunststoffe NA 054-01-04 »Verhalten gegen Umgebungseinflüsse«

### **Roeseling, Dirk**

- Mitglied der Liquid Explosive Study Group (ECAC)
- Mitglied der Trace Explosive Study Group (ECAC)
- Mitglied der EDS cabin baggage Explosive Study Group (ECAC) (vormals ACBS)
- Mitglied der Vapor Trace Explosive Study Group (ECAC)
- Mitglied der EDS hold baggage Explosive Study Group (ECAC)

### **Schnürer, Frank**

- Mitglied im Fachbeirat der Koordinierungsstelle Sicherheitswirtschaft (KoSi)

### **Schweppe, Rainer**

- Chairman der CleanSky Plattform »Eco Design Transversal Activity«, Joint Undertaking
- Mitglied der International Association for Sustainable Aviation (IASA)
- Mitglied im INNONET Netzwerk, Leitung des Arbeitskreises »Recycling«
- Mitglied im Arbeitskreis Bioökonomie des baden-württembergischen Ministeriums für den Ländlichen Raum und Verbraucherschutz

**Teipel, Ulrich**

- Berufenes Mitglied in der ProcessNet Fachgruppe »Zerkleinern und Klassieren«
- Leitung des Arbeitskreises »Partikel – Eigenschaften und Wirkung« in der Gesellschaft für Umweltsimulation GUS e. V.
- Gutachter der BMBF und DFG
- Mitglied des Editor Boards »Chemical Engineering Technology«
- Gastherausgeber des Journals »Chemie-Ingenieur-Technik«, Themenbereich: Partikeltechnik
- Vorsitzender der AG »Wirkungen auf Produkte« in der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL)
- Vertrauensdozent der DFG an der Technischen Hochschule Nürnberg
- Mitglied des Deutsch-Russischen Rohstoffforums
- Mitglied im Scientific Comitee der »PARTEC 2019«
- Berufenes Mitglied in der ProcessNet Fachgruppe »Rohstoffe«
- Berufenes Mitglied im Wissenschaftsrat

**Tübke, Jens**

- Sprecher der Fraunhofer-Allianz Batterien
- Mitglied AG Batterietechnologie der Nationalen Plattform Elektromobilität
- Sprecher des F&E Beirats des Bundesverbands Energiespeicher BVES
- Vorstand fokus.energie e. V.
- Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirats des MEET - Münster Electrochemical Energy Technology
- Mitglied des Beirats Batterieforschung Deutschland des BMBF
- Mitglied der Fachgruppe Angewandte Elektrochemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh

**Urban, Helfried**

- Honorarprofessor an der Hochschule Karlsruhe

**Weiser, Volker**

- Mitglied beim Combustion Institute
- Mitglied bei der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V.
- Mitglied der International Pyrotechnic Society
- Vertreter des Fraunhofer ICT in der Fraunhofer Allianz Space

**Weidenmann Kay**

- Mitglied der Auswahlkommission der Studienstiftung des deutschen Volkes e.V.
- Gutachter der Deutschen Forschungsgemeinschaft
- Mitglied der DGM-Fachausschüsse »Metallmatrixverbunde« und »Hybride Werkstoffe«
- Gründungsmitglied der Karl-Drais-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.
- Mitglied des Scientific Committees der 20th International Conference on Composite Structures (2017, 2018)
- Mitglied im Scientific Committee der 4. Konferenz Hybrid Materials and Structures (2020)

**Wittek, Michael**

- Mitglied in der Explosive Vapour Detection (EVD) Study Group der ECAC

**Wurster, Sebastian**

- Mitglied im Arbeitskreis Innenballistik
- Mitglied des Arbeitskreises »Außenballistik« der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition
- Mitglied der Task Force Innenballistik-Simulation
- Mitglied der International Ballistics Society (IBS) und Mitglied des Education Comitee der IBS

# VERANSTALTUNGEN, MESSEN UND FACHAUSSTELLUNGEN

## VERANSTALTUNGEN

20.-21. März 2018

**DVM-Arbeitskreis »Strukturbauteile aus  
Kunststoffverbunden«**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

21.-23. März 2018

**47. Jahrestagung der Gesellschaft für Umweltsimulation  
GUS »Umwelteinflüsse erfassen, simulieren und  
bewerten«**

Festhalle, Stutensee-Blankenloch

16. April 2018

**Networking-Event: Taiwan –  
Grid Integration of Renewable Energies**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

26. April 2018

**Girls' Day**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

26. Juni 2018

**19. Wehrtechnisches Seminar**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

26.-29. Juni 2018

**49<sup>th</sup> International Annual Conference of the  
Fraunhofer ICT: »Synthesis, Processing, Performance«**

Kongresszentrum, Karlsruhe

10. Oktober 2018

**Kuratoriumssitzung**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

20.-21. November 2018

**Workshop: Treib- und Explosivstoffe**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

21.-22. November 2018

**Öffentlicher Abschlussworkshop zum Projekt MoPaHyb**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

26.-28. November 2018

**14<sup>th</sup> International Symposium and Accompanying  
Exhibition on Sophisticated Car Safety Systems**

»Rosengarten«, Mannheim

19.-21. Dezember 2018

**Deutsch-Japanischer Workshop on Advanced  
Lithium Ion Batteries**

Karlsruhe / Pfinztal



## BETEILIGUNG AN MESSEN UND FACHAUSSTELLUNGEN

20.-22. Februar 2018

**DWT-Symposium: Unterbringung im Einsatz – Energie- und Medienanbindung in stationärer Unterbringung im Einsatz**

Bonn

28. Februar bis 02. März 2018

**Battery Japan**

Tokyo, Japan

06.-08. März 2018

**JEC Composites**

Paris, Frankreich

13.-15. März 2018

**Energy Storage Europe**

Düsseldorf

14.-15. März 2018

**PIAE Europe – Internationaler Fachkongress zu Kunststoff im Auto**

Mannheim

17.-18. April 2018

**Unterbringung im Einsatz**

Bonn

23.-27. April 2018

**Hannover Messe**

Hannover

25.-29. April 2018

**ILA – Innovation and Leadership in Aerospace**

Berlin

9. Juni 2018

**Tag der Bundeswehr**

Bildungszentrum der Bundeswehr, Mannheim

11.-15. Juni 2018

**ACHEMA**

Frankfurt

10.-12. Juli 2018

**IFBF – The International Flow Battery Forum**

Lausanne, Schweiz

16.-22. Juli 2018

**International Airshow**

Farnborough, United Kingdom

05.-07. September 2018

**China Composite Expo 2018**

Shanghai, China

16.-20. Oktober 2018

**FAKUMA**

Friedrichshafen

# VERÖFFENTLICHUNGEN

Abert M.

## **Analysis of gases emitted in safety events.**

In: Garche J., Brandt K. (Eds.) *Electrochemical power sources: Fundamentals, systems and applications – Li-battery safety*. Chapter 7C, pp. 196-215, ISBN 978-0-444-63777-2, Elsevier, Amsterdam, 2018, DOI: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00574-3>

Abbondanzieri M., Klein T., Frey T., Müller P.

## **RoBEMM – Robotisches Unterwasser-Bergungs- und Entsorgungsverfahren inklusive Technik zur Delaboration von Munition im Meer, insbesondere im Küsten- und Flachwasserbereich.**

Tagungsband der Statustagung Maritime Technologien 2018, Schriftenreihe Projektträger Jülich

Agüero A., Juez-Lorenzo M., Hovsepian P. E., Ehiasarian A.P., Purandare Y.P., Muelas R.

## **Long-term behaviour of Nb and Cr nitrides nanostructured coatings under steam at 650 °C.**

Mechanistic considerations – *Journal of Alloys and Compounds* 739 (2018), pp. 549-558

Audigéa P., Encinas-Sánchez V., Juez-Lorenzo M., Rodríguez S., Gutiérrez M., Pérez F.J., Agüero A.

## **High temperature molten salt corrosion behavior of aluminide and nickel alumini decoatings for heat storage in concentrated solar power plants.**

*Surface & Coatings Technology* 349 (2018), pp. 1148-1157

Becker W., Sachsenheimer K., Roth E., Knapp S., Weiser V.

## **Optical properties of filled polymeric composite materials from near infrared spectroscopy.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 115-1 to 115-10, ISSN 2194-4903

Binnemans K., Jones P.T., Müller T., Yurramendi L.

## **Rare earths and the balance problem: how to deal with changing markets?**

In: *Journal of Sustainable Metallurgy* 4, pp. 126-146, 2018

Böhnlein-Mauß J., Mitro D., Keicher T.

## **Characterization of gun propellants containing Bateg.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 103-1 to 103-2, ISSN 2194-4903

Bohn M.A., Gerber P., Heintz T., Herrmann M.J.

## **Effect of HMX distribution and plasticizer content variations on the DMA loss factor of HTPB-IPDI binder.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 108-1 to 108-25, ISSN 2194-4903

Bohn M.A.

## **Principles of ageing of double base propellants and its assessment by several methods following propellant properties.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 96-1 to 96-25, ISSN 2194-4903

Deinzer G., Kothmann M., Rausch J., Baumgärtner S., Rosenberg P., Link T., Behnisch F., Diebold F., Roquette D., Henning F.

## **BMBF Leuchtturmprojekt SMiLE – Werkstoff- und Prozesstechnologie zur kostenoptimierten Fertigung von endlosfaserverstärkten Kunststoffmodulen.**

In: Tagungsband, Kunststoffe im Automobilbau, 14. und 15. März 2018, Mannheim

DeLuca L.T., Bohn M.A., Gettwert V., Weiser V., Tagliabue C.

## **Innovative solid rocket propellant formulations for space propulsion.**

In: Rene Francisco Boschi Goncalves, José Atilio Fritz Fidel Rocco und Koshun Iha (Eds.) *Energetic Materials Research, Applications, and New Technologies*. Hershey PA, USA, IGI Global (Advances in Chemical and Materials Engineering (ACME)), pp. 1-24

Dieterle M., Schäfer P., Viere T.

## **Life cycle gaps: Interpreting LCA results with a circular economy mindset.**

In: *Procedia CIRP*, Volume 69, 2018, pp. 764-768, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.058>

Dörr D., Faisst M., Joppich T., Poppe C., Henning F., Kärger L.

## **Modelling approach for anisotropic inter-ply slippage in FE forming simulation of thermoplastic UD-tapes.**

In: AIP Conference Proceedings 1960, 020005 (2018), Esaform Conference, Palermo, April 23-25, 2018

Dresel A., Gerber P., Roßmann C., Heintz T.

## **Comminution of energetic materials in viscous binder components with high solid loadings.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 120-1 to 120-10, ISSN 2194-4903

Eisenlauer M., Graf H., Teipel U.

**Prozesstechnik zur Altholzaufbereitung.**

Chemie Ingenieur Technik 90 (2018) 4, pp. 521-532

Eisenlauer M., Teipel U.

**Influence factors on the comminution process of wood for the production of precursors and basic chemicals for the chemical industry.**

Proceedings of the Baltic Conference Series BCS 2018, May 14-17, 2018, Stockholm, Sweden

Eisenlauer M., Teipel U.

**Influence Factors on the Comminution Process of Wood for the Production of Precursors and basic Chemicals for the Chemical Industry.**

International Conference CHoPS "Conveying and Handling of Particulate Solids", September 10-14, 2018, University of Greenwich, London

Emmerich R., Dreher R., Laux M.

**Glasartige Funktionsschichten durch Mikrowellen-generiertes PECVD.**

Jahrbuch Oberflächentechnik, Leuze Verlag, Bad Saulgau, 2018, ISBN 978-3-87480-349-6

Emmerich R., Dreher R., Laux M.

**Beinahe unzertrennlich – Hohe Festigkeit durch nanoporöse Haftschiicht für Metall-Kunststoff-Verbunde.**

In: Kunststoffe 06/2018, Hanser-Verlag, S. 96-98

Emmerich R., Dreher R., Laux M.

**Almost inseparable – Strong adhesion in metal-polymer compounds due to nanoporous adhesive layer.**

In: Kunststoffe international 2018/06-07, Hanser-Verlag

Emmerich R., Dreher R., Laux M.

**Glass-like functional layers with microwave-generated PECVD (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition).**

Ampere Newsletter, Trends in RF and Microwave Heating, Issue 97, October 2018, pp. 7-12

Eyerer P., Krause D.

**Time and project management in citizen science projects: The example of TheoPrax project "Nesting boxes made of biofoams" involving scientists, industrial employees and pupils.**

In: Proceedings of the Austrian Citizen Science Conference, February 1-3, 2018, University of Salzburg, Austria, pp. 25-29, ISBN 978-2-88945-587-4, DOI: 10.3389/978-2-88945-587-4

Eyerer S., Eyerer P., Wieland C., Spliethoff H.

**Influence of HFO refrigerants on the viscoelastic behaviour of elastomers.**

1<sup>st</sup> IIR International Conference on the Application of HFO Refrigerants, Birmingham, DOI:10.18462/iir.hfo.2018.1169

Eyerer S., Eyerer P., Eicheldinger M., Tübke B., Wieland C., Spliethoff H.

**Theoretical analysis and experimental investigation of material compatibility between refrigerants and polymers.**

In: Energy 163 (2018), pp. 782-799, Elsevier

Fehn T., Teipel U.

**Recycling von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS).**

Tagungsband 8. Wissenschaftskongress »Abfall- und Ressourcenwirtschaft«, Wien, 15.-16. März 2018, Innsbruck university press, p. 137-141, ISBN 978-3-903187-10-8

Gettwert V., Weiser V., Tagliabue C., Hafner S., Fischer S.

**Environment-friendly composite propellant.**

11<sup>th</sup> International Symposium on Special Topics in Chemical Propulsion & Energetic Materials (11-ISICP), September 9-13, 2018, Stuttgart, Germany, paper 23765, p. 64

Gettwert V., Tagliabue C., Weiser V., Imiolek A.

**Environment-friendly composite propellant – results from the HISP and GRAII project.**

Space Propulsion 2018, May 14-18, Seville, Spain, paper 99

Queirós G.W., Bermejo J., García Sanchez L., Gómez de Salazar J.M., Criado A.J.

**Improvement of the mechanical properties of 30MnB5 wear-resistant steel by subcritical annealing and water quenching, improving its life cycle analysis.**

Journal of Material Science Engineering, Volume 7, Issue 5, 2018, DOI: 10.4172/2169-0022.1000495

Haas J., Bachler K., Eyerer P., Beck B., Bošković L.

**Die 3D Skelett Wickeltechnik auf dem Weg in die Serienfertigung.**

In: Lachmayer R., Lippert R.B., Kaierle S. (Hrsg.) Additive Serienfertigung – Erfolgsfaktoren und Handlungsfelder für die Anwendung. Springer Professional, ISBN 978-3-662-56462-2

Hafner S., Keicher T., Klapötke T.M.

**Internal plasticized glycidyl azide polyethers for solid propellant binders.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 11-1 to 11-7, ISSN 2194-4903

Heil M., Hickmann J.

**Thermal characterization of naturally aged gun and rocket propellants.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 22-1 to 22-11, ISSN 2194-4903

Heil M.

**Accurate description of the ageing of energetic materials.**

In: Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Symposium and Exhibition on Sophisticated Car Occupant Safety Systems of the Fraunhofer ICT, November 26-28, 2018, Mannheim, Germany, pp. 26-1 to 26-7, ISSN 0722-4087

Heil M.

**Molecularly imprinted polymers for detection of explosives in gas phase approach for the detection of TNT in cargo containers.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 104-1 to 104-7, ISSN 2194-4903

Heintz T., Leisinger K., Reinhard W., Heil M., Herrmann M.

**Product design of ADN-prills for application in solid propellants.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 106-1 to 106-9, ISSN 2194-4903

- Hefele K., Teipel U.  
**Recycling von Baustoffen – Der Nachweis von Sulfat in Sekundärrohstoffen ermöglicht eine Reduzierung von Schadstoffen in Recyclingbaustoffen.**  
 ReSource 31 (2018) 1, S. 12-17
- Hennig M., Teipel U.  
**Grade efficiency for sieve classification processes.**  
 The Canadian Journal of Chemical Engineering 96 (2018) 1, pp. 259-264, DOI:10.1002/cjce.22910
- Herrmann M., Kronis G.  
**Tensile testing of macroscopic HMX-HTPB composites.**  
 Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Seminar on New Trends in Research of Energetic Materials NTREM, April 17-20, 2018, University of Pardubice, Pardubice, Czech Republic, pp. 635-640
- Herrmann M., Förter-Barth U., Kempa P.B., Heintz T.  
**Microstructure and thermal behavior of ADN-prills investigated by means of X-ray diffraction – part II.**  
 In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 23-1 to 23-11, ISSN 2194-4903
- Herrmannsdörfer D., Herrmann M., Heintz T.  
**Sensitivity reduction of the Cl-20/HMX cocrystal via advanced crystallization process.**  
 In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, p. 101, ISSN 2194-4903
- Höhne C.-C., Posern C., Böhme U., Kroke E.  
**Sulfides and disulfides of s-Triazine: Potential thermal Thiyl radical generators.**  
 In: Chemistry – A European Journal, 24, pp. 13596-13606, DOI: 10.1002/chem.201802427
- Höhne C.-C., Hanich R., Kroke E.  
**Intrinsic flame resistance of polyurethane flexible foams: Unexpectedly low flammability without any flame retardant.**  
 In: Fire and Materials 42 (4), pp. 394-402, DOI: 10.1002/fam.2504
- Hübner C.  
**Einleuchtende Idee. Fraunhofer ICT verarbeitet leitfähiges Material in der additiven Fertigung.**  
 In: Kunststoffe 05/2018, S. 34-38, Hanser-Verlag, ISSN 0023-5563
- Hübner C.  
**Illuminating Idea. Fraunhofer ICT processes conductive material in additive manufacturing.**  
 In: Kunststoffe international 5/2018, pp. 15-17, Hanser-Verlag, ISSN 1862-4243
- Hüttl J., Albrecht F., Henning F.  
**Nasspresstechnologie Prozess- und Produktentwicklung für den hochleistungsfaserverbundbau.**  
 16. Kunststoffseminar, Joma-Polytec GmbH, Hechingen, 2018
- Imiolek A., Weiser V., Locatelli F., Tagliabue C., Gettwert V., Bieroth D.  
**Burning behaviour of ADN solid propellants in comparison to other oxidizers.**  
 In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 35-1 to 35-19, ISSN 2194-4903
- Imiolek A., Locatelli F., Weiser V., Tagliabue C.  
**Burning behaviour of ADN and AP solid propellants and influence of energetic fillers.**  
 37<sup>th</sup> International Symposium on Combustion, Dublin, Ireland, July 29 to August 3, 2018
- Joppich T., Menrath A., Wippo V., Baumgärtner S., Huber T.  
**Weniger Last beim Lufttransport. Module aus faserverstärkten Thermoplasten können den Frachtraum von Flugzeugen versteifen.**  
 In: Kunststoffe 02/2018, Seite 79-82, Hanser-Verlag
- Joppich T., Menrath A., Wippo V., Baumgärtner S., Huber T.  
**Reducing load in air transportation. Fiber-reinforced thermoplastic modules can be used to reinforce airplane cargo compartments.**  
 In: Kunststoffe international 2018/01-02, Hanser-Verlag
- Joppich T., Menrath A., Henning F., Langediers J., Wippo V.  
**A new generation of thermoplastic stiffening panels for aerospace application.**  
 ITHEC Conference, Bremen, 2018
- Kelzenberg S., Eisenreich N., Knapp S., Koleczko A., Schuppler H.  
**Oxidation of manganese and decomposition of MnO<sub>2</sub>.**  
 In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 114-1 to 114-11, ISSN 2194-4903
- Knapp S., Koleczko A., Kröber H.  
**Characterisation of particle mixtures by nano computer tomography.**  
 In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 116-1 to 116-9, ISSN 2194-4903
- Knapp S., Kelzenberg S., Roth E., Weiser V.  
**Modelling of thermite mixtures.**  
 The 43<sup>rd</sup> International Pyrotechnics Society Seminar, Fort Collins, USA, July 8-13, 2018, pp. 285-298
- Kratzer A., Eyerer P.  
**Eine neue Kategorie: E – Engineering.**  
 In: LeLa Magazin, Ausgabe 22, Dezember 2018, Seite 4-5
- Kronis G., Herrmann M.  
**Binder crystal adhesion measured in macro HMX/HTPB-composites.**  
 In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 88-1 to 88-10, ISSN 2194-4903
- Linde G., Kästingschäfer D., Lorenz R., Frenzel J., Gräbe G., Dieterle M., Stolzenberg A.  
**Biblock-Bahnschwellen aus Kunststoff-Rezyklaten.**  
 In: Tagungsband der HighTechMatBau Konferenz für Neue Materialien im Bauwesen vom, 31. Januar 2018, Fraunhofer IRB Verlag, ISBN 978-3-7388-0082-1, S. 78-81
- Lohr C., Beck B., Henning F., Weidenmann K., Elsner P.  
**Process comparison on the microstructure and mechanical properties of fiber-reinforced polyphenylene sulfide using MuCell technology.**  
 Journal of Reinforced Plastics & Composites, Volume 37, Issue 02, pp. 1020-1034, <https://doi.org/10.1177/0731684418777120>

Montes A., Williamson D., Hanke F., Garcia-Casas I., Pereya C., Martinez de la Ossa E., Teipel U.

**New insights into the formation of submicron silica particles using CO<sub>2</sub> as anti-solvent.**

Journal of Supercritical Fluids 133 (2018), pp. 218-224

Moon R., Guicheteau J., Hung K., Tripathi A., Schnee V., Chirico R., Conner S., Howle C., Holley L., Glover P., Brookes M., Jezierska M., van der Jagd O., Puckrin E., Diaz E., Schnürer F., Ulrich C., Sandquist M., Zachhuber B.

**Results of the NATO SET-237 "Printed Standards for Stand-off Detection" 1st iteration benchmark exercise.**

10<sup>th</sup> Annual Workshop on Trace Explosives Detection, Ottawa, Canada, April 9-13, 2018

Morais M., Reidel R., Weiss P., Baumann S., Hübner C., Henning F.  
**Integration of electronic components in the thermoplastic processing chain: possibilities through additive manufacturing using conductive materials.**

In: Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress Molded Interconnect Devices (MID), September 25-26, 2018, Würzburg, Germany, pp. 1-4, DOI 10.1109/ICMID.2018.8527054

Moser K., Peters J., Holzer A., Diemert J.

**Effect of plasticizers on the mechanical and thermal properties of PLA.**

BiPoCo 2018, Balatonfüred, Hungary, September 2-6, 2018

Müller T.

**Legal framework for waste management in the EU with extended producer responsibility as executive tool.**

In: Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT), XIV Congreso internacional de investigación Científica, Santo Domingo, Dominikanische Republik, 2018, p. 164

Nardai M.M., Bohn M.A.

**Molecular dynamics simulation of tensile tests at a curved binder-particle interface.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 107-1 to 107-7, ISSN 2194-4903

Parrisius M., Skiebe-Corette P., Engelbrecht F., Kratzer A., Töpfer A., Brück B., Haupt O.

**Handlungsempfehlungen für MINT.nb-Schülerlabore.**

LernortLabor-Bundesverband der Schülerlabore e.V., MINT-Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren, Dänischenhagen, 2018, ISBN 978-3-946709-02-2, S. 18-25

Parrisius M.

**Förderung besonders interessierter Schüler\*innen.**

LernortLabor-Bundesverband der Schülerlabore e.V., LeLa Magazin, Ausgabe 21, Dänischenhagen, Juli 2018, ISSN 2196-0852, S. 7

Piscopo C.G., Polyzoidis A., Schwarzer M., Boskovic D., Löbbecke S.

**Synthesis of metal-organic frameworks for energetic applications.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 102-1 to 102-6, ISSN 2194-4903

Pontius H., Dörich M., Heil M.

**Campher coated powders investigated by imaging spectroscopy.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 126-1 to 126-9, ISSN 2194-4903

Porfyris A., Vasilakos S., Zotiadis Chr., Pappaspyrides C., Moser K., Van der Schueren L., Buyle G., Pavlidou S., Vouyiouka S.

**Accelerated ageing and hydrolytic stabilization of poly(lactic acid) (PLA) under humidity and temperature conditioning.**

In: Polymer Testing, Volume 68, July 2018, pp. 315-332, Elsevier, 2018

Quaresma J., Mendes R., Campos J., Deimling L., Keicher T.

**Optical fiber metrology for detonation and shock transmission measurements.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 7-1 to 7-12, ISSN 2194-4903

Radulescu L., Eberhardt A., Boskovic D.

**Formation of ADN-prills in microfluidic droplet generators.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 105-1 to 105-6, ISSN 2194-4903

Reichert T., Salles A.

**Life Cycle Assessment – A tool to eco-design structural composite parts.**

In: Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on "Times of Polymers and Composites", Juni 2018, 4 pages, AIP Publishing 020140-1, <https://doi.org/10.1063/1.5046002>,

Rondina F., Taddia S., Mazzocchetti L., Donati L., Minak G., Rosenberg P., Bedeschi R., Dolcini E.

**Development of full carbon wheels for sport cars with high-volume technology.**

Composite Structures, Volume 192, 2018, pp. 368-378

Roth E., Weiser V., Lity A., Raab A., Kelzenberg S.

**NIR-flare compositions basing on hot water band emission.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 113-1 to 113-9, ISSN 2194-4903

T. Schäfer, M.Eisenlauer, U. Teipel

**Extraktion von Fichtenlignin mit einem stark eutektischen Lösungsmittel in Abhängigkeit der Partikelgröße.**

Chemie Ingenieur Technik 90 (2018) 4, pp. 507-512

Schmid H., Becker W., Knapp S., Koleczko A.

**Wirksame Methoden zur UV-Stabilisierung von Polymer-Oberflächen im Außenbereich.**

47. Jahrestagung der Gesellschaft für Umweltsimulation GUS, 21.-23. März 2018, Stutensee, Ortsteil Blankenloch

Schmid H.

**Nanosilber – eine Einführung.**

In: Tagungsband des Netzwerktags »Nanosilber 2018« des Clusters Nanotechnologie in Bayern, 26. Juni 2018, Regensburg

## VERÖFFENTLICHUNGEN

Schmid H.

**Applications of selected nanoparticles in medicine and their extension through targeted delivery and controlled drug release.**

In: Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference on Nanoscience & Nanotechnologies, July 3-6, 2018, Thessaloniki, Griechenland

Schmid H.

**Interesting product developments based on chemical nanotechnology.**

In: Proceedings of the Inter Nano Poland, September 12-13, 2018, Katowice, Polen

Seiler E., Teipel U.

**Recycling von polymeren Verbundstrukturen aus Rotorblättern.**

In: Thiel S., Thome-Kozmiensky E., Goldmann D. (Hrsg) Recycling und Rohstoffe, Band 11, TK Verlag, Neuruppin, S. 395-414

Tagliabue C., Fischer S., Gettwert V., Weiser V.

**AP-free composite propellants as replacement for AP/HTPB/Al.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 117-1 to 117-12, ISSN 2194-4903

Teipel U., Türk M.

**Partikeltechnologie.**

Chemie Ingenieur Technik 90 (2018) 4, Editorial, Gastherausgeber

Teipel U., Schlotzhauer S.

**Kinetik des Siebprozesses-Siebzeitbestimmung bei der Analysen- und Mehrdecksiebung.**

Chemie Ingenieur Technik 90 (2018) 6, S. 888-895

Teipel U., Chairopoulos M.

**Herstellung und Charakterisierung biogener mikrostrukturierter Partikel.**

Schriftenreihe Vorlaufforschung der Technischen Hochschule Nürnberg, 2018, S. 108-115

Ulrich C., Müller S., Schweikert W., Schnürer F.

**Printed explosives standards for the evaluation of stand-off optical systems.**

In: Bouma H., Prabhu R., Stokes R.J., Yitzhaky Y. (Eds.) SPIE Proceedings, Volume 10802: Counterterrorism, Crime Fighting, Forensics, and Surveillance Technologies II. October 8, 2018, ISBN 9781510621879

Weinert M., Fuhr O., Döring M.

**Novel N-phosphorylated iminophosphoranes based on 9,10-dihydro-9-oxa-10-phosphaphenanthrene-10-oxide.**

Arkivoc – The Free Internet Journal for Organic Chemistry, Part VII, pp. 278-293, <https://doi.org/10.24820/ark.5550190.p010.704>

Weiser V., Kelzenberg S., Knapp S., Koleczko A., Roth E.

**Igniter compositions for LOVA and double-base propellants containing ADN.**

11th International Symposium on Special Topics in Chemical Propulsion & Energetic Materials (11-ISICP), Stuttgart, Germany, September 9-13, 2018, isicp2018-23767

Weiser V., Gettwert V., Imiolek A., Kelzenberg S., Sims S., Tagliabue C.

**Temperatures of the secondary flame zone of various ADN-propellant formulations.**

Space Propulsion 2018, Sevilla, Spain, May 14-18, 2018

Weiser V., Imiolek A., Gettwert V.

**Diagnostik des druckabhängigen Abbrandverhaltens als Beitrag zur Entwicklung von AP-freien Festtreibstoffen.**

Angewandte Forschung für Verteidigung und Sicherheit in Deutschland, Studiengesellschaft der DWT mbH (SGW), Bonn, 20.-22. Februar 2018

Weiser V., Schaller U., Becker W., Bieroth D., Hürttlen J., Knapp S., Lity A., Roth E.

**Burning behaviour of energetic ionic liquids investigated with 4-amino-1-methyl-1,2,4-triazoliumnitrat.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 112-1 to 112-22, ISSN 2194-4903

Wilhelm M., Wendel R.

**Moisture sorption of  $\epsilon$ -caprolactam and its influence on the anionic polymerization in the thermoplastic RTM-process – An overview.**

In: Proceedings of the Applied Research Conference, Deggendorf Institute of Technology

Wittek M., Röseling D., Schnürer F., Heintz T., Dresel A., Wegener T., Schmäh M.

**Reproducible generation of explosive traces for detection system testing.**

In: Bouma H., Prabhu R., Stokes R.J., Yitzhaky Y. (Eds.) SPIE Proceedings Volume 10802: Counterterrorism, Crime Fighting, Forensics, and Surveillance Technologies II. October 8, 2018, DOI: 10.1117/12.2325543

Witte mann F., Maertens R., Kärger L., Henning F.

**Using OpenFOAM for simulation of reactive injection molding as a non-isothermal compressible multiphase flow.**

14th International Conference on Flow Processes in Composite Materials, Luleå, Sweden, 2018

Wurster S., Schrabback M., Leibold M.

**Experimental calibration of manganin pressure gauges.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 100-1 to 100-7, ISSN 2194-4903

Wurster S., Sprengel D.

**A new algorithm to determine geometric properties of propellant grains from computer tomographic imaging.**

In: Proceedings of the 49<sup>th</sup> International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Synthesis, Processing, Performance", June 26-29, 2018, Karlsruhe, Germany, pp. 14-1 to 14-11, ISSN 2194-4903

Yurrita P., Neutz J., Klahn T., Edelmann N

**Mass flow determination of airbag inflators.**

In: Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Symposium and Exhibition on Sophisticated Car Occupant Safety Systems of the Fraunhofer ICT, November 26-28, 2018, Mannheim, Germany, pp. 10-1 to 10-21, ISSN 0722-4087

# DER KURZE WEG ZUM FRAUNHOFER ICT

## AUTO

### Aus Richtung Frankfurt/Main oder Basel (CH):

Autobahn A5, Ausfahrt Karlsruhe-Nord [43], B10 Richtung Pforzheim, ca. 300 m nach dem Tunnel links abbiegen und den Hinweisschildern zum Fraunhofer ICT folgen; der Joseph-von-Fraunhofer-Straße ca. 1,5 km bergauf folgen.

### Aus Richtung Stuttgart/München:

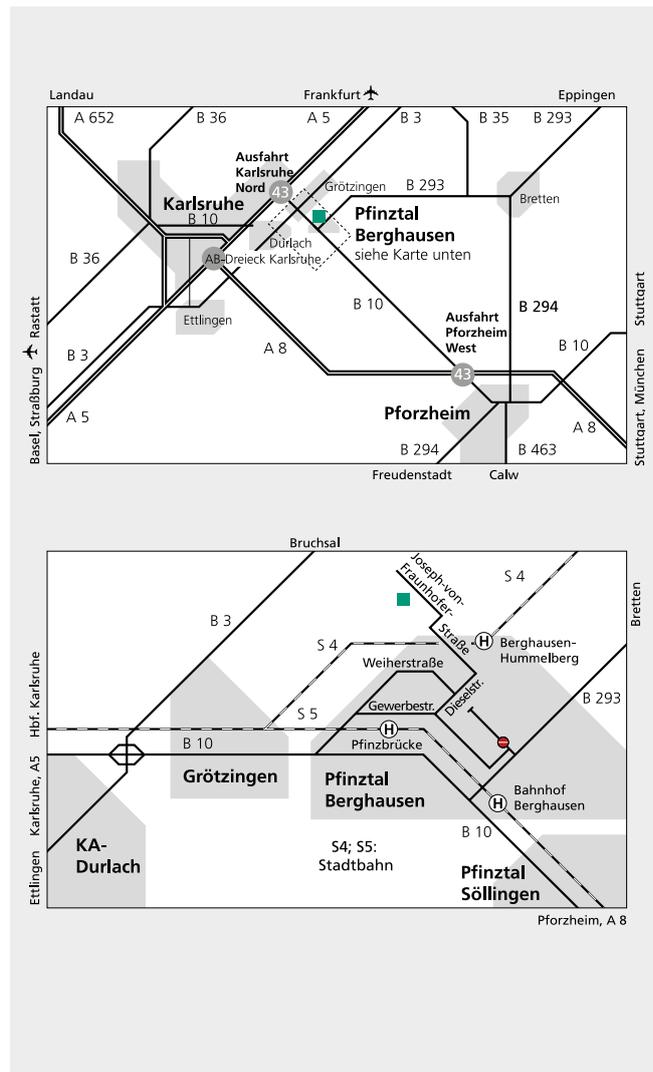
Autobahn A8, Ausfahrt Pforzheim-West [43], B10 Richtung Karlsruhe, durch Pfinztal-Berghausen fahren und nach der Tankstelle am Ortsende rechts abbiegen und den Hinweisschildern zum Fraunhofer ICT folgen; der Joseph-von-Fraunhofer-Straße ca. 1,5 km bergauf folgen.

## BAHN

Bis Karlsruhe-Hauptbahnhof; ab dort mit der Linie S4 (Stadtbahn) im 20- bzw. 40-Minuten-Takt Richtung Bretten/Eppingen/Heilbronn bis Haltestelle Berghausen-Hummelberg; Fahrzeit rund 25 Minuten, Fußweg etwa 10 Minuten, Steigung 11 Prozent. Bitte nehmen Sie keinen »Eilzug« und beachten Sie bitte, dass die »Haltestelle Hummelberg« eine Bedarfshaltestelle ist, das heißt Sie müssen den Türknopf betätigen.

## FLUGZEUG

- Flughafen Frankfurt/Main (ca. 120 km)
- Flughafen Straßburg/Frankreich (ca. 100 km)
- Flughafen Stuttgart (ca. 80 km)
- Baden Airport Karlsruhe (ca. 40 km)



## ANSCHRIFT

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT  
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7  
76327 Pfinztal

Bitte im Navi Joseph-von-Fraunhofer Str. 5 oder 11 eingeben!

# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

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

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

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

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

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

Stand der Zahlen: Januar 2019

# IMPRESSUM

## Redaktion

Dr.-Ing. Stefan Tröster  
Alexandra Linder

## Satz und Gestaltung

Alexandra Linder  
Simone Köppel

## Druck

Stober GmbH, Eggenstein

## Redaktionsschluss

01/2019

## Bildquellen

Titelbild: ICT Archiv  
Seite 7: Peter Eich  
Seite 15, 16, 18: Walter Mayrhofer  
Seite 21, 22, 23, 26, 29: Mona Rothweiler, ICT  
Seite 35: Landeskriminalamt Schleswig-Holstein,  
Kampfmittelräumdienst 2012  
Seite 55: Mirko Kenzel für Fraunhofer

## Kontakt

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7  
76327 Pfinztal

Telefon +49 721 4640-0  
Fax +49 721 4640-111  
info@ict.fraunhofer.de

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

© Fraunhofer ICT

