



**Fraunhofer**  
ICT

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR CHEMISCHE TECHNOLOGIE ICT



**JAHRESBERICHT  
2019/2020**



# 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
- 36 Antriebssysteme

## ANHANG

- 46 Leistungszentren, Verbünde 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**



## FORSCHUNG KOMMUNIZIEREN

Als Institut der Fraunhofer-Gesellschaft ist die angewandte Forschung und Entwicklung unsere Kernaufgabe. Unsere Stärken liegen dabei in der Material- und Verfahrensentwicklung sowie in der Verteidigungs- und Sicherheitsforschung. Wir haben uns zum Ziel gesetzt, eine klare Fokussierung auf unsere Themen und damit ein fundiertes Verständnis unserer fünf Kernkompetenzen zu erlangen. Neben der fachlichen Expertise spielt jedoch zunehmend auch die richtige Kommunikation der Forschungsinhalte eine wesentliche Rolle.

In unseren wissenschaftlichen Fachkreisen sind wir sehr gut vernetzt. Die Zielgruppe dort spricht die gleiche Sprache, man versteht sich beinahe »blind«. Entsprechend routiniert sind wir in der Darstellung von wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Beiträgen in Fachzeitschriften und auf Fachtagungen. Eine gute Übersicht unserer zahlreichen wissenschaftlichen Beiträge in 2019 finden Sie am Ende des elektronischen Jahresberichtes. Deutlich schwerer fällt es uns, unsere Themen für die breite Öffentlichkeit aufzubereiten. Forschung muss verständlich sein. Es gilt, komplexe Inhalte so zu vermitteln, dass sie schnell begreifbar sind, und dennoch wissenschaftlich korrekt bleiben. Das ist eine Kunst, die wir uns versuchen anzueignen.

Etwa dreimal im Jahr veranstalten wir seit 2019 hausintern den »Talk mit...« zu ausgewählten Zukunftsthemen wie Sicherheit, Energie oder Mobilität. Dabei tritt die Institutsleitung mit den jeweils passenden Produktbereichsleitungen in den Dialog mit interessierten Mitarbeiter\*innen. Im lockeren Austausch und ohne die üblichen Powerpoint-Folien besprechen wir in diesem Kreis das jeweilige Thema und spiegeln die Ausrichtung des Instituts. Zu unserem sechzigsten Geburtstag, den wir im Juli 2019 gemeinsam mit unseren Familien und unseren Alumni begangen haben, wurde als einziger Fachvortrag eine erfahrene Wissenschaftskommunikatorin eingeladen, die uns sensibilisierte, Inhalte interessant, verständlich und auf den Punkt darzustellen. Seit einiger Zeit nutzen wir dafür zusätzliche Kanäle wie zum Beispiel Twitter, Facebook und LinkedIn.

Bei dieser Jubiläumsfeier haben wir zum erstem Mal »gepitcht«. Sechs unserer wissenschaftlichen Mitarbeiter\*innen haben ihre Themen in drei Minuten einem breiten Publikum präsentiert. Eine Folie als Hintergrundbild sowie alles, was man am Körper tragen kann, war für die Vorstellung erlaubt. Die sehr positive Resonanz auf die kurzweilige Vorstellung ermutigt uns, dieses Veranstaltungsformat einmal jährlich, im Zusammenhang mit unserem Sommerfest, zu wiederholen.

Sehr gut in der Öffentlichkeit angekommen ist auch unser Tag der offenen Tür, bei dem wir uns laut Zeitungsbericht »sympathisch, spannend und bürgernah« den etwas über 1500 Gästen präsentierten. Mit einer Mischung aus Unterhaltung und Forschung haben wir unsere Themen vorgestellt. Mit einer Hochgeschwindigkeitskamera zeigten wir zum Beispiel Bilder von sich öffnenden Airbags, Wasserstoffexplosionen und platzenden, wassergefüllten Luftballons. Mittels Computertomograph wurde das Innenleben eines Smartphones, eines Schneckenhauses oder einer Walnuss begutachtet. Der auf dem Institutsgelände von einer imkernden Mitarbeiterin erzeugte Bienenhonig konnte mit Löffeln aus Biopolymeren verkostet werden. Die Lehrlingswerkstatt produzierte live Schaschlikspieße und Flaschenöffner zum Mitnehmen für die Besucher. Insgesamt 20 Stationen wurden auf diese und ähnliche Weise präsentiert.

Dass wir wissenschaftlich auf dem aktuellen Stand der Forschung sind, können Sie unserem Jahresbericht entnehmen. Wie gut wir bereits darin sind, die gesellschaftlich relevanten Themen interessant und verständlich darzustellen, möchten wir gerne im Dialog mit Ihnen erfahren. Spitzenforschung zu betreiben und diese verständlich zu erklären ist unser Ziel.

Viele 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.

2019 waren etwa 580 Mitarbeiter\*innen 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 befindet sich 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 und verfahrenstechnischer Prozesse vom Labor- bis zum technischen Maßstab.

Die Kernkompetenz deckt hierbei die gesamte Prozesskette ab – beginnend bei der Rohstoff-Aufarbeitung, über die chemische Reaktionsführung, die Aufreinigungs- und Trenntechnik 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 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. Wir haben 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 jahrzehntelanger Erfahrung decken wir als einziges deutsches Forschungsinstitut die gesamte Systemkette vom Rohprodukt bis zum Prototyp bei der Entwicklung von **»Treib- und Explosivstoffen«** ab. Wir unterstützen sowohl das Verteidigungsministerium als auch die Industrie und öffentliche Einrichtungen bei der Bearbeitung aktueller Fragestellungen in den Themenfeldern innere und äußere Sicherheit.

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 validieren wir mobile und stationäre Energiespeicher sowie thermische Speicher. Für verbrennungsmotorische Antriebe erforschen wir in unseren Forschungsmotoren synthetische Kraftstoffe und Additive.

---

## HOME PAGE

[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.-Ing. Thomas Czirwitzky  
Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis,  
Weil am Rhein
- Christian Dieffenbacher  
DIEFFENBACHER GmbH + Co, Eppingen
- Dipl.-Kfm. Michael Humbek  
Dynamit Nobel Defence GmbH, Burbach
- Dr.-Ing. Guido Kurth  
Bayern-Chemie GmbH, Aschau a. Inn
- Prof. Dr.-Ing. Detlef Löhe  
Pfinztal, Kuratoriumsvorsitzender
- Kay Nehm, Karlsruhe  
Generalbundesanwalt i. R.
- Wolf-Rüdiger Petereit  
Neuwied
- Dr. Carola Richter  
President Regional Division South & East  
Asia, BASF SE, Hong Kong/China
- Prof. Dr.-Ing. Stefan Schlechtriem  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),  
Hardthausen am Kocher
- Dipl.-Kfm. Jörg Schneider  
WERIT Kunststoffwerke W. Schneider GmbH & Co.KG,  
Altenkirchen (Westerwald)
- MD'in Dr. Simone Schwanitz  
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst  
Baden-Württemberg, Stuttgart
- MRin Katrin Walter  
Bundesministerium des Innern, Technik und Logistik, Berlin
- MinRat Dipl.-Ing. Norbert Michael Weber  
Bundesministerium der Verteidigung, Bonn
- Ministerialrat Dr. Joachim Wekerle  
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau  
Baden-Württemberg, Stuttgart
- Dr. rer. pol. Hans-Ulrich Wiese  
Gräfelfing
- Dr. Tobias Wirtz  
Premium Aerotech GmbH, Augsburg
- Dr.-Ing. Michael Zürn  
Daimler AG, Sindelfingen

# WIRTSCHAFTLICHE SITUATION

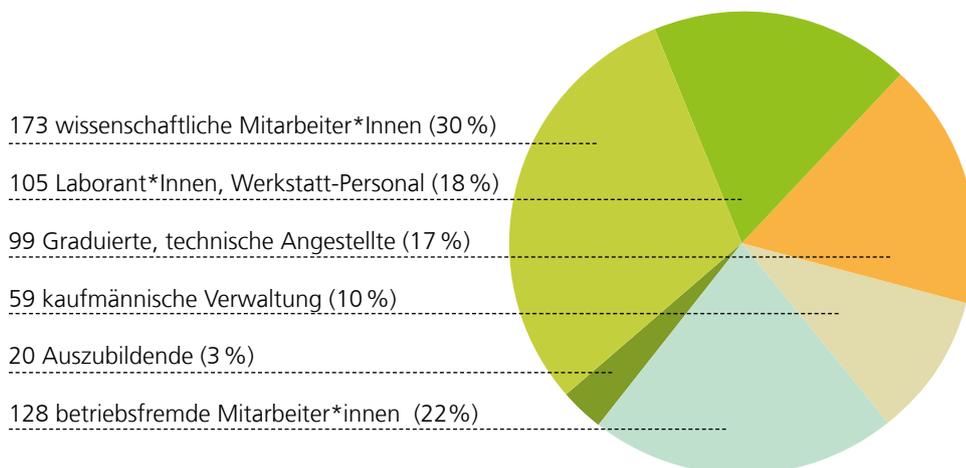
Wir haben im vergangenen Jahr in allen Bereichen zugelegt. Sowohl unsere Erträge als auch unser Aufwand sind gestiegen. Erlösen in Höhe von etwa 43,5 Millionen Euro stehen Aufwände von knapp 42 Millionen Euro entgegen. Somit haben wir auch in 2019 gut gewirtschaftet und einen Übertrag durch nicht verbrauchte institutionelle Förderung erzielt. Das Ergebnis beruht auf mehreren Säulen: Die Erträge aus der Industrie haben mit 10,4 Millionen Euro erstmals die 10 Millionen Euro-Marke überschritten. Auch die Erträge aus der öffentlichen Hand, also die durch Bund, Land oder EU geförderten Gemeinschaftsprojekte zwischen Forschungs- und Industriepartnern sind nochmals gestiegen und erreichten mit 11,4 Millionen Euro ein Allzeithoch. Wir haben eine sehr gute Projektlage sowie einen guten Finanzierungsmix über die Projektarten.

Unser Personalstand betrug Ende 2019 584 »Köpfe«, wobei darin 128 so genannte Betriebsfremde beinhaltet sind. Darunter verstehen wir HiWis, Praktikanten und Diplomanden. Ein knappes Drittel unserer Belegschaft sind wissenschaftliche

Mitarbeiter\*Innen, davon sind derzeit 61 Promovierende bei uns verzeichnet. Im technischen Bereich und bei den Laboranten beschäftigen wir derzeit jeweils etwa 100 Mitarbeiter\*Innen, entsprechend 17 Prozent bzw. 18 Prozent unseres Personals. Unsere kaufmännische Verwaltung besteht aus 59 Personen, entsprechend 10 Prozent der Belegschaft. Weiterhin stark kümmern wir uns um unseren eigenen Nachwuchs. Wir bilden in den Berufsbildern Chemielaborant\*in, Industriemechaniker\*in, Verfahrensmechaniker\*in Kunststofftechnik und Werkstoffprüfer\*in regelmäßig 20 Auszubildende, verteilt auf die drei Lehrjahre, aus.

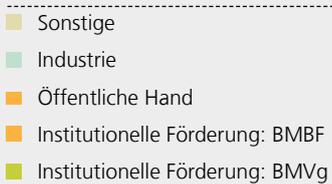
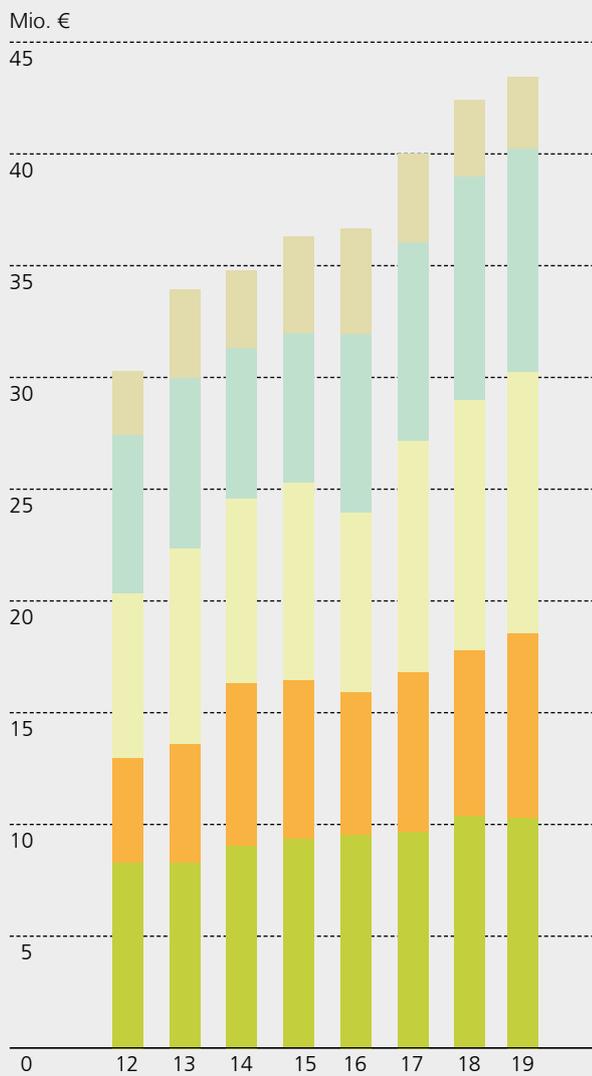
Die Prognose fürs Folgejahr mussten wir Corona-bedingt anpassen, wir rechnen zur Zeit für das Wirtschaftsjahr 2020 mit einem negativen Ergebnis. Als gemeinnützige Organisation können wir die Ausfälle unseres vorübergehenden eingeschränkten Labor- und Technikumsbetrieb sowie die Auftragsstornierungen der Industrie nicht kompensieren. Da wir seit über 20 Jahren sehr erfolgreich gewirtschaftet haben sind wir dennoch sehr zuversichtlich, gut durch diese Krise zu kommen.

## Personalstruktur des Fraunhofer ICT: Stand 31. Dezember 2019

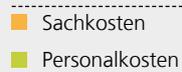
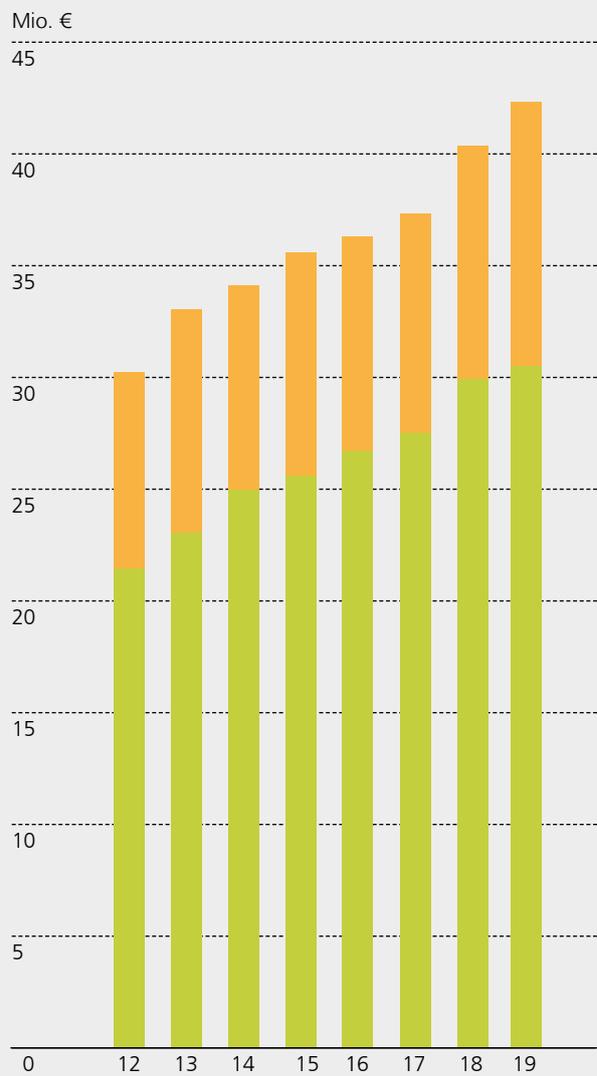


## Finanzielle Entwicklung des Fraunhofer ICT 2012 bis 2019.

### Erträge



### Aufwendungen





# **KERN- KOMPETENZEN**

# KERNKOMPETENZ CHEMISCHE PROZESSE

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

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 maßgeschneiderter 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.

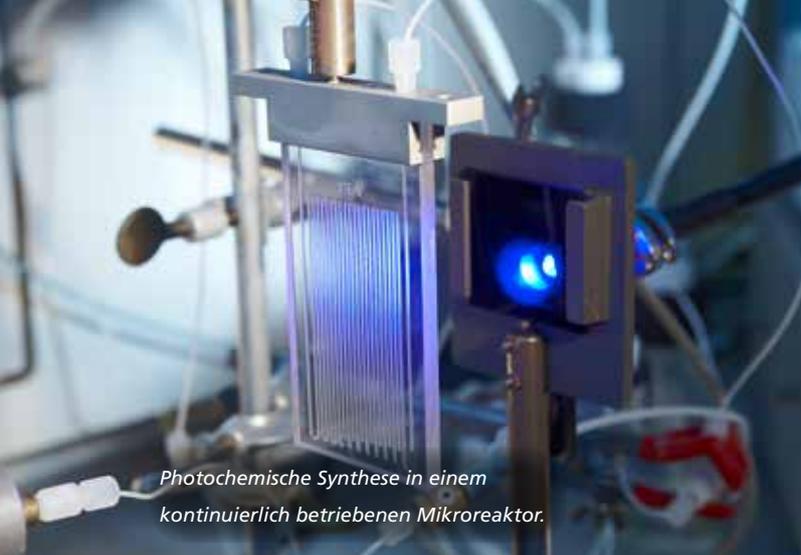
Am Fraunhofer ICT begegnen wir diesen Anforderungen mit der Entwicklung moderner Verfahrens- und Prozesstechniken. Ein großer Teil unserer Arbeiten wird exklusiv im Auftrag von Industriekunden durchgeführt. Hierbei wird häufig erfolgreich ein Paradigmenwechsel von diskontinuierlichen zu kontinuierlichen 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 Syntheschritte 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 zu nutzen.



*Neuer Sprühtrocknungs-  
prozess zur Partikelformgebung.*



*Photochemische Synthese in einem kontinuierlich betriebenen Mikroreaktor.*

Aufgrund unseres umfassenden Know-hows auf dem Gebiet der Explosivstofftechnik verfügen wir zudem 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 Synthese-Aufskalierung 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.

### **Nachwachsende Rohstoffe**

Bereits seit vielen Jahren sind nachwachsende Rohstoffe Bestandteil der verfahrenstechnischen Nutzung am Fraunhofer ICT. Hierbei wurden eigene Bioraffinerieprozesse entwickelt und unter bio-ökonomischen Gesichtspunkten erweitert, um Hemmnisse bei der industriellen Adaption dieser Prozesse durch gezielte Komponentenentwicklungen zu vermeiden. Hierzu zählen insbesondere kontinuierlich durchströmte Reaktorsysteme entlang der Prozesskette bis hin zum Fertigprodukt. Diese Prozesse umfassen die Einsatzstoffe Holz, Fette und Öle, Kohlenhydrate sowie andere nicht im Wettbewerb zur Nahrungsmittelproduktion stehende Biomasseströme. Die katalytisch unterstützte Aktivierung von CO<sub>2</sub> (aus der Luft) zur Generierung kurzkettiger Alkohole im Rahmen laufender PTL-Vorhaben (Power-to-Liquid) repräsentiert jüngere Entwicklungen im Bereich der kontinuierlichen Prozessführung.

Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Untersuchungen zur industriellen Nutzung von Lignin, insbesondere von Ligninen, die in der Papierindustrie als Abfallprodukt anfallen. Hierbei zeichnen sich bereits Industrieenanwendungen im Bereich der Klebstoffe und der Substitution von Bitumen im Straßenbau ab, die auch unter Ökonomiegesichtspunkten sinnvoll erscheinen. Im Bereich der schwer abbaubaren Biopolymere kommen zunehmend Recycling-Verfahren in den Fokus des Interesses, um sie im Sinne der Kreislaufführung einer erneuten Nutzung zuzuführen. Hierzu entwickelte das Fraunhofer ICT Prozesse, um PLA-Kunststoffe (Poly-Lactid Acid) sowohl werkstofflich als auch chemisch zu recyceln.

Sämtliche Prozessentwicklungen werden begleitet von ökonomischen Betrachtungen insbesondere der Downstream-Prozesse zur Aufreinigung der Endprodukte. Hierbei kommen Instrumente der ganzheitlichen Bilanzierung (LCA) zum Tragen, die sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch den Ressourcenverbrauch berücksichtigen.

---

### **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



*Polylactid-Granulat, Ausgangsmaterial zur Herstellung von Monomaterialsystemen.*



*Spaltreaktor.*

## AUS ALT-KUNSTSTOFFEN WERDEN NEUE LÖSUNGSMITTEL (GREEN SOLVENTS)

Während die Kreislaufwirtschaft die Ressourceneffizienz durch die Einbeziehung von Recyclingmaterialien in die Wertschöpfungskette stärkt, ersetzt die Bioökonomie fossilen Kohlenstoff durch erneuerbaren Kohlenstoff. Beide Konzepte zielen darauf ab, eine nachhaltigere und ressourceneffizientere Welt zu schaffen. Die Arbeiten am Fraunhofer ICT versuchen die Lücke zwischen Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie durch selektives, chemisches Recycling zu schließen. Am Beispiel der Synthese eines nachhaltigen Lösungsmittels (Alkyl-Lactat, green solvent) aus Alt-PLA (Polymilchsäure) lässt sich der Übergang zu einer geschlossenen Bioökonomie demonstrieren.

PLA ist bei weitem einer der vielversprechendsten und am häufigsten verwendeten Polyester auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Zu den wichtigsten Anwendungen von PLA gehören unter anderem der 3D-Druck, medizinische Implantate, Verpackungen, Kompostsäcke, Folien oder Textilien. Trotz des Marktwachstums gibt es aber noch keine Infrastruktur, um den Abfallstrom auf wertschöpfende stoffliche Weise zu recyceln. Einerseits wird PLA relativ langsam und nur unter definierten Bedingungen abgebaut (unter  $\text{CO}_2$ -Freisetzung), andererseits muss es getrennt von anderen Kunststoffarten selektiv aufbereitet werden. Die aus der Verbrennung von PLA zurückgewonnene Energie (unter  $\text{CO}_2$ -Freisetzung) liefert nur ein Viertel der Herstellungsenergie (19,5 GJ/t gegenüber 82 GJ/t). Der Recyclingprozess setzt deshalb auf das Konzept der Synthese von flüssiger Milchsäurelactate unter Beibehaltung der ursprünglichen stereochemischen Konfiguration.

Diese Substanzen lassen sich sowohl für neue PLA-Synthesen als auch als Weichmacher oder Lösungsmittel für andere Prozesse einsetzen. Der Preis dieser Laktatester liegt aktuell um 50 Prozent über dem Preis von Neu-PLA. Ein weiterer Vorteil des Spaltproduktes liegt in seiner einfachen Aufreinigung: chemisch einheitliche Produkte lassen sich einfach über destillative Verfahren von Verunreinigungen trennen.

Die Depolymerisation gleicht in ihrem chemischen Prinzip einer Umesterung bei gleichzeitiger Depolymerisation. Die Wahl eines Lösungsmittels sollte hinsichtlich des späteren Verwendungszweckes sehr selektiv erfolgen.

---

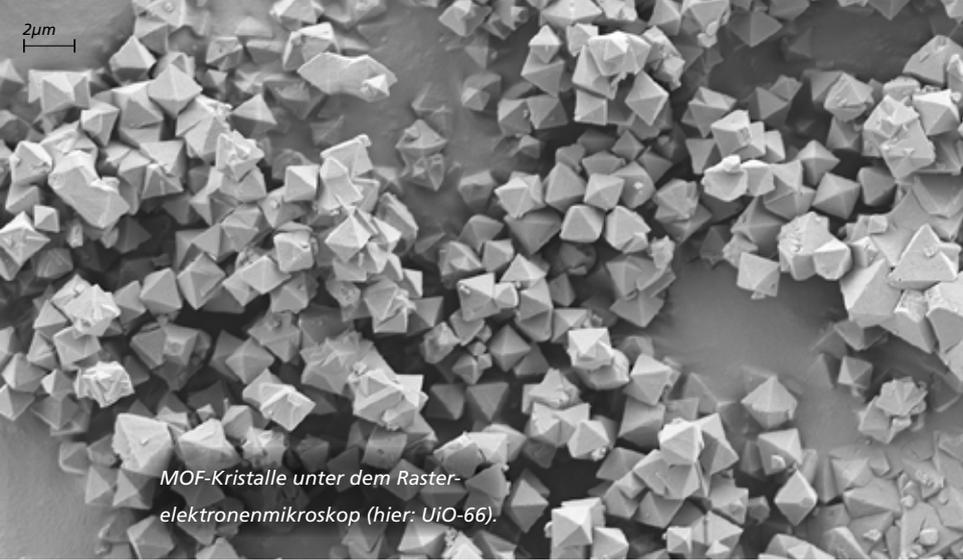
### KONTAKT

**Dr. Davide Pico**

Tel. +49 721 4640-867 | [davide.pico@ict.fraunhofer.de](mailto:davide.pico@ict.fraunhofer.de)

**Rainer Schweppe**

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



MOF-Kristalle unter dem Raster-  
elektronenmikroskop (hier: UiO-66).

MOF-Substanzen sollen  
die Adsorptionsleistung  
von persönlicher Schutz-  
ausrüstung verbessern.



## NEUE ADSORBERMATERIALIEN FÜR DEN ATEM- SCHUTZ UND DIE PERSÖNLICHE SCHUTZKLEIDUNG

Ob bei einem Chemikalien-Unfall, bei einer Gefahrstoff-Havarie oder gar bei einem terroristischen Anschlag: die Freisetzung von flüchtigen oder luftgetragenen Gefahrstoffen, insbesondere toxischen Industriechemikalien (sogenannte TICs) stellt ein Szenario dar, das den Einsatzkräften vor Ort alles abverlangt. Umso wichtiger ist es, dass die Sicherheit der Einsatzkräfte durch bestmögliche Schutzausrüstung und technische Unterstützung gewährleistet wird.

Eine Vielzahl von freigesetzten Chemikalien kann aufgrund ihrer Flüchtigkeit über die Haut oder Atemwege resorbiert werden. Zum Schutz vor dieser Gefährdung kommen sowohl Schutzkleidung als auch Atemschutzfilter zum Einsatz. In beiden Fällen werden Adsorptionsmaterialien eingesetzt, um die Gefahrstoffe vor Erreichen des Körpers zu binden. Diese Materialien weisen jedoch für eine Reihe von toxischen Industriechemikalien – unter anderem Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Blausäure (HCN), Kohlenmonoxid (CO) oder Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) – sogenannte Adsorptionslücken auf. Die Konsequenz: Schutzkleidung bzw. Atemschutz müssen bei Anwesenheit dieser Stoffe häufig gewechselt werden. Der Durchbruch, das heißt die Erschöpfung der Adsorptionsfähigkeit eines Adsorptionsmaterials gegenüber einem Gefahrstoff, erzwingt das Wechseln des gesamten Schutzartikels, auch wenn dieser für einen Großteil der ansonsten anwesenden Gefahrstoffe noch funktionsfähig ist. Gelingt es, diese Adsorptionslücken zu schließen, können deutlich längere Durchbruchzeiten und damit längere Gebrauchszeiten der Schutzausrüstung realisiert werden. Dies bringt sowohl operativ-praktische Vorteile wie längere Einsatzzeiten als auch wirtschaftliche Vorteile mit sich.

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt »MOFSchutz« (Förderkennzeichen 13N14195) haben sich Hersteller von Schutzausrüstung, Fraunhofer-Institute und das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, BBK zusammengeschlossen, um neue

Adsorbermaterialien zu entwickeln, die die bestehenden Adsorptionslücken der heutigen, mehrheitlich auf Aktivkohle basierten Materialien schließen können.

Am Fraunhofer ICT wurden hierzu neuartige, hochporöse metall-organische Gerüstverbindungen (metal-organic frameworks, MOFs) synthetisiert. MOFs können aufgrund ihrer variablen strukturellen Zusammensetzung im Hinblick auf Porengröße und Porenform, innere Oberfläche, Hydrophobie, mechanische Festigkeit und thermische Stabilität maßgeschneidert entwickelt und synthetisiert werden. Für die Adsorption toxischer Industriegase wurde ein kontinuierliches Syntheseverfahren zur Herstellung Zirkonium-basierter MOFs entwickelt, das sich durch eine hohe Produktivität auszeichnet. Gleichzeitig wurde ein neuartiges Durchbruchmesssystem entwickelt, das eine Charakterisierung von MOFs und anderen Sorptionsmaterialien im Hinblick auf deren Rückhaltewirkung von toxischen Schadgasen ermöglicht. Mit Hilfe dieses Messsystems wurden für alle getesteten Schadgase geeignete MOF-Verbindungen identifiziert, die eine bessere Leistung als gegenwärtig verwendete Aktivkohlen aufweisen.

Eine auf Basis von über 600 Datensätzen aufgebaute Datenbank erlaubt zudem eine schnelle Auswahl von MOFs mit entsprechend guter Rückhaltewirkung für ausgewählte Schadgase. Aktuell werden das Messsystem und die Datenbank um MOF-Verbundmaterialien – beispielsweise auf Textil-, Keramik- oder Kunststoffbasis – erweitert, um zukünftig weitere Anwendungen im Bereich der persönlichen Schutzausrüstung und Luftfilter (mobiler und stationärer Einsatz) zu erschließen.

### KONTAKT

**Dr. Angelos Polyzoidis**

Tel. +49 721 4640-875 | [angelos.polyzoidis@ict.fraunhofer.de](mailto:angelos.polyzoidis@ict.fraunhofer.de)

## AUSSTATTUNG

- verschiedene Synthesetechnika für chemische und mechanische Verfahrenstechnik
- Technikum zur Synthese-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 kontinuierlichen Weiterentwicklung sogenannter klassischer Polymere wie Polyurethane, Polyester und Polyamide mit dem Ziel, ihre Funktionalitäten (wie beispielsweise Wärmeformbeständigkeit) zu verbessern. Auch Entwicklungen für die Nachhaltigkeit (wie zum Beispiel Kunststoffe auf der Basis biobasierter Rohstoffe oder aus dem voll umfänglichen Recycling von Altkunststoffen) bilden einen weiteren Forschungsschwerpunkt, ebenso die Additivsynthese von beispielsweise Flammenschutzmitteln oder Compatibilizern für neue Kunststoff-Compounds. Flammschutzsysteme der neuesten Generationen verzichten vollständig auf den Einsatz halogenhaltiger Bestandteile. Neueste Entwicklungen zielen auf die Kombination von thermo- und duroplastischen Funktionalitäten in Funktionspolymeren der nächsten Generation ab.

Die Arbeitsgruppe »Materialentwicklung und Compoundiertechnologien« ist spezialisiert auf die Entwicklung neuer Compoundierprozesse und Materialrezepte. Hervorzuheben sind hier extraktive Compoundierprozesse zur Reduktion von Emissionen, die Entfernung von Störstoffen im Recycling, die innovative Reaktivextrusion zur Polymersynthese oder Polymermodifikationen im Doppelschneckenextruder. Auf modernster Anlagentechnik entstehen innovative Materialien, beispielsweise im Bereich biobasierter oder nano-funktionalisierter Polymer-Compounds, für hochwertige Spritzgussprodukte sowie für 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. Neue Technologien, wie beispielsweise die Radio-Frequenztechnologie für die Partikelschaumverarbeitung, erschließen ganz neue Anwendungsgebiete für Partikelschäume.

Im Fokus der Arbeitsgruppe »Spritzgießen und Fließpressen« stehen Standard- und Sonderverfahren im Spritzgießen und Fließpressen von thermoplastischen sowie duromeren (Faserverbund-) Materialien. Die Integration von lokalen, lastpfadgerecht gewickelten oder gelegten Faserverbundstrukturen in Spritzgussbauteile steigert die mechanischen Eigenschaften zwischen den Krafteinleitungspunkten signifikant.

An der Industrialisierung von Prozessketten zur Herstellung hoch belastbarer, kontinuierlich faserverstärkter Leichtbaustrukturen mit duromeren und thermoplastischen Matrice forscht die Gruppe »Strukturleichtbau«. Die Kerntechnologien hierfür sind das Resin-Transfer-Molding (RTM) und Wet-Compression-Molding-Verfahren (WCM) sowie das Thermoplast-Tapelegen (ATL). Die Ablage textiler und vorimprägnierter Halbzeuge zu Preforms, deren Handhabung, Kombination mit Polymerschäumen und metallischen Strukturen sowie die nachfolgende Harzinfusion oder Umformung sind wichtige Bestandteile der betrachteten Prozessketten.

In der »Mikrowellen- und Plasmatechnologie« entwickeln wir Anlagen und Messtechnik. 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-Vapor-Deposition-Verfahren. Einen besonderen Schwerpunkt bilden hierbei Korrosionsschutzschichten sowie nanoporöse Haftsichten.



*Bunte PET-Flaschen zerkleinert,  
depolymerisiert und aufgereinigt  
zu sauberen, weißen PET-Vor-  
produkten, neu polymerisiert und  
wieder zu PET-Preforms verarbeitet.*

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 und können Polymer-Compounds hinsichtlich ihres akustischen Dämpfungsverhaltens charakterisieren.

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 und das Trennen von PET-Multilayer-Verbänden aus dem Verpackungsbereich. Einige Thermoplaste des Consumerbereichs müssen vor ihrer Wiederverwendung einem Extraktionsverfahren unterzogen werden, um sie beispielsweise von Flamm- schutzmitteln oder Farbstoffen zu befreien – hierbei kommen klassische Lösungsmittel aber auch überkritische Fluide zum Einsatz. Auf der Basis von Materialien aus alten Flugzeugsitzen wurden nach Depolymerisation, Reinigung und Neusynthese Werkstoffe gewonnen, die in Demonstratoren von neuartigen Flugzeugsitzen verwendet werden konnten. Eine begleitende Life-Cycle-Assessment-Rechnung konnte nachweisen, dass diese Sitze nicht nur leichter, sondern auch nachhaltiger sind.

### **Fraunhofer Project Center (FPC), Karlsruher Forschungsfabrik 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. 2019 hat zusammen mit Vertretern des Landes, des KIT und der Fraunhofer-Gesellschaft die offizielle Grundsteinlegung stattgefunden. Die Fabrik befindet sich derzeit Im Bau. Die Fertigstellung ist für Anfang 2021 geplant. Durch die enge thematische Vernetzung 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**

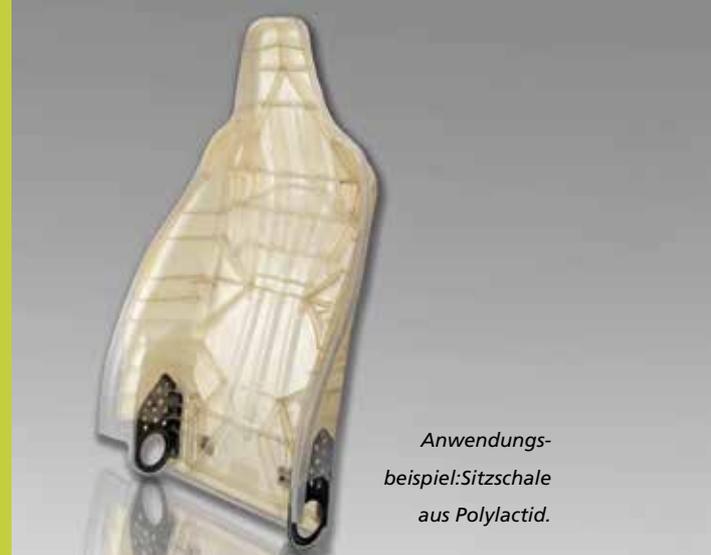
Tel. +49 721 4640-173 | rainer.schweppe@ict.fraunhofer.de

##### **Wilhelm Eckl**

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



*Biobasierte PLA-Platten-  
halbzeuge hergestellt aus zwei Polylactid-  
Typen mit unterschiedlichen Schmelzpunkten.*



*Anwendungs-  
beispiel: Sitzschale  
aus Polylactid.*

## BIO4SELF – SELBSTVERSTÄRKTES PLA EIGENVERSTÄRKTER FASERVERBUNDWERKSTOFF

Das Polymer Polylactid (PLA) ist grundsätzlich kein neuer Werkstoff und dennoch ist die im Rahmen des EU-Horizon 2020 Projekts Bio4Self entwickelte Anwendung ein Meilenstein. In Bio4self wurden zwei verschiedene PLA-Typen mit unterschiedlichen Schmelztemperaturen zu einem selbstverstärkten PLA-Verbundwerkstoff (PLA SRPC) so kombiniert, dass das hochschmelzende PLA (high Tm-PLA) als verstärkende Faser in der niedrighschmelzenden PLA Matrix (low Tm-PLA) eingebettet ist. Die daraus resultierende Materialsteifigkeit kann mit kommerziell verfügbaren, selbstverstärkten Polypropylen (PP)-Verbundmaterialien konkurrieren. Aus einem solchen biobasierten Mono-Material-Faserverbundsystem lassen sich beispielsweise für den Automobil- und Haushaltsgerätesektor mechanisch anspruchsvolle, biobasierte Bauteile fertigen.

Generell basiert PLA auf erneuerbaren Ressourcen, sogenannten Milchsäuren, die aus erneuerbaren Rohstoffen, wie Zuckerrohr, gewonnen werden. Obwohl die daraus entwickelten Verbundwerkstoffe mit einer hohen mechanischen Festigkeit und Steifigkeit sowie einer hohen Temperatur- und Hydrolysestabilität ausgerüstet wurden, sind sie – wie das reine PLA – vollständig biobasiert, leicht zu verarbeiten und recycelbar und darüber hinaus sogar biologisch abbaubar. Diese in Bio4Self entwickelten und im industriellen Maßstab herstellbaren Verbundmaterialien bilden einen Meilenstein in der Entwicklung funktionalisierter, mechanisch hochfester, biobasierter Werkstoffsysteme. Des Weiteren leistet die Entwicklung einen signifikanten Beitrag zur verbesserten Nachhaltigkeit zukünftiger Kunststoffanwendungen.

Die wesentlichen Aufgaben des Fraunhofer ICT innerhalb des Konsortiums bestanden in der Materialauswahl und der Materialformulierung für Faser- und Matrixsysteme, sowie in der Prozessentwicklung zur Konsolidierung der PLA-Gewebe zu Plattenhalbzeugen. Des Weiteren war das Fraunhofer ICT

für die Herstellung von Demonstratorkomponenten verantwortlich. Auf der Composite-Messe »JEC 2019« konnte das Konsortium zusammenfassend die im Projekt erzielten Entwicklungen in Form einer modular hergestellten Sitzstruktur der Öffentlichkeit präsentieren.

Für die im Rahmen des Bio4Self Projekts erzielten Material- und Prozessentwicklungen wurde das Konsortium im Jahr 2019 mit drei Auszeichnungen geehrt:

- JEC Award in der Kategorie Nachhaltigkeit (Europas größte Fachmesse für Verbundwerkstoffe in Paris)
- Textextil Innovation Award ebenfalls in der Kategorie Nachhaltigkeit (Internationale Leitmesse für technische Textilien und Vliesstoffe in Frankfurt)
- Global Bioplastics Award (Internationale Leitmesse für Biokunststoffe und Bio-Composite in Berlin)

Im Rahmen des durch die Europäische Forschungsförderung H2020 geförderten Projekts »Bio4Self« (Förderkennzeichen 745762) beteiligten sich unter anderem neben dem Fraunhofer ICT noch die Technische Universität von Dänemark, das belgische Textilforschungsinstitut CENTEXBEL sowie das Unternehmen Comfil aus Dänemark.

Weitere Informationen zum Projekt und den Projektpartnern unter: [www.bio4self.eu/project.html](http://www.bio4self.eu/project.html)



### KONTAKT

**Kevin Moser**

Tel. +49 721 4640-533 | [kevin.moser@ict.fraunhofer.de](mailto:kevin.moser@ict.fraunhofer.de)



## URBANREC – UMWANDLUNG VON SPERRMÜLL IN RECYCELTE PRODUKTE MIT HOHER WERTSCHÖPFUNG

Sperrmüll setzt sich unter anderem aus Matratzen, Polstern, Garten- und Außenbereichsmöbeln zusammen. 2016 generierten die EU-Bürger 19 Millionen Tonnen dieser Abfälle, wovon 60 Prozent deponiert wurden. Jährlich erreichen allein bis zu 30 Millionen Matratzen ihr Lebensende in der EU und werden deponiert (60 Prozent) oder verbrannt (40 Prozent). In 7 europäischen Ländern gibt es mittlerweile genaue Bestimmungen darüber, welche Materialien überhaupt noch deponiert werden dürfen. Dabei können mindestens 85 Prozent der Matratzen durch einfache Demontage leicht recycelt werden. Hierfür gibt es verschiedene technologische Lösungen, die zur Bewältigung dieser Situation eingesetzt werden können.

Das Fraunhofer ICT untersuchte ergänzend zum mechanischen Recycling das chemische Recycling der post-consumer-Matratzen mit dem Ziel, die Hauptkomponente Polyol aus den für die Matratzen verwendeten Polyurethanweichschäumen zurückzugewinnen. Das gewonnene Polyol wurde dann in drei Anwendungen getestet: Matratzenschaum, Klebstoffe und Isoliermaterial. Die Vorteile in Bezug auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck gegenüber der Verbrennung wurden deutlich. Wirtschaftlich ist eine gute Logistik der Schlüsselfaktor.

Darüber hinaus forscht das Fraunhofer ICT am ganzheitlichen Recycling von Polyurethan, auch der Rückgewinnung der Isocyanatkomponente. Industriell werden die aus dem Isocyanat entstehenden Amine funktionalisiert und liegen als reaktives Additiv im Recyclingpolyol vor. Dies führt unter anderem zu Qualitätsminderung gegenüber Neuware. Durch gezielte Entfernung sowie selektive Umsetzung lassen sich neue isocyanatfreie Grundchemikalien über phosgenfreie Synthesewege für die chemische Industrie darstellen, die im Lack- und Klebstoffbereich verwendet werden können.

Chemisches Recycling leistet einen Beitrag zur Reduzierung der Abhängigkeit der chemischen Industrie von petrochemisch hergestellten Produkten durch die Rückgewinnung von Polymermonomeren und die Herstellung von Grundchemikalien. Des Weiteren können durch die Reduzierung von Deponieflächen, freierwerdende Landflächen nachhaltiger genutzt werden.

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 Schwappe

Tel. +49 721 4640-173 | [rainer.schwappe@ict.fraunhofer.de](mailto:rainer.schwappe@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
- parallelaufgeregelt hydraulische 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
- Spritzgießsondervverfahren 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 m
- Anlagentechnik zur strahlungsinduzierten Vakuumkonsolidierung für thermoplastische Gelege bis 0,94 x 1,74 m<sup>2</sup>
- Automatisierte Wickeltechnik zur Herstellung komplexer Schlaufenstrukturen
- 3D-Druck-Technologien zur Verarbeitung von funktionalisierten Polymeren – filamentbasiert und AKF-Technologie
- Partikelschaumtechnik mit Doppelschneckenextruder, Unterwassergranulierung, Vorschäumer und (Radiofrequenz-) 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
- 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 x 1.000 mm Applikationsfläche und 8 x 2 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 Dehnavisitäts-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.



*Mobile 15 kW/30 kWh  
Redox-Flow-Batterie Containerlösung  
für ein energieautarkes Feldlager.*

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 und 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

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



Gruppenbild der Early Stage Researcher, welche im Projekt FlowCamp gemeinsam an Redox-Flow-Batterien forschen.

## »FLOWCAMP« – JUNGE FORSCHER ENTWICKELN SPEICHERTECHNOLOGIEN VON MORGEN

Das Fraunhofer ICT leitet das von der EU-Kommission geförderte Marie Skłodowska-Curie »Innovative Training Network« FlowCamp. In diesem Projekt forschen 15 Doktoranden aus 8 Nationen an neuartigen Redox-Flow-Technologien. Ziele dieses Vorhabens sind neben höheren Energie- und Leistungsdichten auch ressourcenschonende Elektrolytsysteme, welche für die Speicherung erneuerbarer Energien eingesetzt werden können. Das Projekt zeichnet sich auch durch sein innovatives Trainingskonzept aus, mit welchem die Jungwissenschaftler von morgen das Rüstzeug erhalten, sich als Wissenschaftler in der Forschungslandschaft zu etablieren.

Der »New Green Deal«, mit dem die Europäische Union die Umweltpolitik in den Fokus nimmt, kann in seiner Dimension und Auswirkungen durchaus mit dem »Apollo-Projekt« zur Mondlandung verglichen werden. Dieses Vorhaben wird alle Bereiche Europas beeinflussen und vor allem die Erzeugung, Transport und Verwendung von Energie substanziiell und nachhaltig verändern.

Die wichtigste Ressource für solche Entscheidungsprozesse sind junge Forscherpersönlichkeiten, welche neue und frische Ideen in die Diskussion einbringen und sich von etablierten Denkmustern nicht einschüchtern lassen. Das Fraunhofer ICT jedenfalls bietet schon jetzt mit seinem Forschungs-Campus für Redox-Flow-Batterien, kurz FlowCamp, einen Anlaufpunkt für ein Netzwerk aus jungen europäischen Forschern auf dem Gebiet der stationären Energiespeicherung. In dem von der Europäischen Kommission geförderten ETN Marie Skłodowska-Curie Netzwerk FlowCamp forschen diese an drei Flow-Batteriesystemen mit jeweils einem unterschiedlichem Schwerpunkt:

- Zink-Slurry Luft Batterien besitzen potentiell sehr hohe Energiedichten
- $H_2/Br_2$  Redox Flow Batterien hingegen besitzen neben recht hohen Energiedichten auch eine sehr hohe Leistungsdichte.

- Wässrige Organische Flow-Batterien sind nicht von Ressourcen wie Metallverbindungen abhängig und arbeiten mit pH-neutralen Kochsalzlösungen als Elektrolytmedium.

Erste Erfolge konnten bereits erzielt werden. Neben neuen ionenleitenden Membranen, welche die herkömmlichen in bezüglich der Leistungsdichte und der Selektivität in den Schatten stellen, wurden auch neue Zellkonzepte umgesetzt und neue Redox-Systeme als Energiespeicher getestet.

Der wesentliche Vorteil dieses Netzwerks liegt aber in der Interdisziplinarität. Verschiedene Disziplinen aus Wissenschaft und Ingenieurwissenschaft arbeiten an dem gemeinsamen Thema Speichertechnik. Organische ChemikerInnen, PhysikochemikerInnen, MaschinenbauerInnen sowie Chemie-IngenieurInnen arbeiten gemeinsam am gemeinsamen Fortschritt ihres Systems und vielleicht auch in naher Zukunft an dem europäischen »Apollo-Projekt« der Energiewende.

---

Das Projekt wurde im Forschungs- und Innovationsprogramm »Horizon 2020« der Europäischen Union im Rahmen des Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement Nr. 765289 gefördert.

---

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

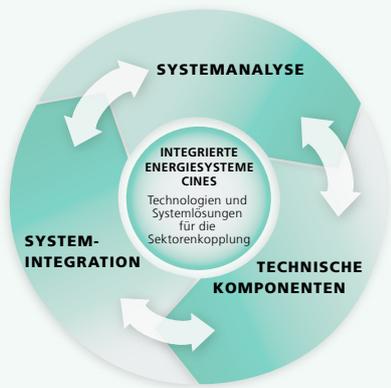


---

Kontakt

**Dr. Peter Fischer**

Tel. +49 721 4640-891 | [peter.fischer@ict.fraunhofer.de](mailto:peter.fischer@ict.fraunhofer.de)



Dimensionen und Interaktionen im Cluster CINES.



Einzelzellteststand mit Gasanalytik zur Detektion transients Änderungen der Gaszusammensetzung.

## FRAUNHOFER CLUSTER OF EXCELLENCE – INTEGRIERTE ENERGIESYSTEME »CINES«

Das Fraunhofer ICT ist Partnerinstitut des Fraunhofer Cluster of Excellence Integrierte Energiesysteme CINES. 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. Der im Rahmen von CINES betrachtete Trend ist die Handhabung großer Mengen an fluktuierend anfallender erneuerbarer Energie. Dieser Trend wird in drei Dimensionen betrachtet, der sektorübergreifenden Systemanalyse des Energiesystems, der Entwicklung digitaler Lösungsmodelle für die Systemintegration und die Betriebsführung sowie der Weiterentwicklung erforderlicher technischer Komponenten und hier insbesondere der Elektrolyse.

Das Fraunhofer ICT unterstützt als Partnerinstitut die Weiterentwicklung der Wasserelektrolyse auf Basis von Polymerelektrolytmembran-Elektrolyseuren (PEMEL). Ziel dieser Aktivität im Rahmen von CINES ist die Entwicklung kostengünstiger Alternativen für den großskaligen Einsatz. Entwicklungen umfassen ein vereinfachtes Stackdesign, das zu Kostenersparnissen in der Herstellung von Stackkomponenten wie Bipolarplatten und porösen Transportschichten wie auch bei der Stackmontage führen sollte, die Entwicklung platinmetallfreier Katalysatoren für die Wasserstoffentwicklung und die Optimierung der Sauerstoffentwicklungselektrode. Dieser letzte Aspekt steht im Fokus der Aktivitäten am Fraunhofer ICT. Ausgehend von Erfahrungen aus vorherigen Projekten entwickeln wir Trägermaterialien für den Sauerstoffentwicklungskatalysator, mit denen sich der Einsatz an seltenem Iridium reduzieren lässt.

Dabei handelt es sich um Übergangsmetalloxide oder Carbide, die durch Dotierung eine erhöhte Leitfähigkeit aufweisen. Weiterhin befassen wir uns mit Drucktechniken für die kostengünstige und massenproduktionsfähige Herstellung von Elektrodenstrukturen. Schließlich betrachten wir den Einsatz dünnerer Polymerelektrolytmembranen wie sie schon in PEM-Brennstoffzellen für den automobilen Einsatz üblich sind. Die Verwendung dieser dünneren Membranen senken gerade bei größeren Zellen den Innenwiderstand der Zelle und ermöglichen so höhere Stromdichten und damit Wasserstoffproduktionsraten. Nachteilig ist der höhere Durchtritt von Medien. Da insbesondere die Anreicherung von Wasserstoff im Sauerstoff auf der Anodenseite die Betriebssicherheit der Elektrolyseure gefährden würde, sind Rekombinationsschichten, welche die Reaktion zu Wasser fördern, eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung dünner Membranen. Das Fraunhofer ICT untersucht hier Ansätze, die eine kostengünstige aber effiziente Realisierung ermöglichen. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schichten bauen wir auf unsere langjährige Expertise im Bereich der massenspektrometrischen Onlineanalytik.

Weitere Informationen zum Projekt finden Sie hier: [www.fraunhofer.de/de/institute/institute-einrichtungen-deutschland/cluster-of-excellence/integrated-energy-systems.html](http://www.fraunhofer.de/de/institute/institute-einrichtungen-deutschland/cluster-of-excellence/integrated-energy-systems.html)

### KONTAKT

**Dr. Carsten Cremers**

Tel. +49 721 4640-665 | [carsten.cremers@ict.fraunhofer.de](mailto:carsten.cremers@ict.fraunhofer.de)

## AUSSTATTUNG

- Lade- und Entladestationen inkl. Klimaschränken für die Batteriezellen-, Modul-, Batteriecharakterisierung
- Argon-Schutzgasboxen
- In-operando Schichtdickenmessungen auf Elektroden- und Zellebene während elektrochemischer Tests
- High-Speed- und Infrarot-Kameras
- Kryostaten und Klimaschränke von -70 °C bis 250 °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)/orts aufgelöste Elementaranalyse mittels Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDS)
- RAMAN- und Infrarot(IR)-Spektroskopie
- Analyse der Oberflächengröße und Porosität mittels BET-Gasadsorption
- Konfokalmikroskop für die Oberflächencharakterisierung
- Ionenanalyse mittels Kapillarelektrophorese (CE), Free Flow Electrophorese (FFE) und Ionenchromatographie
- Thermische Analyse zur Erfassung physikalischer Umwandlungen und chemischer Reaktionen mit Wärmestrom-DSC
- Gasanalyse mittels GC, MS, GC/MS und Gas-FTIR
- Thermische, mechanische und elektrische Sicherheitstesteinrichtung für Batteriezellen und -modulen bis 2 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 °C) mit Onlinemassenspektrometrie (HT-DEMS)
- Vorrichtungen zur Herstellung von Membran-Elektroden-Einheiten im InkJet-, Heißsprüh- und Elektrospinning-Verfahren
- 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
- Teststände zur Stackcharakterisierung von PEMFC und HAT-PEMFC Stacks bis 5 kW mit Wasserstoff, Surrogat Reformat für Betriebsdrücke bis 5 bar und mit reinem Sauerstoff
- 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 H<sub>2</sub>-, CO-, CO<sub>2</sub>- oder SO<sub>2</sub>-haltigen Atmosphären bis 800 °C und unter Druck bis 50 bar
- Messstand für Redox-Flow-Batterie-Stacks bis 60 kW
- Teststände für Redox-Flow-Batteriestacks in einer großtechnischen Umgebung bis zu 250 kW
- Prüfung von Materialien für VRFB (Zelltest, Beständigkeitstest, Elektrolytuntersuchungen)

# KERNKOMPETENZ EXPLOSIVSTOFFTECHNIK

Auf Basis jahrzehntelanger Erfahrung deckt das Fraunhofer ICT als einziges deutsches Forschungsinstitut die gesamte Systemkette vom Rohprodukt bis zum Prototyp bei der Entwicklung von Treib- und Explosivstoffen ab. Das Institut unterstützt sowohl das Verteidigungsministerium als auch die Industrie und öffentliche Einrichtungen bei der Bearbeitung aktueller Fragestellungen in den Themenfeldern innere und äußere Sicherheit.

Das Fraunhofer ICT nutzt die Kompetenzen seiner Mitarbeiter\*innen 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 Herstellung von Komponenten für Raketentreibstoffe, Rohrwaffentreibmittel, Sprengstoffe, Pyrotechnika 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 auf Basis von Gasgeneratoren, Brandschutzbeschichtungen, Filtermaterialien und pyrotechnischen Täuschkörpern, 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 Kilogrammaßstab charakterisiert. Zudem steht moderne Simulationssoftware zur Verfügung, mit deren Hilfe die Leistung und Sicherheit neuer energetischer Materialien bis ins System hinein analysiert und bewertet werden kann. Aktuelle Forschungsthemen sind zum Beispiel 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.



*Synthese von  
energetischen Materialien.*

### 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 für Explosivstoffdetektionssysteme sein Know-how 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 und physikalischen 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. Am ICT genutzte bzw. entwickelte softwaregestützte Analyse- und Auslegungswerkzeuge ermöglichen das Screening neuer Treib- und Explosivstoffrezepturen, unter anderem anhand

ihrer Leistung, Sicherheit, Erosivität oder 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 zu begleiten und 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.

---

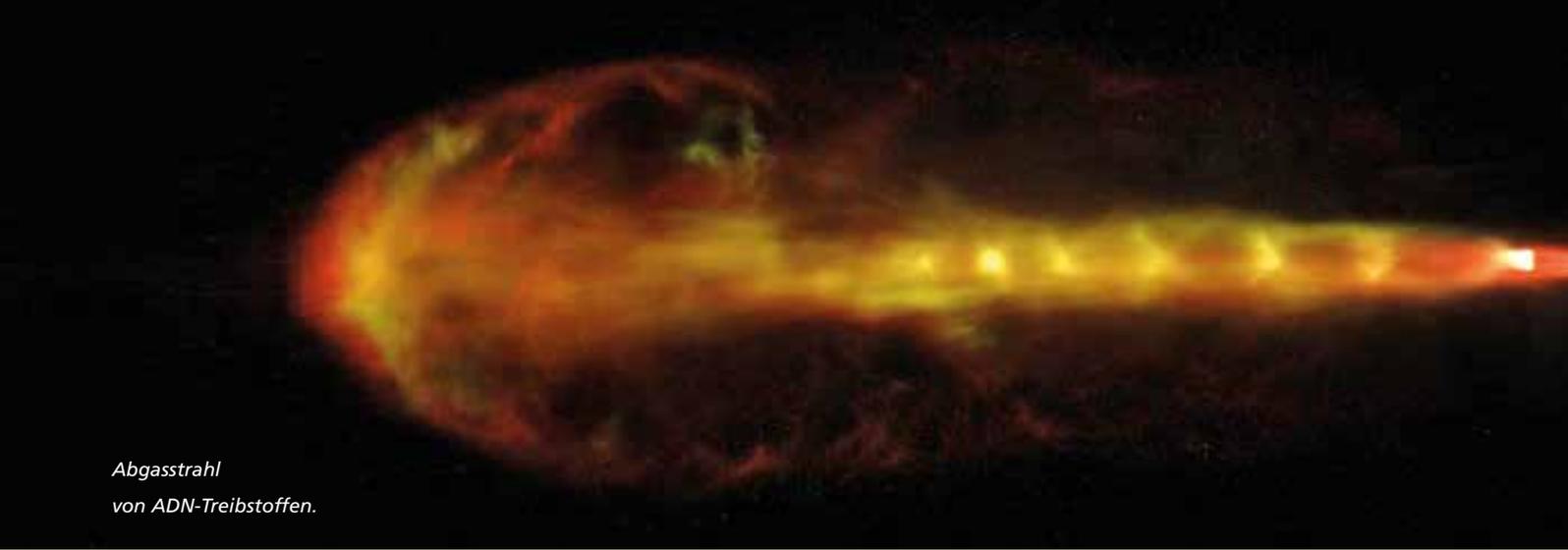
### KONTAKT

#### 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



Abgasstrahl  
von ADN-Treibstoffen.

## 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)
- Sprengkessel (bis 100 g TNT)
- Prüfstände für Rohrmaschinen bis Kaliber 20 mm
- Gasdruckmesssysteme für 5,56 mm bis 12,7 mm und 20 mm
- 100 m Schießkanal
- Abbrandprüfstand für Raketenmotoren und Täuschkörper
- Strömungsprüfstand zur Untersuchung pyrotechnischer Systeme

### APPARATIVE AUSSTATTUNG

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

### SOFTWARETOOLS

- Thermocodes für TLP, RFTS, SS, Pyrotechnik, zum Beispiel ICT-Thermodynamik-Code, EKVI-Code, Cheetah 2.0., EXPLO5
- ICT-Thermodynamik-Datenbank mit über 14.000 Substanzen
- CFD-Codes, zum Beispiel SPEED, Ansys Fluent, Ansys Autodyn, Ansys-Mechanical,...
- Innenballistik-Codes zum Beispiel SimIB-0D, FNGun-1D, Ballistisches Analyse und Auswertungstool BAA (ICT), Softwaretool Pulverabbrand (ICT), Softwaretool 3D-Formfunktion (ICT)
- ICT-BAM zur spektroskopischen Temperaturbestimmung

### 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
- Ballistische Bomben für alle TLP-Arten inkl. Auswertesoftware
- Optische und Crawford Bombe für Raketenfesttreibstoffe
- Blast-Messtechnik, QSP und Temperatur für Bunker, Sprengkessel
- Manganin-Stoßdrucksonden bis 400 kbar
- 4 Kanal Photonic Doppler Velocimeter zur transienten Geschwindigkeitsmessung bis 5 km/s
- Detonationsgeschwindigkeitsmessung
- Verschiedene sicherheitstechnische Testaufbauten, zum Beispiel Koenen-Test, 21 mm und 50 mm Gap-Test

# 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 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 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.

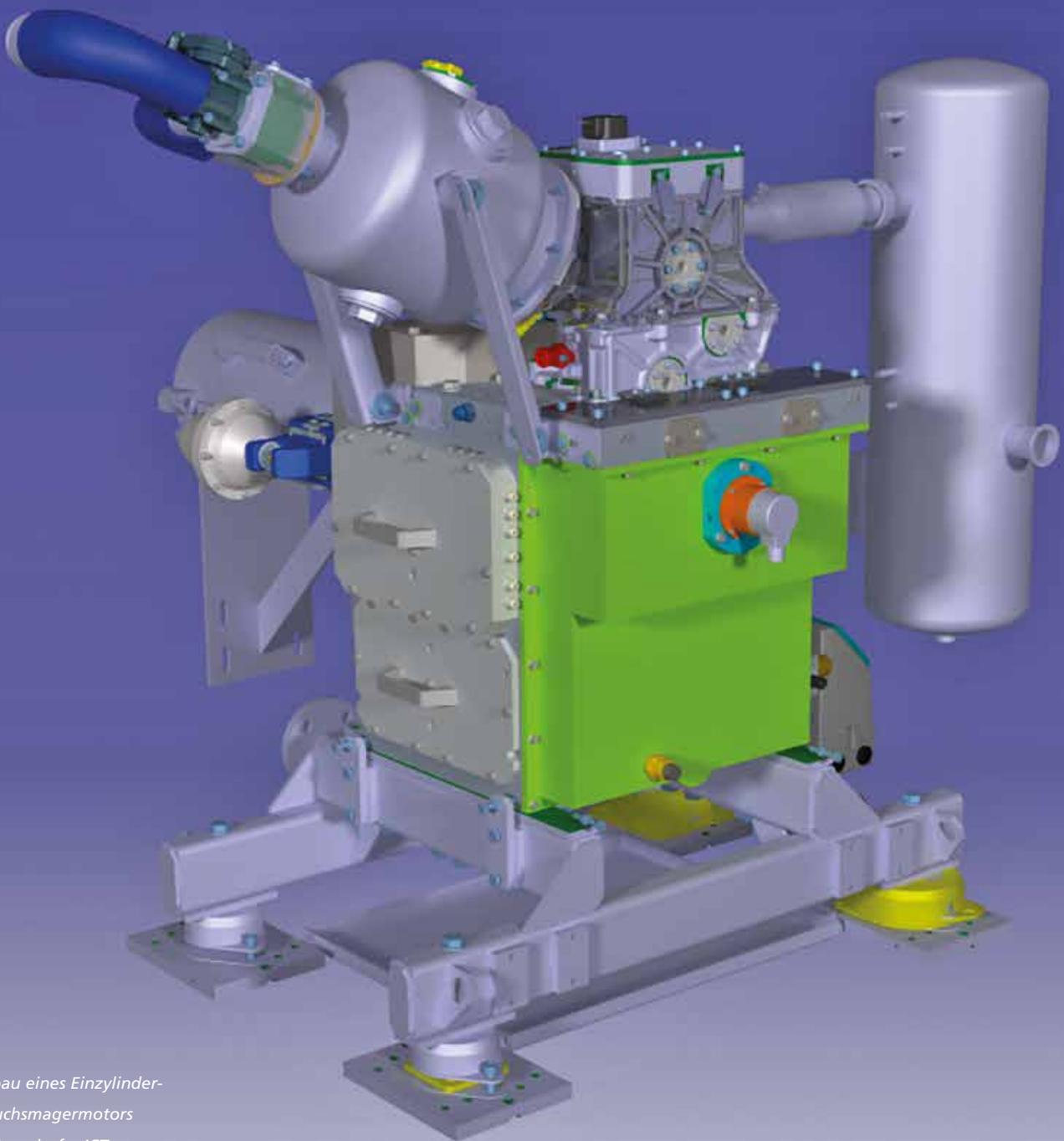
## **Verbrennungsmotorische Antriebe**

Aufgrund sehr guter 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 Motor Konzepten, 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 Wissenschaftler\*Innen 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 wir Prototypen zur Validierung neuer Funktionsprinzipien oder Anordnungskonzepte von Traktionsbatterien und



*Aufbau eines Einzylinder-  
versuchsmotors  
am Fraunhofer ICT.*

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-Datenmanagementsystem sowie eine umfangreiche Werkstoffdatenbank bei unseren Aufträgen ein. Um die optimale Zusammenarbeit mit unseren Industriepartnern zu gewährleisten, wenden wir die Top-Down-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 Kühlungskonzepte werden mittels CFD- und CHT-Simulationen im Bereich Verbrennungsmotoren und Elektromotoren konzipiert. 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, zum Beispiel Ansys Fluent, 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 zum Beispiel der Verlauf der Batteriespannung über den Ladezustand der Batterie dargestellt werden.

Auf einem Heißgasprüfstand werden Systeme zur Restwärmenutzung, thermoelektrische Generatoren, Wärmeübertrager, Turbogeneratoren, Abgasturbolader und Abgasanlagen untersucht. Eine am Fraunhofer ICT entwickelte Erweiterung dieses Prüfstands ermöglicht es, das Schädigungsverhalten von Komponenten bezüglich thermomechanischer 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)



*Magerbrennverfahren:  
Forschungszylinderkopf vor  
Montage der Ladungswechselorgane.*



*Restwärmenutzung und Energierück-  
gewinnung: Erprobung des Restwärme-  
nutzungssystems im Heißgasprüfstand.*

## LEITPROJEKT »VERBRENNUNGSMOTOR FÜR DIE MOBILITÄT DER ZUKUNFT«

### Motivation und Zielstellung

Aufgrund seiner sehr guten thermischen Wirkungsgrade sowie der unschlagbaren Energiedichte der eingesetzten Kraftstoffe wird der Verbrennungsmotor auf absehbare Zeit weiterhin eine dominierende Rolle in der Mobilität spielen, insbesondere im Schwerlast-, Schiffs- und Luftverkehr, aber auch im Bereich des Individualverkehrs. Die Rolle des Verbrennungsmotors als Motor der Mobilität wird durch elektrische Antriebe in Zukunft zwar ergänzt, jedoch nicht vollständig ersetzt werden können. Eine technologieoffene Weiterentwicklung von Antriebssystemen ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Klimapolitik in einer prosperierenden Gesellschaft. Wir stellen uns den aktuellen Herausforderungen und setzen mit unseren Leitprojekten strategische Schwerpunkte, um konkrete Lösungen zum Nutzen für den Standort Deutschland zu entwickeln. Das Ziel ist es, wissenschaftlich originäre Ideen schnell in marktfähige Produkte umzusetzen. Die beteiligten Fraunhofer-Institute bündeln ihre Kompetenzen und binden die Industriepartner frühzeitig in die Projekte ein.

### Lösungsansätze

Der Verbrennungsmotor bietet eine Vielzahl an Optimierungsmöglichkeiten im Hinblick auf Kraftstoffeinsparung und Schadstoffausstoß. Neben CO<sub>2</sub>-neutralem und lokal emissionsfreiem Fahrzeugbetrieb durch erneuerbare Kraftstoffe, liegt der Fokus auf technologischen Pfaden zur Entwicklung und Erforschung neuartiger Brennverfahrenskonzepte und Restwärmenutzungssystemen. Am Fraunhofer ICT wurden in der ersten Phase des Vorhabens dazu zwei wissenschaftliche Teilprojekte bearbeitet.

Das primäre Forschungs- und Entwicklungsziel des ersten Teilprojekts »Magerbrennverfahren« war die Konzeptausarbeitung eines hocheffizienten Brennverfahrens für Ottomotoren.

Das Brennverfahren beruht auf dem Prinzip der Verbrennung eines homogenen, stark überstöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Gemisches. Die Auslegung eines Verbrennungsmotors für derartigen Betrieb erlaubt a priori höhere, thermodynamisch günstige Verdichtungsverhältnisse und bei Gewährleistung schneller Umsatzraten in der Verbrennung die Unterwanderung der Stickoxidbildungsgrenze. Um eine zuverlässige Entzündung und schnelle Verbrennung des Gemisches gewährleisten zu können, wurde für das Brennverfahren als Zündquelle eine passive Vorkammerzündkerze und ein Stahlkolben mit einer implementierten Brennraummulde entwickelt.

Eine vielversprechende Maßnahme zur Effizienzsteigerung von leicht elektrifizierten Antriebssträngen ist der Einsatz eines Rankine-Prozesses zur Wandlung der vom Hauptantrieb ausgehenden Abwärme und deren Nutzung im Fahrzeug. Im Teilprojekt »Restwärmenutzung und Energierückgewinnung« wurde ein neuartiger Ansatz der Wärmespeichertechnologie mittels Ruths-Speicher-Prinzip im Rankine-Kreisprozess untersucht. Die Kreisprozesskomponenten des Rankine-Prozesses mit Ruths-Speicher-System wurden in einer Simulationsumgebung modelliert und am Heißgasprüfstand experimentell validiert. Hierfür wurde das Restwärmenutzungssystem mit den im Projekt entwickelten Komponenten im Heißgasprüfstand aufgebaut und thermodynamisch vermessen. Die Validierung der Simulationsmodelle erfolgte anhand von repräsentativen stationären Betriebspunkten aus der experimentellen Untersuchung des Rankine-Kreisprozesses. Das Rekuperationspotential des validierten Rankine-Modells mit Ruths-Speicher wurde auf Basis von realen Fahrdaten bewertet.

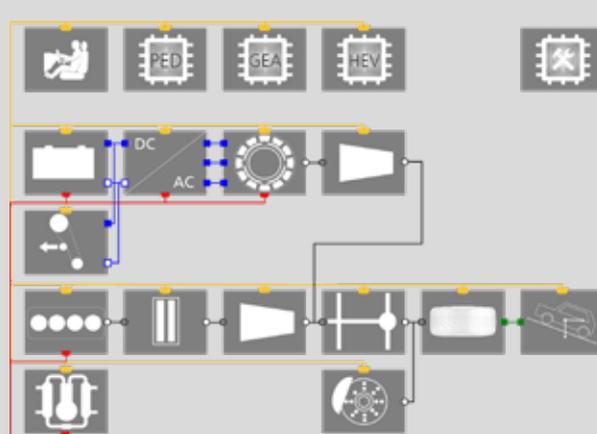
### KONTAKT

**Ivica Kraljevic**

Tel. +49 721 9150-3818 | [ivica.kraljevic@ict.fraunhofer.de](mailto:ivica.kraljevic@ict.fraunhofer.de)



VW e-Golf auf dem Akustik-Allrad-Rollenprüfstand (AARP) des KIT-FAST.



Modellbibliothek zur Multi-Domain-Simulation des gesamten Fahrzeugantriebsstrangs.

## LEITPROJEKT »PROFILREGION – MOBILITÄTSSYSTEME KARLSRUHE – HYBRIDE ANTRIEBE«

### Motivation und Zielstellung

Die ganzheitliche Betrachtung des konventionellen sowie elektrischen Antriebsstrangs weist Optimierungspotential im Hinblick auf Energiebedarf und Emissionen auf. Insbesondere im Hinblick auf Thermomanagement-Systeme unterscheiden sich rein konventioneller, hybrider und elektrischer Antriebsstrang maßgeblich voneinander. Die dafür relevanten Komponenten des Antriebs zu identifizieren, in der Simulation abzubilden und optimal zu verschalten ist Kern des Projekts. Das Ergebnis dieser holistischen Untersuchung ist die Erhöhung der elektrischen Reichweite und die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den effizienteren Betrieb des Antriebssystems. An dieser Fragestellung forscht der Produktbereich Neue Antriebssysteme des Fraunhofer ICT, gemeinsam mit dem Institut für Produktentwicklung (IPEK) und dem Elektrotechnischen Institut (ETI) des Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

### Lösungsansätze

Durch den objektorientierten Simulationsansatz kann jede beliebige Antriebsstrangtopologie abgebildet und bewertet werden. So lassen sich neben rein verbrennungsmotorischen oder elektrischen Antrieben auch Parallelhybride oder Range- Extender untersuchen. Das im Rahmen der Initialisierungsphase der Profilregion entstandene Simulationsmodell wurde durch thermische Modelle der Einzelkomponenten erweitert. Für die thermische Modellierung des Verbrennungsmotors wurden die wesentlichen Pfade (Luft, Kühlwasser, Öl etc.) sowie Komponenten (Ladeluftkühler, Thermostat, Turbolader etc.) identifiziert und in einem 1D-CFD Modell abgebildet. Anhand von Literatur- und Messdaten wurde ein Simulationsmodell einer Lithium-Ionen-Batterie zelle aufgebaut, das bei Vorgabe einer Strombelastung und Start- sowie Umgebungsbedingungen den elektrothermischen Zustand der Zelle simuliert und die entstehende Wärme berechnet.

Für das thermische Modell der Leistungselektronik und der elektrischen Maschine wurden die wichtigsten thermischen Pfade herausgearbeitet sowie thermische Ersatzschaltbilder entwickelt und parametrisiert. Zur Bewertung, ob eine thermische Energierückgewinnung sinnvoll genutzt werden kann, wurde ein thermisches Rückgewinnungssystem basierend auf verschiedenen Modellen eines Rankine-Kreisprozesses aufgebaut. Die Auslegung des Rückgewinnungssystems erfolgt je nach Verschaltung der einzelnen Antriebskomponenten und ihrer Leistungsklasse.

Als Ergebnis ist eine Modellbibliothek zur Multi-Domain-Simulation des gesamten Fahrzeugantriebsstrangs entstanden. Bei Steigerung des Hybridisierungsgrads wird die Leistung der elektrischen Traktionskomponente erhöht und die Leistung des Verbrennungsmotors im Gegenzug verringert, so dass die Gesamtleistung des Antriebsstrangs konstant bleibt. Somit lässt sich für eine definierte Strecke und ein beliebiges Fahrzeug die optimale Antriebsstrangkonfiguration aus Verbrennungsmotor und elektrischer Traktionsmaschine ermitteln. Insbesondere für wiederkehrende Fahrten, wie beispielsweise dem Pendlerbetrieb, kann dem Kunden eine Empfehlung für einen Antriebsstrang gegeben werden. Ein Übertrag der Ergebnisse auf die Personenbeförderung oder den Lieferbetrieb ist ohne weiteres möglich.

### KONTAKT

**Andreas Dollinger**

Tel. +49 721 9150-3819 |

andreas.dollinger@ict.fraunhofer.de

## AUSSTATTUNG

### MOTORPRÜFSTÄNDE

- Belastungseinheiten: Asynchronmaschine (4-Quadranten-Betrieb)
- 480 Nm, 250 kW, 10.000 1/min
- 250 Nm, 120 kW, 12.000 1/min
- Einzylinderuntersuchungen
- Erprobung synthetischer Kraftstoffe
- Wasserstoffverbrennung

### EMISSIONSMESSTECHNIK

- AVL M.O.V.E Gas & Particle Counter
  - 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
- AVL Particle Counter APC 489
- TSI EEPS Partikelspektrometer
- Combustion Fast Gas Analyser (NOX,HC, CO)

### HEISSGASPRÜFSTAND

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

### HOCHFREQUENZPULSATOR

- Elektromagnetischer Antrieb
- Dynamische und statische Prüfmaschine
- Prüfkräfte von bis zu 100 kN
- Prüffrequenzen von bis zu 285 Hz

### TESTMETHODIK UND FAHRZEUGSIMULATION

- Virtuelle Erprobung
- IPG CarMaker
- AVL InMotion
- Ableitung von Lastkollektiven

### DATENLOGGER

- Individuell konfigurierbar
- OBD, GPS, Temperaturen
- Feuchte, Druck, Schwingungen

# 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 Durchführung eines einzelnen Projekts, sondern verfolgen vielmehr eine Roadmap zur langfristigen Entwicklung eines komplexen Technologietrends.

## 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 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 INTEGRIERTE ENERGIESYSTEME

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](mailto:karsten.pinkwart@ict.fraunhofer.de)



# 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

Ivica Kraljevic

Tel. +49 721 9150-3818 | 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

### 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

## 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 Abuse tests
- 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

# LEHR- UND GREMIENTÄTIGKEITEN

Lehr- und Gremientätigkeiten sind wichtige Säulen eines Forschungsbetriebs. Entsprechend hielten wir 2019 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. 2019 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

- Werkstoffprozesstechnik (3 SWS, WS)
- Praktikum Werkstoffprozesstechnik (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)

##### 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)

##### Kronis, Gunnar

- Konstruktionslehre (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)

**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+SS)

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

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

**Fakultät für Maschinenbau****Cremers, Carsten**

- Elektrochemische Stromquellen (2 SWS, WT)

**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**

- Leichtbau von Fahrzeugen (2 SWS/WS)
- Verbundwerkstoff-Fertigung (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)
- Visiting fellow of NATO AC326/SG1-CNG
- Mitglied der Gesellschaft für Thermische Analyse (GEFTA)
- Mitglied des International Steering Committee des International Pyrotechnics Seminar USA (IPS-USA Seminars)
- Mitglied des Organizing 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)

## **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 Umwelt 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 NATO Science & Technology Organization Panel SET-270 »Overcoming the Technical Barriers that Inhibit use of Fuel Cells for Dismounted Soldier Application«
- 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
- 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

**Gräbe, Gudrun**

- Mitglied der Wasserchemischen Gesellschaft (Fachgruppe der GDCh)

**Griesbaum, Patrick**

- Mitglied des AVK Arbeitskreises SMC/BMC

**Henning, Frank**

- Präsident SAMPE Deutschland e.V.
- Mitglied der Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V.
- SPE Composites Division
- 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)

**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
- Mitglied im DGM-Fachausschuss Zelluläre Werkstoffe

**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
- Symposium Chairman Coatings for Use at High Temperatures, International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, San Diego, USA

**Lautenschläger, Miriam**

- Mitglied des AVK Arbeitskreises »Naturfaserverstärkte Kunststoffe«

**Löbbecke, Stefan**

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

**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«
- Mitglied des wissenschaftlichen Komitees des International Flow Battery Forum (IFBF)
- Mitglied des Organisationskomitees der International Coalition for Energy Storage and Innovation Conference, Sydney, Australia
- Deputy Director, German-Australian alliance for electro-chemical technologies for storage of renewable energy (CENELEST), University of New South Wales, Sydney, Australia

**Parrisius, Martina**

- Vorstandsmitglied Lernort Labor – Bundesverband für Schülerlabore e.V.
- Mitglied »Initiativkreis Unternehmergeist in die Schulen«, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 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 HybridSensorNet-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)
- Mitglied der Quality Working 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
- 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 des DGM-Fachausschusses »Hybride Werkstoffe«
- Mitglied des Scientific Committee der International Conference on Composite Structures (2017, 2018)
- Mitglied im Scientific Committee der 4. Konferenz Hybrid Materials and Structures (2020)
- Mitglied des Vorstandes des Anwenderzentrums Material- und Umweltforschung, Augsburg

**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 2019

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

Fraunhofer ICT, Pfinztal

27.-29. März 2019

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

Festhalle, Stutensee-Blankenloch

28. März 2019

**Girls' Day**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

2.-4. April 2019

**Interior & Exterior Ballistics Workshop**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

9. April 2019

**Arbeitskreis »Kunststoffe in der Pfalz«**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

9.-10. Mai 2019

**5. Symposium Rohstoffinnovationen  
und Rohstoffeffizienz**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

25. Juni 2019

**Wehrtechnisches Seminar**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

25.-28. Juni 2019

**50<sup>th</sup> International Annual Conference  
of the Fraunhofer ICT: »Energetic Materials –  
Past, Present and Future«**

Kongresszentrum, Karlsruhe

8.-9. Oktober 2019

**Kuratoriumssitzung**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

22.-23. Oktober 2019

**Workshop: »Alternative Energieversorgung für  
stationäre und mobile Anwendungen im Einsatz«**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

28.-31. Oktober 2019

**Talent School ICT und ISI**

Fraunhofer ICT, Pfinztal

26.-27. November 2019

**Workshop: »Treib- und Explosivstoffe«**

Fraunhofer ICT, Pfinztal



## BETEILIGUNG AN MESSEN UND FACHAUSSTELLUNGEN

14.-19. Januar 2019

**BAU – Weltleitmesse für Architektur, Materialien  
und Systeme**  
München

27. Februar-1. März 2019

**FC Expo**  
Tokyo, Japan

27. Februar-1. März 2019

**Battery Japan**  
Tokyo, Japan

12.-14. März 2019

**Energy Storage Europe**  
Düsseldorf

12.-14. März 2019

**JEC – World 2019**  
Paris, Frankreich

14.-15. März 2019

**Future Security**  
Berlin

2.-3. April 2019

**Smart Energy Conference & Exhibition**  
Sydney, Australien

2.-4. April 2019

**Batterietagung**  
Aachen

3.-4. April 2019

**PIAE Europe**  
Mannheim

10.-12. April 2019

**Battery Experts Forum**  
Frankfurt

7.-9. Mai 2019

**Battery Show Europe**  
Stuttgart

17.-23. Juni 2019

**SIAE – Paris Air Show**  
Paris, Frankreich

25.-27. Juni 2019

**Sensor + Test**  
Nürnberg

10.- 12. September 2019

**FOAM Expo**  
Stuttgart

18.-20. September 2019

**Werkstoff Woche WW**  
Dresden

16.-23. Oktober 2019

**K Messe**  
Düsseldorf

# VERÖFFENTLICHUNGEN (AUSZUG)

Albrecht F., Rosenberg P., Heilos K., Hoffmann M., Henning F.  
**vliesRTM - Reuse of carbon fiber waste in composite structures.**  
SAMPE Europe Conference 2019 Nantes - France

Albrecht F., Zimmerling C., Poppe C., Kärger L., Henning, F.  
**Evaluierung der Umformung infiltrierter Gewebe innerhalb einer Double Dome Geometrie.**  
Verbundwerkstoffe; 22. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde; 26.-28. Juni 2019; Kaiserslautern

Baumann, N.; Blankenship, A.; Dorn, M.; Cremers, C.  
Belmer, F.; Bensman, B.; Brandt, T.; Cremers, C.; Derflinger, M.; Hanke.  
Rauschenbach, R.; Grube, T.; Heinzl, A.; Horenkamp, W.; Jungmann, T.; Kaimer, S.; Karzel, P.; Kleimaier, M.; Lettenmeier, P.; Pokojski, M.; Sandstede, G.; Suermann, M.; v. Unwerth, T.; Wolf, E.  
**Evaluating Current Distribution and Influence of Defect Sites for Graphitic Compound Bipolar Plate Materials.**  
Fuel Cells, <https://doi.org/10.1002/uce.201900138>

Beck B., Haas J., Tawfik H.  
**Dreidimensionale Faserskelette.**  
Kunststoffe (2019) 09, S.171 - 173

Beck B., Haas J., Tawfik H.  
**Three-Dimensional Fiber Skeleton.**  
Kunststoffe International (2019) 09, S. 114 - 116

Bermejo J., Yurrita P.  
**Modelling of the heat transfer coefficient in a nozzle bomb for gun propellants erosivity studies.**  
In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 111-1 to 111-7, ISSN 2194-4903

Bošković D.  
**Reaktoren für spezielle technisch-chemische Prozesse: Mikrostrukturreaktoren.**  
In: Reschetilowski W. (eds) Handbuch Chemische Reaktoren. Springer Reference Naturwissenschaften. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg

Bohn M.A.  
**Kinetic study on some cases of the curing reaction behaviour of a-b systems with a and b as isocyanate and polyol or amine and epoxide.**  
In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 102-1 to 102-14, ISSN 2194-4903

Bohn M.A.; Ferrapontoff Lemos M.; Mussbach G.  
**Modified and normal arrhenius equation to characterize glass-rubber transition shifts in filled htpb-ipdi formulations.**  
In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 118-1 to 118-15, ISSN 2194-4903

Cäsar J.  
**Gemeinsame Studie des VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU), VDI-Gesellschaft Fahrzeugtechnik (VDI-FVT) und der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (VDE/ETG). Gesellschaft für Umweltsimulation -GUS-**  
48. Jahrestagung der GUS, Karlsruhe, 27.-29. März 2019, ISBN: 978-3-9818507-3-4, S. 27-30

Cremers, C.; Jurzinsky, T.; Baumann, N.  
**Hochleistungsfähige und alterungsstabile HT-PEMFC Membranelektrodenheiten durch neue Anbindungskonzepte Katalysator/Träger/Protonenleiter (HT-Linked) : Teilvorhaben Membran-Elektrodenheiten und Testung.**  
Pfinztal : Fraunhofer ICT, 2019, 46 S.

Dieterle M.,Viere T.; Biedermann H., Vorbach S., Posch W. (Hrsg.)  
**Die Integration von Fragestellungen der Circular Economy in die Ökobilanzierung.**  
Anwendung der Life Cycle Gap Analyse mittels industriellem Fallbeispiel in:  
**Industrial Life Cycle Management, Seite 99 - 110**  
Innovation durch Lebenszyklusdenken.  
1. Auflage 2019, ISBN print: 978-3-95710-245-4, ISBN online: 978-3-95710-345-1, <https://doi.org/10.5771/9783957103451-99>

Eberhardt A., Bošković D., Loebbecke S., Slobodan P., Winter Y.  
**Customized Design of Scalable Microfluidic Droplet Generators Using Step-Emulsification Methods.**  
Is part of: Chemical Engineering & Technology, October 2019, Vol.42(10), pp.2195-2201  
ISSN: 0930-7516, E-ISSN: 1521-4125  
DOI: 10.1002/ceat.201900143

Eberhardt M., Wendel R., Geinitz S., Henning F., Drechsler K.  
**Simultaneous multi-frequency dielectric analysis of the polymerization process of anionic polyamide.**  
ICCM Conference, Melbourne, 2019

Eisner L.; Wilhelm I.; Flachenecker G.; Hürttlen J.; Schade W.  
**Molecularly Imprinted Sol-Gel for TNT Detection with Optical Micro-Ring Resonator Sensor Chips.**  
Sensors 2019, Volume 19, Issue 18, 3909  
doi:10.3390/s19183909

Elsner, P.; Eckl, W.; Löbbbecke, S.

**60 Years of Fraunhofer ICT: 60 Years of Applied Research and Development in Energetic Materials and Systems : Editorial.**

In: Propellants, explosives, pyrotechnics 44 (2019), Nr.6, S.667  
DOI: 10.1002/prop.201980631

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie -ICT-, Pfinztal:

Fischer C., Mittag S., Kühlen K.-G., Schweizer C., Seifert T., Dittrich R., Kollmeier H.-P.

**Simulation of Damage Characteristics.**

Frankfurt a.M. : FVJ, 2019, 35 S.

Ferrapontoff Lemos M., Mendes L.C., Bohn M.

**HTPB modified with octyl-1-azide: structural and rheological characterization.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 1-1, ISSN 2194-4903

Eyerer P.

**Labore-experimentieren, entdecken, erfassen.**

Chapter

Nov 2019

ISBN: (Print) 2512-9813; (online) 2625-0594; 978-3-98119673-2-6

Gerber, T.; Fischer, P.; Pinkwart, K.; Tübke, J.

**Segmented Printed Circuit Board Electrode for Locally-Resolved Current Density Measurements in All-Vanadium Redox Flow Batteries.**

Batteries 2019, 5, 38.

Gerber P., Happ A.

**Processing of plastic bonded explosives with new mixing technologies.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 114-1  
ISSN 2194-4903

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

**Umwelteinflüsse erfassen, simulieren, bewerten.**

Int.J.Energetic Materials Chem.Prop. Vol. 18, Nr. 1, pp 31-49, 2019.  
DOI: 10.1615/IntJEnergeticMaterialsChemProp.2019027826

Graf M.

**Grundlagen und Verfahren zur profilierten Erwärmung von PET-Preforms mit Mikrowellen.**

Fraunhofer-Verlag; Stuttgart; 2019

Griesbaum P., Ilinzeer S., Laux M., Maertens R.

**Funktionsintegrierte Duomere Faserverbundwerkstoffe für neue Anwendungen.**

Jahresmagazin Kunststofftechnik 2019, S. 30–34

Heil M., Müller C., Hickmann J.

**Comparison of different methods for thermal decomposition of gun propellants.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 23-1, ISSN 2194-4903

Heintz, T., Herrmann, M.:

**Properties and Structure of ADN-Prills.**

Propellants, explosives, pyrotechnics 44 (2019), Nr.6, S.679-686,  
Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, DOI: 10.1002/prop.201800328

Heintz T., Herrmann M.

**Particle properties and crystalline structure of adn-prills.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 98-1 to 98-6, ISSN 2194-4903

Henning F., Joppich T., Rosenberg P., Link T., Behnisch F., Dörr D., Hohberg M., Seuffert J.

**Hybrid composites for automotive applications – development and manufacture of a system-integrated lightweight floor structure in multi-material design.**

SPE ACCE 2019; SPE; Novi; 2019

Henning F., Link T.

**The latest research advancements in multi-material lightweight design.**

Global Automotive Lightweight Materials - GALM; LBCG; München; 2019

Henning F.

**Recent Developments and Trends in Composites.**

The 25th China International Composites Industrial Technical Expo, China Composites Expo 2019, Shanghai, September 3rd-5th, 2019, China

Henning F.

**Automated manufacturing of composite parts enable new class of materials for large scale vehicle production.**

Second edition of the African Advanced Manufacturing Show in Nelson Mandela Bay, South Africa, November 27th + 28th, Africa

Henning F., Joppich T.

**Modular and Flexible Manufacturing for Tailor-made Composite Hybrid Parts.**

11th Canadian – International Conference on Composites, Kelowna, BC, CANCOM 2019, July 22-25, 2019

Herrmann M., Weyrauch H.

**HMX crystal topography investigated by means of atomic force microscopy and confocal microscopy.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 40-1 to 40-14, ISSN 2194-4903

Herrmann M., Förter-Barth U.

**Structure and thermal behavior of TKX-50.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 41-1 to 41-10, ISSN 2194-4903

Herrmann, M.; Bohn, M.A.; Borne, L.:

**Aging of RDX crystal qualities investigated by means of X-ray diffraction rocking curves.**

Proc. 16th International Detonation Symposium, Cambridge Maryland, USA, July 15–20, 2018, Office of Naval Research, ONR-43-5762-19, 2019, 1350-1355

- Herrmannsdörfer D., Herrmann M., Heintz T., Gerber P.  
**The way towards a CL-20/HMX cocrystal scale-up**  
 In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 36-1 to 36-2, ISSN 2194-4903
- Herrmannsdörfer D., Gerber P., Heintz T., Herrmann M. J., Klapötke T. M.  
**Investigation Of Crystallisation Conditions to Produce CL-20/HMX Cocrystal for Polymer-bonded Explosives.**  
 Propellants Explos. Pyrotech. 2019, 44, 668–678  
 DOI: 10.1002/prop.201800332
- Hohe J., Beckmann C., Böhme W., Weise J., Reinfried M., Luthardt F., Rapp F., Diemert J.  
**An experimental and numerical survey into the potential of hybrid foams.**  
 Mechanics of Materials 136 (2019) 103063  
<https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2019.103063>
- Höhne C.-C., Posern C., Böhme U., Eichler F., Kroke E.  
**Dithiocyanurates and thiocyanamides: Thermal thiy radical generators as flame retardants in polypropylene.**  
 Polym. Degrad. Stab. 2019, 166, 17.
- Höhne C.-C., Posern C., Böhme U., Kroke E.  
**Sulfides and Disulfides of s-Triazine and s-Heptazine: Flame Retardancy.**  
 FRPM19, 2019 Turku, Finland Posterbeitrag.
- Hübner C., Weiss, P., Morais M., Seidel C., Baumann S.  
**Processing of electrically conductive thermoplastic composites regarding additive manufacturing method.**  
 NanoCarbon Annual Conference 2019; Network NanoCarbon; Würzburg Germany; 26.-27. February 2019
- Ilinzeer S., Lipowsky L., Henning F.  
**Material and process development of polyurethane based sheet moulding compound.**  
 SAMPE Europe Conference 2019; SAMPE Europe; Nantes - France; 2019
- Imiolek A., Becker W., Weiser V., Bieroth D.  
**Pressure and temperature dependency of adn-based solid rocket propellants.**  
 In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 107-1 to 107-10, ISSN 2194-4903
- Joppich Tobias D.  
**Beitrag zum Umformverhalten von PA6/CF Gelegelaminaten im nicht-isothermen Stempelumformprozess.**  
 Tag der mündlichen Prüfung: 5. Juli 2019  
 Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. Frank Henning  
 Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Peter Mitschang
- Jurzinsky, T.; Gomez-Villa, E.D.; Kübler, M.; Bruns, M.; Elsässer, P.; Melke, J.; Scheiba, F.; Cremers, C.  
**Functionalization of multi-walled carbon nanotubes with indazole.**  
 Electrochimica Acta 298, 2019, pp 885 – 892
- Kaiser M.; Schweikert W., Boskovic D.  
**Distribution of nitroglycerine in different ball propellants – chemometric evaluation.**  
 WTD 91, Meppen  
 In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 121-1 to 121-7, ISSN 2194-4903
- Kempa P.B., Fietzek H., Herrmann M., Heintz T.  
**Investigation of the microstructure of ADN-prills using 2D-X-RAY diffraction.**  
 In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 42-1 to 42-9, ISSN 2194-4903
- Knapp S., Kelzenberg S., Becker W., Lity A., Roth E., Wacker K., Weiser V.  
**Effects on progression rate of thermite pellets.**  
 In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 106-1 to 106-3, ISSN 2194-4903
- Koch E.-C.; Lutradyn, Kaiserslautern; Knapp S.  
**High Performance Modification Of Infrared Decoy Flares.**  
 In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 14-1 to 14-7, ISSN 2194-4903
- Kuchenreuther-Hummel V.  
**Oxidation kinetic studies of tic-particles using x-ray diffraction.**  
 In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 122-1 to 122-8, ISSN 2194-4903
- Kunkel, R.; Baumann, N.; Jurzinsky, T.; Cremers, C.  
**PEM-Fuel Cell Catalyst Behavior between Room Temperature and Freezing Point**  
 Fuel Cells, <https://doi.org/10.1002/face.201900067>
- Lautenschläger M. I.  
**Kombination von Sheet und Bulk Molding Compound in Jutefaserverbunden.**  
 Fraunhofer Verlag; Stuttgart; 2019
- Link T.  
**UD-Tape basierte Bauteile in kurzer Zykluszeit.**  
 Plastverarbeiter 70 (2019) 3. S. 60-63
- Märtens R., Kärger L., Henning F., Wittemann F.  
**Injection molding simulation of short fiber reinforced thermosets with anisotropic and non-Newtonian flow behavior Composites.**  
 Part A, Applied science and manufacturing 124 (2019), Art. 105476  
 ISSN: 1359-835X  
 DOI: 10.1016/j.compositesa.2019.105476

Märtens R., Griesbaum P., Ilinzeer S., Laux M.

**Funktionsintegrierte Duomere Faserverbundwerkstoffe für neue Anwendungen.**

In: Jahresmagazin Kunststofftechnik (2019), S.30-34

ISSN: 1618-8357

<http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-568440.html>

Mendl A., Panic S., Klahn T., Boskovic D.

**Detection of unstable process conditions during continuous nitrate ester production.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 113-1 to 113-3, ISSN 2194-4903

Mitro D., Böhnlein-Mauß J., Pfatteicher A.

**Interaction parameters in plasticizer-plasticizer-mixtures.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 116-1 to 116-9, ISSN 2194-4903

Morais M., Reidel R., Weiss P., Baumann S., Hübner C., Henning F.

**Integration of electronic components in thermoplastic processing chain: possibilities through additive manufacturing.**

NanoCarbon Annual Conference 2019; Network NanoCarbon; Würzburg Germany; 26.-27. February 2019

Morais M.V.C., Oliva-Avilés A.I., Matos M.A.S., Tagarielli V.L.,

Pinho S.T., Hübner C., and Henning F.

**On the effect of electric field application during the curing process on the electrical conductivity of single-walled carbon nanotubes-epoxy composites.**

Carbon 150 (2019), S. 153-167

Noack J., Roznyatovskaya N., Menictas C., Skyllas-Kazacos M.

**Redox flow batteries for renewable energy storage.**

PV-Tech Power, 21, 106-112

Nosal H., Warzala, M., Moser K., Kazimierzak J., Kopania E., Stańczyk D.

**Modified fatty raw materials as plasticizers of PHBV and PHBV composites with cellulose nanofiber.**

17th Euro Fed Lipid Congress And Expo, Seville, 20-23.10.2019

Nosal H., Warzala M., Moser K., Kopania E., Stańczyk D.

**Modified fatty raw materials as PHBV plasticizer.**

10th Workshop on Fats and Oils as Renewable Feedstock for the Chemical Industry, Karlsruhe, 17-19.03.2019

Posern C., Höhne C.-C., Böhme U., Vogt C., Kroke E.

**Synthesis of Thiocymelic Acid C6N7S3H3, its Reaction to Alkali Metal Thiocymelates and Organic Tris(dithio)cymelates.**

Chem. Eur. J. 2019, 25, 15555-15564.

Piscopo C. G., Voellinger L., Schwarzer M., Polyzoidis A., Bošković D., Loebbecke S.

**Continuous Flow Desulfurization of a Model Fuel Catalysed by Titanium Functionalized UiO-66.**

ChemistrySelect

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2019, Band: 4 S.: 2806-2809

Radulescu L., Eberhardt A., Boskovic D.

**Continuous microfluidic process for formation of adnprills.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 117-1 to 117-5, ISSN 2194-4903

Reichert T., Leisner T., Saathoff H.

**Scientific output from 7th EFCA Symposium on Ultrafine Particles- Air Quality and Climate.**

Side-Event on Ultrafine Particles organized by EFCA at IUAPPA's 18th World Clean Air Congress (WCAC), Istanbul, 23 September 2019, <http://www.efca.net> Society for Environmental Engineering, Pfinztal, Germany

Reichert T., Leisner T., Saathoff H.

**Results of the 7th EFCA Symposium on Ultrafine Particles- Air Quality and Climate.**

Eleventh Croatian Scientific and Professional Assembly, Air Protection 2019, Bol, 15-19 October 2019, ISSN 1848-185X, p.109 Society for Environmental Engineering, Pfinztal, Germany

Reichert T.

**Natural and Artificial Ageing of Polymers.**

9th European Weathering Symposium EWS, Basel, 18-20 September 2019, ISBN 978-3-9818507-5-8, 407 pages Fraunhofer Institut für Chemische Technologie, Pfinztal, Germany Gesellschaft für Umweltsimulation GUS, Pfinztal, Germany

Reichert T.

**Corrosion Research at GUS 2019.**

CEEEES Conference, Basel, 17 September 2019, [www.ceees.org](http://www.ceees.org) Fraunhofer Institut für Chemische Technologie, Pfinztal, Germany Gesellschaft für Umweltsimulation GUS, Pfinztal, Germany

Schaller U., Mitro v, Böhnlein-Mauß J., Keicher T.

**Investigation of etpe formulations for additive manufacturing.**

In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 115-1 to 115-5, ISSN 2194-4903

Schaller U., Keicher T., Weiser V., Hürttlen J.

**4-Amino-1-Butyl-1,2,4-Triazolium Nitrate – Synthesis and Characterization.**

Propellants Explos. Pyrotech. 2019, 44, 1119–1128 DOI: 10.1002/prop.201900233

Schartel B., Humphrey J. K., Gibson A. G., Hörold A., Trappe V., Gettwert V.

**Assessing the Structural Integrity of Carbon-fibre Sandwich Panels in Fire: Bench-scale Approach.**

Composites Part B: Engineering, Vol. 164, 82-89, 2019

Schnürer F., Ulrich C., Chirico R., Di Frischia S., Moon R., Hung K.,

**Standardized characterization of inkjet-printed explosive trace samples, Proc. SPIE 11166, Counterterrorism, Crime.**

Fighting, Forensics, and Surveillance Technologies III, 111660W (7 October 2019); doi: 10.1117/12.2533029

## VERÖFFENTLICHUNGEN

Schweikert W., Schnürer F., Mendl A., Müller S.,  
**Trace level detection of explosives by surface-enhanced Raman spectroscopy.**  
(SERS) for defence applications: best practice," Proc. SPIE 11166, Counterterrorism, Crime Fighting, Forensics, and Surveillance Technologies III, 111660V (7 October 2019);  
doi: 10.1117/12.2532780

Teipel, U.; Schweppe, R.  
**5. Symposium Rohstoffinnovationen und Rohstoffeffizienz 2019: 9./10. Mai 2019, Fraunhofer ICT, Pfinztal.**  
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2019, 216 S.  
ISBN 978-3-8396-1466-2

Östmark H., Eldsäter C., Van der Heijden A.E.D.M., De Klerk W.P.C., Weiser V., Herrmann M.  
**Half a century of eu research on energetic materials.**  
In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 0-1 to 0-5,  
ISSN 2194-4903

Wehner H., Teicht C.  
**Phasenwechselmaterialien (PCM= Phase Change Materials) und ihre Anwendungsmöglichkeiten im Infrarot-Signaturmanagement.**  
Wehrwissenschaftliche Forschung Jahresbericht 2018  
Bundesministerium der Verteidigung, Bonn, Juni 2019, S.: 90 -91

Weiser V., Roth E., Knapp S., Lity A.  
**Ignition of flare propellants using al/ni-nanofolios at subatmospheric pressure.**  
In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 108-1 to 108-11,  
ISSN 2194-4903

Wendel R., Eberhardt M., Geinitz S., Henning F., Drechsler K.  
**Investigation of a new characterization technique for anionic polyamide 6 in T-RTM processe.**  
Sampe Europe Conference; Nantes; 2019

Wittemann F., Maertens R., Kärger L., Henning F.  
**Injection molding simulation of short fiber reinforced thermosets with anisotropic and non-Newtonian flow behavior.**  
Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 124 (2019)

Yurrita P., Kuchenreuther-Hummel V., Pietsch E., Bermejo J.  
**Lifetime of airbag inflators: perspectives for a better understanding and prediction of aging mechanisms.**  
In: Proceedings of the 50th International Annual Conference of the Fraunhofer ICT "Energetic Materials – Past, Present and Future", June 25-28, 2019, Karlsruhe, Germany, pp. 110-1 to 110-10,  
ISSN 2194-4903

# 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:

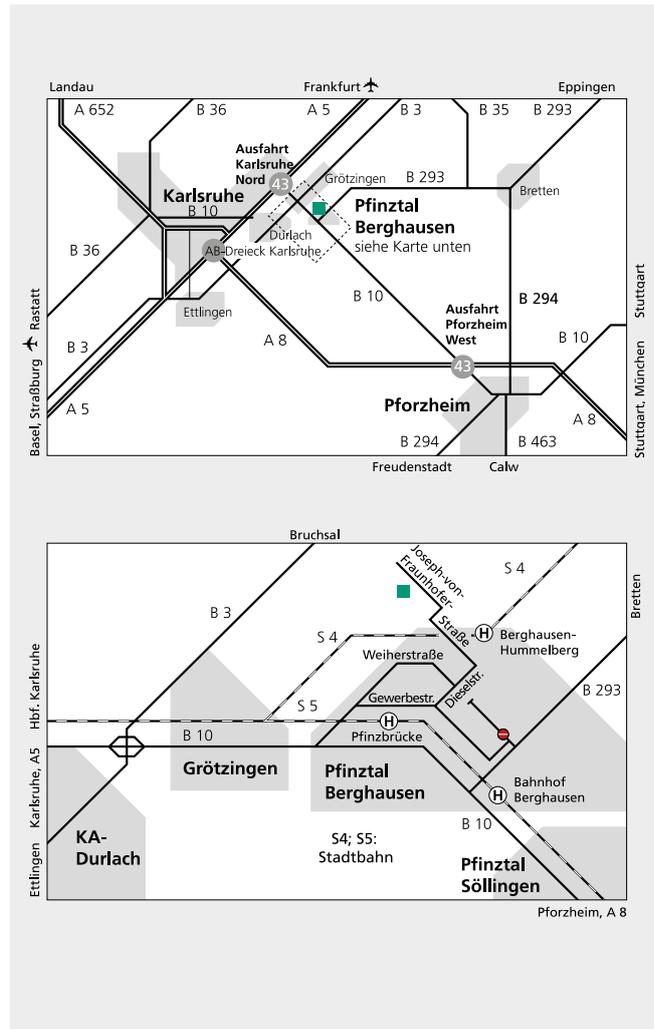
Autobahn A8, Ausfahrt Pforzheim-West [43], B10 Richtung Karlsruhe, durch Pfinztal-Berghausen fahren und nach der Tankstelle am Ortsende rechts abbiegen und den Hinweisschildern zum Fraunhofer ICT folgen; der Joseph-von-Fraunhofer-Straße ca. 1,5 km bergauf folgen.

## 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

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

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

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 74 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 28 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon fallen 2,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent davon erwirtschaftet Fraunhofer mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten

Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent steuern Bund und Länder als Grundfinanzierung bei, damit die Institute schon heute Problemlösungen entwickeln können, die in einigen Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft entscheidend wichtig werden.

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

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

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

Stand der Zahlen: Januar 2020

# IMPRESSUM

## Redaktion

Dr.-Ing. Stefan Tröster  
Simone Köppel, Yvonne Hofmann, Alexandra Linder

## Satz und Gestaltung

Simone Köppel

## Redaktionsschluss

01/2020

## Bildquellen

Titelbild: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler  
Seite 2/3: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler  
Seite 7: Peter Eich  
Seite 15: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler  
Seite 16: W. Mayrhofer  
Seite 17: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler; ICT Archiv  
Seite 18: Fraunhofer ICT, Archiv  
Seite 21: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler  
Seite 23: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler; ICT Archiv  
Seite 24: Fraunhofer ICT Archiv  
Seite 27: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler  
Seite 29: Fraunhofer ICT Archiv  
Seite 30: W. Mayrhofer; Quelle CINES Geschäftsstelle  
Seite 33: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler  
Seite 35: Fraunhofer ICT Archiv  
Seite 37/39: Fraunhofer ICT/NAS Archiv  
Seite 40: Fraunhofer ICT, Mona Rothweiler; NAS/Archiv  
Seite 43: Pixelio  
Seite 55: Fraunhofer ICT Archiv

## 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

© Fraunhofer ICT

