

**MOLECULAR SORTING  
METHODEN FÜR DIE KREISLAUFWIRTSCHAFT  
DER NÄCHSTEN GENERATION**



# MOLECULAR SORTING

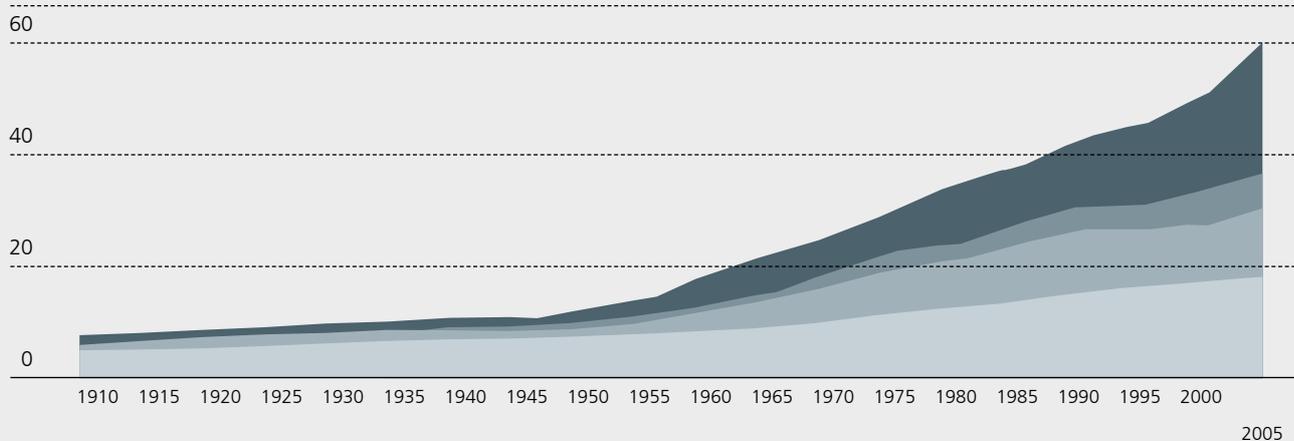
## RESSOURCENEFFIZIENZ FÜR RECYCLING UND PRODUKTION

Zurzeit werden weltweit jährlich etwa 60 Milliarden Tonnen Ressourcen verbraucht – mit steigender Tendenz. Ressourceneffizienz ist daher einer der wichtigsten Schlüssel für nachhaltige Entwicklung. Als Teil des Nachhaltigkeitskonzepts bildet Ressourceneffizienz ein wichtiges Element nationaler und internationaler Strategien, zum Beispiel auf der Ebene der UN, der Europäischen Union und auch der deutschen Bundesregierung. Technisch wird Ressourceneffizienz vorrangig durch Materialsubstitution und kreislaufwirtschaftliche Ansätze in Forschung, Entwicklung und Praxis umgesetzt.

Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert dazu im Rahmen ihres Programms »Märkte von übermorgen« mit dem Forschungsvorhaben »Molecular Sorting« eine methodenorientierte Entwicklung, die mittel- bis langfristig die Wieder- und Weiterverwertung von Werkstoffen durch neue, leistungsfähige Trennprozesse bis auf molekulare Ebene nach der Herstellung oder Nutzung von Produkten ermöglichen wird. Für diese »Kreislaufwirtschaft der nächsten Generation« haben sich insgesamt sieben Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen, um zum einen an ausgewählten Stoffströmen, den »Demonstratoren«, neue Methoden zu erproben, zum anderen die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf weitere Stoffe und Branchen sicherzustellen.

### Weltweiter Ressourcenverbrauch in Mrd. Tonnen

Mrd. t



■ Biomasse

■ fossile Rohstoffe

■ Erze, Mineralien, Abraum

■ Baustoffe

Datenquelle: Krausmann et al. (2009): Growth in global materials use – GDP and population during the 20th century. Ecological Economics, Vol. 68, Nr. 10, 2696-2705



1

## IDENTIFIZIEREN UND ENTSCHICHTEN ALTHOLZKASKADE

1 *Separation der Oberfläche einer Fensterkante (Fraunhofer WKI).*

### Arbeiten im Projekt

Die steigende Nachfrage nach Holz sowie der wachsende Markt für Holzbrennstoffe führen derzeit zu einem Anstieg des Holzeinschlags fast überall in Europa. Trotzdem befriedigen diese Mengen die aktuelle Nachfrage nach Holz nur in beschränktem Maße. Nachhaltig verfügbare Holzressourcen werden in Deutschland den vorhergesagten Bedarf zur stofflichen und energetischen Nutzung in Zukunft keineswegs komplett decken können. Daher werden die Verfügbarkeit von und die Versorgung mit »Industrierestholz« und »Gebrauchtholz« für die europäische Holzwerkstoff-, aber auch für die Papierindustrie immer wichtiger.

Die stoffliche Nutzung von jährlich ca. 6 bis 10 Mio Tonnen Altholz findet in Deutschland derzeit fast ausschließlich in der Holzwerkstoffindustrie zur Herstellung von Span- und Faserplatten statt. Während unsere Nachbarländer wie Italien oder Großbritannien hier bereits teilweise bis zu 70 Prozent erreichen, liegt die Recyclingquote in Deutschland seit Jahren bei ca. 20 Prozent. Hauptsächlich aufgrund der Altholzverordnung werden derzeit etwa 75 Prozent des Altholzes nahezu unsortiert verbrannt. Nur naturbelassenes oder mechanisch bearbeitetes Altholz (A I), wie zum Beispiel Verpackungen und Paletten, werden für die stoffliche Nutzung aufbereitet. Da bei behandeltem Altholz (A II bis A III) technische Hilfsmittel benötigt werden, um halogenorganische Verbindungen oder Holzschutzmittel zu erkennen, wird vom schlechtesten Fall ausgegangen und dieses Material ohne Untersuchung direkt thermisch verwertet. Damit geht es für die stoffliche (Kaskaden-) Nutzung verloren. Ziel dieses Projekts ist es, Methoden und Verfahren zu entwickeln, die einerseits die

nutzbare Menge an sauberem Gebrauchtholz deutlich steigern und andererseits die dabei erkannten Verunreinigungen, Beschichtungen und Inhaltstoffe in ihre grundlegenden chemischen Bestandteile für eine weitere mögliche Nutzung zerlegen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen zunächst die beschichteten Hölzer und Holzwerkstoffe von ihren Deckschichten wie Lack, High Pressure Laminates (HPL) oder Dekorpapier befreit werden. Die hierfür zu entwickelnden Techniken reichen vom herkömmlichen Abschleifen über das Sandstrahlen bis zur Entschichtung mittels elektrodynamischer Fragmentierung. Die abgetrennten Schichten können direkt wieder für neue Produkte, wie zum Beispiel HPL für die Wood-Plastics-Composite-Herstellung, verwendet oder zur weiteren Benutzung in ihre chemischen Bestandteile zerlegt werden.

### Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI

Das Fraunhofer WKI bearbeitet aktuelle und zukunftsorientierte Aufgaben der Nutzung von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen. Hierzu gehören Verfahren zur Herstellung von Span- und Faserwerkstoffen, Oberflächentechniken, Maßnahmen zum Holzschutz inklusive der erforderlichen Analytik sowie die Themenbereiche Umweltforschung, Nachhaltigkeit und Recycling. Dabei arbeitet das Institut anwendungsorientiert eng mit den klein- und mittelständischen Betrieben der Holz- und Möbelwirtschaft sowie deren Zulieferindustrien zusammen. Viele Verfahren, Werkstoffe und auch Produkte aus diesen Tätigkeiten werden industriell genutzt. Zu den Schwerpunktaufgaben des WKI gehört seit Jahren auch die effektive und nachhaltige Nutzung und Aufbereitung von Altholz.

# SORTIEREN IN DER SCHMELZE

## HOCHTRANSPARENTES GLAS

---

### Arbeiten im Projekt

---

Für Zukunftstechnologien wie die Photovoltaik und die Solarthermie sind Gläser erforderlich, die höchste Transparenz aufweisen und deshalb möglichst rein sein sollten. Die am meisten verbreitete Verunreinigung bildet Eisen, das schon in geringen Mengen die Lichtdurchlässigkeit von Glas erheblich senkt. Die Wachstumsdynamik dieser Zukunftstechnologien ist jedoch so groß, dass weder die natürlichen Eisen-freien Rohstoffquellen noch die Recyclingmenge zum Beispiel von »ausgedienten« PV-Modulen mit hochtransparenten Gläsern ausreichen, um den Bedarf der nächsten Jahrzehnte an hochtransparentem Flachglas zu decken. Hier bietet sich konventionelles Flachglas als Rohstoffquelle an, das bisher vor allem zu billigem Behälterglas oder Mineralwolle »downcycelt« wird. Ein Problem hierbei ist aber der zu hohe Eisengehalt.

Das Fraunhofer ISC in Würzburg und die zugehörige Projektgruppe IWKS in Alzenau entwickeln gemeinsam Verfahren, die das Eisen auf molekularer Ebene vom Glas trennen bzw. verbleibende geringste Eisengehalte in eine Spezies umwandeln, die die Transmission nicht mehr beeinträchtigen. Die Stofftrennung erfolgt bei rund 1500 Grad Celsius in der Glasschmelze. Vorteil beim Recycling von günstigem Flachglas sind die im Vergleich zu teuren und kaum noch verfügbaren eisenfreien Rohstoffen für die eisenarmen Gläser geringeren Kosten und die gute Verfügbarkeit.

---

### Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC

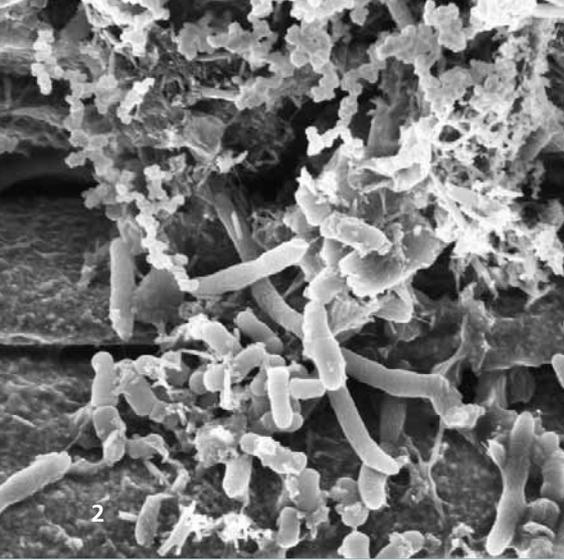
---

Als Materialforschungsinstitut erschließt das Fraunhofer ISC im Kundenauftrag neue Werkstoffpotenziale. Der Fokus liegt dabei auf nichtmetallischen, anorganischen Materialien wie Hochleistungskeramiken, Spezialgläsern, Glaskeramiken, anorganisch-organischen Hybridpolymeren und Nanokompositen (ORMOCER®e). Über 3500 m<sup>2</sup> Labor- und Technikumsflächen mit industrienaher Ausstattung sind derzeit verfügbar: Das akkreditierte Zentrum für Angewandte Analytik bietet über 50 etablierte Mess- und Analyse- sowie artefaktarme Präparationsverfahren und hochauflösende Elektronenmikroskopie.

Deutschland steht als rohstoffarmes Land vor der immer drängenderen Frage der gesicherten Rohstoffversorgung für die produzierende Industrie. In Zusammenarbeit mit der produzierenden und chemischen Industrie im Rhein-Main-Gebiet sowie am bayerischen Untermain wurde deshalb im September 2011 vom Fraunhofer ISC die Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie (Fraunhofer-Projektgruppe IWKS) als Keimzelle eines zukünftigen Fraunhofer-Instituts gegründet. Ziel der Einrichtung ist die Sicherung der langfristigen Verfügbarkeit von Rohstoffen für die verarbeitende Industrie.

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten fokussieren sich auf drei Arbeitsgebiete:

- Grundlagen und Rohstoffstrategien für Industrie und Politik
- Technologien der Rohstoffgewinnung und des Recyclings sowie recyclinggerechtes Produktdesign
- Substitution von kritischen Rohstoffen durch Werkstoff-Innovationen



2



3

- 1 *Glasmuster* (© Knud Dobberke für Fraunhofer ISC).
- 2 *Ansiedelung einer bakteriellen Population auf Metallspänen.*
- 3 *Klassierung der Ionen durch Free-Flow Elektrophorese.*

## BIOLEACHING UND SELEKTIVE ANREICHERUNG NIEDRIG KONZENTRIERTE METALLSALZLÖSUNGEN

### Arbeiten im Projekt

Prozessströme, die bereits eine Standardaufarbeitung durchlaufen haben, Deponiesickerwasser oder auch Laugungsbäder enthalten in der Regel nur geringe Mengen bestimmter Metalle. Diesen Metallen kann aufgrund des Wertes (Edelmetalle), der Verfügbarkeit (Seltene Erden) oder der Toxizität (Schwermetalle) trotzdem eine hohe Bedeutung zukommen. Bei diesen Stoffen können auch geringe Konzentrationen einen signifikanten Anteil an den zirkulierenden Mengen darstellen. Zum Schließen von Kreisläufen ist es deshalb gerade bei diesen Substanzklassen notwendig, auch niedrig konzentrierte Lösungen aufzuarbeiten und einer Verwertung zuzuführen. Für eine ökonomische Durchführung ist die Entwicklung innovativer Aufkonzentrierungs- und Trennkonzeppte notwendig.

Ziel des Demonstrators ist die Entwicklung eines integrierten Prozesses, der aus drei Teilprozessen aufgebaut ist: selektive Auflösung, selektive Aufkonzentrierung und selektive Abtrennung. Hierzu werden verschiedene Technologien, wie Bioleaching, Adsorption, Membrantechnologie und elektrophysikalische Trennung (weiter-)entwickelt. Der Demonstrator wird in enger Zusammenarbeit mit den anderen Demonstratoren durchgeführt, wobei ein intensiver Stoff- und Datenaustausch geplant ist.

Um eine effektive und sortenreine Abscheidung der in ihrer Eigenschaft (u. a. Größe und Ladung) sehr ähnlichen Stoffe zu gewährleisten, ist eine Kombination von Prozessen nötig: Die elektrophysikalische Trennung beinhaltet eine Klassierung der Ionen durch ein Free-Flow-Elektrophoreseverfahren sowie eine nachfolgende galvanische Abscheidung an Elektroden in wässrigen und nicht wässrigen Medien.

### Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Das Fraunhofer IGB entwickelt und optimiert Verfahren und Produkte für die Geschäftsfelder Medizin, Pharmazie, Chemie, Umwelt und Energie. Zu den Kompetenzen zählen Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft, Molekulare Biotechnologie, Physikalische Prozesstechnik, Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik sowie Zellsysteme.

Das Fraunhofer IGB ist mit drei Abteilungen an diesem Projekt beteiligt:

Schwerpunkte der Abteilung Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik liegen in der Entwicklung von Prozessen zur nachhaltigen Herstellung von Basischemikalien oder Energieträgern aus organischen Roh-, Rest- und Abfallstoffen. Im Projekt werden Stoffströme mittels Bioleaching behandelt, um ausgewählte Metalle selektiv herauszulösen.

In der Abteilung Grenzflächenverfahrenstechnik und Materialwissenschaft steht die Entwicklung von neuartigen Grenzflächen im Mittelpunkt. Im Projekt werden Grenzflächen für Adsorber und Membranen entwickelt, mit denen Metalle selektiv aus Stoffströmen angereichert werden sollen.

Die Abteilung Physikalische Prozesstechnik entwickelt verfahrenstechnische Prozesse und Prozesskomponenten, die auf physikalischen, physikalisch-chemischen und thermischen Prinzipien beruhen. Im Projekt werden aus aufkonzentrierten Metallsalzlösungen werthaltige Rohstoffe effizient gewonnen und als Feststoff abgeschieden.



1

## KERAMISCHE FILTER UND ADSORBENTIEN HEISSGASFILTRATION

### Arbeiten im Projekt

Der Demonstrator »Heißgasfiltration« adressiert das Thema der selektiven Abscheidung von Wertstoffen in Prozessen, die mit einer Abgasbildung bei hohen Temperaturen verbunden sind. Der Markt für Abgasreinigung ist aktuell im Wesentlichen unterteilt in Abgasreinigung für die Energietechnik (Kohle/Biomasse/Müllverbrennung/Vergasung) und sonstige industrielle Abgasreinigung. Gegenwärtig steht die Abreinigung von Schadstoffen im Mittelpunkt, um Umweltgrenzwerte einzuhalten oder Anlagentechnik zu schützen. Abgeschiedene Stäube aus Müll- und Sondermüllverbrennungsanlagen (ca. 1 Million Tonnen mit starken Steigerungsraten) werden dagegen kaum verwertet, obwohl sie beträchtliche Mengen an Zn, Pb, Cu, Cr und Ni enthalten.

20-30 Kilotonnen an Feinstaub aus Industrieprozessen gelangen in Deutschland gegenwärtig noch in die Umwelt. Eine integrierte Zurückhaltung von Wertstoffen wird nur in wenigen Beispielen praktiziert, zum Beispiel bei der Katalysatorrückgewinnung aus Wirbelschichtprozessen oder der Nanopartikelherzeugung (Ruß, pyrogene Kieselsäure). Das Ziel im Rahmen des Projektes besteht nun darin, auf energetisch effizientem Weg Wertstoffe in Heißgasprozessen selektiv so abzuscheiden oder aufzukonzentrieren, dass sie nach einer entsprechenden Aufbereitung möglichst in Primärproduktqualität wieder in den Produktionskreislauf eingebracht werden können. Dazu sind insbesondere material-, fertigungs- und prozesstechnische Aufgaben zu lösen. Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung von heißgasfähigen Sensoren, die eine Überwachung des Prozesses dauerhaft sicherstellen sollen.

### Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden und Hermsdorf deckt das Feld der Hochleistungskeramik von der grundlagenorientierten Vorlaufforschung bis zur Anwendung in seiner ganzen Breite ab. Das Leistungsangebot umfasst die anwendungsorientierte Entwicklung moderner keramischer Hochleistungswerkstoffe, industrierelevanter pulvertechnologischer Herstellungsverfahren und prototypischer Bauteile. Im Zentrum stehen dabei Strukturkeramiken, Funktionskeramiken und Cermets für innovative Lösungen in vielen Branchen der Wirtschaft.

In das Projekt »Molecular Sorting« bringt das Fraunhofer IKTS die spezielle Expertise auf dem Gebiet der Gasfiltration in Kombination mit Katalysator Technologien ein. Ziel ist es, Materialien und Strukturen für selektive Abscheidungsprozesse in Heißgas zu entwickeln: hochporöse Keramiken dienen zur Verankerung von Adsorbentien und Katalysatoren oder weisen selbst eine katalytische Aktivität auf. Filtermaterialien können in Kombination mit katalytischen Beschichtungen eine kombinierte Reinigungsfunktion übernehmen oder abgeschiedene Substanzen können unterstützend bei der Filterregeneration wirken.

Durch die Beschichtung der Schaumstruktur mit ausgewählten Adsorbentien und/oder katalytisch aktiven Materialien (Zeolithe, Hexaaluminate, Aktivkohle, Edelmetalle, Übergangsmetalle) wird eine Funktionalisierung erreicht. Dabei genügt es, dünne Schichten auf den Substratkörper aufzubringen, um vergleichbare Adsorptionsergebnisse oder katalytische Umsätze wie bei Schüttungen zu erreichen.



## DURCH TRENNUNG ZUR WERTSCHÖPFUNG MVA-SCHLACKEN

### Arbeiten im Projekt

Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen (MVA-Schlacken) sollen mit innovativen Recyclingverfahren so aufbereitet werden, dass die einzelnen Schlackenbestandteile voneinander getrennt und separiert werden können. Damit lassen sich zum Beispiel Eisenschrott und NE-Metalle aus Schlacken effizienter zurückgewinnen.

Am Fraunhofer IBP werden MVA-Schlacken mithilfe der sog. »elektrodynamischen Fragmentierung« aufbereitet. Dieses Verfahren beruht auf dem Prinzip, dass bei ultrakurzen Unterwasserentladungen ein Blitz nicht durch das Wasser, sondern bevorzugt durch den Festkörper entlang von Phasengrenzen verläuft, das Material wird dadurch selektiv aufgetrennt. Das Verfahren besitzt gegenüber mechanischen Verfahren mehrere Vorteile: Das Material wird nicht durch äußere Kräfte zerkleinert, sondern durch innere Elektroexplosionen. Es entstehen keine Stäube. Da keine Mahlwerkzeuge existieren, entfallen Verschleißprobleme, wie sie bei mechanischen Methoden auftreten.

In einer Machbarkeitsstudie konnte bereits gezeigt werden, dass sich MVA-Schlacken mithilfe der elektrodynamischen Fragmentierung in einzelne Mineralphasen auftrennen und separieren lassen.

### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Das Fraunhofer IBP arbeitet zusammen mit Industriepartnern an der Markteinführung neuer und umweltverträglicher Baustoffe, Bauteile und Bausysteme. Die Abteilung »Bauchemie, Baubiologie und Hygiene BBH« des Fraunhofer IBP forscht an chemischen, sensorischen, betontechnologischen und biologischen Fragestellungen. Im Fokus liegen technische Werkstoffe, Bauteile und Bauprodukte in Innenräumen und Gebäuden, sowie Materialien und Materialverbünde von Gebäudehüllen. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit ist die Weiterentwicklung des Werkstoffs Beton.

Die Gruppe »Betontechnologie« der Abteilung BBH beschäftigt sich neben der Entwicklung von funktionalen Baustoffen auch mit der Aufbereitung und Wiederverwertung von mineralischen Abfällen wie Altbeton, Aschen oder Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen.

1 Poröser Keramikfilter  
im Hochtemperaturtest  
(Fraunhofer IKTS).

2 Unbehandelte,  
gesiebte MVA-Schlacke  
< 12 mm (Fraunhofer ICT).

3 Grobfraction (> 2 mm) von  
fragmentierter MVA-Schlacke  
enthält hauptsächlich Bruch-  
stücke aus Glas und Keramik  
(Fraunhofer IBP).



## SEPARATION UND ECO-DESIGN HYBRIDBAUTEILE

### Arbeiten im Projekt

Längst werden in vielen technischen Bereichen Bauteile bzw. Bauteilgruppen eingesetzt, die sich in ihrer Zusammensetzung als Hybride erweisen. Nicht immer gelingt es die in ihrer Funktion optimal zusammenpassenden Komponenten von Hybridbauteilen nach ihrer Produktlebensphase in wiederverwertbare Werkstoff-Fractionen aufzutrennen und einer sinnvollen Verwertung zuzuführen.

Ziel ist es daher, im Rahmen dieses Projektes Hybridbauteile, aus dem Fahrzeug-, Luftfahrt- oder dem Windkraftanlagenbau einer ganzheitlichen und nachhaltigen Betrachtung zu unterziehen. Dabei werden unter gleichzeitiger Berücksichtigung von entsprechend angepassten Recycling- und Bauteil-Herstellungstechnologien Richtlinien zur Werkstoff- und Produktgestaltung von Hybridbauteilen erarbeitet.

Zur Erarbeitung von Richtlinien zur nachhaltigen Werkstoff- und Produktgestaltung von Hybridbauteilen wird vom Stand der Technik bei Hybridbauteilen hinsichtlich ihrer Herstellung und Rezyklierbarkeit ausgegangen. Über die Phasen der Soll/Ist-Analyse und die Handlungsbedarf-Definition für den Lösungsweg wird der Kern-Arbeitsbereich des Teilprojektes, die Entwicklung alternativer Lösungen, adressiert. Nach Erstellung und Optimierung des Gesamtkonzeptes für eine ausgewählte Bauteil/Werkstofftechnologie sowie Recyclingtechniken münden die Arbeiten in die Erstellung von Richtlinien zur Werkstoff- und Produktgestaltung als Handlungshilfen für Anwender aus den angesprochenen Branchen.

### Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Fraunhofer ICT in Pfinztal sind über die fünf Produktbereiche Angewandte Elektrochemie, Energetische Materialien, Energetische Systeme, Polymer Engineering und Umwelt Engineering breit gefächert.

Für die Entwicklungen im Bereich der faserverstärkten Kunststoffe stehen dem Fraunhofer ICT gemeinsam mit langjährigen Industriepartnern zahlreiche Technologien zur Verfügung. Es konnte unter anderem eine Technologie aufgebaut und weiterentwickelt werden, die es ermöglicht, Composite-Vorprodukte wie Glasfasern und Thermoplastgranulate sowie die benötigten Additive, aber auch Faserverbund-Rezyklate in einem einstufigen Verfahren zu Faserverbundbauteilen zu verarbeiten. Dieses Direktverfahren (LFT-D), zeichnet gemeinsam mit dem duroplastbasierten Direkt-SMC-Verfahren den Produktbereiche Polymer Engineering des Fraunhofer ICT aus. Anlagen zur Herstellung von Bauteilen im Spritzgießdirektverfahren für langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT-D-IM), das Polyurethan-Fasersprühverfahren sowie thermoplastische und duroplastische RIM/RTM-Verfahren, runden die technologische Angebotspalette der Faserverbundkompetenzen ab. Von Beginn an ist auch hier das Themenfeld Recycling von Composites immer wieder Bestandteil der Projektarbeit.

In »Molecular Sorting« wird die Vernetzung der Produktbereiche Umwelt- und Polymer- Engineering genutzt, um künftig im Bereich der faserverstärkten Kunststoffe Produkte mit besseren Recyclingeigenschaften auf den Markt bringen zu können. Dazu soll der Demonstrator »Hybridbauteile« einen wesentlichen Beitrag leisten.



© panthermedia

- 1 Hybridstruktur eines WKA-Rotorblatts (Fraunhofer ICT).
- 2 GWKA-Rotorblatt nach der Behandlung im Prallreaktor (Fraunhofer ICT).

## DER BLICK NACH VORN ÖKOLOGISCHE BETRACHTUNG UND ZUKUNFTSSZENARIEN

### Arbeiten im Projekt

Die Gewinnung stofflicher Ressourcen aus Abfällen ist unter dem Ziel der Ressourcenschonung grundsätzlich wünschenswert. Recycling ist dann ökologisch vorteilhaft, wenn die Umweltlasten der Bereitstellung des Sekundärmaterials unter denen der primären Bereitstellung liegen. Es lohnt sich, Stoffe zu rezyklieren, deren Herstellung aufwändig ist, die aber mit Verfahren mit geringen Umweltauswirkungen zurückgewonnen werden können. Dabei sind drei Aspekte von zentraler Bedeutung:

- 1 Das ökologische Profil der zu ersetzenden Primärmaterialien. Dies ist die Summe der Umweltwirkungen der einzelnen Verarbeitungsschritte.
- 2 Die konkrete Ausgestaltung der Verfahren zur Primär- und Sekundärproduktion jetzt und in Zukunft.
- 3 Die multidimensionale Bedeutung des Begriffs »Umweltwirkung«.

Für jedes Verfahren werden die Ergebnisse der entwicklungsparallel durchgeführten Ökobilanzen in mehreren Iterationsschleifen an die Entwickler zurückgeleitet. Am Ende stehen Verfahren, bei denen die ökologische Analyse integraler Bestandteil der Entwicklung ist.

### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung GaBi

Arbeitsschwerpunkt der Abteilung ist die Ganzheitliche Bilanzierung und Analyse von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen unter ökologischen, ökonomischen, sozialen und technischen Gesichtspunkten zur Entscheidungsunterstützung über den gesamten Lebensweg.

### Arbeiten im Projekt

Das Fraunhofer ISI erarbeitet konsistente Zukunftsszenarien für Technologien, die im Rahmen des Forschungsprojektes »Molecular Sorting« von den Projektpartnern entwickelt werden. Hierfür werden zunächst bestehende Zukunftsstudien aus dem Bereich »Produzieren – Konsumieren« analysiert und durch Experteninterviews ergänzt. Aus beiden Arbeitsschritten werden relevante Einflussfaktoren identifiziert und deren zukünftige Entwicklungen analysiert und dokumentiert. Darauf aufbauend werden in Expertenworkshops mehrere konsistente Zukunftsszenarien erstellt und diskutiert. Abschließend wird untersucht, welchen Beitrag die zu entwickelnden Technologien vor dem Hintergrund der Zukunftsszenarien leisten können und wie die technische Leistungsmerkmale eingeschätzt werden.

### Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Das Fraunhofer ISI analysiert die Rahmenbedingungen von Innovationen. Es erforscht die kurz- und langfristigen Entwicklungen von Innovationsprozessen und die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien und Dienstleistungen. Auf dieser Grundlage stellt das ISI seinen Auftraggebern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft Handlungsempfehlungen und Perspektiven für wichtige Entscheidungen zur Verfügung. Die Expertise liegt in der breiten wissenschaftlichen Kompetenz sowie einem interdisziplinären und systemischen Forschungsansatz. Die Arbeitsbereiche liegen im umfassenden Verständnis von Vorausschau, dem Innovations- und Technologie-management sowie dem maßgeschneiderten Einsatz eines ausgefeilten Methodensets.

# ANSPRECHPARTNER

---

## GESAMTPROJEKTLEITUNG

---

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

Dr.-Ing. Jörg Woidasky  
Telefon +49 721 4640-367  
joerg.woidasky@ict.fraunhofer.de

[www.molecular-sorting.fraunhofer.de](http://www.molecular-sorting.fraunhofer.de)

---

## DEMONSTRATOR ALTHOLZKASKADE

---

Peter Meinschmidt  
Fraunhofer-Institut für Holzforschung  
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI  
Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig  
Telefon +49 531 2155-449  
peter.meinschmidt@wki.fraunhofer.de

---

## DEMONSTRATOR HOCHTRANSPARENTE GLÄSER

---

Dr. Jürgen Meinhardt  
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC  
Neunerplatz 2  
97082 Würzburg  
Telefon +49 931 4100-202  
juergen.meinhardt@isc.fraunhofer.de

---

## DEMONSTRATOR NIEDRIG KONZENTRIERTE METALLSALZLÖSUNGEN

---

Dr. Thomas Schiestel  
Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-  
und Bioverfahrenstechnik IGB  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-4164  
thomas.schiestel@igb.fraunhofer.de



---

### **DEMONSTRATOR HEISSGASFILTRATION**

---

Dr.-Ing. Burkhardt Faßauer  
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme  
IKTS  
Winterbergstr. 28  
01277 Dresden  
Telefon +49 351 2553-7667  
burkhardt.fassauer@ikts.fraunhofer.de

---

### **ÖKOBILANZIERUNG**

---

Jan Paul Lindner  
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Hauptstrasse 113  
70771 Leinfelden-Echterdingen  
Telefon +49 711 489999-25  
jan-paul.lindner@ibp.fraunhofer.de

---

### **DEMONSTRATOR MVA-SCHLACKE**

---

Dr. Volker Thome  
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Fraunhoferstr. 10  
83626 Valley  
Telefon +49 8024 643-623  
volker.thome@ibp.fraunhofer.de

---

### **ZUKUNFTSSZENARIEN**

---

Dr.-Ing. Ralph Seitz  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI  
Breslauer Straße 48  
76139 Karlsruhe  
Telefon +49 721 6809-323  
ralph.seitz@isi.fraunhofer.de

---

### **DEMONSTRATOR HYBRIDBAUTEILE**

---

Alexander Stark  
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7  
76327 Pfinztal  
Telefon +49 721 4640-644  
alexander.stark@ict.fraunhofer.de

# WIR FORSCHEN VORAUSS – »ÜBERMORGEN-PROJEKTE«

## Das Forschungsprogramm »Märkte von Übermorgen« liefert Antworten auf aktuelle Herausforderungen

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat in der Strategieentwicklung in den vergangenen Jahren einen Perspektivenwechsel vom Angebot zur Nachfrage vollzogen: Standen früher die Technologien im Fokus, sind es nun künftige Herausforderungen. Deshalb orientiert sich Fraunhofer an den großen Bedarfefeldern der Gesellschaft: Menschen brauchen Gesundheit, Energie, Kommunikation, Umwelt, Mobilität und Sicherheit.

Ausgehend von globalen gesellschaftlichen Herausforderungen hat die Fraunhofer-Gesellschaft in einem institutsübergreifenden Portfolio-Prozess fünf Zukunftsthemen identifiziert, die forschungsintensive Wachstumsmärkte erwarten lassen:

- Verlustarme Erzeugung, Verteilung und Nutzung elektrischer Energie,
- Bezahlbare Gesundheit,
- Produzieren in Kreisläufen,
- Emissionsarme, zuverlässige Mobilität in urbanen Räumen,
- Erkennen und Beherrschen von Katastrophen.

Für diese »Märkte von Übermorgen« will Fraunhofer integrierte Lösungsansätze anbieten und Technologieführer innerhalb der deutschen und europäischen Forschungslandschaft werden. In sieben »Übermorgen-Projekten« werden in den kommenden drei Jahren marktfähige Ergebnisse erarbeitet. Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert die Projekte mit insgesamt 33 Millionen Euro.

