



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**DIE NEUE  
HIGHTECH  
STRATEGIE**  
Innovationen für Deutschland

# Spitzenforschung im Mittelstand

KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz



# Spitzenforschung im Mittelstand

## KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind oft Treiber und Entwickler von innovativen Effizienztechnologien. Sie sind zudem eine wichtige Schnittstelle für den Transfer von Forschungsergebnissen aus der Wissenschaft in die Wirtschaft. Mit der Förderinitiative „KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz“ stärkt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Innovationspotenzial kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) im Bereich Spitzenforschung. Gefördert werden Projekte aus der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung, in folgenden Themenbereichen:

### Rohstoffeffizienz

- Steigerung der Ressourceneffizienz vor allem in rohstoffintensiven Branchen
- Effiziente Bereitstellung und Nutzung wirtschaftsstrategischer
- Verbesserung der Rohstoffproduktivität durch Optimierung von Wertschöpfungsketten inkl. Bewertungs- und Steuerungsinstrumente
- Innovative Recycling- und Verwertungsverfahren
- Ressourceneffizientes Produktdesign

### Energieeffizienz und Klimaschutz

- Systembezogene Technologien, Verfahren und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie
- Emissionsmindernde Technologien und Verfahren für Industrieprozesse
- Klimarelevante Querschnittstechnologien
- Innovative Dienstleistungen und Produkte zum Klimaschutz/zur Klimaanpassung
- Emissionsmindernde Bewirtschaftungsverfahren in ländlichen Räumen

### Nachhaltiges Wassermanagement

- Innovative Verfahren zur Trinkwassergewinnung und Wasseraufbereitung
- Strategien und Technologien zur Wassereinsparung und Kreislaufführung
- Innovative Abwasser- bzw. Regenwasserbehandlungstechnologien/Energiegewinnung aus Abwasser
- Konzepte und Technologien zur Kopplung von Stoffströmen/Rückgewinnung von Stoffen
- Mess-, Steuer- und Regelungstechnik für Wassersysteme
- Effiziente Bewässerungstechnologien
- Ressourcen- und energieeffiziente Anpassungsmaßnahmen, die die Exportfähigkeit im Wassersektor steigern

### Nachhaltiges Flächenmanagement

- Instrumente, die den Flächenverbrauch reduzieren und die Innenentwicklung von Städten stärken
- Dienstleistungen, Instrumente und Technologien für das Flächenrecycling

# KMU-innovativ Rohstoffeffizienz: aktuelle Projekte

## Inhaltsverzeichnis

KlaRo! - Effiziente Klassierung von Rostasche	4
LasT - Laserfunktionalisierung von Tapes	6
LEB - Langzeitverfügbarkeit von elektronischen Bedieneinheiten	8
OPTIMIN - Optimierung der stofflichen Verwertung mineralischer Rückstände	10
OPTIMUM - Optimierung der Ressourceneffizienz von Heizungs- und Solar-Pumpen	12
ReMetsplus - Biologische Rückgewinnung von Metallen und Edelmetallen	14
ToPoLight - Topologieoptimierte Leichtbaustrukturen	16



# KlaRo! - Effiziente Klassierung von Rostasche zur Nutzbarmachung von metallischen Wertstoffen

Impulse für kleine und mittlere Unternehmen. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ“

**Das Forschungsprojekt „KlaRo!“ will aus Müll wertvolle Metalle gewinnen, die in herkömmlichen Recycling-Verfahren weitestgehend verloren gehen. Sein Ansatz: Ein gesteuerter Siebprozess nach der Müllverbrennung, der hilft, die einzelnen Bestandteile der Asche gründlicher zu sortieren. Damit sollen vor allem die feinsten Aschekörner geborgen werden, die Nichteisenmetalle wie Kupfer, Zink, Bronze, Messing u.a. enthalten. Das Projekt wird im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ durchgeführt. Die Initiative unterstützt kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen für eine verbesserte Rohstoffeffizienz.**

## Ungeborgene Schätze

Jährlich fallen in den Müllverbrennungsanlagen Deutschlands rund 5 Millionen Tonnen Müllverbrennungsasche, sogenannte Rostasche, an. Knapp 10 Prozent davon sind wertvolle Metalle – eisenhaltige ebenso wie Nichteisen. Bei den derzeit üblichen Aufbereitungsverfahren verbleiben trotz hohem technischen Aufwand pro Jahr etwa 65.000 Tonnen Nichteisenmetalle wie Kupfer, Zink, Messing und Aluminium in den Resten der Müllverbrennung und gehen dem Wertstoffkreislauf verloren. Ein zu bergender Schatz an Ressourcen, denn diese kostbaren und unverzichtbaren Metalle werden in vielen Lebensbereichen und Industrien eingesetzt, entsprechend hoch ist weltweit die Nachfrage.

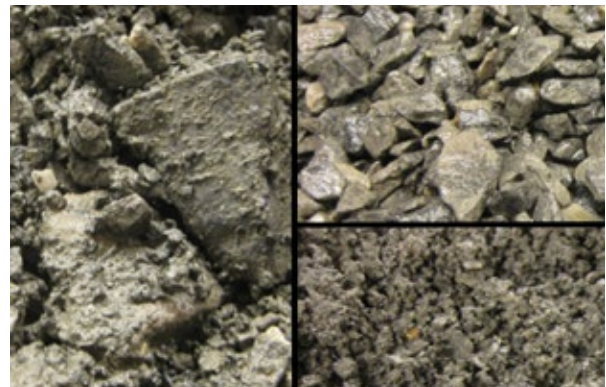
## Die Wertstoffe im Sieb

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, einen hohen Anteil dieser Metalle zu gewinnen, die vor allem in den feineren Körnern der Asche enthalten sind, in Körnern unter 10 Millimeter Größe. Dazu soll der Anteil der gewonnenen Feinkörner selbst erhöht werden. Das geschieht mit Hilfe eines neuen, gesteuerten Siebprozesses, der die unterschiedlich großen Bestandteile der Rostasche gründlich und effizient voneinander trennt. Daraus können anschließend die Metalle entnommen und recycelt werden.

## Spurensuche zwischen Nässe und Trockenheit

Der Siebprozess selbst spielt damit eine zentrale Rolle in der Aufbereitungskette vom Müll zum Metall. Aus der Verbrennungsanlage kommt die heiße Asche mit ihren unterschiedlich großen Bestandteilen zunächst zur Abkühlung in ein Wasserbad. Durch die Feuchtigkeit klumpt ein Großteil der Feinkörner, die rund 50 Prozent der Gesamtmasse ausmachen, zu größeren Teilen zusammen. Mit herkömmlichen Technologien können sie nicht abge-

siebt werden. Doch nur, wenn die unterschiedlich großen Bestandteile der Asche entsprechend gesiebt und getrennt sind, können die enthaltenen Metalle im anschließenden Sortierverfahren überhaupt erfasst und entnommen werden.



Die verschiedenen Bestandteile der Müllasche: Damit Metalle gewonnen werden können, müssen feine Körner (rechts unten) von groben Körnern (rechts oben) getrennt werden.

An dieser Stelle setzt das Projekt „KlaRo!“ an, das von Partnern aus Wissenschaft, Recyclingwirtschaft und Planern gemeinsam in einer Pilotanlage erprobt wird. Durch gezielte Zufuhr von Wasser bzw. durch Trocknung erforschen die Projektpartner die effektivste Methode, Feinkörner zu gewinnen. Dabei setzen sie auf die physikalischen Prozesse, die Feuchtigkeit bzw. Trockenheit auslösen. Sowohl bei sehr hohem Wassergehalt als auch bei sehr hoher Trockenheit ist die Ausbeute jeweils am größten, so die Ausgangsvermutung. In der praktischen Erprobung der Pilotanlage wird gemessen, bei welchem der beiden die höhere Menge an Feinkörnern und damit Metall gewonnen werden kann. Dazu werden die entnommenen Proben anschließend sortiert und ermittelt, welche Menge an Metall in großtechnischen Sortierverfahren erreichbar ist.

### Neue Technologie für bestehende Anlagen

Als Ergebnis will das Projekt definierte und übertragbare Größen der Wasserzufuhr bzw. Trocknung für den Siebprozess vorlegen. Das Verfahren zielt auf die technische Durchführbarkeit und auf Wirtschaftlichkeit ab. Der gewonnene Wert an Nichteisenmetallen wie Kupfer, Aluminium und Zink soll die Mehrkosten der neuen Siebtechnologie decken bzw. übertreffen. Diese ist zudem so konstruiert, dass bestehende Anlagen nachgerüstet werden können. Langfristig wird angestrebt, die Effizienz der deutschen bestehenden Aufbereitungsanlagen dadurch zu verbessern.

Der gesteuerte „KlaRo!“-Siebprozess trägt damit zum einen zum Rückgewinn wertvoller Ressourcen bei. Er hat noch einen weiteren Effekt, der wirtschaftliche Nachhaltigkeit befördert: Die vom Metall befreiten Aschekörner können weiter verwertet werden, etwa als Ersatzbaustoff für Deponiebau, Erdbau oder Straßenbau.



Die „KlaRo!“-Aufbereitungsanlage für Rostasche.

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ:  
Technologiefeld Rohstoffeffizienz

#### Projekttitel

KlaRo! - Entwicklung einer effizienten Klassierung von Rostasche zur Nutzbarmachung von metallischen Wertstoffen

#### Laufzeit

01.08.2015 – 31.07.2017

#### Förderkennzeichen

033RK028A, 033RK028B, 033RK028C

#### Fördervolumen des Verbundes

273.800 Euro

#### Kontakt

pbo Ingenieurgesellschaft mbH  
Dennis Wegkamp  
Altstraße 54, 52066 Aachen  
E-Mail: [wegkamp@pbo.de](mailto:wegkamp@pbo.de) [www.pbo.de](http://www.pbo.de)

#### Projektpartner

RWTH Aachen University (Institut für Aufbereitung und Recycling; I.A.R.), Aachen  
Wertstoffverwertung Wuppertal GmbH, Wuppertal  
HEIN, LEHMANN GmbH, Krefeld

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53170 Bonn

#### Redaktion und Gestaltung

Projekträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit  
Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

#### Bildnachweis

pbo Ingenieurgesellschaft mbH

Stand: Februar 2017



# LasT – Laserfunktionalisierung von Tapes als ressourceneffizientes Reparatur- und Beschichtungsverfahren

**Impulse für kleine und mittlere Unternehmen. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ“**

**Das Projekt „LasT“ entwickelt ein neuartiges Beschichtungsverfahren, das die Lebensdauer großer industrieller Bauteile erheblich verlängert. Das Tape-Verfahren mittels Lasertechnik ist mobil einsetzbar, senkt Kosten und spart Energie. Das Projekt wird im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ durchgeführt. Die Initiative unterstützt kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen für eine verbesserte Rohstoffeffizienz.**

## Mit Tapes flexibel reparieren

Mit sogenannten Tapes lassen sich große Industrie-Bauteile wie etwa Walzen vor weiterem Verschleiß schützen bzw. reparieren. Die Firma EUROMAT, einer der Partner dieses Projekts, stellt patentierte Tapes her. Ihr flexibles Produkt besteht aus metallischen oder keramischen Pulverpartikeln - oder einer Mischung aus beiden - sowie einem Bindemittel. Das Tape wird passgenau auf das Bauteil gesetzt und anschließend bei sehr hohen Temperaturen verfestigt, versintert. Dabei verdampft das Bindemittel vollständig. Eine dichte Schicht entsteht, die fest mit dem Bauteil verbunden ist. Das Tape kann in unterschiedlichen Stärken hergestellt werden.

Die Vorteile dieses Verfahren gegenüber anderen pulverbeschichteten Verfahren: Der Umgang mit ökologisch kritischen und gesundheitsgefährdenden Substanzen entfällt. Zudem werden die Materialien vollständig verbraucht. Es gibt keine Reststoffe.

Noch ist dieses flexible und umweltschonende Verfahren energie-intensiv. Es kann zudem nur in einer stationären Ofenanlage durchgeführt werden. Sehr große, schwer transportierbare Bauteile wie Walzen aus der Papier-Industrie können damit nicht oder nur von Spezialfirmen behandelt werden.

Die hohe Temperatur führt darüber hinaus zu Veränderungen im Gefüge, das Bauteil kann sich verformen bzw. verziehen.

## Laser ersetzt Ofen

Das Projekt „LasT“ optimiert die Tape-Beschichtung, indem es den Ofen durch hocheffiziente Laser ersetzt. Mit den mobilen Geräten lassen sich Flächen präziser behandeln, auch die Temperatur kann genauer eingestellt werden.

Änderungen im Gefüge der Bauteile und Verformungen werden dadurch deutlich geringer. Das Verfahren spart Transportkosten bzw. ermöglicht überhaupt erst Reparatur und Verschleißschutz, ist energieeffizient und verlängert die Lebensdauer der Bauteile.

Im Projektverlauf stimmen EUROMAT und das Fraunhofer Institut für Lasertechnik Aachen in gemeinsamen Forschungen die Laser-Technologie und die Beschichtung exakt aufeinander ab. Sie optimieren Materialgemisch und Chemie der Tapes und erstellen verlässliche Parameter für Temperatur und Dauer der Laserbestrahlung.



Mit Präzision für lange Lebensdauer: Die Laser-Tape-Technologie kann auch kleinste Schäden an Bauteilen passgenau reparieren. Die tatsächliche Größe dieses Tapes beträgt 10 mal 10 Millimeter.

### Laserbestrahltes Tape im praktischen Einsatz

Genutzt wird die neue Beschichtung zunächst von den beiden industriellen Partnern des Projekts, ausgeführt werden die Arbeiten von der Firma IXUN, einem Spezialisten auf dem Gebiet des 3-D-Laserbeschichtens.

Die Ansprüche der beiden Industrieunternehmen an die neue Technologie sind dabei unterschiedlich.

Die Firma EXTRUDER EXPERTS, Hersteller von Bauteilen für die Kunststoff-Industrie, will ihre Produkte nachhaltiger gestalten.

Die Segmente für Doppelschnecken-Extruder, metallische Knet- und Förderbauteile, werden bisher in aufwändigen Verfahren hergestellt, bei denen bis 50 Prozent des hochwertigen PM-Stahls mit hohen Kosten zerspant werden. Sie unterliegen zudem hohem Verschleiß. Die neue Tape-Beschichtung soll einen Umstieg auf das kostengünstigere und ressourcenschonendere Material Vergütungsstahl ermöglichen. Durch Tapes geschützt, wird die Belastbarkeit der neuen Extruder im Projekt erprobt.

Beim zweiten Unternehmenspartner, dem Walzenproduzenten IRLE, dichten die neuen Tapes Oberflächenfehler an den Walzen ab, die während der Herstellung entstehen. Da die Walzen zur Papierherstellung dienen, ist der Anspruch an eine glatte, präzise Oberfläche besonders hoch. Entstehen durch das Gießen Poren im Material, müssen diese bisher in einem aufwändigen mechanischen Verfahren durch Stifte verschlossen werden. Die neue Beschichtung ersetzt den ineffektiven Prozess und verlängert die Lebensdauer der Walzen.

Nach seinen erfolgreichen Testläufen steht das neue, mobile Beschichtungsverfahren dann auch dazu bereit, Reparaturen vor Ort im laufenden Betrieb von Industrieunternehmen vorzunehmen.

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ:  
Technologiefeld Rohstoffeffizienz

#### Projekttitel

LasT - Laserfunktionalisierung von Tapes als ressourcen-effizientes Reparatur- und Beschichtungsverfahren

#### Laufzeit

01.10.2015 – 30.09.2017

#### Förderkennzeichen

033RK025A-D

#### Fördervolumen des Verbundes

699.000 Euro

#### Kontakt

M. Sc. Silja-Katharina Rittinghaus, Fraunhofer ILT,  
Aachen  
E-Mail: siljakatharina.rittinghaus@ilt.fraunhofer.de

#### Projektpartner

EUROMAT GmbH  
IXUN Lasertechnik GmbH  
Extruder Experts GmbH & Co. KG  
Fraunhofer – Institut für Lasertechnik  
Walzen Irlle GmbH (assoziiierter Partner)

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53175 Bonn

#### Redaktion und Gestaltung

Projekträgerchaft Ressourcen und Nachhaltigkeit  
Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

#### Bildnachweis

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik

Stand: Februar 2017

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



# LEB - Langzeitverfügbarkeit von elektronischen und elektromechanischen Bedieneinheiten

Impulse für kleine und mittlere Unternehmen. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ“

In der Elektronikbranche kommen in immer kürzeren Abständen neue Materialien und Technologien auf den Markt. Zugleich wächst der Bedarf, elektronische Ersatzteile langfristig zur Verfügung zu haben. Wie und wodurch neue Materialien altern und wie sie dauerhaft als Ersatz gelagert werden können, untersucht das gemeinsame Forschungsvorhaben der HTV Conservation GmbH und des Fraunhofer-Instituts. Das Projekt wird im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ durchgeführt. Die Initiative unterstützt kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen für eine verbesserte Rohstoffeffizienz.

## Markt versus Notwendigkeit

Elektronische und elektromechanische Bedieneinheiten (EB) sind in vielen Bereichen des täglichen Lebens nicht mehr wegzudenken. Vom Smartphone bis zum Navigations- und Infotainment-System im Auto nehmen sie im privaten Bereich einen großen Stellenwert ein. Als Fernbedienung helfen sie, elektronisches Spielzeug zu navigieren oder TV-Geräte zu steuern. Auch im industriellen Sektor sind die Bedieneinheiten weit verbreitet, z. B. in der Prozesssteuerung von Produktionsabläufen.

Rasante technische Entwicklungen im Elektronikbereich können jedoch auch problematisch werden. Häufig ist die wirtschaftliche Lebensdauer, die Zeit, in der Bauteile oder Baugruppen rentabel produziert werden können, sehr kurz. Sehr viel länger werden sie indes als Ersatzteile gebraucht. Gerade in der Automobil-, in der Luft- und Raumfahrt-Branche sowie im Energiesektor müssen Ersatzteile viele Jahre oder auch Jahrzehnte verfügbar sein, auch dann noch, wenn die Serie nicht mehr produziert wird. Gleiches gilt für Medizintechnik und Militär. Entsprechend sollten die Bedieneinheiten gelagert werden.

## Wie Materialien altern

Die Firma HTV Conservation GmbH, einer der beiden Projektpartner, hat bereits vor einigen Jahren ein weltweit einmaliges, eigens auf die Alterungsmechanismen elektronischer Bauteile und Baugruppen abgestimmtes Konservierungs- und Lagerungsverfahren entwickelt. Dieses vermeidet bzw. reduziert die Technologie- und Materialtypischen Alterungseffekte wie Oxidation oder Korrosion. Die „Thermisch-Absorptive Begasung“ (TAB®) erhöht die Haltbarkeit von Bauteilen auf bis zu 50 Jahre. Sie soll im Lauf des Projektes auf das Alterungsverhalten neuer

Materialien für Elektronische Bedieneinheiten eingestellt werden. Dazu muss zunächst dieses Alterungsverhalten selbst erforscht werden.



Eine elektronische Bedieneinheit besteht aus bis zu mehreren Hundert Materialien. Das Forschungsprojekt untersucht den Alterungsprozess neuer elektronischer Materialien, damit sie entsprechend gelagert werden können.

Gemeinsam mit dem Projektpartner Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF) untersuchen die Forscher des Unternehmens eine Vielzahl neuer Materialien und Komponenten für Smartphone, Fernbedienung, Display und Co. HTV Conservation wird dabei elektronische Bestandteile wie Kondensatoren, Widerstände und Kontakte unter die Lupe nehmen. Die Fraunhofer-Wissenschaftler bringen ihr Know-how in Sachen Kunststoffe ein. Zum Forschungsprozess gehört etwa das Simulieren von Hitze bzw. Kälte in Klimaprüfschränken. Auch, wie die einzelnen Materialien auf Druck oder UV-Licht reagieren, wird erforscht.

„Wichtig für eine Lagerung ist die Reduktion des Sauerstoffgehaltes“, sagt Projektkoordinatorin Dr. Birgit Staben.

Doch gilt das auch für neue Kunststoff-Gemische und für andere neue Materialien? Welche Wechselwirkungen bestehen zwischen den einzelnen Komponenten, z.B. zwischen elektronischen Bauteilen und ihren Kunststoff-Einbettungen?

Dazu will das Projekt während seiner Laufzeit verlässliche Aussagen treffen. Ziel ist es, anschließend entsprechende Konservierungsmethoden nach dem „TAB“-Prinzip zu etablieren und diese marktfähig zu machen.

### **Effizient im doppelten Sinne**

Das Forschungsprojekt verhilft elektronischen Bauteilen zu längerer Haltbarkeit und stellt damit auch ein längeres Leben von Geräten und Maschinen sicher, die ohne entsprechende Ersatzteile nicht mehr einsatzfähig wären. Nachhaltig ist es auch im Hinblick auf die in den Bauteilen enthaltenen sogenannten kritischen Rohstoffe: Gallium für Halbleiterchips; Gold, Silber, Palladium für Kontakte; Indium für Displays, Lanthan, Praseodym, Terbium für die Hintergrundbeleuchtung und seltene Erden für Leuchtstoffe. Je länger die Bauteile gelagert werden können, umso weniger müssen fabriziert werden. Das spart wertvolle Rohstoffe.

#### **Fördermaßnahme**

KMU-innovativ  
Technologiefeld Rohstoffeffizienz

#### **Projekttitle**

LEB - Langzeitverfügbarkeit von elektronischen/  
elektromechanischen Bedieneinheiten

#### **Laufzeit**

01.10.15 – 30.09.2018

#### **Förderkennzeichen**

033RK0030

#### **Fördervolumen des Verbundes**

372.000 Euro

#### **Kontakt**

HTV Conservation GmbH  
Dr. Birgit Staben  
Robert-Bosch-Straße 28, 64625 Bensheim  
E-Mail: [info@htv-conservation.com](mailto:info@htv-conservation.com)  
Internet: [www.htv-conservation.com](http://www.htv-conservation.com)

#### **Projektpartner**

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und  
Systemzuverlässigkeit (LBF)

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53170 Bonn

#### **Redaktion und Gestaltung**

Projekträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit  
Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

#### **Bildnachweis**

HTV Conservation GmbH

**Stand: Februar 2017**

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



# OPTIMIN – Optimierung der stofflichen Verwertung mineralischer Rückstände aus der Abfallwirtschaft

**Impulse für kleine und mittlere Unternehmen. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ“**

Über fünf Millionen Tonnen Hausmüllverbrennungsrückstände fallen jährlich in Deutschland an. Bislang konnten diese zu wesentlichen Anteilen als mineralischer Ersatzbaustoff verwertet werden. Verringerte Akzeptanz und steigende Anforderungen gefährden aber diese Verwertung. Durch weitergehende Aufbereitung sowie das Waschen der Verbrennungsrückstände will „OPTIMIN“ die ressourceneffiziente Verwertung für Teilströme sichern. Das Projekt wird im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ durchgeführt. Die Initiative unterstützt kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen für eine verbesserte Rohstoffeffizienz.

## Wertvolle mineralische Ressourcen

In der Vergangenheit konnte bundesweit knapp ein Drittel der Hausmüllverbrennungsrückstände als Ersatzbaustoff im Straßen- und Wegebau vergleichsweise hochwertig verwertet werden, rund 45 Prozent wurden als Deponiebaustoff eher geringwertig verwertet. In Hamburg konnte bisher die gesamte verfügbare Menge im Straßen- und Wege-, bzw. Gewerbebau hochwertig verwertet werden. Aktuell stagniert die Nachfrage nach Recyclingbaustoffen, so dass sich die Marktstellung der Asche als Ersatzbaustoff verschärft. Die zunehmende Zurückhaltung führt zu einer Zunahme der Mengen, die aufwändig und teuer deponiert werden müssen, wodurch wertvolle mineralische Ressourcen dem Wirtschaftskreislauf entzogen werden.



Herzstück der Vertikalsetzmaschine für die Wäsche von Hausmüllasche.

## Vorgaben potenzieller Verwerter

Ziel des Projektes ist die Sicherstellung der hochwertigen, stofflichen Verwertung weitgehender Anteile der Asche. Zu diesem Zweck sind als potenzielle Verwerter Unternehmen der Zement-, Asphalt- und Betonindustrie als Partner bzw. Subunternehmer von Projektpartnern ins Projekt aufgenommen worden. Sie definieren die Anforderungen, die sie an die mineralischen Komponenten der Asche haben, damit eine hochwertige Verwendung im Baustoff Zement, Asphalt oder Beton möglich ist.

Die Projektpartner aus der Asche-Aufbereitung werden mit den ihnen zur Verfügung stehenden trockenen oder nassen Methoden der Aufbereitung entsprechende Stoffströme erzeugen. Dazu werden zuerst modernste Methoden der trockenen Metallabtrennung bis in den Feinkornbereich von 0,5 Millimeter und eine Auftrennung der Asche in verschiedene Korngrößenspektren durch Siebungsverfahren eingesetzt. Durch nachgeschaltete Nassverfahren sollen auch aus der Feinstfraktion noch Metalle zurückgewonnen und eine metallarme Feinstfraktion für die Zementindustrie bereitgestellt werden. Die größeren Fraktionen werden durch eine Wäsche in einer Vertikalsetzmaschine von unverbrannten Materialien und Salzfrachten befreit. Den Projektpartnern aus der Zement-, Asphalt- und Betonindustrie werden so optimal aufbereitete Teilströme zur Verfügung gestellt.

## Prüfung der Praxistauglichkeit

Die drei potenziellen Verwerter werden in Kooperation mit den beteiligten wissenschaftlichen Instituten die Eigenschaften der von den Aufbereitern gelieferten Materialien im Labor überprüfen und in einer ersten Stufe Probekörper bzw. Problemischungen unter Zusatz

der Asche-Körnungen herstellen. Diese Körper und Mischungen werden nach verschiedensten Kriterien wie z.B. Wasserdurchlässigkeit, Dichte, Kornform, Zertrümmungswiderstand, Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel, Scherfestigkeit geprüft. Aus geeigneten Materialien werden als letzte Stufe große Probestücke und Testflächen hergestellt bzw. Brennversuche im Zementwerk gefahren. Auch diese Testprodukte werden eingehend untersucht und bewertet.

Über den Zeitraum von zweieinhalb Jahren werden verschiedene Unternehmen aus der Metropolregion Hamburg und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin die Möglichkeiten untersuchen, aus der Asche hochwertige Baustoffkomponenten herzustellen. Es wird erwartet, dass zumindest für einen Teilstrom ein Verwertungsweg aufgezeigt werden kann, der mindestens 20 Prozent der Asche dauerhaft aufnehmen kann. Bezogen auf das bundesweite Aufkommen könnten so mindestens eine Million Tonnen mineralischer Sekundärrohstoffe hochwertig verwertet werden. Eine besondere Herausforderung wird in der Klärung gesehen, ob die so erzeugten Sekundärrohstoffe als Zuschlagstoff für die Baustoffindustrie weiterhin dem Abfallrecht unterliegen oder als Produkt bezeichnet werden dürfen.

**Fördermaßnahme**

KMU-innovativ:  
Technologiefeld Rohstoffeffizienz

**Projekttitle**

OPTIMIN – Optimierung der stofflichen Verwertung mineralischer Rückstände aus der Abfallwirtschaft

**Laufzeit**

01.01.2016– 30.06.2018

**Förderkennzeichen**

033RK027 A-G

**Fördervolumen des Verbundes**

571.000 Euro

**Kontakt**

Stadtreinigung Hamburg  
Dr. Stefan Lübben  
Bullerdeich 19, 20537 Hamburg  
Telefon: 040 / 2576-1071  
E-Mail: s.luebben@srhh.de

**Projektpartner**

Technische Universität Hamburg,  
Institut für Umweltechnik und Energiewirtschaft,  
Hamburg  
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung,  
Fachbereich Schadstofftransfer und Umwelttechnologien,  
Berlin  
Hanseatisches Schlackenkontor ARGE Vertrieb GbR,  
Hamburg  
Heidemann Recycling GmbH, Himmelpforten  
LafargeHolcim (Deutschland) GmbH, Hamburg  
Frischbeton Hamburg GmbH, Hamburg

**Internet**

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

**Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53170 Bonn

**Redaktion und Gestaltung**

Projekträgerchaft Ressourcen und Nachhaltigkeit  
Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

**Bildnachweis**

Stefan Lübben

**Stand: Februar 2017**

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



# OPTIMUM - Optimierung der Ressourceneffizienz von Heizungs-, Trinkwasser- und Solar-Pumpen

Impulse für kleine und mittlere Unternehmen. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ“

Europaweit werden mehr als 140 Millionen Umwälzpumpen betrieben, die im Schnitt nach zehn Jahren ersetzt werden. Auch für sie gelten europaweite Mindestanforderungen der Energieeffizienz. Die Effizienz von Umwälzpumpen darf aber zukünftig nicht allein im Kontext ihres Energiebedarfs gesehen werden. Effizienz bedeutet auch Ressourceneffizienz und optimierter Lebenszyklusaufwand. Ziel des Projekts ist daher die Optimierung der Ressourceneffizienz von Umwälzpumpen: „OPTIMUM“. Das Projekt wird im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ durchgeführt. Die Initiative unterstützt kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen für eine verbesserte Rohstoffeffizienz.

## Großer Markt für Pumpen

Umwälzpumpen für Anwendungen in Wohn- und Bürogebäuden sind mechatronische Aggregate. Sie bestehen üblicherweise aus der Pumpe zur Übertragung von Energie an das flüssige Wärmeträgermedium, einem integrierten Elektromotor, der die Pumpe antreibt, und einer Elektronik zur Ansteuerung des Elektromotors. Der Elektromotor ist dabei meist als Nassläufer ausgeführt. Dies bedeutet, dass der Motorinnenraum von dem zu fördernden Medium durchspült ist. Üblicherweise werden Stator und Wicklung dabei durch ein Spaltrohr hermetisch gegen das Medium abgedichtet. So kann auf rotierende Wellenabdichtungen verzichtet werden, um verschleißbedingte Leckagen zu vermeiden und ein wartungsfreies Aggregat zu erhalten.

Solche Umwälzpumpen befinden sich in Wohn- und Bürogebäuden im Einsatz für den Transport von Trink-, Heiz- und Kühlwasser zwischen Wärmeerzeugern und Wärmeverbrauchern. In Einfamilienhäusern werden bis zu drei Pumpen eingesetzt, in größeren Komplexen eine höhere Anzahl von Umwälzpumpen. Europaweit werden mehr als 140 Millionen Umwälzpumpen betrieben, die im Schnitt nach zehn Jahren ersetzt werden. Das heißt, dass in Europa allein zur Aufrechterhaltung des Austauschgeschäfts eine jährliche Produktion von 14 Millionen Umwälzpumpen erforderlich ist.

## Effizienz bedeutet auch Ressourceneffizienz

Um die in der ErP-Richtlinie geforderte Energieeffizienz zu erreichen, setzen die Hersteller bei ihren Pumpenantrieben heute praktisch ausschließlich auf den Einsatz von Hochleistungs-Permanentmagneten aus Selten-Erden-Metallen, deren Abbau aufwendig und ökologisch problematisch ist.



Ein Heizungsverteiler in einem Gewerbegebäude.

Zusätzlich wurden die Wirkungsgrade der elektrischen Pumpenantriebe durch vermehrten Einsatz von Kupfer in der Statorwicklung und der damit einhergehenden Verkleinerung des Wicklungswiderstands erhöht. Die höhere Energieeffizienz wurde also durch einen ressourcenintensiveren Materialeinsatz erkauft.

Vor dem Hintergrund der großen Stückzahl darf die Effizienz von Umwälzpumpen zukünftig aber nicht allein im Kontext des Energiebedarfs gesehen werden. Effizienz bedeutet neben Energieeffizienz auch Ressourceneffizienz und optimierter Lebenszyklusaufwand. Um dies für Umwälzpumpen zu erreichen, sind neue Konzepte zu entwickeln,

die bezüglich des Ressourceneinsatzes optimiert sind und dabei trotzdem die geforderte Energieeffizienz erreichen.

### Interdisziplinäre Aufgabenstellung

Aus dem innovativen Ansatz, ein Pumpe-Motor-Aggregat unter der Prämisse der Schonung kritischer Ressourcen zu entwickeln, ergeben sich verschiedenste technische Herausforderungen, deren Bewältigung sich der interdisziplinäre Verbund der CirComp GmbH Kaiserslautern) der Schliessmeyer GmbH Zweibrücken, der KSB AG aus Frankenthal und der Hochschule Kaiserslautern in dem auf 30 Monate angesetzten Projekt zur Aufgabe gemacht hat.



Hauptkomponenten von Umwälzpumpen.

### Fördermaßnahme

KMU-innovativ:  
Technologiefeld Rohstoffeffizienz

### Projekttitle

OPTIMUM - Optimierung der Ressourceneffizienz von Heizungs-, Trinkwasser- und Solar-Umwälzpumpen

### Laufzeit

01.10.2015– 31.03.2018

### Förderkennzeichen

033RK029 A-D

### Fördervolumen des Verbundes

968.000 Euro

### Kontakt

CirComp GmbH  
Dr.-Ing. Ralph Funck  
Marie-Curie-Straße 11, 67661 Kaiserslautern  
Telefon: +49 6301 7152-10  
E-Mail: funck@circomp.de

### Projektpartner

Schliessmeyer GmbH  
KSB AG, Frankenthal  
Hochschule Kaiserslautern

### Internet

[www.rlp-forschung.de](http://www.rlp-forschung.de)

### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53170 Bonn

### Redaktion und Gestaltung

Projekträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit  
Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

### Bildnachweis

KSB Aktiengesellschaft

Stand: Februar 2017

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



# ReMetsplus - Biologische Rückgewinnung von Metallen und Edelmetallen aus Beschichtungen

Impulse für kleine und mittlere Unternehmen. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ“

Ob vergoldete Schaltkontakte, Schutzglas oder Zierteile im PKW: Kunststoffe und andere Materialien sind oft mit sehr dünnen edel- oder wertmetallhaltigen Schichten überzogen. Diese können bisher kaum recycelt werden. Das Projektteam von „ReMetsplus“ entwickelt eine Technologie, mit der wertvolle Metalle in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden. Hilfe erhalten die Ingenieure auch von Bakterien, die Metalle lösen können. Das Projekt wird im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ durchgeführt. Die Initiative unterstützt kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen für eine verbesserte Rohstoffeffizienz.

## Wertvoll, mit schwierigem Charakter

Bauteile und Komponenten aus Kunststoff, Glas oder Metall, wie z. B. Schaltkontakte, Schutzgläser oder Zierleisten sind zur Verbesserung ihrer technischen oder ästhetischen Eigenschaften oft mit Gold oder anderen edel- bzw. wertmetallhaltigen Beschichtungen versehen. Diese Schichten werden durch galvanische Prozesse, Aufdampfen, Sputtern o. ä. auf die Trägermaterialien aufgebracht und sind extrem dünn. Oft sind sie nur wenige Mikrometer stark und deshalb mit konventionellen Recyclingverfahren nicht oder nur in geringen Anteilen rückgewinnbar. Für Unternehmen, die beispielsweise derart beschichtete Kunststoffe recyceln, wirken diese Metallbeschichtungen störend im Aufbereitungsprozess, besonders beim Compounding. Gleichzeitig gehen im Prozess jedoch wertvolle Materialien verloren, da der hohe Aufwand für eine Rückgewinnung der Metalle unwirtschaftlich ist.

Ein Forscherteam aus den Fachgebieten Aufbereitungstechnik und Technische Mikrobiologie der Universität Cottbus-Senftenberg hat sich deshalb mit drei mittelständischen Unternehmen aus Westsachsen und Thüringen die Aufgabe gestellt, eine Technologie zu entwickeln, mit der diese wertvollen Metalle effektiv in den Wirtschaftskreislauf zurück geführt werden können. In einem Zeitraum von zwei Jahren wird eine technologische Lösung erarbeitet. Neben der ERLOS GmbH und der m&k GmbH als spezialisierte Kunststoff- bzw. Metallaufbereitungsunternehmen ist mit der Silberland Sondermaschinen und Fördertechnik GmbH auch ein Maschinenbaubetrieb an dem Projekt beteiligt.



Auch Zierteile aus Pkw enthalten dünne Metall-Beschichtungen, die recycelt werden können.

## Bakterien als Recyclingarbeiter

Das Ziel des Vorhabens besteht in der Entwicklung einer umwelteffizienten, innovativen verfahrenstechnischen Lösung für die Rückgewinnung von Edelmetallen und Wertmetallen aus dünnen metallischen Beschichtungen. Kernelement ist dabei der Einsatz und die Adaption von Bakterien der Gattung „*Acidothiobacillus ferrooxidans*“ für den Trennprozess. Diese Bakterienkulturen sind in der Lage, Metalle zu lösen und in eine gut separierbare Form zu überführen. Mit der biologischen Laugung, dem sog. Bioleaching oder Biomining, werden die dünnen metallischen Schichten von ihren Grundkörpern aus Kunststoff, Glas oder Edelstahl getrennt. So können sowohl die Metalle und Metallverbindungen als auch die Trägermaterialien als Sekundärrohstoffe in hoher Qualität zurück gewonnen werden. Neben den eigentlichen Bioleachingprozessen stehen die selektive Rückgewinnung der Metalle aus den Stoffgemischen und die Regeneration der Laugungslösung

im Fokus der Entwicklung. Im Ergebnis des Vorhabens wird eine komplexe und effiziente Verfahrenstechnik entwickelt, die dann in einer Demonstrationskonfiguration umgesetzt wird.



Versuchsstadien beim Bioleaching von galvanisierten Zerteilen eines Fahrzeugs.

### Vielfältige Einsatzfelder

Durch den anhaltenden Trend zur Gestaltung von hochwertig anmutender Haptik selbst bei einfachen Gebrauchsgegenständen und die daraus resultierende Zunahme der verschiedenen Anwendungen ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Beim Galvanisieren von Kunststoffteilen für PKW entstehen etwa 10 Prozent Fehlchargen, die mit der Technologie nahezu sortenrein recycelt werden können. Verwerter von Altfahrzeugen kommen als potenzielle Anwender infrage, ebenso Metall- und Edelmetallrecyclingunternehmen. Selbst von Designbeschichtungen, z. B. bei Modeschmuck oder von Medizinkomponenten, kann die metallische Auflage effektiv zurück gewonnen werden.

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ:  
Technologiefeld Rohstoffeffizienz

#### Projekttitle

ReMets<sup>plus</sup> - Entwicklung einer innovativen verfahrenstechnischen Apparatur zur biologischen Rückgewinnung von Metallen und Edelmetallen aus dünnen Beschichtungen

#### Laufzeit

01.03.2016– 28.02.2018

#### Förderkennzeichen

033RK034

#### Fördervolumen des Verbundes

613.000 Euro

#### Kontakt

ERLOS GmbH  
Herr H. Pempel  
Reichenbacher Straße 67, 08056 Zwickau  
Telefon: +49 375 3035 3456  
E-Mail: projekt@erlos.de

#### Projektpartner

Brandenburgische Technische Universität Cottbus -  
Senftenberg, Fakultät 2,  
Fachgebiet Aufbereitungstechnik,  
Fachgebiet Technische Mikrobiologie  
m & k GmbH, Kahla  
Silberland Sondermaschinen und Fördertechnik GmbH,  
Thum, OT Jahnsbach

#### Internet

[www.b-tu.de](http://www.b-tu.de)

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53170 Bonn

#### Redaktion und Gestaltung

Projekträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit  
Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

#### Bildnachweis

Markowski

Stand: Februar 2017

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



# ToPoLight - Topologieoptimierte Leichtbaustrukturen für den Automobilsektor

**Impulse für kleine und mittlere Unternehmen. Die Fördermaßnahme „KMU-innovativ“**

**Fahrzeugteile, die schichtweise aus Pulver entstehen: Das Projekt „ToPoLight“ will den Weg zu einer ressourcenschonenden Mobilität ebnen. Ein Projektkonsortium erforscht, wie sich das Gewicht von Fahrzeugteilen reduzieren lässt und gleichzeitig ihre Funktion optimaler wird. Das Ergebnis wendet das „ToPoLight“-Team exemplarisch auf ein Pilotbauteil an. Das Projekt wird im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ durchgeführt. Die Initiative unterstützt kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Technologien und Dienstleistungen für eine verbesserte Rohstoffeffizienz.**

## Designgetriebene Konstruktion

Die Aufgaben einer zukunftsfähigen Automobilbranche sind elementar. Wie kann, bei wachsender Mobilität und damit steigendem Treibstoffverbrauch, ihr Beitrag zur Energieeffizienz und zum Klimaschutz aussehen? Im Projekt „ToPoLight“ wird als Antwort auf diese Frage ein neuartiger Konstruktionsansatz verfolgt, bei dem Bauteile ähnlich der Struktur und Geometrie von menschlichen Knochen aufgebaut sind.

Fahrzeug-Komponenten werden in der herkömmlichen Fertigung in der Regel durch ur- oder umformende Verfahren hergestellt. Die Endbearbeitung erfolgt durch klassische spanabhebende Methoden, wie dem Fräsen oder Drehen. Diese Art der Fertigung hat jedoch den Nachteil, dass die Bauteile geometrisch nicht beliebig komplex und daher oftmals nicht für den jeweiligen Belastungsfall passend konstruiert werden können. Die Bauteile sind oft massiver und schwerer, als sie aus Belastungssicht sein müssten. Die Folge: Nicht nur ein hoher Materialverbrauch in der Herstellung, auch ein hoher Material- und Energieverbrauch im Fahrbetrieb.

Die Projektpartner des Vorhabens „ToPoLight“, Wissenschaftler, Hersteller und Zulieferer der Automobilbranche, verfolgen in diesem Projekt einen neuen designgetriebenen Konstruktionsansatz. Sie konzentrieren sich auf den Aufbau der inneren Struktur der Bauteile. Ein gitterartiges Gefüge, das leicht, belastbar und robust ist, ersetzt schweres Vollmaterial. Mit dem Selektiven Laserschmelzen (SLM) wird eine Technologie genutzt, mit der diese Leichtbauweise realisiert werden kann. Mithilfe des Verfahrens kann bei der Produktion Material in erheblichen Maß eingespart werden. Weil das Fahrzeug zudem weniger wiegt, sinkt auch der Treibstoffverbrauch nachhaltig.

## Vorbild Natur

Das Vorbild für die Gitterstruktur liegt in der Natur, im Aufbau von Insektenflügeln etwa oder der Struktur menschlicher Knochen. Diese haben sich im Laufe der Evolution zu komplexen, hocheffizienten Strukturen entwickelt, die bei voller Belastbarkeit über einen optimalen Material- und Energieeinsatz verfügen.



Leicht, belastbar und strukturiert wie ein menschlicher Knochen:  
Ein SLM-gefertigtes Fahrzeug-Bauteil.

Mithilfe des SLM-Verfahrens können diese bionischen Strukturen auf Bauteile im Fahrzeugbau übertragen werden. Ähnlich den Knochenstrukturen des Menschen entstehen Fahrzeug-Bauteile mit belastungsangepasster innenliegender Gitterstruktur.

Der Aufbau geschieht dabei Schicht für Schicht. Der zu verarbeitende Werkstoff wird in Pulverform in einer dünnen Schicht auf einer Substratplatte aufgebracht. Mittels Laserstrahlung wird das Pulver lokal aufgeschmolzen, sodass ein stoffschlüssiger Verbund entsprechend der Bauteilkontur entsteht. Anschließend wird erneut Pulver aufgetragen und aufgeschmolzen. Dies geschieht so lange, bis die endgültige Struktur und Form erreicht sind.

Im Projekt „ToPoLight“ wird die gesamte Entwicklungskette dieses Prozesses betrachtet und exemplarisch angewendet – von der Entwicklung des Pulvers über die Bestimmung der funktionsoptimierten Geometrie bis hin zur Fertigung und Erprobung eines Demonstratorbauteils auf dem Prüfstand.

### Von der Innovation zum Standard

Im Rahmen des Projekts wird die Topologieoptimierung von Gitterstrukturen für Leichtbaukomponenten beispielhaft auf ein Fahrzeug-Bauteil aus dem Rennsportbereich angewandt. Die momentan zur Verfügung stehende SLM-Anlagentechnik bedingt, dass die Anwendung dieser ganzheitlichen neuartigen Entwicklungskette derzeit nur im Sonderserien- bzw. im Motorsportbereich als wirtschaftlich betrachtet werden kann. Langfristig soll sie als Technologieschrittmacher für den Einsatz in der Automobil-Serienfertigung dienen.



Optimierter Leichtbau ersetzt schweres Vollmaterial: Radträger des Projekts „ToPoLight“.

#### Fördermaßnahme

KMU-innovativ  
Technologiefeld Rohstoffeffizienz

#### Projekttitel

ToPoLight - Topologieoptimierte Leichtbaustrukturen für nachhaltige Ressourceneffizienz im Automobilsektor

#### Laufzeit

01.10.2015 – 30.09.2017

#### Förderkennzeichen

033RK020A,B,D

#### Fördervolumen des Verbundes

357.000 Euro

#### Kontakt

Thomas Casey  
CP autosport GmbH  
E-Mail: casey@cp-autosport.de  
Internet: www.cp-autosport.de

#### Projektpartner

M.TEC Engineering  
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

#### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen und Nachhaltigkeit, 53170 Bonn

#### Redaktion und Gestaltung

Projektträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit  
Projektträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

#### Bildnachweis

Fraunhofer ILT

Stand: Februar 2017