



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Ressourceneffizienz potenzieren

Broschüre
zum Förderschwerpunkt

»Innovative Technologien
für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive
Produktionsprozesse«

Ressourceneffizienz potenzieren

Broschüre
zum Förderschwerpunkt

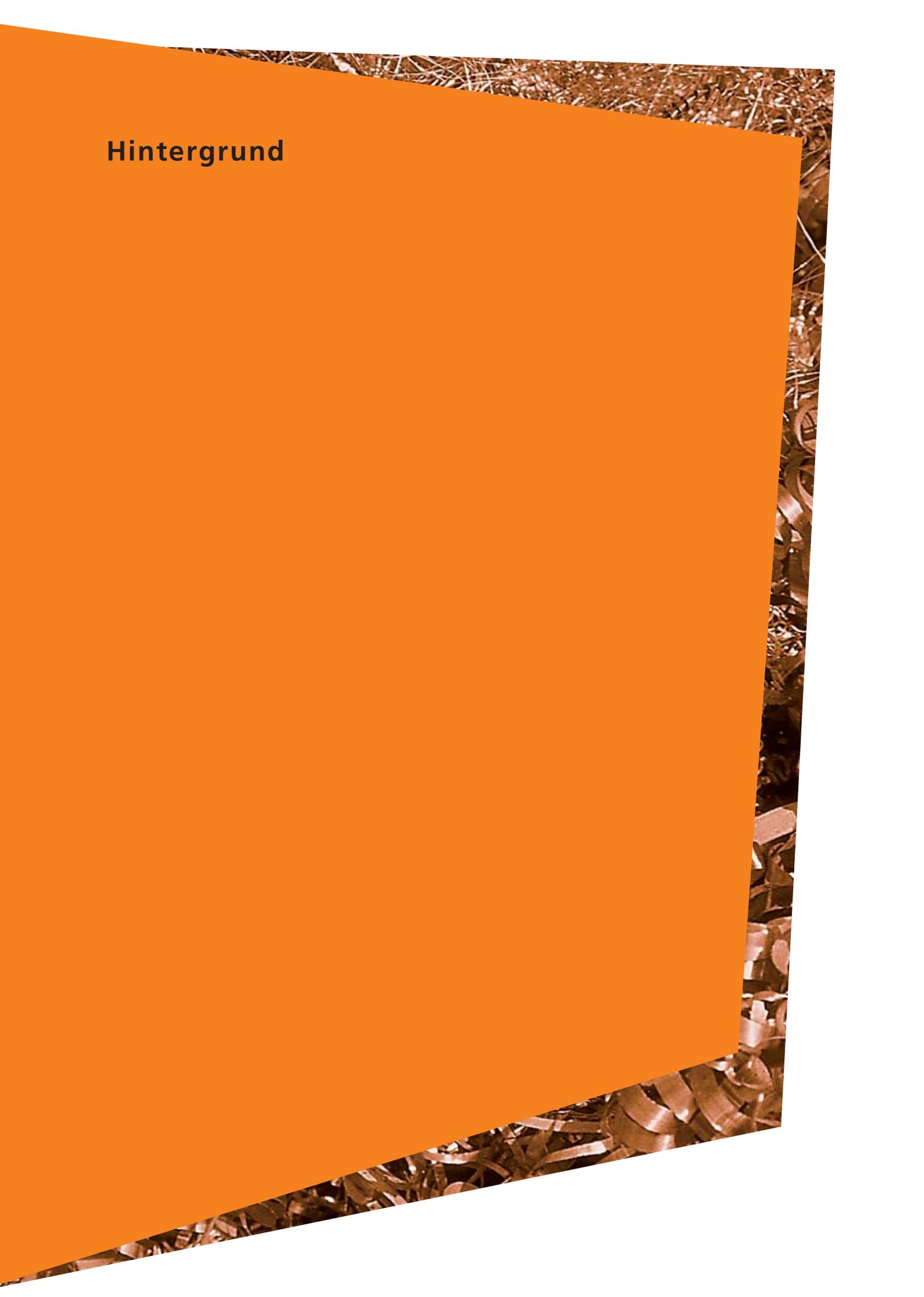
»Innovative Technologien
für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive
Produktionsprozesse«

Inhalt

HINTERGRUND	6
ÜBERSICHT	8
FORSCHUNGSVORHABEN	10
1 Rückführung hochwertiger Metallfraktionen aus Abfallströmen	11
Autotherme Metallrückgewinnung aus WEEE-Schrott durch energieoptimierte zero-waste Metallurgie	12
Bessere Ressourcennutzung und Senkung des Primärenergieverbrauchs in der Bleimetallurgie	13
Entzinkung von Stahlschrotten	14
Shredder-Sand – Rückgewinnung feinkörniger NE-Metallphasen aus Shredder-Sanden	15
WAVE – Analyse von Sekundärrohstoffen durch mikrowellenunterstützte Laser-Emissionsspektroskopie	16
Gewinnung von Metallen und mineralischen Produkten aus deponierten Reststoffen der ehemaligen Montanindustrie im Mansfelder Gebiet	17
2 Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Metallerzeugung	19
Stahlerzeugung	
Optimierte Prozessführung zur ressourceneffizienten Stahlerzeugung im Konverterprozess	20
Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz der Stahlerzeugung im Lichtbogenofen durch optimiertes Wärmemanagement und kontinuierliche dynamische Prozessführung	21
Behandlungsprozesse für Schlacken der Primärmetallerzeugung	
Vermeidung von Metallverlusten in metallurgischen Schlacken am Beispiel der Kupfergewinnung	22
Optimierte Ressourceneffizienz in der Konverterstahlerzeugung: Phosphor-Anreicherung und Aufschluss phosphathaltiger mineralischer Reststoffe in flüssigen LD-Schlacken	23
Ur- und Umformen von Metallen	
Ressourceneffizienz mit dem Bandgießverfahren für die Produktion von HSD®-Stählen	24
REFORM – Ressourceneffiziente Formgebungsverfahren für Titan und hochwarmfeste Legierungen	25

3	Katalytische Prozesse in der chemischen Industrie	27
	Effizienzsteigerung bei der Chlor-Herstellung	28
	ReAlSeIOx – Ressourceneffiziente Alkan-Selektivoxidation an neuen kristallinen Festkörperphasen	29
4	Trocknungs- und Sintervorgänge in der Keramikindustrie	31
	Dry-Control – Entwicklung einer ressourceneffizienten Trocknungstechnologie für keramische Produkte	32
	Niedrig-Temperatur-Sinterung von Geschirr- und technischem Porzellan auf ultraleichten, hochporösen Brennplatten in mit Holzgas beheizten Schnellbrandöfen	33
5	Verbesserung der Materialeffizienz durch innovative Baustoffe	35
	Aufbaukörnung – Steigerung der Ressourceneffizienz im Bauwesen durch die Entwicklung innovativer Technologien für die Herstellung hochwertiger Aufbaukörnungen aus sekundären Rohstoffen auf der Basis von heterogenen Bau- und Abbruchabfällen	36
	Celiment – Entwicklung eines nachhaltigen Zementes	37
6	Schließung von Kreisläufen in Beschichtungsprozessen	39
	Neue ressourcenschonende Effizienztechnologie für die Kreislaufschißung von Metallen und Spülwasser in der Weißblechproduktion	40
	ENSIKOM – Entwicklung, Simulation und prozesssichere Umsetzung zur umweltfreundlicheren und wirtschaftlicheren Beschichtung von komplexen Kunststoffbauteilen	41
7	Steigerung der Ressourceneffizienz durch innovative Dienstleistungssysteme	43
	RESEFI – Netzwerk und internetbasierte Webplattform zur Ressourceneffizienz als Lern- und Anwendungsmittel	43
	BEGLEITFORSCHUNG	44
8	Integrations- und Transferprojekt	45
	DER FÖRDERSCHEWERPUNKT r² IM KONTEXT	46
9	Förderstrategien für Ressourceneffizienz	47
10	Der strategische Sachverständigenkreis des r²-Förderschwerpunkts	48
	Impressum und Bildnachweise	50

Hintergrund



Hintergrund des Förderschwerpunkts

Rohstoffe intelligenter und effizienter zu nutzen ist ein elementarer Beitrag zur Sicherung des Industriestandortes Deutschland. In wirtschaftlich schwierigen Zeiten stärkt eine hohe Ressourceneffizienz die Industrie im globalen Wettbewerb. Das Einsparen von Rohstoffen leistet auch einen wichtigen Beitrag zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, hier konkret zu dem Ziel die Rohstoffproduktivität bis zum Jahr 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln.

Die neue Hightech-Strategie 2020 der Bundesregierung greift das Thema im Bedarfsfeld Klima und Energie mit dem Ziel auf, hier die Märkte der Zukunft zu erschließen. Gleichzeitig soll die führende Position Deutschlands in den Umwelttechnologien mit der Fortschreibung des Masterplans Umwelttechnologien, einer ressortübergreifenden Initiative für eine ineinandergreifende Umwelt- und Innovationspolitik, gefestigt werden.

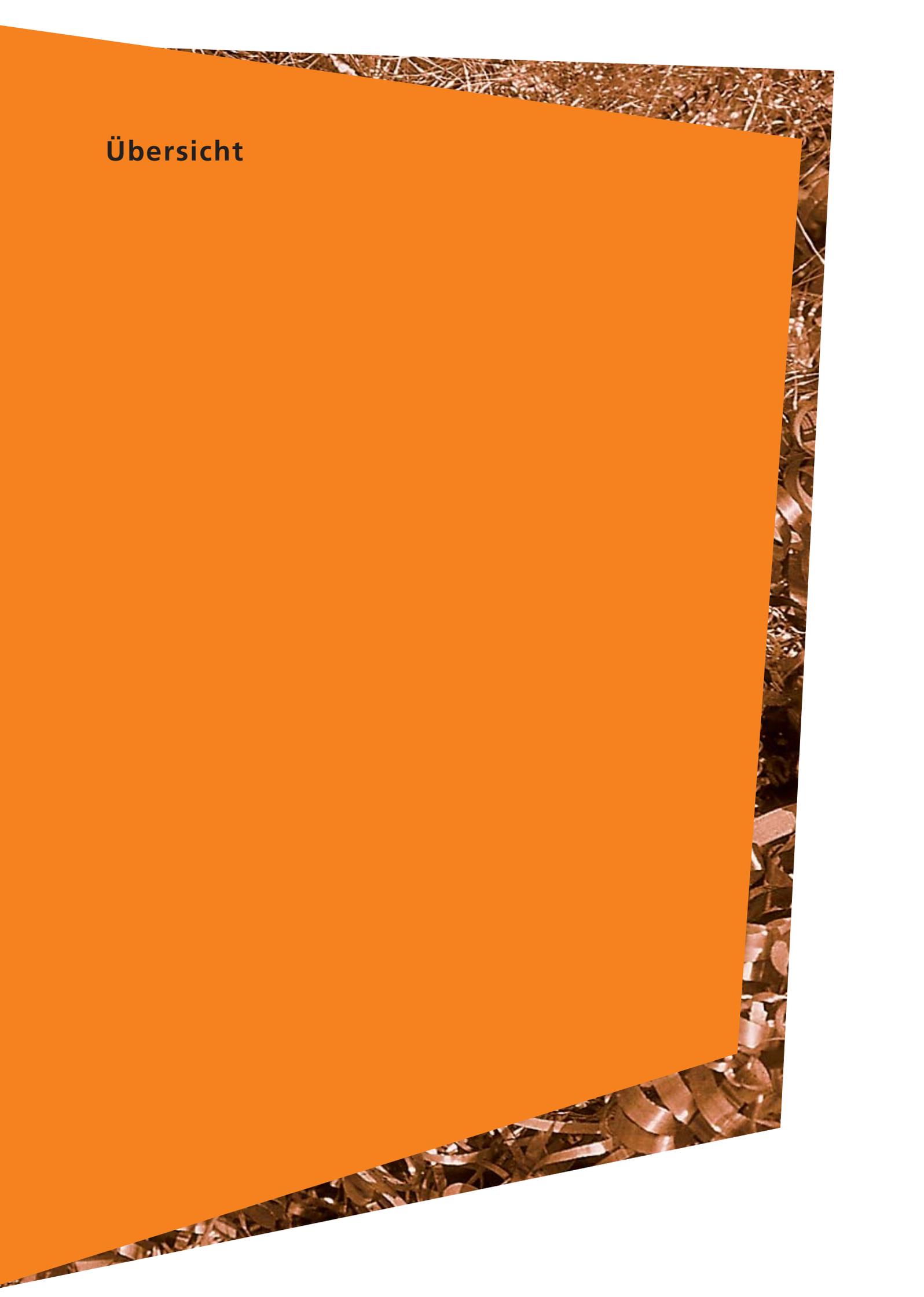
Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt die Forschung und Entwicklung innovativer Effizienztechnologien und -dienstleistungen im Rahmenprogramm »Forschung für nachhaltige Entwicklungen«. Im Fokus der Fördermaßnahme »Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse« stehen rohstoffnahe Industrien mit hohem Materialeinsatz wie die Chemieindustrie oder die Stahlproduktion, da hier eine große Hebelwirkung erreicht werden kann. Neben mengenmäßig bedeutsamen werden auch strategisch wichtige Rohstoffe betrachtet, die für hochwertige Technologien unersetzbar sind, wie Titan oder Ruthenium. Über 100 Einzelprojekte werden gebündelt in 22 Verbänden mit rund 36,5 Millionen Euro gefördert.

Weil kleine und mittlere Unternehmen oftmals Treiber von effizienten Technologien sind, wird der Mittelstand vom BMBF zusätzlich gezielt mit der Förderinitiative »KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz« unterstützt.

Die geförderten Projekte leisten wichtige Beiträge zu den übergeordneten Förderzielen Ressourcenschonung, Klimaschutz und Energieeffizienz des BMBF-Rahmenprogramms. Sie zeigen exemplarisch, wie aus der Grundlagenforschung zusammen mit der Industrie ressourcenschonende Innovationen gefördert und Arbeitsplätze gesichert werden.

Unser wachsender Ressourcenbedarf hinterlässt weltweit große ökologische Fußabdrücke. Begrenzte Ressourcen müssen nachhaltig, das heißt sparsam und umweltschonend verwendet werden, damit sie auch künftigen Generationen noch zur Verfügung stehen. Deutschland hat gute Voraussetzungen, hier eine Vorreiterrolle zu übernehmen.

Übersicht



Übersicht über den Förderschwerpunkt

Mit dem Fokus auf rohstoffnahen Industrien trifft die Fördermaßnahme »Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse« (kurz: r²) eine bewusste Auswahl bezüglich der vertretenen Branchen. Insgesamt verteilen sich die Forschungsvorhaben auf die Bereiche Metallerzeugung und -recycling, Chemieindustrie, Keramik und Baustoffe.

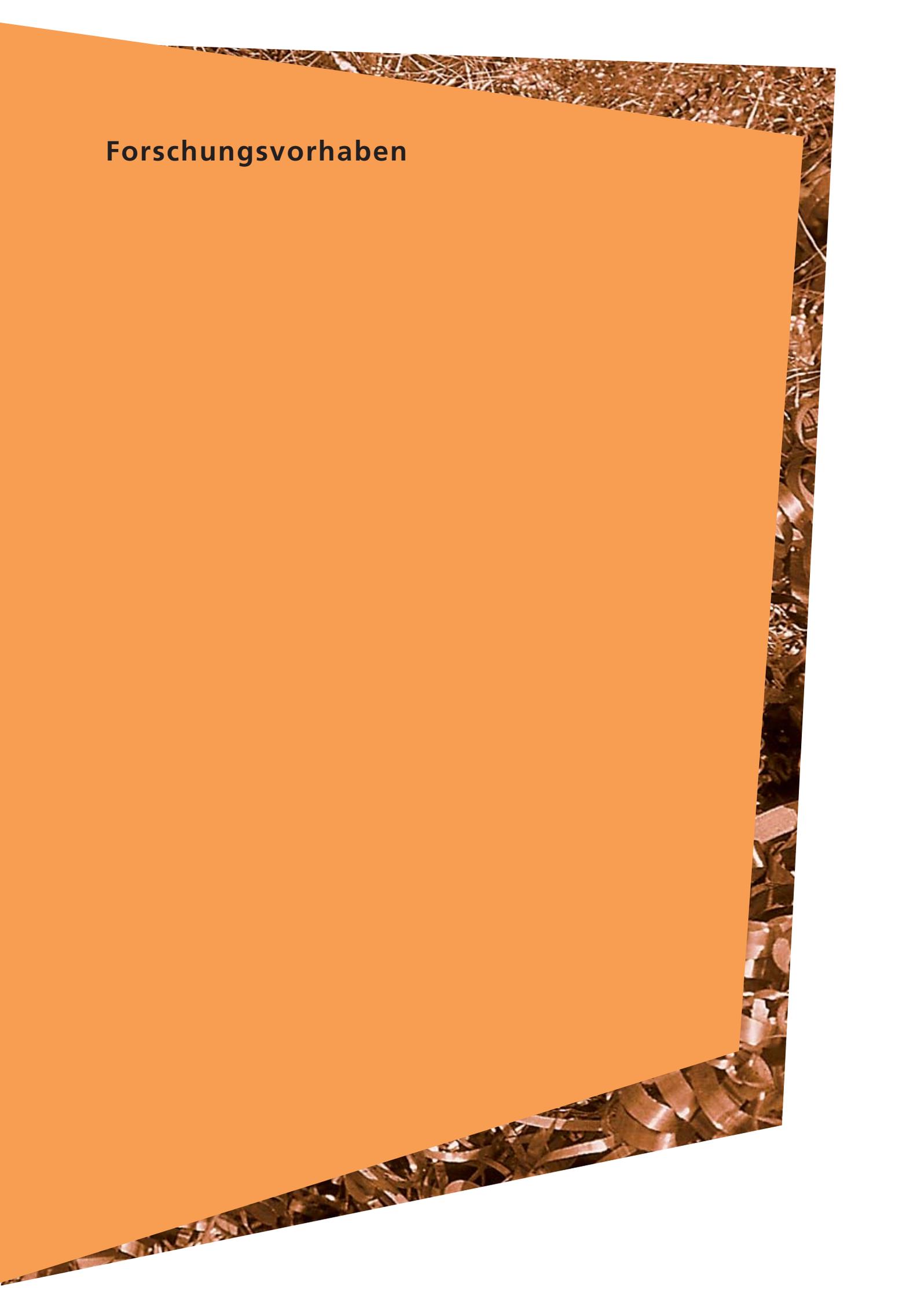
So ist ein wichtiges Thema des Förderschwerpunkts r² die Rückführung hochwertiger Metallfraktionen aus Abfallströmen wie Elektronikschrott (Seite 12), Akkumulatorenschrott (Seite 13), Stahlschrott (Seite 14) oder Shredder-Sanden aus der Verwertung von Altfahrzeugen und Weißer Ware (Seite 15). Unter den gewonnenen Sekundärrohstoffen sind beispielsweise Zink und Kupfer, aber auch seltene Metalle bedeutsam, die für hochwertige Technologien nötig sind (zum Beispiel Antimon, Gallium oder Tellur). Neben den Rückgewinnungsprozessen selbst werden Analysesysteme beforscht, die auf der vorgelagerten Wertschöpfungsstufe der Sortierung (Seite 16) und der Charakterisierung der Ausgangsstoffe (Seite 17) ansetzen.

Einen zweiten Themenblock bildet die Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Prozessführung. Dabei ist wiederum die Metallerzeugung stark vertreten. Die Vorhaben befassen sich mit dem Kernprozess der Stahlerzeugung (Seiten 20 und 21), mit Ressourceneffizienzgewinnen in Verbindung mit dem Nebenprodukt Schlacke (Seiten 22 und 23) und mit materialeffizienter Formgebung (Seiten 24 und 25). Weitere Branchen und Ansätze bereichern das Förderportfolio: Die Verbesserung von katalytischen Prozessen in der chemischen Industrie (Seiten 28 und 29) und von Trocknungs- und Sintervorgängen in der Keramikindustrie (Seiten 32 und 33) sind ebenso Forschungsgegenstand wie die Entwicklung innovativer Baustoffe (Seiten 36 und 37) und die Schließung von Kreisläufen in Beschichtungsprozessen (Seiten 40 und 41). Die Entwicklung einer Dienstleistung in Form eines Anwenderportals zur Vermittlung wissenschaftlicher Lösungen in die unternehmerische Praxis rundet das Spektrum ab (Seite 43).

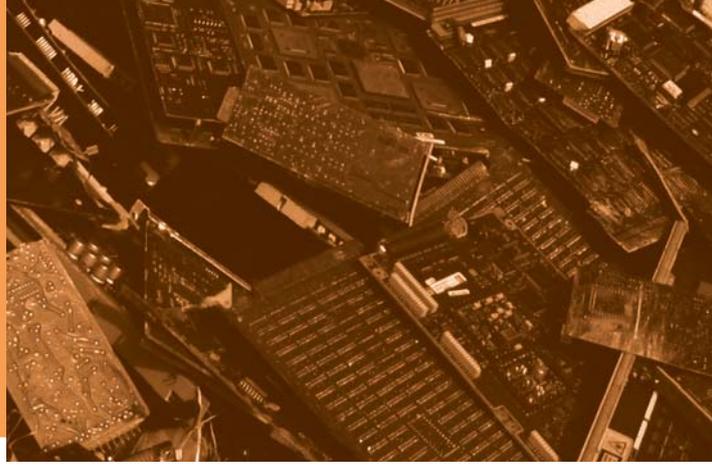
Eine Klammer um alle Vorhaben bildet das Integrations- und Transferprojekt, das der Vernetzung dient und sowohl für die Vorhaben als auch für das BMBF ergänzende Forschungsdienstleistungen erbringt (Seite 44).

Detaillierte und aktuelle Informationen zum Förderschwerpunkt r² gibt es unter:
www.r-zwei-innovation.de

Forschungsvorhaben



1 Rückführung hochwertiger Metallfraktionen aus Abfallströmen



Autotherme Metallrückgewinnung aus WEEE-Schrott durch energieoptimierte zero-waste Metallurgie

Durch die europäische WEEE-Direktive 2002/96/EC vom 27. Januar 2003 sind rasant steigende Rücklaufmengen elektronischer und elektrischer Altgeräte festzustellen. Bei einem durchschnittlichen Anteil von 30 Prozent an den Altgeräten ist schon heute in Deutschland mit einem WEEE-Schrottaufkommen (Waste Electrical and Electronic Equipment) von 200.000 Tonnen pro Jahr zu rechnen. Wertmetalle wie Kupfer, Silber, Gold, Selen, Tellur, Indium, Nickel, Zinn und Blei stellen einen Metallwert je nach Rohstoffpreisen von 1.000 bis 4.000 Euro pro Tonne Schrott dar. Trotz dieser ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkte werden nur 40 Prozent des WEEE-Schrottaufkommens im Inland verwertet. Der größte Teil wird nach Asien und Afrika exportiert und dort auf fragwürdige Art recycelt. Die existierenden Aufbereitungstechniken arbeiten teilweise ineffizient, da durch enorme Energieeinsätze in mehrstufigen Prozessen auch erhöhte Metallverluste in Kauf genommen und erneut Abfälle produziert werden. Eine ressourceneffiziente Integration in vorhandene schmelzmetallurgische Prozesse der Kupferindustrie ist durch die im Kunststoff enthaltenen Halogenanteile als Störellement und des Kohlenstoffs wegen der verstärkten Wärmeentwicklung nur begrenzt (bis zu 10 Prozent des Ofeneintrags) möglich.

Der Verbund dieses Projektes hat sich zum Ziel gesteckt, einen kontinuierlichen und autotherm laufenden Prozess zu entwickeln, der die maximale Recyclingeffizienz bei der Metallgewinnung unter Vermeidung der Erzeugung neuer Abfälle sicherstellt. Die angestrebte Rückgewinnungsrate liegt bei Kupfer und Edelmetallen bei 97 Prozent, bei Nickel, Blei und Zinn bei 80 Prozent. Als Koppelprodukt entsteht eine mineralische Phase mit geringen Wertmetallgehalten. Ein Drehkippkonverter dient als Aggregat für diesen Prozess.

Zunächst werden die metallurgischen Grundlagen erforscht und ein Prozessfenster im Ein-Tonnen-Maßstab erstellt. Anschließend werden die gewonnenen Resultate auf eine 100.000-Tonnen-pro-Jahr-Anlage übertragen.

Verbundkoordination

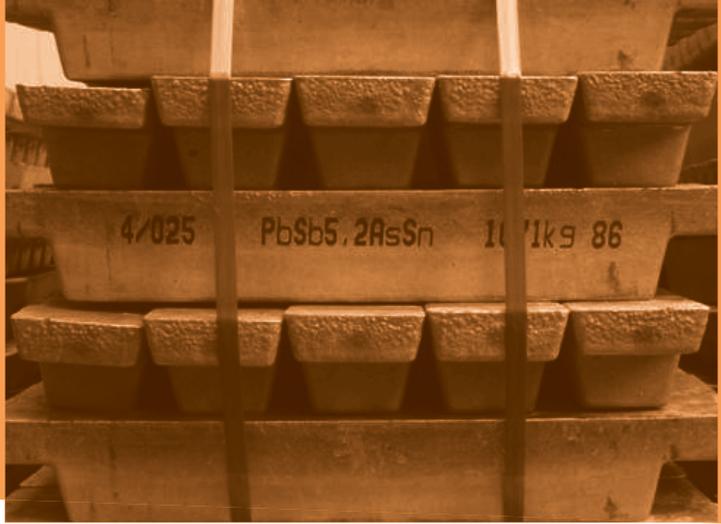
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik, Institut für Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie (IME), www.ime-aachen.de

Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Bernd Friedrich, Telefon +49 241 80-95850, bfriedrich@ime-aachen.de

Verbundpartner

Aurubis AG, Standort Lünen, www.aurubis.com



Bessere Ressourcennutzung und Senkung des Primärenergieverbrauchs in der Bleimetallurgie

Inhalt des Projektes ist die Verbesserung der Technologien für das Recycling von Bleiakкумуляtoren. Entwickelt werden soll zunächst ein Verfahren, das eine neuartige stoffliche Verwertung der Kunststoffreste aus den Altakkus ermöglicht: Die Kunststofffraktion soll als Reduktionsmittel für den Bleigewinnungsprozess genutzt werden. Dabei wird untersucht, inwieweit und welche Bestandteile zur Reduktion der Bleiverbindungen nutzbar sind und welche im Prozess als sekundäre Energieträger verwendet werden können. Durch diese Nutzung sollen eine effizientere Energieausnutzung erreicht und die Kohlendioxid-Emissionen gesenkt werden.

Ein weiteres Ziel ist es, Legierungskomponenten des Bleis im Akkumulatorschrott (zum Beispiel Antimon und Zinn) aus dem Kreislauf der Bleigewinnung auszuschleusen und separat zu gewinnen. Dies ermöglicht eine effizientere Verwertung des Sekundärrohstoffs Akkumulatorschrott sowie das Recycling der Wertstoffe Zinn und Antimon in hoher Qualität. In zwei Arbeitspaketen werden mit Literatur- und Marktrecherchen sowie thermodynamischen Berechnungen umfangreiche Untersuchungen im Labormaßstab durchgeführt. Danach erfolgt die schrittweise Umsetzung der Ergebnisse im technischen Maßstab.

Verbundkoordination

Technische Universität Bergakademie Freiberg, Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie, Institut für NE-Metallurgie und Reinststoffe, www.inemet.tu-freiberg.de

Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Michael Stelter, Telefon +49 3731 39-2015, stelter@inemet.tu-freiberg.de

Verbundpartner

Muldenhütten Recycling und Umwelttechnik GmbH, www.berzelius.de/berzelius/mru



Entzinkung von Stahlschrotten

Der Weltverbrauch an Zink liegt derzeit bei etwa 11 Millionen Tonnen pro Jahr. Davon werden circa 50 Prozent für den Korrosionsschutz von Stahl eingesetzt. Allein bei der Feinblechverarbeitung der deutschen Automobilindustrie fallen jährlich drei Millionen Tonnen verzinkte Neuschrotte an, die direkt in das Stahlrecycling überführt werden. In den Stahlwerken erfolgt die Zinkabtrennung über die Staubabscheidung, was mit erheblichem, verfahrenstechnischem Aufwand verbunden ist. Hinzu kommt, dass bei der nachfolgenden metallurgischen Aufarbeitung der Stäube auf Zink über den Wälzprozess große Metallverluste und zusätzlich Verunreinigungen durch Fluor und Chlor entstehen, die bei der Zinkelektrolyse erhebliche Störungen verursachen können. Der innovative Ansatz des Vorhabens »Entzinkung von Stahlschrotten« ist die Entwicklung eines kalten Entzinkungsverfahrens für Stahlschrotte mit Hilfe von Prozesssäure aus der Primärzinkindustrie. Zur Steigerung der Materialeffizienz des Zinkrecyclings soll durch dieses innovative Verfahren die Recyclingquote von Zink aus Stahlblechschrotten erhöht werden. Damit wird ein Beitrag zur Schließung von metallischen Stoffkreisläufen erwartet. Des Weiteren soll durch diese Entzinkung gleichzeitig dem gegenwärtigen Mangel der Gießereiindustrie an zinkfreien Stahlschrotten für hochwertige Anwendungen begegnet werden, der durch den zunehmenden Einsatz von Zink zum Korrosionsschutz verursacht wird.

Verbundkoordination

Clausthaler Umwelttechnikinstitut GmbH (CUTEC-Institut), www.cutec.de

Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Otto Carlowitz, Telefon +49 5323 933-124, otto.carlowitz@cutec.de

Verbundpartner

- Technische Universität Clausthal, Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik, www.ifa.tu-clausthal.de
- RHM Rohstoff- und Handelsgesellschaft mbH, www.rhm-rohstoffe.de
- Sundwig GmbH / Andritz Metals, www.andritz.com
- Xstrata Zink GmbH, www.xstrata.com
- Fritz Winter Eisengießerei GmbH & Co. KG, Produktion, www.fritzwinter.de
- Wolfsburg AG, www.wolfsburg-ag.com
- Pillkahn Holding GmbH, www.pillkahn.eu



Shredder-Sand – Rückgewinnung feinkörniger NE-Metallphasen aus Shredder-Sanden

Bei der Verwertung von alten Fahrzeugen und Elektrogeräten sowie Mischschrott fallen durch die Verbreitung von Post-Shredder-Technologien zunehmend mineralische Abfälle mit interessanten Restgehalten an Nichteisenmetallen, so genannte Shredder-Sande an. Doch das Potenzial wird in der EU nicht ausgeschöpft: Allein für Buntmetalle belaufen sich die bisher nicht rückgewonnenen Ressourcen auf rund 80.000 Tonnen pro Jahr. In einem noch zu entwickelnden Verfahren sollen Metalle unter gleichzeitiger Erzeugung einer verwertbaren Mineralstoff-Fraktion zurückgewonnen werden. Das soll zu einer ökonomischen und ökologischen Optimierung der Verwertungskette führen und über Sekundär-Metallhütten in Deutschland zur Ressourcensicherung beitragen. Die Kooperationspartner decken alle notwendigen Kompetenzen ab, um das Projektziel zu erreichen. In sechs Arbeitspaketen entwickeln sie das Separationsverfahren, führen Verwertungstests an Aufbereitungsprodukten durch, konzipieren die Anlagen, nehmen eine ökonomische Bewertung vor, beurteilen die Materialeffizienz sowie die ökologische Wirkung und stellen Transferoptionen zusammen. Je nach Ergebnis des Forschungsvorhabens soll es möglich sein, entweder in einem Folgeprojekt eine Pilotanlage zu bauen oder eine direkte Umsetzung im industriellen Maßstab vorzunehmen.

Verbundkoordination

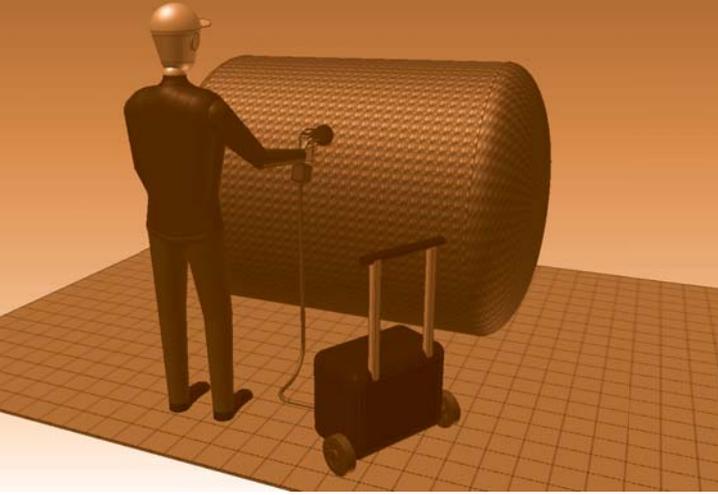
Technische Universität Clausthal, Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik,
www.ifa.tu-clausthal.de

Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann, Telefon +49 5323 72-2735, goldmann@aufbereitung.tu-clausthal.de

Verbundpartner

- SiCon GmbH, www.sicontechnology.com
- Recylex GmbH, www.recylex.fr/de-home.html
- Volkswagen Aktiengesellschaft, Gesamtfahrzeugentwicklung, Fahrzeugrecycling, EGFT/6, www.volkswagen-ag.de



WAVE – Analyse von Sekundärrohstoffen durch mikrowellenunterstützte Laser-Emissionsspektroskopie

Vor dem Hintergrund des weltweit steigenden Bedarfs an Rohstoffen zur Metallerzeugung und der damit verbundenen Preissteigerung gewinnt das Recycling von Metallschrott und die Bereitstellung von möglichst sortenreinen Sekundärrohstoffen zunehmend an Bedeutung. Innerhalb des Recyclingprozesses können teilweise aus technischen und bei klein- und mittelständischen Betrieben (KMU) vor allem aus wirtschaftlichen Gründen nur stichprobenartig Untersuchungen zur Bestimmung der Materialgüte durchgeführt werden. Ziel des Projektes WAVE ist daher die Realisierung eines mobilen mikrowellenunterstützten Laser-Analysesystems zur Sortierung von Metallschrotten, welches eine kombinierte Anregung durch Laser- und Mikrowellenstrahlung zur Plasmaemissionsspektrometrie verwendet. Erstmals sollen Laser- und Mikrowellenstrahlung in einer mobilen Anwendung zur chemischen Materialanalyse kombiniert werden. Durch die Überlagerung beider Strahlungsarten kann das Plasma bezüglich seiner Intensität gesteigert werden, während gleichzeitig die Plasmalebensdauer verlängert werden soll. Durch die Verwendung dieser »Hybridtechnik« ist ein kompaktes handgeführtes Gerät zur chemischen Analyse realisierbar, welches bezüglich der Abmessungen und Kosten deutlich unter dem Niveau üblicherweise in der Laser-Emissionsspektrometrie verwendeter Systeme liegt. Das Gerät kann an einem beliebigen Ort eingesetzt werden und bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Metalllegierungen mit einem einzigen Messgerät zu identifizieren. Um eine Sortierentscheidung zu treffen, muss das Messobjekt bislang präpariert und anschließend mit bis zu zwei unterschiedlichen Analysegeräten untersucht werden (Funkspektrometer, Röntgenfluoreszenzspektrometer). Mit der mobilen Laseranalyse WAVE wird dieses Prozedere erheblich vereinfacht und beschleunigt. Darüber hinaus kann aufgrund des geringen Laserstrahldurchmessers die Analyse von Objekten kleinster Geometrie, wie zum Beispiel einzelner Nieten, mit dieser Technik zugänglich gemacht werden. Aufgrund der erzielten Zeitersparnis ist eine deutlich höhere Effizienz bei der Sortierung von Sekundärrohstoffen erreichbar. Das Laser-Analysesystem WAVE soll unter rauen Bedingungen in Recyclingbetrieben zum Beispiel für die Werkstoffklassen Edelstähle und Aluminiumlegierungen erprobt werden.

Verbundkoordination

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, www.ilt.fraunhofer.de

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Patrick Werheit, Telefon +49 241 8906-489, patrick.werheit@ilt.fraunhofer.de

Verbundpartner

- Diener electronic GmbH & Co. KG, www.plasma.de
- Fachhochschule Aachen, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Lehrgebiet Hoch- und Höchstfrequenztechnik, www.fh-aachen.de/etechnik.html
- Laser Analytical Systems & Automaten GmbH, www.lsa-systems.de
- XOX Industrie IT GmbH, www.xoxind.de



Gewinnung von Metallen und mineralischen Produkten aus deponierten Reststoffen der ehemaligen Montanindustrie im Mansfelder Gebiet

Ziel des Forschungsprojektes ist die Nachnutzung der in der ehemaligen DDR vorhandenen, seltenen Wertmetalle, die in Halden und Monodeponien vorkommen. Dabei handelt es sich in erster Linie um Germanium, Indium, Selen, Tellur und Gallium, gefolgt von Silber, Gold, Platin, Palladium und Rhenium sowie Zink, Zinn und Kupfer. Um diese Wertmetalle wirtschaftlich zurückzugewinnen, ist aufgrund der niedrigen Gehalte eine intelligente und innovative Aufbereitung notwendig. Vor der Entwicklung beziehungsweise Anpassung eines effizienten Verfahrens sind umfangreiche rohstoffkundliche Untersuchungen der Ausgangsstoffe, also die gezielte Charakterisierung und Erkundung der Haldenrückstände, notwendig. Dafür sind umfassende mineralogische und petrographische Arbeiten erforderlich. Für die gewonnenen Konzentrate muss deren Einsetzbarkeit in konventionellen Prozessen sichergestellt werden, gegebenenfalls müssen spezielle Gewinnungs- und Raffinationsprozesse entwickelt werden.

Verbundkoordination

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Geowissenschaften, www.geo.uni-halle.de

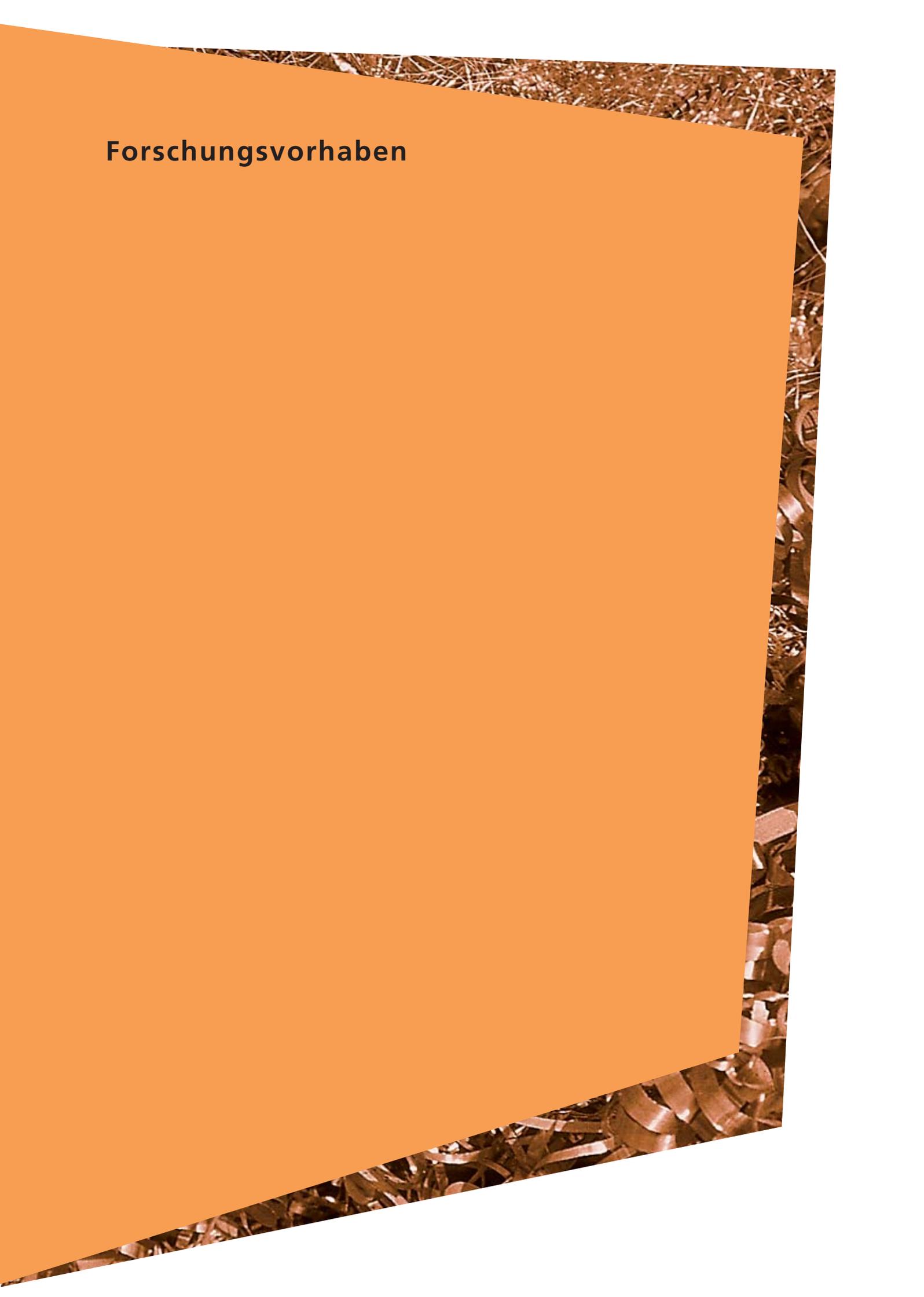
Ansprechpartner

Prof. Dr. Gregor Borg, Telefon +49 345 5526080, gregor.borg@geo.uni-halle.de

Verbundpartner

- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik, Institut für Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie (IME), www.ime.rwth-aachen.de
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik, Lehr- und Forschungsgebiet Aufbereitung mineralischer Rohstoffe, www.amr.rwth-aachen.de
- Neue Mansfelder Bergwerkschaft GmbH & Co. KG, www.neue-mansfelder.de
- UVR-FIA Verfahrensentwicklung-Umweltschutztechnik-Recycling GmbH (UVR-FIA GmbH), www.uvr-fia.de
- Conmet GmbH, www.conmet.de

Forschungsvorhaben



2

Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Metallerzeugung

- Stahlerzeugung
- Behandlungsprozesse für Schlacken der Primärmetallerzeugung
- Ur- und Umformen von Metallen



Stahlerzeugung

Optimierte Prozessführung zur ressourceneffizienten Stahlerzeugung im Konverterprozess

Im Verbundvorhaben geht es um die Optimierung des Konverterprozesses durch den Einsatz dynamischer Modelle und Steuerungsstrategien. Dabei sollen innovative laserbasierte Verfahren zur Abgasanalyse genutzt werden. Ziel des Projektes ist eine signifikante Erhöhung der Ressourceneffizienz im Hinblick auf das metallische Ausbringen und die Produktivität des Konverterprozesses. Zudem werden Einsparungen bei Energie, Hilfsstoffen und Prozessgasen erwartet. Geplant sind sechs Arbeitsschritte: Zuerst wird die bestehende Konverterprozessführung im Stahlwerk analysiert. Nach den Betriebsversuchen zur Entwicklung und Erweiterung eines dynamischen Prozessmodells für den Konverter werden schnelle, laseroptische Messsysteme zur Analyse von Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Sauerstoff in den Betrieb eingebunden. Dann werden eine optimierte Blasendpunkt-Bestimmung sowie anschließend die automatischen Korrekturen des Blasvorgangs mit optimierter, dynamischer Berechnung von Sollwerten entwickelt, implementiert und getestet. Das letzte Arbeitspaket beinhaltet die Auswertung und Quantifizierung der erzielten Ressourceneinsparungen und Prozessverbesserungen. Die Ergebnisse lassen sich auf weitere Stahlkonverter sowie auf die Baustoff- und die Chemieindustrie übertragen.

Verbundkoordination

Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH, www.hkm.de

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Matthias Weinberg, Telefon +49 203 999-2207, matthias.weinberg@hkm.de

Verbundpartner

- VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, www.bfi.de
- Bernt Messtechnik GmbH, www.berntgmbh.de



Stahlerzeugung

Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz der Stahlerzeugung im Lichtbogenofen durch optimiertes Wärmemanagement und kontinuierliche dynamische Prozessführung

Die Verbesserung der Material- und Energieeffizienz der Stahlerzeugung durch Einschmelzen von Stahlschrott im Lichtbogenofen-Prozess ist das Ziel des Verbundvorhabens. Durch eine kontinuierliche modellbasierte Prozessführung und eine optimierte Prozesssteuerung soll zunächst die Zufuhr des Energieträgers Sauerstoff optimiert werden, um das metallische Ausbringen des Rohstoffs Stahlschrott und der darin enthaltenen wertvollen Legierungselemente zu erhöhen. Weiterhin soll durch ein verbessertes Wärmemanagement die energetische Effizienz des Ofens erhöht werden. Dies wird über eine Reduzierung der Energieverluste durch Wandkühlung und Abgase sowie eine optimierte Leistungsregelung erzielt. Für die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind fünf Arbeitsschritte geplant. Die Ergebnisse lassen sich auf Drehstromöfen – sowohl für die Stahlerzeugung als auch in Gießereibetrieben – und auf energieintensive Prozesse der Nichteisen-Metallurgie übertragen. Die Verwertung soll in Zusammenarbeit mit Unternehmen aus der Feuerfestindustrie, dem Anlagenbau und IT-Dienstleistern erfolgen.

Verbundkoordination

Georgsmarienhütte GmbH, www.gmh.de

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Bernd Dettmer, Telefon +49 5401 39-4747, bernd.dettmer@gmh.de

Verbundpartner

- VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, www.bfi.de
- Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Automatisierungstechnik, www.hsu-hh.de/pdv
- Forschungsgemeinschaft Feuerfest e. V., www.forschungsgemeinschaft-feuerfest.de
- Calders Deutschland GmbH & Co. OHG, www.calderys.de



Behandlungsprozesse für Schlacken der Primärmetallerzeugung

Vermeidung von Metallverlusten in metallurgischen Schlacken am Beispiel der Kupfergewinnung

Ein Großteil der weltweit erzeugten Metalle wird schmelzmetallurgisch gewonnen, doch die begleitend entstehende Schlacke enthält noch einen Teil der Wertmetalle. Durch gezieltes Abtrennen und Anreichern dieser Elemente in verwertbaren Produktphasen kann ihr Potenzial besser genutzt werden. Ziel des Projektes ist es, einen effizienten und flexiblen Behandlungsprozess für Schlacken der Primärmetallerzeugung zu entwickeln, der das Gesamtausbringen an metallischen Wertkomponenten (Nickel, Kobalt, Molybdän, Zink, Zinn, Antimon, Blei und Kupfer) im Vergleich zu den etablierten Verfahren maximiert. Angestrebt wird, mindestens 90 Prozent der Wertstoffe als Rohmetall oder Konzentrat zurückzugewinnen. Innovativ an diesem Vorhaben ist die Kombination eines Elektroofens mit einem nachgeschalteten Rührreaktor, dessen Magnetfeld eine Metallabtrennung aus dem Schlackenbad begünstigt. Durch die parallele Zugabe von Reduktionsmitteln werden zudem oxidierte Metalle reduziert und die gebildeten Tröpfchen koagulierte und abgesetzt. Aufgrund ihrer extrem niedrigen Gehalte an Schwermetallen erlaubt die Mineralphase weitere Anwendungen im Bausektor, so dass Baustoffe aus dem Abbau nicht erneuerbarer Ressourcen nachhaltig ersetzt werden können.

Verbundkoordination

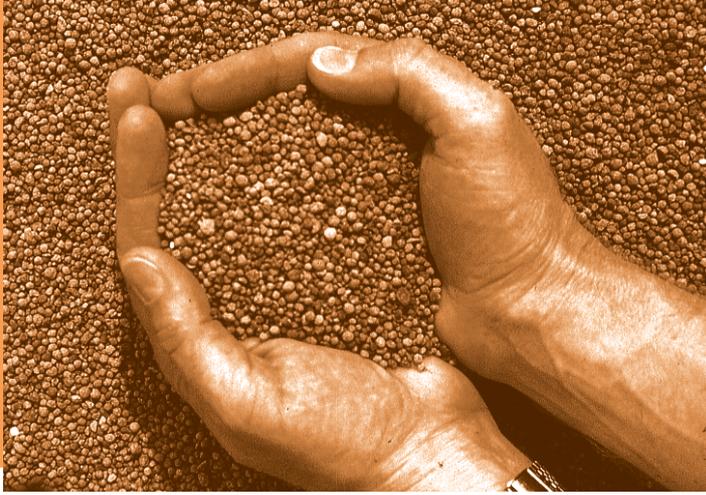
Aurubis AG, Forschung & Entwicklung, www.aurubis.com

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Michael Hoppe, Telefon +49 40 7883-3264, m.hoppe@na-ag.com

Verbundpartner

- SMS Siemag AG, Vertriebsbereich Elektroschmelzöfen (VSR), www.sms-siemag.com
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik, Institut für Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie (IME), www.ime-aachen.de



Behandlungsprozesse für Schlacken der Primärmetallerzeugung

Optimierte Ressourceneffizienz in der Konverterstahlerzeugung: Phosphor-Anreicherung und Aufschluss phosphathaltiger mineralischer Reststoffe in flüssigen LD-Schlacken

Da die Phosphatressourcen immer knapper werden, müssen neue Quellen erschlossen werden, beispielsweise durch eine verstärkte Phosphor-Kreislaufführung unter Nutzung neuer phosphorhaltiger Reststoffe. Das Projekt zielt darauf ab, einen hochwirksamen P_2O_5 -haltigen Konverterkalk zu entwickeln, indem nicht-pflanzenverfügbare Phosphate aus Aschen in flüssiger LD-Schlacke aufgeschlossen werden. Zusammen mit den Projektpartnern wurden bereits Schnittstellen (zum Beispiel Erzeugung und Bereitstellung geeigneter Phosphatquellen) und Meilensteine (zum Beispiel Erzeugung der Düngemittel im Stahlwerk, Wirksamkeit der erzeugten phosphathaltigen Kalke im Vegetationsversuch) definiert. Neue Phosphatquellen für die Herstellung von Kalkdüngemitteln könnten unter anderem die hohen Kosten für Düngemaßnahmen in der Landwirtschaft senken, die durch die erheblich gestiegenen Weltmarktpreise für Phosphate entstanden sind. Die Beratung von Behörden und Nutzern über Wirksamkeit und Umweltverträglichkeit der Düngemittel kann durch die Ergebnisse verbessert und wissenschaftlich untermauert werden. Patente, die möglicherweise aus dem Verbundprojekt hervorgehen, werden auch wirtschaftlich nutzbar sein.

Verbundkoordination

FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e. V., www.fehs.de

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Peter Drissen, Telefon +49 2065 9945-46, p.drissen@fehs.de

Verbundpartner

- Arbeitsgemeinschaft Hüttenkalk e. V., www.hk-kalke.de
- Reterra Service GmbH, www.reterra.de
- Salzgitter Flachstahl GmbH, www.salzgitter-ag.com
- Erich Friedrich Hüttenservice GmbH, www.e-friedrich.de



Ur- und Umformen von Metallen

Ressourceneffizienz mit dem Bandgießverfahren für die Produktion von HSD[®]-Stählen

Durch Quantifizierung und Bewertung der Einsparungen im Produktlebenszyklus soll die Ressourceneffizienz des Bandgießverfahrens nachgewiesen werden. Aufgrund ihrer hohen Energieeffizienz bietet die Technologie Vorteile gegenüber anderen Stahlherstellungsverfahren. Auf der bereits existierenden Laboranlage können derzeit Stähle mit einer Breite von 300 Millimeter bandgegossen werden. Um jedoch moderne Werkstoffe in Zukunft im industriellen Maßstab produzieren zu können, soll diese Technologie zunächst in den industriellen Pilotmaßstab von 1000 Millimeter Breite überführt werden. Dieses so genannte Upscaling stellt erhebliche Anforderungen an die Anlagen- und Prozessentwicklung. Die Arbeiten sind in die vier Pakete Stahlerzeugung, Bandgießen, Weiterverarbeitung und Anwendung gegliedert. Die Energieeffizienz wird entlang der gesamten Prozesskette vom flüssigen Stahl bis zum Endprodukt bewertet. Das Verfahren ermöglicht die ressourcenschonende Herstellung hochmanganhaltiger Stähle. Diese werden im Industriemaßstab weiterverarbeitet und von Automobilkunden, denen sie neue Perspektiven in punkto Leichtbau und Crashesicherheit ermöglichen, hinsichtlich Anwendung und Ressourcenschonung bewertet.

Verbundkoordination

Salzgitter Flachstahl GmbH, www.salzgitter-flachstahl.de

Ansprechpartner

Dr. Rune Schmidt-Jürgensen, Telefon +49 5341 21-6660, r.schmidt-juergensen@sz.szmf.de

Verbundpartner

- Technische Universität Clausthal, Institut für Metallurgie, www.imet.tu-clausthal.de
- Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, www.salzgitter-mannesmann-forschung.de
- Peiner Träger GmbH, www.peiner-traeger.de
- ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, www.ifeu.de
- Dr. D. Wehrhahn, www.drwehrhahn.de
- BILSTEIN GmbH & Co. KG, www.bilstein-kaltband.de



Ur- und Umformen von Metallen

REFORM – Ressourceneffiziente Formgebungsverfahren für Titan und hochwarmfeste Legierungen

Das Ziel besteht darin, die Verfahrenstechniken des Längs- und Querwalzens weiterzuentwickeln sowie sie für die Herstellung von Zwischenformen aus Titan und hochwarmfesten Legierungen auf Nickel- und Kobaltbasis zu nutzen, die dem Fertigteil weitestgehend angenähert sind. Der Arbeitsplan sieht unter anderem vor, die technischen und wirtschaftlichen Anwendungsbereiche der Verfahren zu erweitern, Verfahrensadaptation zur Senkung der Werkzeugkosten zu entwickeln sowie Methoden zur Bewertung von Maschinen, Anlagen und Prozessketten unter dem Aspekt des qualitativen und quantitativen Nachweises der Ressourceneffizienz aufzuzeigen. Die unmittelbare Verwertung der Ergebnisse soll die beteiligten Unternehmen in die Lage versetzen, Prozessketten für vorhandene Teilesortimente material- und energieeffizienter zu gestalten und somit ihre nationalen und internationalen Marktchancen zu erhöhen. Gleichzeitig können die Erkenntnisse auch für eine ressourceneffiziente Prozessgestaltung in anderen Industriezweigen der Produktionstechnik genutzt werden.

Verbundkoordination

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, www.iwu.fraunhofer.de

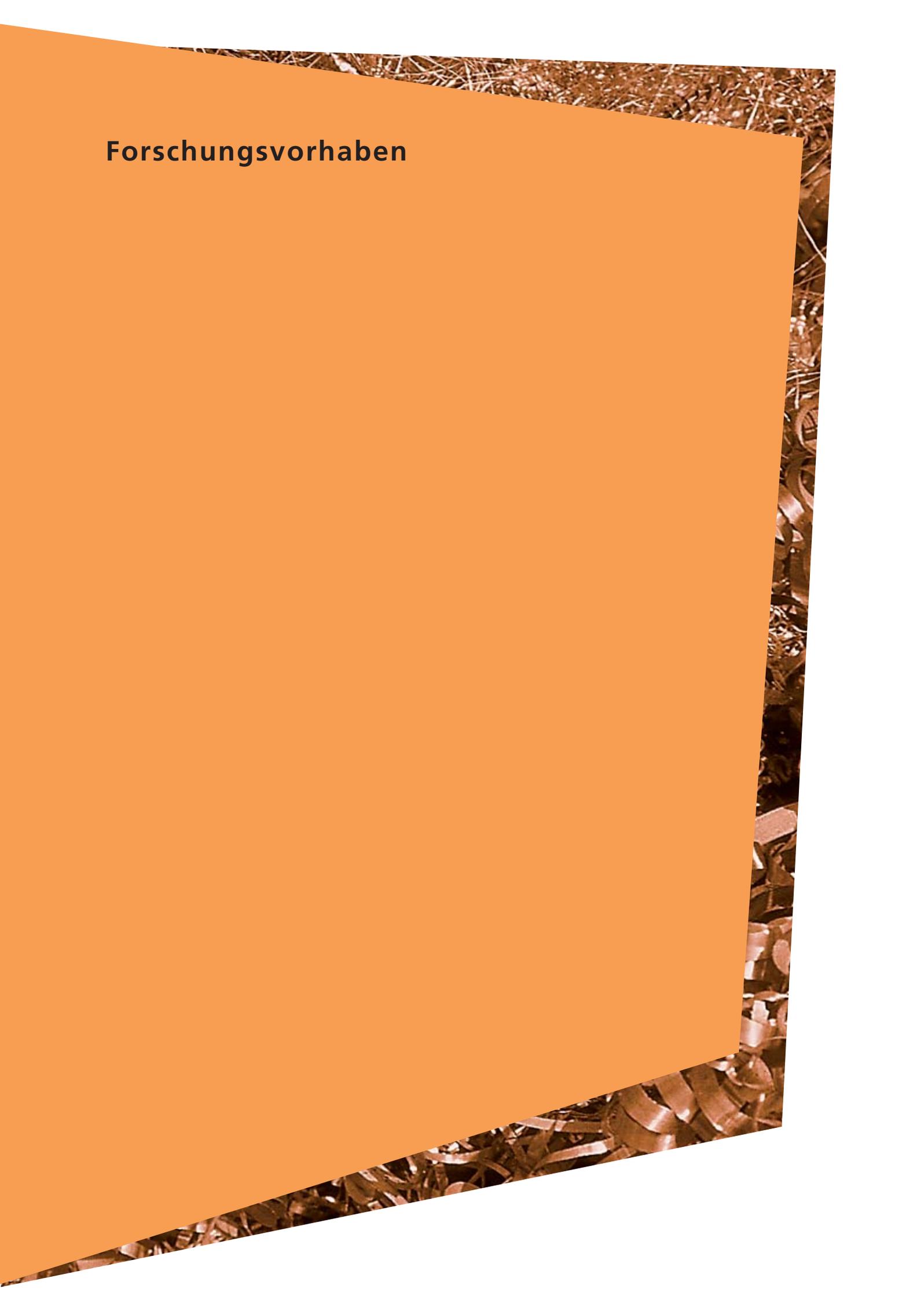
Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bernd Lorenz, Telefon +49 371 5397-1332, bernd.lorenz@iwu.fraunhofer.de

Verbundpartner

- ARISTOTECH Implant Technologies GmbH, www.aristotech.de
- GfE Metalle und Materialien GmbH, www.gfe.com
- LASCO Umformtechnik GmbH, www.lasco.de
- Leistritz Turbinenkomponenten Remscheid GmbH, www.leistritz.com/remscheid
- Märkisches Werk GmbH, www.mwh.de

Forschungsvorhaben



3

Katalytische Prozesse in der chemischen Industrie



Effizienzsteigerung bei der Chlor-Herstellung

Etwa 60 Prozent aller hergestellten chemischen Produkte benötigen im Herstellungsprozess Chlor, Wasserstoff und/oder Natronlauge. Chlor wird großtechnisch vorwiegend durch Elektrolyse wässriger Lösungen aus Natriumchlorid (NaCl) hergestellt, in geringerem Maße auch über die Elektrolyse von Salzsäure (wässrige HCl-Lösung). Hierfür werden erhebliche Mengen an elektrischer Energie benötigt (circa 10 Millionen MWh/a in Deutschland). Aufgrund der Marktgegebenheiten wird erwartet, dass die zu rezyklisierenden Chlorwasserstoff/Salzsäure-Mengen in Zukunft signifikant steigen werden. Eine energieeffizientere Alternative zur Salzsäure-Elektrolyse ist die (thermische) Gasphasenoxidation von Chlorwasserstoff (DEACON-Verfahren).

Beiden Prozessen (Elektrolyse, Gasphasenoxidation) ist gemein, dass seltene edelmetallbasierende Katalysatoren, vornehmlich auf Ruthenium-Basis, für diese prinzipiell sehr unterschiedlichen Reaktionen verwendet werden. Ziel des Projektes ist, den Edelmetallbedarf zu reduzieren und alternative Ruthenium-arme oder sogar Ruthenium-freie Katalysatoren zu entwickeln. Weiterhin soll eine Spannungsverringern von bis zu 150 mV erreicht werden, was deutschlandweit eine jährliche Einsparung von etwa 0,5 Millionen MWh zur Folge hätte. Durch die Zusammenarbeit der jeweiligen Experten beider Prozesse mit renommierten Universitäten erhofft man sich Synergien bei der Umsetzung der Ziele. Wirtschaftliche und ökologische Vorteile könnten direkt durch Bayer MaterialScience umgesetzt werden. Durch die geringere Abhängigkeit von dem seltenen Edelmetall Ruthenium stärkt dieses Verbundvorhaben die Versorgungssicherheit der Chlor-Produktion sowie die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie und zielt auf erhebliche Energie- und CO₂-Einsparungen ab.

Verbundkoordination

Bayer MaterialScience AG, www.bayermaterialscience.de

Ansprechpartner

Bruno Sawaryn, Telefon +49 214 30 71306, bruno.sawaryn1@bayerbms.com

Verbundpartner

- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät, Department Werkstoffwissenschaften, Werkstoffkunde und Technologie der Metalle, www.wtm.uni-erlangen.de
- Justus-Liebig-Universität Gießen, FB 08, Biologie und Chemie, Physikalisch-Chemisches Institut, www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08
- NANO-X GmbH, www.nano-x.de
- Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Chemie und Biochemie, Lehrstuhl für Analytische Chemie, www.ruhr-uni-bochum.de/anachem
- Technische Universität Berlin, Fakultät II, Institut für Chemie, www.chemie.tu-berlin.de
- Universität des Saarlandes, Fakultät 8 Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachrichtung 8.1, Chemie, www.uni-saarland.de/fak8/maier



ReAlSeIOx – Ressourceneffiziente Alkan- Selektivoxidation an neuen kristallinen Festkörperphasen

Der Verbund hat das Ziel, eine neue, überlegene Generation von Heterogenkatalysatoren zu identifizieren und zu erarbeiten, die zur hochselektiven, ressourceneffizienten Selektivoxidation von kurzkettigen Alkanen dient, die als chemische Grundprodukte am Anfang weitverzweigter Wertschöpfungsketten stehen. Der Fokus liegt auf der Umwandlung der Erdgasbestandteile n-Butan, Propan und Ethan zu Maleinsäureanhydrid, Acrolein/Acrylsäure und Essigsäure. Angestrebt wird eine signifikante Besserstellung gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik, insbesondere bei der Oxidation von n-Butan zu Maleinsäureanhydrid. Teilziele sind die Identifizierung und Verbesserung der prospektiven Phasen. Dafür ist es notwendig, bei allen Phasen eine Hochskalierung und Strukturierung vorzunehmen und sie unter technischen Bedingungen katalytisch zu bewerten.

Die Ergebnisse können sowohl in eigenen Produktionsanlagen verwertet als auch vermarktet werden. Das Projektteam bilden die Arbeitskreise von Professor R. Schlögl (Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin), von Professor R. Kniep (Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden), von Professor R. Glaum (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn) sowie den Industriepartnern hte AG (high-throughput-experimentation company) und BASF SE.

Verbundkoordination

BASF SE, Forschung und Technologie Chemikalien, www.basf.com

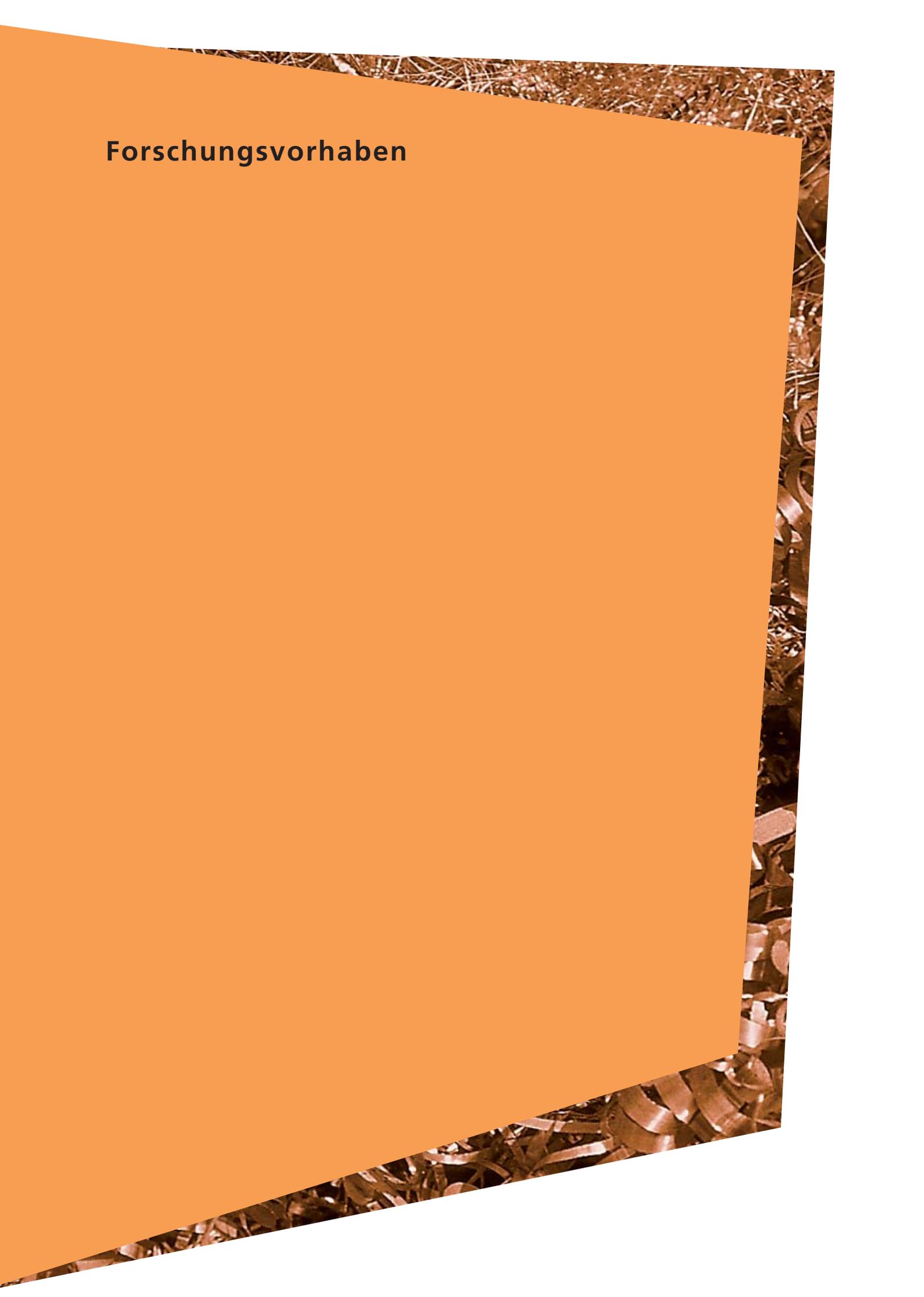
Ansprechpartner

Dr. Andrey Karpov, Telefon +49 621 60-54730, andrey.karpov@basf.com

Verbundpartner

- Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Abteilung Anorganische Chemie, www.fhi-berlin.mpg.de
- Max-Planck-Institut für chemische Physik fester Stoffe, www.cpfs.mpg.de
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Institut für Anorganische Chemie, www.glaum.chemie.uni-bonn.de
- hte Aktiengesellschaft, www.hte-company.com

Forschungsvorhaben



4

Trocknungs- und Sintervorgänge in der Keramikindustrie



Dry-Control – Entwicklung einer ressourceneffizienten Trocknungstechnologie für keramische Produkte

Ziel des Vorhabens ist, die Qualität von Produkten aus der Steine- und Erdenindustrie durch gezielte Trocknung und prozessintegrierte Prüfung signifikant zu steigern und damit die Ressourceneffizienz deutlich zu verbessern. Grundlage dafür ist die zwar schon erforschte, aber in der Mineralindustrie wenig bekannte Mikrowellenapplikation. Hauptaufgaben sind die Erforschung der Einflussnahme der einzelnen Rohstoffe auf die Anwendbarkeit der Mikrowellentrocknung, die Entwicklung verschiedener Prüfkörper für diese Methode, die Auswertung der Feuchteverteilung und Temperaturbelastung, die Erprobung und Bewertung des eingeführten Prüfsystems sowie eine Ressourcenbilanzierung. Mit Hilfe der Neuentwicklungen soll das nachhaltige Wirtschaften in der Keramikindustrie verbessert werden. Für den Standort Mettlach wird eine Ersparnis von 1.550 Tonnen keramischen Rohstoffen im Wert von mehreren hunderttausend Euro, 15.000 Megawattstunden Energie und 2.200 Tonnen Kohlendioxid-Emissionen erwartet. Die beteiligten kleinen und mittleren Unternehmen profitieren von einer erweiterten Produktpalette sowie einer verbesserten Exportmarktposition.

Verbundkoordination

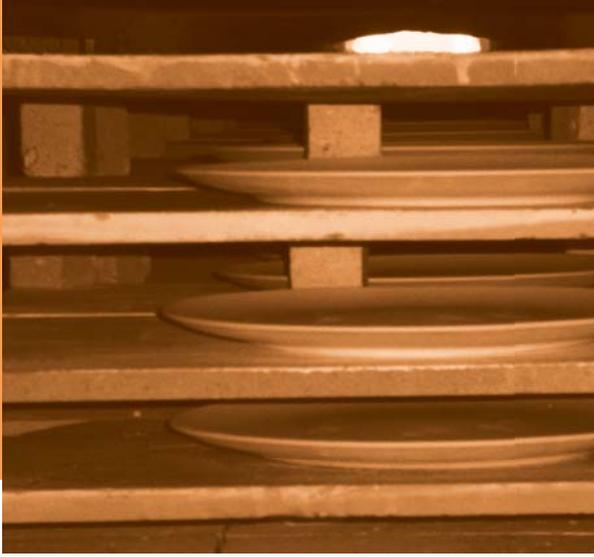
Villeroy & Boch AG, Unternehmensbereich Bad & Wellness, Abteilungen Service, Instandhaltung, Technik und Modell- und Werkstoffentwicklung, www.villeroy-boch.com

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Werner Laufer, Telefon +49 6864 81-1385, laufer.werner@villeroy-boch.de

Verbundpartner

- Köhl GmbH, www.koehl.eu
- Muegge-electronic GmbH, www.muegge.de
- ELPO GmbH Luft- und Trocknungstechnik, www.elpo.de
- Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, www.izfp.fraunhofer.de
- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, www.ict.fraunhofer.de



Niedrig-Temperatur-Sinterung von Geschirr und technischem Porzellan auf ultraleichten, hochporösen Brennplatten in mit Holzgas beheizten Schnellbrandöfen

Aufgrund des sehr energie- und rohstoffintensiven Produktionsprozesses von technischem und Geschirrporzellan ist eine optimale und nachhaltige Verwendung der Ressourcen zwingend erforderlich. Sinkende Erdgasvorkommen sowie ein zunehmender Preisanstieg bei sämtlichen keramischen Rohstoffen zwingen zum Handeln. Ziel ist es, sämtliche Trocknungs- und Sintervorgänge bei niedrigeren Endtemperaturen durchführen zu können, um deutliche Einsparungen im Erdgasverbrauch zu erzielen. Konkret bedeutet dies eine Sintertemperaturabsenkung um 60 Grad Celcius von 1.280 Grad Celcius auf 1.220 Grad Celcius. Eine Absenkung der Brenntemperatur würde auch die Substitution des fossilen Erdgases (12 Millionen Kilowattstunden pro Jahr) durch regeneratives Holzgas als Brennstoff für die Sinteröfen ermöglichen, was in der keramischen Industrie einen energietechnischen Quantensprung bedeuten würde.

Außerdem soll geprüft werden, inwieweit bisher verwendete ausländische Roh- und Hilfsstoffe von nationalen Roh- und Hilfsstoffen mit kürzeren Transportwegen und besserer Verfügbarkeit substituiert werden können. Um die eingesetzten Rohstoffe effizienter zu nutzen, soll in diesem Zusammenhang auch eine Verbesserung der Roh-, Glüh- und Glattbruchfestigkeit der keramischen Erzeugnisse in allen Produktionsstufen durch gezielten Einsatz von »Feuerfest«-Tonen erreicht werden. Durch die Erforschung des rohstoff- und energieabhängigen Herstellungsprozesses von hochwertigen Porzellanprodukten ist zu erwarten, dass die angewandten Technologien in der gesamten feinkeramischen und grobkeramischen sowie technischen keramischen Industrie verwertbar sind.

Verbundkoordination

Rösler CeramTec GmbH, www.roesler-ceramtec.de

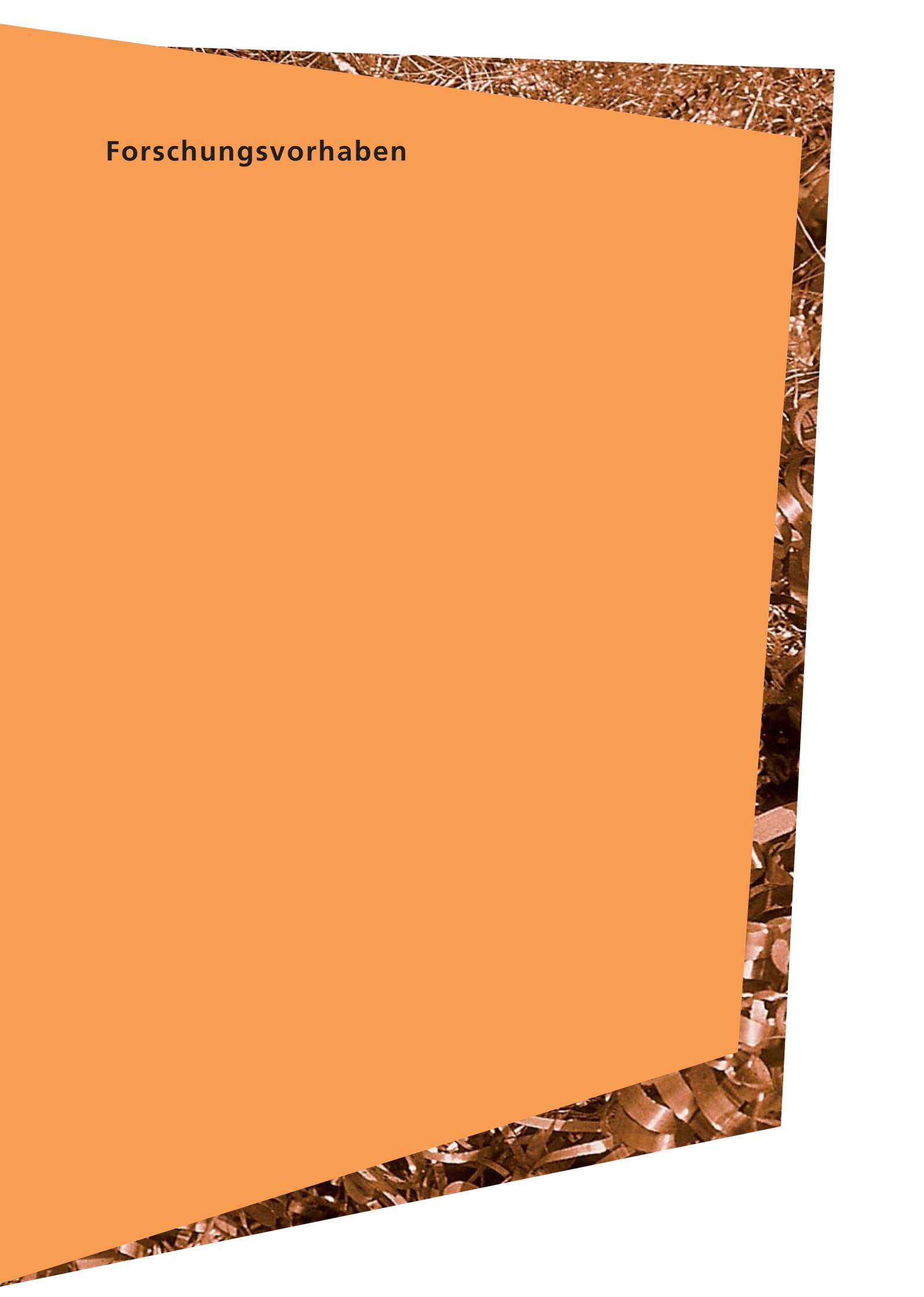
Ansprechpartner

Johannes Rösler, Telefon +49 92 69-78 30, roesler@roesler-ceramtec.de

Verbundpartner

- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Institutsteil Hermsdorf, www.ikts.fraunhofer.de
- Vesuvius-VGT-Dyko GmbH, www.vesuvius.com

Forschungsvorhaben



5

Verbesserung der Materialeffizienz
durch innovative Baustoffe



Aufbaukörnung: Steigerung der Ressourceneffizienz im Bauwesen durch die Entwicklung innovativer Technologien für die Herstellung hochwertiger Aufbaukörnungen aus sekundären Rohstoffen auf der Basis von heterogenen Bau- und Abbruchabfällen

Projektziel ist die Entwicklung einer innovativen Technologie zur Herstellung von Recyclinggranulaten mit definierten Eigenschaften aus heterogenen, feinkörnigen mineralischen Bauabfällen. Diese werden als leichte Gesteinskörnung im Beton und außerhalb des Bausektors eingesetzt. Dadurch erhöht sich der Anteil der Recyclingbaustoffe an der Betonproduktion deutlich, zudem werden zusätzliche Absatzmärkte für die Recyclingbranche erschlossen. Weiterhin wächst die Ressourcenproduktivität der Baubranche durch den wiederholten Einsatz der in den Bauprodukten enthaltenen Rohstoffe ohne Niveauverlust. Nicht zuletzt eröffnet die zu entwickelnde Technologie Exportchancen für den Anlagenbau, da feinkörnige mineralische Bauabfälle nicht nur in Deutschland eine Herausforderung für die Recyclingbranche sind. Von den 21 definierten Arbeitspaketen profitieren alle Projektpartner: Die Recyclingunternehmen können ihre Produktpalette und Absatzgebiete erweitern, die verfahrenstechnisch ausgerichteten Teilnehmer erweitern ihre Kompetenz in rohstofflicher Abfallverwertung und für die Anwender ist die Verwertung der Aufbaukörnungen infolge des effektiveren Materialeinsatzes preisgünstiger. Außerdem erweitert die wissenschaftliche Seite ihren Kenntnisstand über Sekundärrohstoffe und Normungsarbeit.

Verbundkoordination

Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, www.uni-weimar.de/Bauing/aufber

Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Anette Müller, Telefon +49 3643 584606, anette-m.mueller@uni-weimar.de

Verbundpartner

- Bundesgütegemeinschaft Recyclingbaustoffe e. V. (BGRB), www.recycling-bau.de
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fachgruppe VII.1 Baustoffe, www.bam.de
- Georg-Simon-Ohm-Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fachhochschule Nürnberg, Fakultät Verfahrenstechnik, www.ohm-hochschule.de
- Fenger Beton GmbH & Co. KG, www.fenger.info
- Institut für Fertigteiltechnik und Fertigungsbau Weimar e. V., www.iff-weimar.de
- AMYkor GmbH, www.amykor.de
- Graf Recycling-Baustoffe GmbH & Co. KG, www.grafbaustoffe.de
- E.S.C.H. Engineering Service Center und Handel GmbH, www.esch-online.de



Celiment – Entwicklung eines nachhaltigen Zementes

Ausgangspunkt für das Vorhaben ist ein neuer Typ von hydraulischen Bindemitteln mit dem Namen »Celiment®«, der von Wissenschaftlern am Karlsruher Institut für Technologie KIT im Labormaßstab entwickelt wurde. Das BMBF fördert die Begleitforschung zur Weiterentwicklung des Baustoffes und des Verfahrens zu seiner Herstellung mit dem Ziel, die Material- und Energieeffizienz bei der Zementherstellung zu erhöhen. Die Herstellung von Zement ist für fünf bis sieben Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich. Celimente können bisher bekannte Zemente ersetzen, wobei durch den geringeren Kalksteinbedarf im Ausgangsmaterial und niedrigere Prozesstemperaturen des neuartigen Celiment-Herstellungsverfahrens das Potenzial besteht, bis zu 50 Prozent an CO₂-Emissionen einzusparen.

Das Projekt bündelt die Fähigkeiten der Celiment GmbH, des KIT als nationales Wissenschaftszentrum und der SCHWENK Zement KG aus Ulm als namhaften deutschen Baustoffhersteller. Die Celiment GmbH ist eine Ausgründung von Wissenschaftlern des KIT, dem KIT selbst und dem Industriepartner Schwenk. Sie wurde gegründet, um Forschung und Entwicklung des neuen Bindemittels voranzutreiben. Das hier geförderte Vorhaben umfasst die Begleitforschung zum Thema Celiment, besonders die Verfahrensoptimierungen an der momentan im Bau befindlichen Pilotanlage mit einer Tageskapazität von etwa 100 kg / Tag Bindemittel. Dazu wird im Labormaßstab die energieeffiziente Entsäuerung unterschiedlicher Rohstoffe getestet und für die beiden wesentlichen Verfahrensschritte, die Hydrothermalanlage und die Produktmühle, eine Regelung auf Basis von Raman- bzw. NIR-Spektroskopie entwickelt. Dies soll dann an der Pilotanlage implementiert werden, die gleichzeitig das Material liefert, um Baustoffanwendungen zu entwickeln und anwendungstechnische Versuche zur Dauerhaftigkeit und zum Normverfahren durchzuführen. Weitere Arbeiten befassen sich mit der stofflichen und energetischen Optimierung des Produktionsverfahrens.

Die Struktur des Vorhabens ist auf eine Umsetzung der Ergebnisse in ein absehbar marktfähiges Produkt und eine marktreife Technologie ausgerichtet. Auf Basis der Ergebnisse soll im Erfolgsfall ungefähr im Jahr 2017 eine erste Anlage mit einer Jahresproduktion von 30.000 Tonnen in Betrieb gehen. Anschließend soll Celiment weltweit an Bindemittelhersteller und Anlagenbauer lizenziert werden. Veredler und Anwender von Portlandzement erhalten dann ein dem Portlandzement ähnliches Produkt, das sich wie Portlandzement zu Spezialbaustoffen, Putz-, Mörtel- und Kleberanwendungen verarbeiten lässt, jedoch höhere Festigkeiten, eine erhöhte Dauerhaftigkeit und eine einfachere Aussteuerung ermöglicht.

Verbundkoordination

Celiment GmbH, www.celiment.de

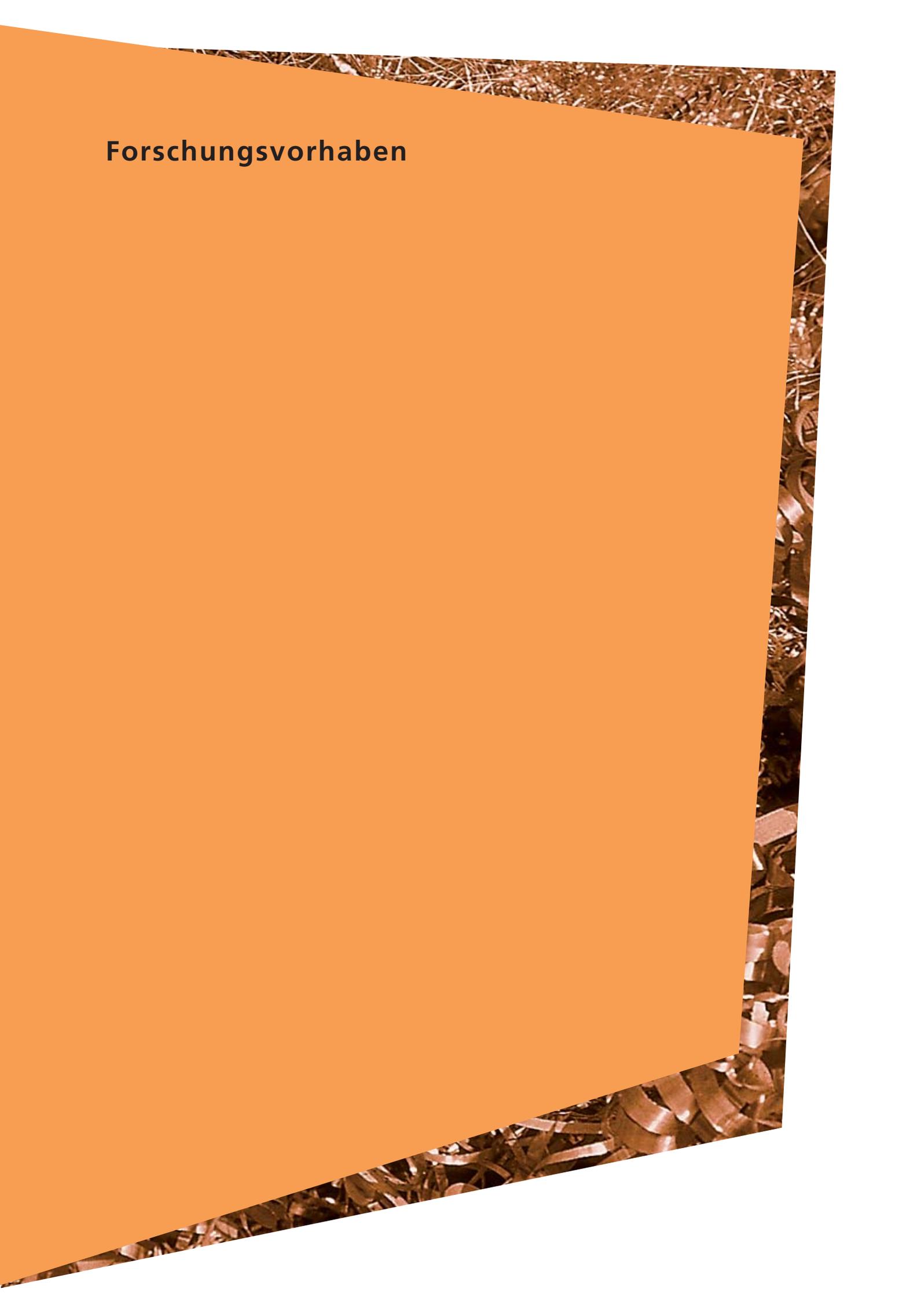
Ansprechpartner

Dr. Hanns-Günther Mayer, Telefon +49 7247 82-3602, hg.mayer@celiment.de

Verbundpartner

- SCHWENK Zement KG, www.schwenk.de
- Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie KIT, www.kit.edu

Forschungsvorhaben



6

Schließung von Kreisläufen in Beschichtungsprozessen



Neue ressourcenschonende Effizienz- technologie für die Kreislaufschließung von Metallen und Spülwasser in der Weiß- blechproduktion

Hochwertige Stahlprodukte werden zum großen Teil zusätzlich mit Wertmetallen (Zink, Zinn, Chrom, Nickel, Kupfer) beschichtet. Um die Spitzenposition Deutschlands bei der Beschichtung zu sichern und den technologischen Vorsprung zu halten, ist es Ziel des Verbundes, ein Verfahren zu entwickeln, in dem Wertmetalle rückgewonnen und in den Beschichtungsprozess zurückgeführt werden können. Die Kreislaufschließung der Spülwasserströme (etwa 1,5 Kubikmeter pro Stunde und Linie) ermöglicht zusätzlich eine deutliche Verringerung des Frischwasserbedarfs.

Im Teilvorhaben »Entwicklung eines Verfahrenskonzeptes zur Metallrückgewinnung« sind folgende Arbeitsschritte vorgesehen: Zunächst erfassen die Mitglieder den Ist-Zustand der Bandverzinnung in Bezug auf die Stoffströme, dann wird mit Hilfe von Labor- und Technikumsversuchen ein Membranverfahren zur Zinnrückgewinnung entwickelt und unter Betriebsbedingungen an einer elektrolytischen Bandverzinnungslinie erprobt, abschließend entstehen ein Betriebskonzept und ein allgemeines Effizienzkonzept. Nach Projektabschluss kann das Membranverfahren direkt an Verzinnungslinien eingesetzt werden, das allgemeine Effizienzkonzept kann an diversen Beschichtungslinien für einen ressourceneffizienten Betrieb sorgen.

Verbundkoordination

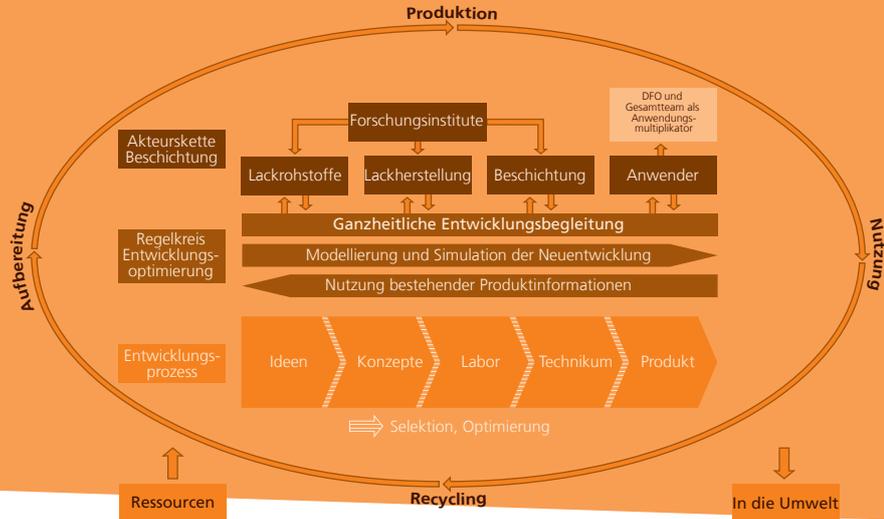
VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, www.bfi.de

Ansprechpartner

Dr. Ralf Wolters, Telefon +49 211 6707-573, ralf.wolters@bfi.de

Verbundpartner

- Rasselstein GmbH, www.rasselstein.com
- CUT GmbH & Co. KG, www.cut-membrane.com
- AWARE Umwelt- und Oberflächentechnik GmbH, www.aware.de



ENSIKOM – Entwicklung, Simulation und prozesssichere Umsetzung zur umweltfreundlicheren und wirtschaftlicheren Beschichtung von komplexen Kunststoffbauteilen

Das Verbundprojekt ENSIKOM zielt auf die Herausforderung, komplexe dreidimensionale Kunststoffteile durch eine neuartige Kombination von innovativem Material und Prozess zu beschichten. Als Erfolg versprechender Ansatz gilt die UV-Technologie. Sie ermöglicht eine hohe Materialeffizienz durch einen Recyclingprozess des Lackoversprays sowie eine hohe Energieeffizienz bei der Vernetzung durch UV-Strahlung im Trockner. Hierzu soll die Simulation der Applikation helfen, schnell zu optimalen Bedingungen für unterschiedliche Anwendungen zu gelangen. Durch die Verzahnung von Entwicklung und Simulation mit der Wertschöpfungskette sowie der ganzheitlichen Entwicklungsbegleitung als Regelkreis für schnelle, erfolgsorientierte Entwicklungen kann eine bestmögliche, praxisnahe Umsetzung eines neuen innovativen Beschichtungsprozesses mit dem Ziel Prozesssicherheit erfolgen. Durch den komplexen, ganzheitlichen Ansatz des Projektes können Fortschritte in puncto Materialeffizienz und Energieeinsparung einerseits und Verbesserung von Qualität und Lebensdauer beschichteter Kunststoffteile andererseits simultan erzielt werden, die sonst so kaum realisierbar wären.

Verbundkoordination

JKL Kunststoff Lackierung GmbH, www.jkl-kunststofflackierung.de

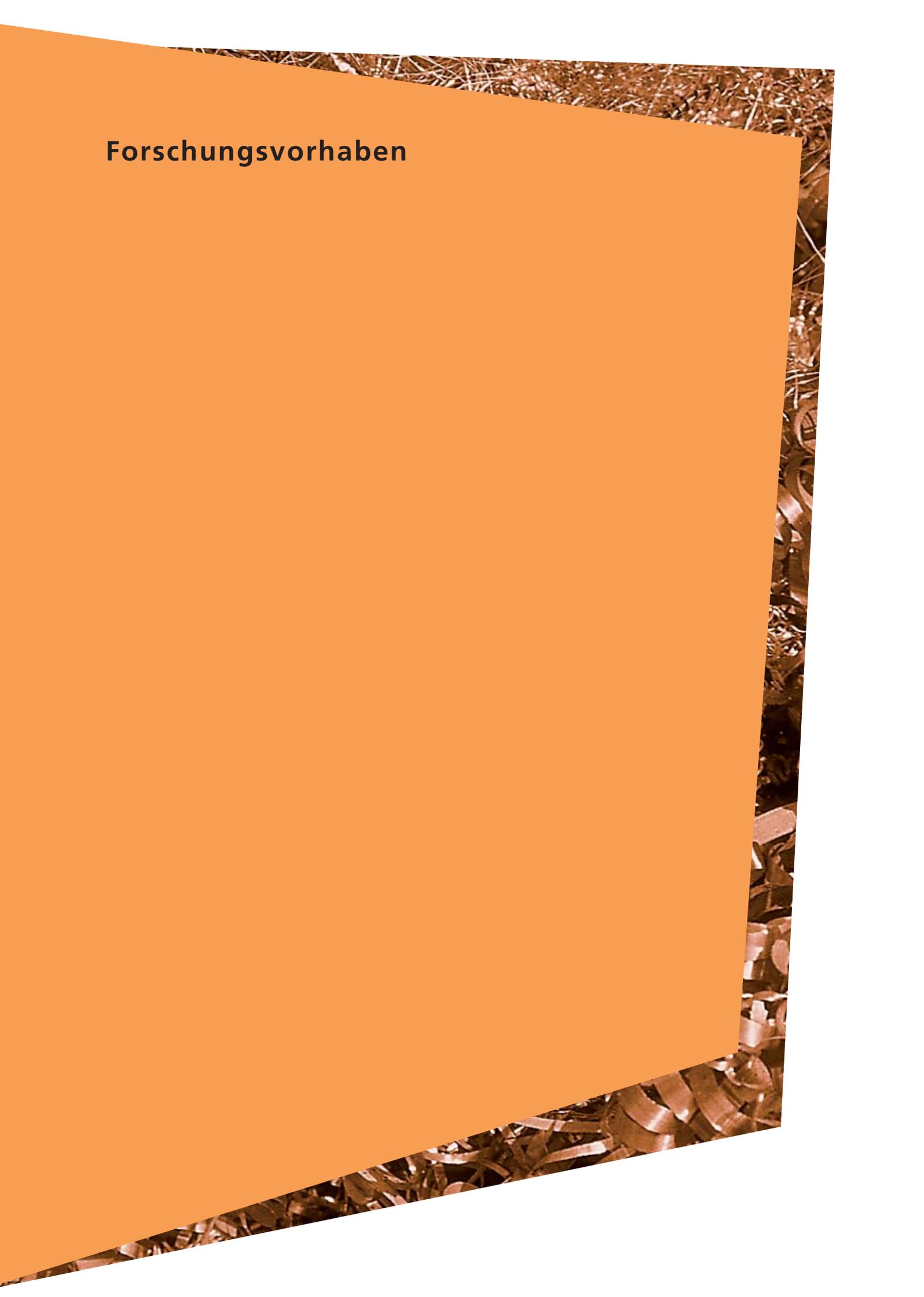
Ansprechpartner

Hans Jürgen Kagerer, Telefon +49 35205 45213, kagerer@jkl-kunststofflackierung.de

Verbundpartner

- Karl Wörwag Lack- und Farbenfabrik GmbH & Co. KG, www.woerwag.de
- BASF SE, www.basf.com
- LCS Life Cycle Simulation GmbH, www.lcslcs.de
- Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG, www.eisenmann.com
- Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e. V. (DFO), www.dfo-online.de
- ILF Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft Lacke und Farben mbH, www.lackinstitut-magdeburg.de
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, www.ifam.fraunhofer.de

Forschungsvorhaben



7

Steigerung der Ressourceneffizienz durch innovative Dienstleistungssysteme

RESEFI – Netzwerk und internetbasierte Webplattform zur Ressourceneffizienz als Lern- und Anwendungsmittel

In der Forschung sind eine Vielzahl von ressourcenbezogenen wissenschaftlichen Lösungen unternehmensübergreifend entwickelt worden. Damit diese Lösungen in der Praxis – und insbesondere in kleine und mittlere Unternehmen (KMU) – umgesetzt werden, ist ein Vorgehen notwendig, welches auf der einen Seite Lernen und Motivation fördert und auf der anderen Seite unternehmensspezifisch zugeschnittene Problemlösungen offeriert. Dazu schafft das Kooperationsprojekt der Technischen Universität Berlin und der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin ein Kommunikations- und Anwendungsportal für KMU. Die zu entwickelnde, webbasierte Plattform soll KMU zum Informationsaustausch im Bereich Ressourceneffizienz dienen. Damit soll die Basis geschaffen werden, unternehmensspezifische Lösungen wirksam in die Praxis zu überführen und Hemmschwellen gerade in KMU abzubauen.

Im Fokus stehen die Ermittlung von verallgemeinerungsfähigen Ressourceneffizienz-Fragestellungen in Unternehmen, die Unterstützung bei der Optimierung von Produkten und Prozessen mit Hilfe wissenschaftlicher und softwaregestützter Ansätze sowie die einfache Abbildung von Problemen und daraus resultierenden Problemlösungen. Dadurch soll die Wiederverwendbarkeit von erarbeiteten Ressourceneffizienzlösungen ermöglicht werden. Als so genanntes »Mitmach-Web« aufgebaut, stellt ein Wiki-System die erweiterbare Wissensbasis dar und ein Forum dient der Kommunikation der Anspruchsgruppen untereinander. Mit Hilfe einer entsprechenden Architektur, auf deren Basis so genannte Plug-ins zur Unterstützung der Ressourceneffizienz entwickelt werden können, wird entsprechend der Zielstellung eine einfache und schnelle, softwareseitige Unterstützung der Analyse von Ressourceneffizienzfragestellungen möglich. Die Webplattform soll neben der reinen Lernhilfe auch die Möglichkeit bieten, nach passenden Software Plug-ins zu suchen bzw. existierende Software Plug-ins mittels wohldefinierter Schnittstellen leicht erweitern zu können, um diese beispielsweise an KMU-spezifische Problemstellungen individuell anpassen zu können. Damit wird eine größtmögliche Erweiterbarkeit bestehender Softwareteile gewährleistet und eine Vielzahl von Unternehmen kann erreicht werden.

Projektkoordinator

Technische Universität Berlin, Institut für Technischen Umweltschutz, Fachgebiet Sustainable Engineering, www.see.tu-berlin.de

Ansprechpartner

Prof. Dr. Matthias Finkbeiner, Telefon +49 30 314-24341, matthias.finkbeiner@tu-berlin.de

Begleitforschung





Integrations- und Transferprojekt

Im Rahmen des Förderschwerpunkts »Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse« wurde ein Integrations- und Transferprojekt zur Vernetzung und Durchführung von Begleitforschung gestartet, das vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI unter Mitwirkung des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT, dem Karlsruher Institut für Technologie KIT und der Universität Stuttgart durchgeführt wird.

Das Projekt stärkt die Innovationskraft der geförderten Verbundprojekte durch eine gezielte Vernetzung der Verbände untereinander sowie mit ihrem Umfeld. Durch den Informationstransfer, die Bearbeitung branchen- und technologieübergreifender Querschnittsfragen und die Bereitstellung zusätzlicher Forschungsleistungen erhöht es den Nutzen, den die Einzelverbände aus ihren Forschungsarbeiten ziehen. Gleichzeitig wird das BMBF bei der Weiterentwicklung des Förderschwerpunkts unterstützt.

Das Integrations- und Transferprojekt gliedert sich in drei Teile:

1. Die Vernetzung der Verbände fördert die Begegnung und den inhaltlichen Austausch zwischen den geförderten Vorhaben sowie mit Unternehmen und Branchen außerhalb des Förderschwerpunkts.
2. Fachliche Unterstützung für die Verbände bietet das Integrations- und Transferprojekt unter anderem in Fragen der wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung sowie für den Praxis-Transfer. Hierzu wird die Entwicklung von Technologie-Roadmaps und produktbegleitenden Dienstleistungsmodellen angeboten.
3. Für die fachliche Unterstützung des BMBF werden die Nachhaltigkeitswirkungen des Förderschwerpunkts insgesamt analysiert und Empfehlungen für eine Weiterentwicklung des Förderprogramms erarbeitet. Dabei werden auch branchen- und technologieübergreifende Ansätze betrachtet.

Projektkoordination

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, www.isi.fraunhofer.de

Ansprechpartner

Dr. Katrin Ostertag, Telefon +49 721 6809-116, katrin.ostertag@isi.fraunhofer.de

Projektpartner

- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, www.ict.fraunhofer.de
- Karlsruher Institut für Technologie KIT, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion IIP, www.iip.kit.edu
- Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Bauphysik (LBP), www.lbp.uni-stuttgart.de
- Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Straubing, Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie, www.rohstofftechnologie.de

The image features a large orange rectangular area on the left side, which serves as a background for the text. The right side of the image shows a detailed texture of wood chips or mulch, which is partially obscured by the orange overlay.

Der Förderschwerpunkt r^2 im Kontext

9

Förderstrategien für Ressourceneffizienz

Das Ziel der Bundesregierung, die Rohstoffproduktivität zu steigern, wird neben dem BMBF auch von anderen Ministerien wie zum Beispiel dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) vorangetrieben. Dies geschieht unter anderem mit Hilfe ineinander verzahnter Fördermaßnahmen, die von der Neuentwicklung bis zur kommerziellen Reife und Verbreitung im Markt Unterstützung bieten.

Das **BMBF** hat die Förderung neuer Lösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz breit angelegt. Im Rahmenprogramm »Forschung für Nachhaltige Entwicklungen« ist Ressourceneffizienz eines der zentralen Aktionsfelder. Über den Förderschwerpunkt r^2 hinaus werden beispielsweise kleine und mittlere Unternehmen mit dem Programm »KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz« unterstützt. Eine internationale Ausrichtung der Forschung zur Ressourceneffizienz unterstützt das BMBF im Förderschwerpunkt »Internationale Partnerschaften für nachhaltige Klima- und Umweltschutztechnologien und -dienstleistungen (CLIENT)«. Aber auch andere Fachprogramme des BMBF thematisieren Ressourceneffizienz, wie die Aktivitäten im Rahmenprogramm »Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft (WING)« oder die »Effizienzfabrik« im Rahmenprogramm »Forschung für die Produktion von morgen« zeigen.

Erfahrungen aus den r^2 -Vorhaben zufolge stellt das Umweltinnovationsprogramm des **BMU** in der »Förderkette Ressourceneffizienz« ein wichtiges Anschlussglied an die Förderung des BMBF dar. Es finanziert Vorhaben in großtechnischem Maßstab, die erstmalig die Verwirklichung fortschrittlicher Verfahren zur Verminderung von Umweltbelastungen aufzeigen. Weitere Maßnahmen unterstützen die Umsetzung ressourceneffizienter Lösungen: Im Forschungsprojekt »Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRes)« werden Ressourceneffizienzpotenziale ermittelt, zielgruppenspezifische Ressourceneffizienzpolitiken entwickelt und ihre Wirkungen analysiert. Das Netzwerk Ressourceneffizienz dient dem branchenübergreifenden Wissenstransfer. Und schließlich hat das BMU das Zentrum Ressourceneffizienz (ZRE) ins Leben gerufen, um Informationen zu relevanten Strategien, Techniken und Institutionen zu bündeln und zu verbreiten.

Das **BMWi** unterstützt die Verbreitung ressourceneffizienter Lösungen durch die Deutsche Materialeffizienzagentur demea und sein Impulsprogramm Materialeffizienz. Dies umfasst verschiedene Fördermöglichkeiten für Unternehmen wie zum Beispiel Potenzialanalysen, Vertiefungsberatungen sowie Netzwerkprojekte in den Förderprogrammen VerMat und NeMat oder den Materialeffizienzpreis, den das BMWi jährlich vergibt. Zum Geschäftsbereich des BMWi gehört auch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), die bei der Sicherung der Rohstoffversorgung mitwirkt.

Durch das Zusammenwirken der Ressorts entsteht eine durchgängige Förderkette von der Forschung und Entwicklung bis zur Verbreitung im Markt.

Der Förderschwerpunkt r^2 im Kontext

Der strategische Sachverständigenkreis des r^2 -Förderschwerpunkts

10

Für die Begleitung der Fördermaßnahme r^2 hat das BMBF einen strategischen Sachverständigenkreis (SVK) eingerichtet. Der SVK berät und unterstützt das BMBF und den Projektträger sowie das Integrations- und Transferprojekt des Förderschwerpunktes in Fragen der strategischen Ausrichtung und Weiterentwicklung der Fördermaßnahme sowie bei der Bewertung der Wirksamkeit der geförderten Projekte im Hinblick auf deren Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Der SVK trägt darüber hinaus zur Verbreitung der Ergebnisse der geförderten Vorhaben in der Fachwelt bei. Dem Strategischen Sachverständigenkreis gehören folgende Mitglieder an:

Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich
Vorsitzender des Strategischen Sachverständigenkreises
Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie, Technische Universität München



DirProf. Dr. Michael Angrick
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau



Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Deike
Institut für Metallurgie und Umformtechnik,
Universität Duisburg-Essen



Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner
Institut für Massivbau, Technische Universität Darmstadt



Prof. Dr.-Ing. Vera Susanne Rotter
Institut für Technischen Umweltschutz, Technische Universität Berlin



DirProf. Dr. Franz-Georg Simon
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin



Dr.-Ing. Karl-Friedrich Ziegahn
Karlsruher Institut für Technologie KIT



Impressum

Herausgeber und Redaktion

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

Gestaltung

Konzeption: Sweetwater Visuelle Kommunikation, Darmstadt
Layout und Satz: Fraunhofer ISI

Druck

E&B Engelhardt und Bauer GmbH, Karlsruhe

Bildnachweise

Titel: MEV-Verlag

Seite 12: IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling, RWTH Aachen

Seite 13: Technische Universität Bergakademie Freiberg

Seite 14: Clausthaler Umwelttechnikinstitut GmbH

Seite 15: Technische Universität Clausthal

Seite 16: Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Seite 17: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Seite 20: Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH

Seite 21: Georgsmarienhütte GmbH

Seiten 22 und 23: FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e. V.

Seite 24: Salzgitter Flachstahl GmbH, Technische Universität Clausthal

Seite 25: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Seite 28: Bayer MaterialScience AG

Seite 29: BASF SE

Seite 32: Villeroy & Boch AG

Seite 33: Rösler CeramTec GmbH

Seite 36: Hamish John Appleby, Weimar

Seite 37: Celitement GmbH

Seite 40: VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH

Seite 41: JKL Kunststoff Lackierung GmbH

Seite 44: MEV-Verlag

Stand

Oktober 2010

1. Auflage: 1.500 Stück

www.r-zwei-innovation.de



Innovative Technologien
für Ressourceneffizienz –
**rohstoffintensive
Produktionsprozesse**