



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

 **DIE NEUE
HIGHTECH
STRATEGIE**
Innovationen für Deutschland

MatRessource

Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft





Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

MatResource

Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft

Vorwort



Während die Weltbevölkerung stetig wächst und Energie- und Materialverbrauch steigen, sind unsere Rohstoffvorkommen begrenzt. Wir müssen deshalb die verfügbaren Ressourcen effizient nutzen. Der Umwelt- und Ressourcenschutz zählt daher auch

zu den zentralen Bedarfsfeldern der Hightech-Strategie der Bundesregierung.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert in unterschiedlichen Rahmenprogrammen zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte aus dem Themenfeld „Ressourcentechnologien“. Das Rahmenprogramm „FONA - Forschung für nachhaltige Entwicklungen“ zielt darauf, dass Deutschland seine Position als internationaler Technologieführer, unter anderem im Bereich nachhaltiges Ressourcenmanagement, weiter ausbaut.

In der Fördermaßnahme „MatRessource - Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft“ im Rahmenprogramm „WING - Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft“ fördert das BMBF seit 2012 Forschungsprojekte, die untersuchen, wie Ressourcen durch neue oder verbesserte Materialien gewinnbringender und schonender als bisher genutzt werden können.

Die vorliegende Broschüre zeigt die große Bandbreite an Themen, Konzepten und Ideen der geförderten Projekte der Maßnahme „MatRessource“. Sie geben wichtige Impulse, um Ressourceneffizienz durch Materialinnovationen zu erhöhen. In den Forschungs- und Entwicklungsprojekten werden beispielsweise Autoabgas-Katalysatoren mit einem deutlich reduzierten Gehalt an Edelmetallen entwickelt. Außerdem beschäftigen sich Forscher mit werkstofflichen Konzepten für Magnetwerkstoffe, die in Stromgeneratoren und Elektromotoren zum Einsatz kommen, um dort die sogenannten seltenen Erden zu ersetzen.

Ich freue mich, dass derzeit rund 100 Unternehmen sowie knapp 70 Forschungseinrichtungen in 33 Verbundprojekten arbeiten, um gemeinsam neue oder verbesserte Materialien zu entwickeln. Im Jahr 2015 werden weitere Förderprojekte hinzukommen. Ich wünsche Ihnen eine interessante und informative Lektüre.

Prof. Dr. Johanna Wanka
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Inhalt

Vorwort

Einleitung	2
Substitution und Materialeffizienz	6
Projektbeispiel 1: RecyTiC – Ressourcenschonende Werkstoffkonzepte für TiC-haltige Verschleißkomponenten	8
Projektbeispiel 2: GallEff – Verbesserung der Rohstoffeffizienz bei der Galliumarsenidsubstrat- und LED-Herstellung	10
Projektbeispiel 3: KomMa – Nanoskalige Seltenerd-freie Magnete und Magnetkomposite	12
Korrosionsschutz	14
Projektbeispiel 1: RepaKorr – Reparatursysteme und -konzepte für Korrosionsschutzbeschichtungen von Offshore-Windenergieanlagen	16
Projektbeispiel 2: KoWUB – Neuartige Korrosionsschutzsysteme für zukünftige Karosseriekonzepte auf Basis der Warmumformung	18
Projektbeispiel 3: TS-Protect - Thermisch gespritzte und solvothermal verdichtete Schutzschichten in Müllverbrennungsanlagen und Biomassekraftwerken	20
Katalyse und Prozessoptimierung	22
Projektbeispiel 1: SusHy – Sustainable Hydrogen – Edelmetallfreie Katalysatoren für die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energiequellen	24
Projektbeispiel 2: ReffKat – Entwicklung von ressourceneffizienten Autoabgaskatalysatoren mit deutlich reduziertem Gehalt an Edelmetall und Seltenerdmetall	26
Projektbeispiel 3: MultiKAT – Ressourceneffizienz und unkonventionelle ‚All-Polyethylene‘-Nanocomposite für den Leichtbau durch Tandem-Katalyse, kompartmentierte Multizentren-Katalysatoren und mesoskopische Formreplikation	28
Literaturverzeichnis	30
Übersichtskarte	31
Impressum	33

Einleitung

Die deutsche Wirtschaft hängt von der Nutzung nicht-erneuerbarer Rohstoffe entscheidend ab. Energetische und metallische Rohstoffe müssen in großem Umfang aus dem Ausland importiert werden. Etwa 4,4 % des Bruttoinlandsproduktes (BIP) kostet der Import von Rohstoffen die deutsche Wirtschaft. Hiervon entfallen knapp zwei Drittel auf Energie- und etwa ein Drittel auf Metallrohstoffe. Metallelemente zur Stahlveredlung, Metalle für die Elektronikbranche und andere Hightech-Rohstoffe wie Seltene Erden oder Platingruppenelemente machen etwa 9 % des eingeführten Rohstoffwertes aus.¹ Auf Unternehmensebene kann eine effizientere Nutzung der eingesetzten Rohstoffe deshalb zu erheblichen Kostensenkungen und Wettbewerbsvorteilen führen. Dieser Aspekt wird angesichts der zunehmenden Verknappung von Rohstoffen besonders im internationalen Wettbewerb an Bedeutung zunehmen. Aber auch aus Gründen der Nachhaltigkeit gehört die Verringerung des Rohstoff- und Materialverbrauchs zu den zentralen Herausforderungen einer Gesellschaft im 21. Jahrhundert. Es besteht die Aufgabe, den weltweiten jährlichen Verbrauch an Ressourcen wesentlich zu reduzieren und Wege zu einem nachhaltigen und damit zukunftsfähigen Umgang mit Ressourcen zu finden.

Bereits 2002 hat die Bundesregierung in ihrer Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel verankert, Deutschlands Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln. Mit diesem Ziel ist Deutschland international Vorreiter. Die verfügbaren Ressourcen effizient zu nutzen ist eine Zukunftsaufgabe, der sich die Bundesregierung gestellt hat und die sie auch in der Hightech-Strategie im Bereich „Klima und Energie“ fest verankert hat. Um die Versorgung mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen zu sichern, verabschiedete die Bundesregierung weiterhin im Oktober 2010 die Rohstoffstrategie. Diese spannt einen weiten inhaltlichen Bogen: vom Abbau der Handelshemmnisse über Technologieentwicklung, Ausbildung und Wissenstransfer bis hin zur Entwicklungszusammenarbeit.

In der Rohstoffstrategie wurde auch beschlossen, ein Ressourceneffizienzprogramm (ProgResS, siehe weiter unten) zu entwickeln, um dieses Ziel umzusetzen.

Parallel zu den deutschen Aktivitäten wird auch auf europäischer Ebene seit einigen Jahren vermehrt an Strategien im Hinblick auf Ressourcen gearbeitet. So will zum Beispiel die Leitinitiative „Ressourcenschonendes Europa“ der Europäischen Kommission die Umstellung auf eine ressourcenschonende Wirtschaft unterstützen, die Versorgung mit wesentlichen Ressourcen sichern und neue Wachstums- und Innovationsmöglichkeiten schaffen. Im September 2011 legte die Europäische Kommission dazu ihren Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa vor. Diese Roadmap dient der Umsetzung der EU-Leitinitiative, mit der die Europäische Kommission die langfristige Vision verfolgt, dass die Wirtschaft der EU bis 2050 so arbeitet, dass die Ressourcenknappheit und die Grenzen des Planeten respektiert werden. Außerdem spielt das Thema Ressourceneffizienz eine zentrale Rolle im Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020, so z.B. bei der geplanten Wissens- und Innovationsgemeinschaft (KIC) des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts (EIT) „Raw materials: sustainable exploration, extraction, processing, recycling and substitution“.

Die Ressourceneffizienzpolitik der Bundesregierung soll dazu beitragen, die globale Verantwortung für die



ökologischen und sozialen Folgen der Ressourcennutzung wahrzunehmen. Ziel muss dabei sein, die Inanspruchnahme von Rohstoffen zu reduzieren. Um diesen Zielen ein Stück näher zu kommen, werden in zahlreichen Bundesressorts seit längerem schon Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz ergriffen. In den Ministerien BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung), BMUB (Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) und BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) werden unterschiedliche Stufen im Förderzyklus durch entsprechende Programme und Förderinitiativen abgedeckt. Von der Technologieentwicklung über die Demonstrationsphase und Markteinführung/Umsetzung bis hin zu strategischen Aktivitäten, wie zum Beispiel die Erstellung des „Deutschen Ressourceneffizienzprogramms – ProgRes“². ProgRes beschreibt im Kern zwanzig Handlungsansätze, Maßnahmen und Beispiele zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Dabei wird die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet: Es geht darum, eine nachhaltige Rohstoffversorgung zu sichern, Ressourceneffizienz in der Produktion zu steigern, Konsum ressourceneffizienter zu gestalten, eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft auszubauen sowie übergreifende Instrumente zu nutzen, wozu Forschung, Technologie- und Wissenstransfer gehören. Dabei setzt es auch auf die Stärkung freiwilliger Maßnahmen und Initiativen in Wirtschaft und Gesellschaft. Beispiele sind der Ausbau der Effizienzberatung für kleine und mittlere Unternehmen, die Unterstützung von Umweltmanagementsystemen, die vermehrte Berücksichtigung von Ressourcenaspekten in Normungsprozessen sowie die Verstärkung von Technologie- und Wissenstransfer in Entwicklungs- und Schwellenländer.

Förderung der Ressourceneffizienz durch das BMBF

Das BMBF ist bei dem Thema Ressourceneffizienz gut aufgestellt: Im Rahmenprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen – FONA“³ ist eine breite Palette von Fördermaßnahmen zur Steigerung der Rohstoffproduktivität, Verbreiterung der Rohstoffbasis und Erhöhung der Versorgungssicherheit der deutschen Wirtschaft mit wirtschaftsstrategischen Rohstoffen initiiert worden. Diese Maßnahmen leisten wichtige Beiträge zu den Zielen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Die Maßnahme „r³ – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien“⁴ zielt zum Beispiel auf die Senkung der

Was ist Ressourceneffizienz?

Im Rahmen der MatRessource-Fördermaßnahme werden Produkte und Produktionsprozesse entwickelt, bei denen neue Materialien zu einer erhöhten Ressourceneffizienz beitragen. Ressourceneffizienz wird allgemein definiert als das Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses (z.B. eines bestimmten Produkts) zum dafür benötigten Einsatz von natürlichen Ressourcen (Rohstoffe, Energieträger, Umweltmedien wie Wasser, Boden, Luft, aber z.B. auch Biodiversität oder die Nutzung der Umwelt als Senke). Vereinfacht gesagt, bedeutet eine höhere Ressourceneffizienz die sparsamere Nutzung natürlicher Ressourcen bei gleicher Funktionalität des Produkts.

Wie kann man Ressourceneffizienz messen und bewerten?

Die Bewertung von Ressourceneffizienz kann anhand von Kriterien erfolgen, die den Ressourceneinsatz und die Produktfunktion quantitativ erfassen. Grundlage für Bewertungsmethoden von Ressourceneffizienz ist die Ökobilanz, ein Verfahren zur Erfassung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen über den gesamten Lebensweg, d.h. von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Nutzung bis hin zur Entsorgung. Verschiedene Bewertungsmethoden und -kriterien sind verfügbar, die zur Bewertung von Ressourceneffizienz herangezogen werden.

Zur Bewertung von Ressourceneffizienz gibt es verschiedene Vorgehensweisen und Handlungsempfehlungen. Der VDI bereitet derzeit ein Richtlinienwerk zur Ressourceneffizienz vor, das u.a. den Rohstoffaufwand für ein Produkt und die Kritikalität von Rohstoffen (Versorgungsrisiken, Vulnerabilität) erfasst⁵. Das BMBF-Projekt ESSENZ (Integrierte Methode zur ganzheitlichen Berechnung/Messung von Ressourceneffizienz)⁶ erarbeitet spezifische Indikatoren zur Messung von Ressourceneffizienz auf Produktebene, die auch Aspekte wie die geologische Verfügbarkeit von Reserven, Länderkonzentrationen oder Handelshemmnisse berücksichtigen sollen. Andere Methodenansätze bewerten Einzelaspekte wie die Materialeffizienz (siehe Kasten auf S.7)

MaRKT – das Begleitvorhaben zur Fördermaßnahme – stellt den MatRessource-Projekten auf Basis der vorhandenen Methoden einen Leitfaden zur Bewertung der Ressourceneffizienz zur Verfügung. Dieser unterstützt die Projekte in der Bewertung des Ressourceneffizienzpotentials.

Nachfrage nach Hightech-Rohstoffen durch Recycling oder technologische Substitution und auf Rückgewinnung von Wertstoffen aus anthropogenen Lagern. Die Bekanntmachung „r4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe“⁷ adressiert die Bereitstellung von wirtschaftsstrategischen Rohstoffen, z. B. Platingruppenmetalle, Stahlveredler, Hochtechnologiemetalle und Seltene Erden, die sich durch eine signifikante Bedeutung für Zukunftstechnologien und ein hohes Rohstoffversorgungsrisiko für die Wirtschaft auszeichnen. Andere Aktivitäten unterstützen insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bei der Entwicklung neuartiger Effizienztechnologien („KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz“⁸) oder fördern internationale Kooperationen zur effizienten Ressourcennutzung („CLIENT – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Klimaschutz- und Umwelttechnologien und -dienstleistungen“).

Die Ressourceneffizienz ist auch ein zentrales Handlungsfeld im BMBF Rahmenprogramm „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“⁹. Forschungsthemen sind zum Beispiel die Entwicklung von Höchstleistungswerkstoffen, von Multimaterialsystemen für Leichtbauweisen, von Substitutionswerkstoffen oder Materialentwicklungen zur Lebensdauererweiterung von Anlagen und Bauteilen. Materialinnovationen bieten ein hohes Potenzial, industrielle Prozesse auf allen Wertschöpfungsebenen mit erheblich höherer Leistung bei gleichzeitig reduziertem Ressourceneinsatz zu führen. Rund 70 Prozent aller technischen Innovationen hängen direkt oder indirekt von den Eigenschaften der verwendeten Materialien ab. Dabei liegt der Anteil der Rohstoffkosten an den Gesamtherstellungskosten von Produkten mit 30 bis 80 Prozent oftmals deutlich über dem Kostenfaktor Arbeit. Innovationen im Materialbereich können gezielt Kosten sparen, aber auch stoffliche und energetische Ressourcen schonen und Umweltbelastungen reduzieren.

Ein europäischer Beitrag zur Förderung von Materialien für eine Verbesserung der Ressourceneffizienz wird auch durch die Beteiligung des BMBF am ERANET „ERA-MIN – Network on the Industrial Handling of Raw Materials for European Industries“¹⁰ geleistet. ERA-MIN deckt inhaltlich eine breite Themenvielfalt ab, indem es die gesamte Wertschöpfungskette von der Exploration, über den Abbau, die Extraktion, die Verarbeitung, das Recycling und das „Design for Recycling“

bis hin zur Substitution von kritischen Rohstoffen betrachtet. Seit 2011 sind an ERA-MIN 15 Partner aus 13 Staaten beteiligt. Im Dezember 2013 wurde eine Roadmap¹¹ erstellt. Die Roadmap deckt die gesamte Wertschöpfungskette von nicht-energetischen, nicht-landwirtschaftlichen Rohstoffen ab und entwirft eine umfassende Vision inklusive der Sichtweisen aus Industrie und Wissenschaft.

BMBF-Fördermaßnahme MatRessource



Die WING-Fördermaßnahme „Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft – MatRessource“ des BMBF unterstützt die Erforschung und Entwicklung innovativer Technologien und Verfahren zur besseren Nutzung von Ressourcen durch Materialinnovationen. Innerhalb der Maßnahme werden seit 2012 Forschungsprojekte an der Schnittstelle zwischen Materialwissenschaft, Werkstofftechnik und Ressourceneffizienz gefördert. Durch die Forschungsprojekte sollen wirkungsvolle Impulse zur Erhöhung der Ressourceneffizienz gegeben werden. Ziel ist es, die Abhängigkeit von Rohstoffimporten dauerhaft zu verringern, die internationale Wettbewerbsfähigkeit durch Senkung der Energie- und Materialkosten zu verbessern und letztendlich die Umwelt zu entlasten. Ob bei der Mobilität, bei der Energieerzeugung oder der Kommunikation – in allen Bereichen sind Potenziale vorhanden.

Die MatRessource ist in die folgenden drei Themenfelder eingeteilt:

Substitution und Materialeffizienz

Viele Zukunftstechnologien sind auf High-Tech-Metalle und andere strategische Industrierohstoffe angewiesen, die in Deutschland nicht oder nur sehr begrenzt als Bodenschätze vorkommen. Um die Abhängigkeit von solchen kritischen Rohstoffen zu verringern, ist die Entwicklung neuer Materialien und Werkstoffe erforderlich, die im Wesentlichen zu zwei Ergebnissen führen:

- Verringerung des spezifischen Bedarfs an kritischen Rohstoffen,
- Ersatz von kritischen Rohstoffen durch andere, weniger kritische Rohstoffe.

Korrosionsschutz

Jede Verringerung der Materialschädigung durch Korrosion aufgrund der Anwendung innovativer Korrosionsschutzmaßnahmen reduziert nicht nur den volkswirtschaftlichen Schaden, sondern auch den Ersatzbedarf an Metallerzeugnissen. Materialschädigung durch Korrosion stellt für viele Technologiebereiche eine große Herausforderung dar. Korrosionsschutzkonzepte der MatRessource sollen dazu beitragen,

- die Lebensdauer von Bauteilen, Produktionsanlagen und Kraftwerken zu erhöhen,
- ihre Effizienz, Sicherheit und Umweltverträglichkeit zu verbessern.

Katalyse und Prozessoptimierung

Über 80 % aller Produkte unseres täglichen Lebens basieren auf Materialien, die mit Hilfe von katalytischen Prozessen hergestellt werden. Als Schlüsseltechnologie kann die Katalyse in erheblichem Maße zur Sicherung der Rohstoffversorgung beitragen:

- durch neue Verfahren zur Herstellung von Basisprodukten aus Erdöl, Erdgas, Kohle oder alternativen Rohstoffen
- und durch Erhöhung der Materialeffizienz im Produktionsprozess selbst.

Das Begleitprojekt

Die Fördermaßnahme MatRessource wird durch ein wissenschaftliches Koordinierungsvorhaben (MaRKT) begleitet, das organisatorische und inhaltliche Aufgaben wahrnimmt.

Die Ziele von MaRKT sind u.a.:

- die Vernetzung der Forschungsvorhaben untereinander,
- die Unterstützung der Projekte bei der Ergebnisaufbereitung und -verbreitung,
- die Kontaktpflege zu vergleichbaren nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten,
- die Organisation von vernetzenden Veranstaltungen und
- die Bereitstellung von öffentlichkeitswirksamen Informationsmaterialien.

Im Rahmen des Technologiemonitorings werden Ergebnisse bewertet, strategische Ansätze für die Optimierung des Transfers in die Anwendung aufgezeigt, Abschätzungen zu erwarteten Ressourcen-Einsparpotenzialen vorgenommen, Trends zukünftiger Entwicklungen herausgearbeitet und Empfehlungen zur strategischen Weiterentwicklung erarbeitet.

Das Begleitprojekt wird durchgeführt von:

- DGM – Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.
- DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
- GfKORR – Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V.

Das Begleitprojekt ist ein wichtiges Bindeglied zwischen den FuE-Projekten, dem BMBF, dem Projektträger und zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Als flankierende Maßnahme hat es eine Schlüsselfunktion hinsichtlich Kommunikation, Transdisziplinarität und Wissenstransfer.

Weitergehende Informationen

Die vorliegende Broschüre gibt einen Überblick über die aktuell geförderten Projekte der BMBF-Fördermaßnahme MatRessource und stellt aus den drei Schwerpunkten einige Projekte beispielhaft etwas ausführlicher vor. Dem Leser soll die Breite und Vielfalt der Möglichkeiten zur Erhöhung der Ressourceneffizienz durch Materialinnovationen verdeutlicht werden. Weitere Informationen können der Internetseite der Fördermaßnahme entnommen werden (www.matressource.de).



Substitution und Materialeffizienz

Prognosen über die Reichweite verschiedener Ressourcen haben sich in der Vergangenheit nicht immer als zuverlässig erwiesen. Neue Lagerstätten konnten erschlossen werden oder alternative Versorgungsquellen sind entstanden. Kurzfristige Versorgungsengpässe bei wichtigen Industrieressourcen – z.B. beim Platin durch Streiks in Südafrika oder bei Seltenen Erden durch künstliche Verknappung durch China – haben in den letzten Jahren zu extremen Preissprüngen auf den Weltmärkten geführt. Allerdings haben sich die Preise inzwischen meist wieder normalisiert; zum einen durch eine Entspannung auf der Angebotsseite; zum anderen aber auch durch eine sinkende Nachfrage verursacht durch Wirtschaftskrisen in Schlüsselbranchen. Alles kein Problem. Wir haben es mit Hysterie verstärkt durch Spekulation zu tun – könnte man meinen. Eine andere Schlussfolgerung könnte sein, dass die Volatilitäten nur Anzeichen von fundamentalen Engpässen bei einer breiten Palette von essenziellen Ressourcen darstellen. Dabei kommt es langfristig nicht darauf an, ob eine spürbare Verknappung 10 Jahre früher oder später eintreten wird. Fest steht, dass wichtige Grundlagenerohstoffe der deutschen Industrie in der Zukunft nicht mehr bzw. nur noch zu viel höheren Preisen zur Verfügung stehen werden. Die Auswirkungen werden nicht nur wirtschaftlicher Natur sein, sondern auch gesellschaftliche Effekte nach sich ziehen.

Mit dem steigenden Bewusstsein über diesen Sachverhalt hat auch die Forschung und Entwicklung neuer

Technologien zum Themenbereich Materialeffizienz in den vergangenen Jahren einen beachtlichen Schub erfahren. Insbesondere hat sich die Erkenntnis, dass viele Schlüsseltechnologien ohne potenziell kritische Rohstoffe nicht realisierbar sein werden, immer weiter verbreitet. Innovationen durch Materialforschung werden inzwischen nicht nur nach ihrer technologischen Machbarkeit und dem wirtschaftlichen Potenzial bewertet, sondern zunehmend auch danach, ob die benötigten Materialien auch langfristig zur Verfügung stehen werden. Umgekehrt werden Rohstoffe inzwischen systematisch danach eingeordnet, welche Bedeutung sie für den zukünftigen technologischen Fortschritt haben. Beispielsweise spielen kritische Rohstoffe in der Beschichtungstechnik häufig eine Schlüsselrolle (Halbleiterschichten für die Elektrotechnik oder Photovoltaik oder Indium-Zinnoxid für Touch-Displays). Solche Aspekte sind in vielen Förderprogrammen bereits verankert.

Neben reduziertem Verbrauch, Wiederverwertung oder der Erschließung von neuen Rohstoffquellen wird hier auch die Erforschung neuer Materialien als Lösungsweg aufgezeigt. Während die erstgenannten das Problem nur mittelfristig lösen und das Knappheitsproblem in eine fernere Zukunft verlagern, bietet die Materialforschung in vielen Fällen zusätzlich die Möglichkeit völlig oder teilweise auf den Einsatz kritischer Rohstoffe zu verzichten bzw. diese zu substituieren ohne die Leistungsfähigkeit der entsprechenden Produkte einschränken zu müssen. So gibt es zum Beispiel Forschungsansätze die kritischen Rohstoffe bei der Legierung von Werkzeugstählen oder bei Magnetwerkstoffen zu ersetzen.

Eine kurzfristige Reaktion auf diese Entwicklungen durch eine tiefgreifende Umstrukturierung der Wertschöpfungsketten, durch die Substitution eines Rohstoffes durch einen weniger kritischen, ist in vielen Fällen nicht möglich. Dieser Sachverhalt wird in der MatResource im Themengebiet Substitution und Materialeffizienz aufgegriffen. In den geförderten Projekten werden Wege aufgezeigt, wie es gelingen kann, kritische Materialien zu ersetzen oder deren Einsatz zu reduzieren.



Im Rahmen der MatRessource werden aktuell 15 Verbundprojekte gefördert, die sich dem Themenschwerpunkt Substitution und Materialeffizienz zuordnen lassen. In den Substitutions-Projekten werden neue oder verbesserte Werkstoffe nach den drei bekannten Substitutions-Strategien entwickelt:

- ein Element/Rohstoff wird durch ein anderes/anderen Element/Rohstoff ersetzt (Element/Rohstoff-Substitution),
- ein konventionelles Materialsystem wird durch ein anderes optimiertes Materialsystem ersetzt, welches aber auf derselben Funktionalität beruht (funktionale Substitution),
- ein konventionelles Materialsystem wird durch ein anderes optimiertes Materialsystem ersetzt, welches denselben Zweck mittels einer anderen Funktionalität erfüllt (zweckbezogene Substitution).

Mit **Materialeffizienz** bezeichnet man das Verhältnis von Materialinput zu Materialoutput.^{12,13} Effizienz wird dann erreicht, wenn bei geringerem oder gleichem Materialeinsatz die gleiche oder bessere Funktionalität erzielt, ggf. weniger Energie benötigt wird, weniger Nebenprodukte entstehen oder eine größere Menge an Produkten hergestellt werden kann.

Materialsubstitution beschreibt den Ersatz von möglicherweise kritischen, teuren oder knappen Ressourcen durch Materialien, deren Umweltauswirkungen und ökonomische Risiken geringer sind, ohne dass sie dem zu ersetzenden Material in ihrer Funktionalität nachstehen.

Steigerung der Materialeffizienz kann erreicht werden durch z.B.:

- Minimierung von Abfällen und des Ressourcenverbrauchs bei der Förderung und der Gewinnung von Rohstoffen,
- effiziente Aufbereitung und Verarbeitung von Rohstoffen zu Werkstoffen und Materialien,
- rationelle Nutzung von Alltagsprodukten, welche aus diesen Materialien und letztlich endlichen Ressourcen hergestellt wurden und
- optimierte Rückführung der strategischen Rohstoffe in eine Stoffkreislaufwirtschaft durch effizientes Recycling.

Die Projekte mit dem Fokus eher auf der Materialeffizienz beschäftigen sich zum Beispiel mit der Reduzierung des Gehalts an Seltenen Erden in Produkten für Zukunftstechnologien (z. B. Magnete, Leuchtstoffe) und mit der Entwicklung von neuen Materialien auf der Basis von Sekundärrohstoffen oder von Prozessabfällen.

Aktuell werden 15 Projekte in diesem Themenschwerpunkt gefördert. Im Jahr 2015 werden noch weitere Projekte hinzukommen. Drei beispielhafte Projekte werden im Weiteren detaillierter vorgestellt. Zu allen anderen Projekten stehen Inhaltsbeschreibung und die beteiligten Partner auf der Homepage zur Fördermaßnahme (www.matresource.de).

Als **kritische Rohstoffe**¹⁴ werden solche bezeichnet, deren Versorgungssicherheit nicht ausreichend gewährleistet ist, da ihre Rohstoffvorkommen begrenzt sind bzw. sie nur in wenigen Regionen der Erde zu gewinnen sind. Das führt zu einer starken Importabhängigkeit Deutschlands und damit zu starken Preisschwankungen der Rohstoffe.

Meist nehmen diese Rohstoffe für Zukunftstechnologien eine Schlüsselfunktion ein, da die Produkte und Prozesse sehr spezielle Anforderungen haben.

Beispiele einiger kritischer Rohstoffe mit ihren Anwendungsgebieten

- Gallium: Informations- und Kommunikationstechnik, Photovoltaik
- Germanium: Glasfaser, Infrarot-Sensoren, Photovoltaik
- Indium: Displays, Photovoltaik
- Rhenium: hocheffiziente Flugzeugturbinen und Kraftwerke, Verflüssigung von Kohle, Gas oder Biomasse zu Kraftstoffen
- Seltene Erden: Hochleistungslegierungen, Elektromobilität, Katalyse, miniaturisierte Informations- und Kommunikationstechnik, Windenergie, Korrosionsschutzbeschichtungen

Projektbeispiel 1:

RecyTiC – Ressourcen-schonende Werkstoffkonzepte für TiC-haltige Verschleißkomponenten

Projektpartner

- Deutsche Edelstahlwerke GmbH
- Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG
- VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH
- Durum Verschleißschutz GmbH
- RiWaLas Ltd., Ritzi & Walter Lasertechnik
- Ruhr-Universität Bochum

Herausforderungen und Ziele

Der volkswirtschaftliche Schaden durch Korrosion und Verschleiß wird allein in Deutschland auf mehrere Milliarden Euro jährlich geschätzt. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Forderung nach Materialien, welche den gestiegenen Anforderungen gerecht werden. Abrasionsbeständige (Abrasion = Abkratzung) Werkstoffe werden daher in vielen Anwendungen als Verbundwerkstoffe aus Hartstoffen und einer metallischen Matrix ausgeführt. Hierzu gehören neben Schneidstoffen (z.B. Hartmetall und Cermets – Verbundwerkstoffe aus keramischen Werkstoffen in einer metallischen Matrix) auch verschleißbeständige Metallmatrix-Verbundwerkstoffe (Metal-Matrix-Composites, MMC) und Werkstoffe für Aufschweiß- und Spritzschichten. Mit steigendem Hartstoffgehalt lassen sich der Verschleißwiderstand und damit die Lebensdauer des Verbundwerkstoffes erhöhen.

Strategien zur Wiederverwertung von Titankarbid aus Abfallprodukten der Werkstofffertigung

Aufgrund beschränkter Ressourcen werden die heute in der Hauptsache verwendeten Karbide der Elemente Wolfram und Titan immer knapper, so dass die verwendeten Hartphasen in den Hartmetallen und MMCs einen großen Kostenfaktor darstellen. Daraus resultiert ein Interesse, diese durch Recycling zurückzugewinnen. Im Bereich der Hartmetalle wird das Recycling zur Rückgewinnung des Wolframkarbids (WC) bereits in-

dustriell umgesetzt. Für das Titankarbid (TiC), welches in Anteilen bis 50 % in Cermets, Ferro-Titanit® sowie in vielen MMC und Auftragschweißlegierungen enthalten ist, gibt es derzeit keine Ansätze zur Wiederverwertung bzw. nachhaltigen Ressourcenschonung. Das Ziel dieses Verbundprojektes ist es daher, das Titankarbid aus Abfallprodukten der Fertigung (z.B. Späne) und verschlissenen Komponenten durch einen chemischen Prozess zurückzugewinnen.

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Ein typisches Beispiel für Bauteile, welche durch Verschleiß und Korrosion beaufschlagt werden, sind Schneidmesser aus Ferro-Titanit®, die in der kunststoffverarbeitenden Industrie eingesetzt werden. Das Gefüge besteht in so einem Fall aus einer metallischen Matrix und einer TiC-Hartphasenverstärkung mit einem Anteil von ungefähr 50 Vol.-%. Bei der Herstellung solcher Werkzeuge durch mechanische Bearbeitung entstehen nun zwangsweise Abfallprodukte, z.B. Späne. Diese enthalten jedoch auch 50 Vol.-% der wertvollen Hartphase Titankarbid.

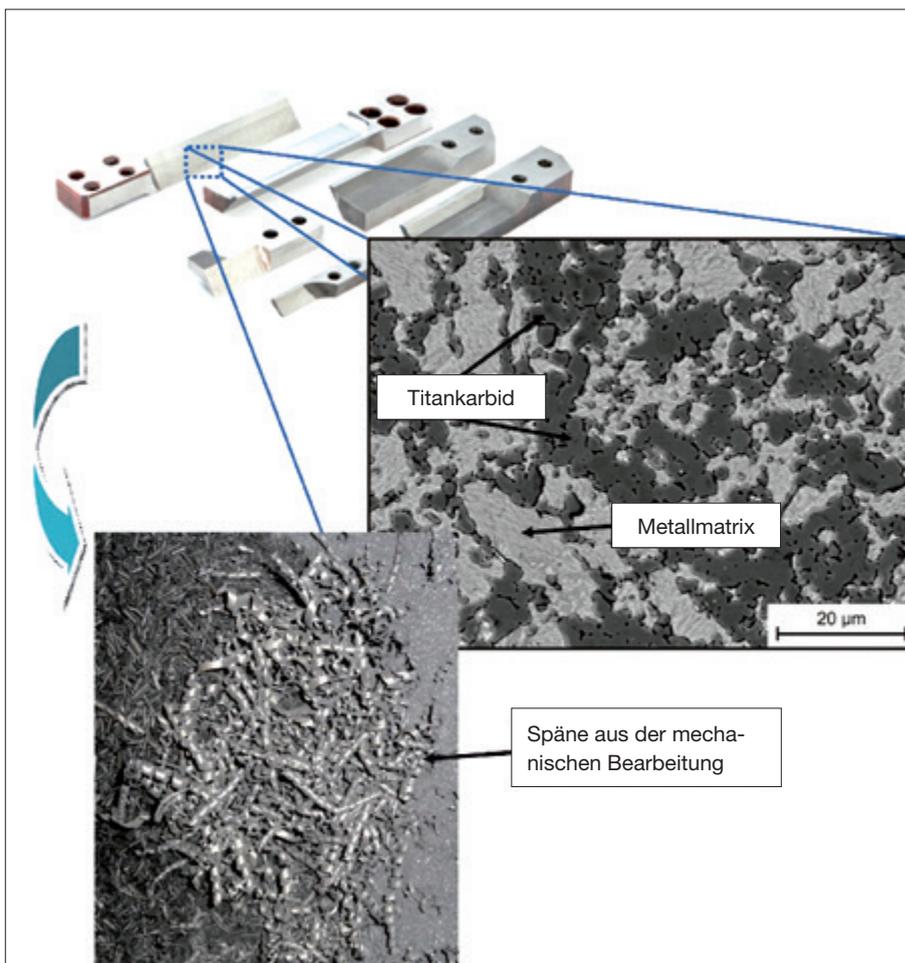
Anhand des definierten Zieles zur Rückgewinnung dieser Wertstoffe können die folgenden Schwerpunkte definiert werden, welche den Projektlauf kennzeichnen:

1. Anpassung der Fertigungsrouten zur Rückgewinnung der Hartphasen
2. Rückgewinnung der Hartphasen durch Auflösung der Metallmatrix
3. Charakterisierung der Werkstoffe und Hartphasen
4. Werkstoffentwicklung und Einsatz der recycelten Hartphasen
5. Erprobung der Werkstoffkonzepte
6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Rückgewinnung der Hartphasen und Einsatz der neuen Werkstoffkonzepte

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Der angestrebte Recyclingprozess führt zu einem verringerten Bedarf an Titankarbid bei der Produktion von Verbundwerkstoffen. Zum anderen wird recyceltes TiC in auftraggeschweißten und thermisch gespritzten Verschleißschutzschichten verarbeitet, um hier das heute vorrangig eingesetzte Wolfram-schmelzkarbid teilweise zu ersetzen. Dieser Substitutionsansatz unter Verwendung recycelter Rohstoff-komponenten stellt somit ein mehrdimensionales Konzept der Ressourcenschonung als Antwort auf die absehbare Rohstoffverknappung im Weltmarkt dar.

Die beschriebene Zielsetzung wird durch ein Projekt-konsortium verfolgt, das den nötigen Kompetenzbereich abdeckt und zugleich die gesamte Prozesskette von der pulvermetallurgischen Fertigung bis hin zum praktischen Einsatz der Verschleißkomponenten abbildet. Die industriellen Partner werden dabei von zwei Forschungs-einrichtungen ergänzt, welche über lang-jährige Erfahrung in der Umsetzung von Forschungsergebnissen durch Technologietransfer verfügen.



Schneidmesser aus Ferro-Titanit® mit dazugehöriger Gefügeaufnahme und Darstellung der Späne aus der mechanischen Bearbeitung

Projektbeispiel 2:

GallEff – Verbesserung der Rohstoffeffizienz bei der Galliumarsenidsubstrat- und LED-Herstellung

Projektpartner

- Freiburger Compound Materials GmbH
- OSRAM Opto Semiconductors GmbH
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Herausforderungen und Ziele

Das Gesamtziel des GallEff-Projektes besteht in der Erforschung von materialeffizienten und kostengünstigen Technologien zur Herstellung von energiesparenden roten und gelben Leuchtdioden (LED). Dabei soll der Materialeinsatz von Gallium in den entsprechenden Galliumarsenid-Substraten (GaAs) um bis zu 65% reduziert werden. Es sollen großflächige Substrate (150mm Durchmesser) zur effizienteren Flächenausnutzung während der Bauelementfertigung sowie neuartige Recyclingkonzepte für Produktionsabfälle wie z.B. Schleif- und Poliersuspensionen aber auch hochverdünnte Ätzlösungen entwickelt und großtechnisch eingeführt werden.

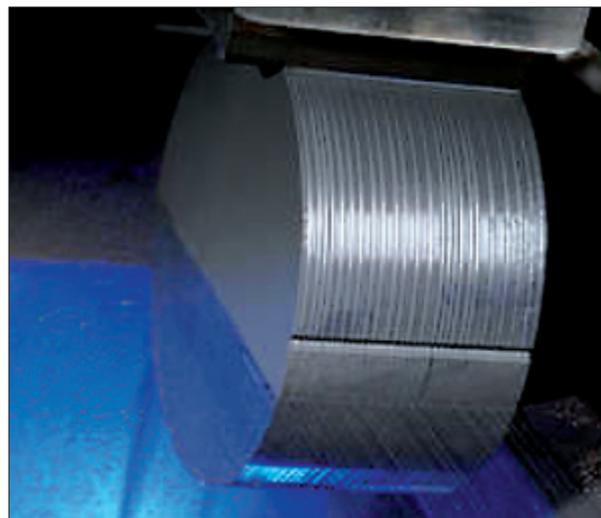
Einsparung und verbesserte Rückgewinnung von Gallium bei der Produktion von Leuchtdioden

Gallium ist Schlüsselrohstoff für die Optoelektronik (u.a. LEDs und Laserdioden), integrierte Schaltungen (analog und digital), einschließlich der Hochfrequenztechnik in allen satellitengestützten Systemen. Es spielt zunehmend auch eine Rolle für Entwicklungen auf dem Gebiet magnetischer Werkstoffe sowie für Dünnschicht-Solarzellen. Die von der Europäischen Kommission berufene „Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials“ stuft Gallium als ein Metall mit hoher wirtschaftlicher Bedeutung sowie hohen Versorgungsrisiken für die EU ein. Die weltweite Primärproduktion des Galliums lag bei etwa 100 t im Jahr 2013. Gallium wird überwiegend in außer-europäischen Ländern wie China, Russland, Kasachstan und der Ukraine gefördert. Es wird prognostiziert, dass die Nachfrage

von Gallium für den Einsatz in den klimaschutzrelevanten Zukunftstechnologien wie LEDs (light emitting diodes) und Photovoltaikzellen im Jahr 2030 bei 603 t liegen wird – 6 mal höher als die weltweite Primärproduktion in 2013. Im LED-Segment werden die auf Gallium basierenden Halbleiterwerkstoffe Galliumarsenid (GaAs), Indiumgalliumaluminiumphosphid (In-GaAlP) und Galliumnitrid (GaN) eingesetzt. Diese sind durch die direkte Bandlücke im Halbleiterkristall für die Anwendungen in der Optoelektronik ideal geeignet. Der Einsatz alternativer Werkstoffe für Hochleistungsleuchtdioden ist gegenwärtig nicht absehbar.

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Um die anvisierte Materialeinsparung von Gallium zu realisieren, werden mehrere Arbeitsschwerpunkte verfolgt. Zum einen sollen der Waferorientierung (Wafer=Träger) entsprechend verkippte GaAs-Kristalle gezüchtet werden, um bei der Wafervereinzelnung den Materialverschnitt zu minimieren. Weiterhin werden die Drahtdicken beim Drahtsägen signifikant reduziert, um den Sägeverlust zu senken. Zusammen werden bis zu ca. 40% der Galliumverluste im Wafering eingespart. Außerdem sollen größere Galliumarsenid-Substrate



Blick in die Drahtsäge: Ein 150mm Kristall ist inWafer geschnitten wordern, der Kristall wir aus dem Drahtfeld gefahren

(Durchmesser 150 mm anstatt 100 mm) bei der Herstellung roter und gelber LEDs genutzt werden, was bis zu 10% Gallium einsparungen birgt. Dazu müssen alle Prozessschritte bei der Herstellung der LEDs neu entwickelt und zum Teil auf neue Anlagen übertragen werden. Das beinhaltet die Epitaxie (Form des Kristallwachstums) und den gesamten Chipprozess mit Metallisierungs-, Lithographie-, Plasmaprozessen sowie das Waferbonden. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Einsatz dünnerer 150mm Galliumarsenid-Substrate für die LED Fertigung, um den Gallium-Bedarf um weitere 15 % zu senken. Die Verwendung von großen und dünneren GaAs-Substraten bedingt ein erhöhtes Bruchrisiko in der LED-Fertigung. Deshalb sind neben der Übertragung aller LED Prozessschritte auf die dünneren Substrate insbesondere neue Konzepte für das Waferhandling zu untersuchen. Weiterer Schritte sind noch die Minimierung der Menge an Gallium-haltigen Produktionsabfällen sowie die Entwicklung von Wiederaufarbeitungstechnologien. Die GaAs-Reste aus Schleif- und Polierprozessen sollen getrennt erfasst

und das Gallium möglichst effizient zurückgewonnen werden. Ähnliches gilt für die Rückgewinnung von hochverdünntem Gallium aus sauren und basischen Ätzlösungen.

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Die im ersten Projektjahr erzielten Teilergebnisse zum Einsatz fehlorientierter Galliumarsenid-Substrate mit 150 mm Durchmesser werden von Osram genutzt, um als erster Chiphersteller die Fertigung roter und gelber LED auf 150 mm Wafer umzustellen. Neben der Erreichung der Galliumeffizienzziele werden auch die Fertigungskapazitäten erweitert. Diese Umstellung betrifft Chips für LED unterschiedlichster Anwendungen. Rote und gelbe LED werden in nahezu allen Bereichen eingesetzt werden: Als Blinker, Rückleuchte oder Innenraumbeleuchtung im Automobilsektor, in Displays, bei der Projektion, Signalbeleuchtung und in Farbmischsystemen für die Allgemeinbeleuchtung.



Blick in den Reinraum: Die Bestückungsanlage transportiert einen 6-Zoll-Wafer, links sind 4-Zoll-Wafer zu sehen

Projektbeispiel 3:

KomMa – Nanoskalige Seltenerd-freie Magnete und Magnetkomposite

Projektpartner

- Siemens AG
- TRIDELTA Hartferrite GmbH
- Technische Universität Darmstadt
- Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena

Herausforderungen und Ziele

Heutige Hochleistungs-Permanentmagnete basieren ausschließlich auf intermetallischen Verbindungen der Seltenerd-Metalle im System Neodym-Eisen-Bor (Nd-Fe-B) bzw. Samarium-Kobalt (Sm-Co) und unterliegen deshalb bezüglich Preisvolatilität, Versorgungs- und Ressourcensituation der Seltenerd-Problematik. Magnetwerkstoffe und insbesondere Permanentmagnete sind wesentliche Leistungskomponenten in heutigen

elektrischen Systemen wie z.B. Elektromotoren für die Industrieautomatisierung und Generatoren für die Energiewandlung. Es wird erwartet, dass der zukünftige Bedarf leistungsfähiger und kostengünstiger Permanentmagnete durch den Ausbau der regenerativen Energien, vorwiegend der Windenergie und der Elektromobilität, überproportional anwachsen wird.

Das Verbundprojekt KomMa (Nanoskalige Seltenerd-freie Magnete und Magnetkomposite) setzt sich zum Ziel, ausgehend von Hartferritmagneten und Eisennitriden neuartige werkstoffliche Konzepte für Magnetwerkstoffe zum Einsatz in Stromgeneratoren und Elektromotoren zu erforschen und zu erproben. Dadurch soll der Bedarf an Seltenerd-basierten Permanentmagneten reduziert und der Anteil Seltenerd-freier Permanentmagnete deutlich erhöht werden.

Neuartige werkstoffliche Konzepte für Seltenerd-freie Magnetwerkstoffe zum Einsatz in Stromgeneratoren und Elektromotoren

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Der Lösungsansatz der Projektpartner beruht auf der Kombination nanoskaliger hart- und weichmagnetischer Materialsysteme wodurch eine magnetische Härtung des weichmagnetischen Anteils, der die hohe Ma-



Hochleistungs-Permanentmagnete für Motoren

gnetisierung trägt, erfolgt. Ein solches Verhalten wird in der Theorie als Exchange-Spring-Konzept beschrieben. Im Projekt soll dies benutzt werden, um den Anteil an Seltenen Erden zu reduzieren oder vollständig zu vermeiden.

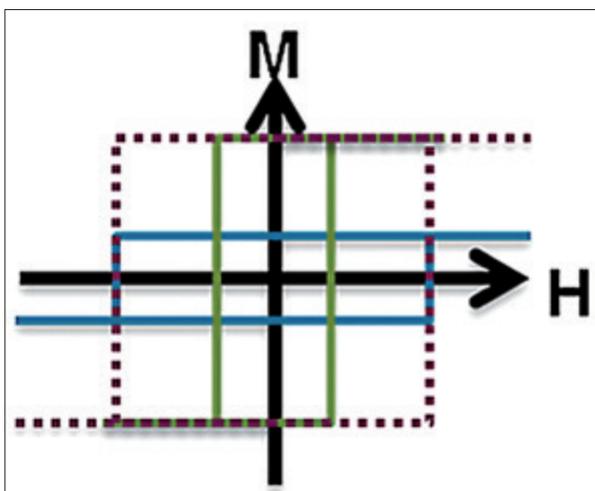
Neben der Auswahl geeigneter Materialsysteme liegen die Herausforderungen im Bereich der Prozess- und Verfahrenstechnik. Für den Erfolg ist eine gezielte Einstellung der Struktur, Größe und Ausrichtung der magnetischen Komponenten von Bedeutung. Im Bereich der permanentmagnetischen Werkstoffe sind Hartferrite von besonderem Interesse. Sie sind in ihrer Grundform aus Eisenoxid aufgebaut und daher als unkritisch in Bezug auf die Ressourcensituation eingestuft. Heutige Ferritmagnete schöpfen jedoch das theoretische Potential des Materials nicht aus. Ein Arbeitsschwerpunkt im Rahmen von KomMa ist daher die Optimierung der Prozesse zur Herstellung von Hartferriten. In Kombination mit weichmagnetischen Materialien wie beispielsweise Übergangsmetallen bilden sie die Basis für das angestrebte Magnetkomposit. In einem weiteren Schritt werden Prozesse und Verfahren entwickelt, die eine Austauschkopplung zwischen den Phasen unterstützen und zu einem vollgedichteten Permanentmagneten führen.

Des Weiteren werden im Projekt durch die TU Darmstadt spezielle Ferro-Nitride betrachtet. Ihnen wird besonders großes Potential für Seltenerd-freie Permanentmagnete in der internationalen Forschung zuge-

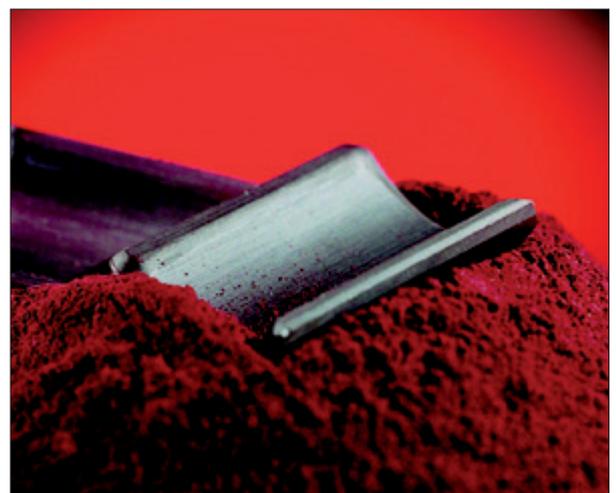
wiesen. Dieses System eignet sich sowohl als eigenständiger Magnetwerkstoff als auch als Komponente für die angeführten austausch-gekoppelten Magnete. Dabei ist aus Sicht der Materialeffizienz und Verfügbarkeit der Rohstoffe entscheidend, dass das ferromagnetische Basismaterial Eisen praktisch unbegrenzt verfügbar ist. Obwohl in Dünnschichtsystemen bereits erfolgreich eingesetzt sind für die Herstellung von Eisen-Nitrid-basierten Volumenmagneten noch große Herausforderungen zu meistern.

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Das Projekt soll die physikalische und werkstoffwissenschaftliche Basis für die zukünftige Entwicklung ressourcenschonender und kostengünstiger Magnetwerkstoffe liefern. Neben dem generellen Zugang zu den Rohstoffen für Magnete ist die Verfügbarkeit eines breiten Eigenschaftsspektrums bei permanentmagnetischen Materialien für viele Anwender von hoher strategischer Bedeutung. Im Erfolgsfall lassen sich die Erkenntnisse in die industrielle Fertigung innovativer Magnetwerkstoffe integrieren. Diese könnten Anwendung in den Zukunftsfeldern erneuerbare Energien und Elektromobilität mit ihren vergleichsweise unterschiedlichen Anforderungsprofilen aber auch auf den etablierten Gebieten der elektrischen Antriebe finden.



Die Kombination von hoher Magnetisierung (grün) mit großem Koerzitivfeld (blau) führt nach dem Konzept der magnetischen Austauschwechselwirkung zu einer hohen und breiten Hystereseschleife (gestrichelt).



Hartferrit - Pulver und Magnet

Korrosionsschutz

Jeder hat schon einmal verrostete Nägel oder andere durch Rost angegriffene metallische Gegenstände gesehen. Das im allgemeinen Sprachgebrauch als Rost bezeichnete Phänomen wird vom Fachmann als Korrosion bezeichnet und ist der Grund, warum Brücken gesperrt, Fahrzeuge aus dem Verkehr gezogen werden oder Maschinen stillstehen. Korrosion ist ein natürlicher Vorgang, der nicht vollkommen verhindert bzw. gestoppt werden kann. Durch Korrosion geht ein großer Teil der technisch aufwendig hergestellten Metalle wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurück. Dies gilt auch für Kunststoffe oder keramische Werkstoffe, die ebenfalls durch Korrosionsvorgänge geschädigt werden. Es existieren jedoch zahlreiche Möglichkeiten, die Geschwindigkeit, mit der die Korrosion voranschreitet, drastisch zu verlangsamen und somit die entstehenden Schädigungen von Bauteilen und Maschinen zu minimieren. So kann man Bauteile zum Beispiel durch korrosionsbeständige Beschichtungen oder Überzüge, durch das Anbringen von Opferanoden (Materialien, die sich statt des zu schützenden Werkstoffes auflösen) oder durch konstruktive Maßnahmen, z. B. senkrechte Flächen, bei denen sich kein Wasser ansammeln kann, schützen.

Im Alltag tritt Korrosion an den verschiedensten Stellen auf. Durch Streusalz und Feuchtigkeit werden z. B. Kfz-Karosserien geschädigt. Noch Mitte der 80er Jahre

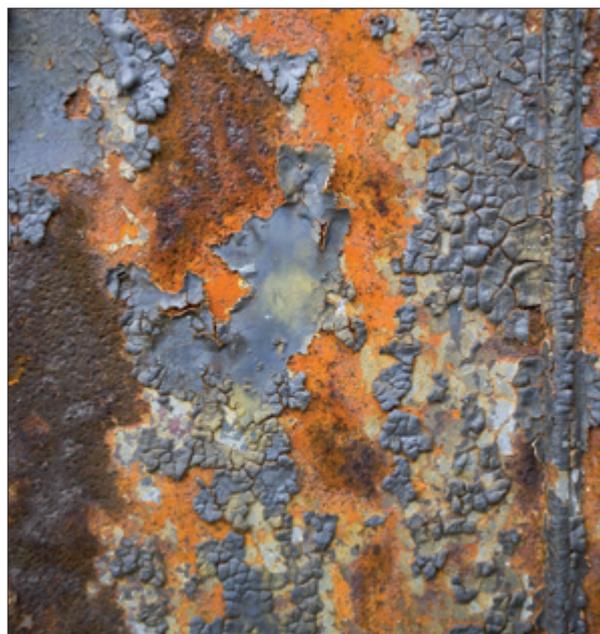
galt, dass der Produktionswert eines Automobils nach durchschnittlich zehn Jahren, vor allem durch Korrosion, vernichtet war. Durch viele Verbesserungen des Korrosionsschutzes im Fahrzeugbau ist dies heute nicht mehr der Fall. Schäden in der Verkehrsinfrastruktur, die durch Streusalz hervorgerufen werden, z. B. an Brücken oder in Parkhäusern, stellen jedoch immer noch hohe Herausforderungen an den Korrosionsschutz dieser Bauwerke dar.

Eines der markantesten Beispiele für jahrzehntelang erfolgreich betriebenen Korrosionsschutz ist der Eifelturm. Um seine Stahlkonstruktion vor Witterungseinflüssen und somit vor Korrosion zu schützen, wird er alle sieben Jahre neu angestrichen. Dieser Vorgang dauert zwischen 15 und 18 Monate. In diesem Zeitraum werden etwa 60 Tonnen Korrosionsschutzfarbe aufgebracht. Ohne diese Schutzmaßnahme würde der Eifelturm heute nicht mehr existieren.

Wie sinnvoll und notwendig solche Korrosionsschutzmaßnahmen sind, belegen folgende Zahlenbeispiele. Die durch Korrosion hervorgerufenen direkten wirtschaftlichen Schäden wurden von einer Studie¹⁵ aus dem Jahr 1998 weltweit auf etwa 1,8 Billionen US-Dollar geschätzt. Dies bedeutet, dass nur die tatsächlich durch Korrosion beschädigten Bauteile in die Kostenrechnung einfließen. Hierbei werden jedoch nicht die

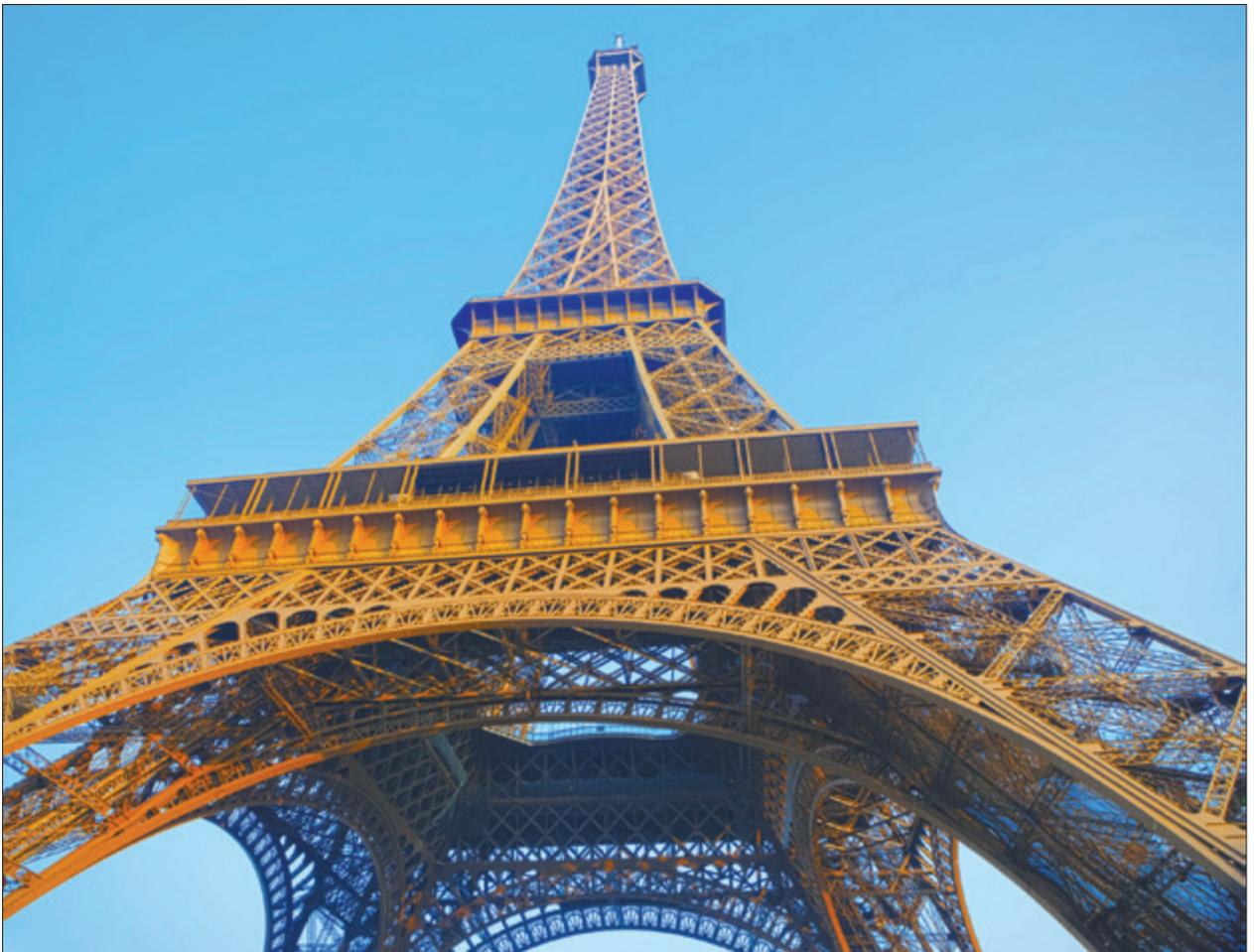
Korrosion ist die Reaktion eines Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen:

- der Korrosionserscheinung, die als jede messbare Veränderung eines Werkstoffes durch Korrosion beschrieben wird.
- der Korrosionsreaktion, der physikochemische Vorgang, der zu einer Korrosionserscheinung führt
- und dem Korrosionsschaden, der dann auftritt, wenn die Funktion eines Bauteils oder eines ganzen Korrosionssystems durch Korrosion beeinträchtigt wird.



Schäden durch Produktverunreinigungen, Produktionsausfall oder -verzögerung berücksichtigt. Diese Kosten sind kaum zu beziffern. Würde man bereits bekanntes Wissen zur Vermeidung solcher Schäden anwenden, so könnten etwa 25 % dieser Ausfälle vermieden werden.

Im Themenschwerpunkt Korrosionsschutz der Mat-Ressource werden aktuell zehn Verbundprojekte gefördert. Im Jahr 2015 werden noch weitere Projekte hinzukommen. Im Weiteren werden drei beispielhafte Projekte detaillierter vorgestellt. Zu allen anderen Projekten stehen Inhaltsbeschreibung und die beteiligten Partner auf der Homepage zur Fördermaßnahme (www.matresource.de).



Projektbeispiel 1:

RepaKorr – Reparatursysteme und -konzepte für Korrosionsschutzbeschichtungen von Offshore-Windenergieanlagen

Projektpartner

- Muehlhan AG
- Sika Deutschland GmbH
- Corroconsult Gesellschaft für Coating Control Consulting GmbH
- WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte
- AirRobot GmbH & Co KG
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)
- RETC Renewable Energy Technology Centre GmbH (assoziiert)

Herausforderungen und Ziele

Korrosion ist ein kritischer Faktor beim Einsatz von Offshore-Windenergieanlagen. Die wichtigste Schutzmethode im nicht dauerhaft getauchten Bereich der Anlagen ist das Auftragen von Korrosionsschutzbeschichtungen. Für eine wirtschaftliche Nutzung der Anlagen ist eine Lebensdauer von mehr als 25 Jahren erforderlich. Dieser Wert liegt über den in geltenden technischen Richtlinien genannten Schutzdauern für Korrosionsschutzbeschichtungen an Stahlkonstruktionen. Weitere Belastungen, insbesondere Beschädigungen aufgrund mechanischer Beanspruchung, können nach aktuellem Stand nicht ausreichend spezifiziert werden.

Reduktion von Kosten und Erhöhung der Lebensdauer von Offshore-Windenergieanlagen durch beschleunigte vor-Ort-Reparatur und optimierte Inspektion.

Ein nachhaltiges Reparatursystem, das unter Offshore-Bedingungen aufgebracht werden kann, erfordert die Berücksichtigung komplexer Zusammenhänge, zu denen u.a. Anlagenbetrieb, detaillierte Bedingungen vor Ort, Zugangstechnik, Überwachung und Bewertung der vorhandenen Schutzsysteme gehören. Ebenso stellen

die aufgrund der Lage im Meer spezifischen Umweltschutz- und Sicherheitsanforderungen eine besondere Herausforderung dar.

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Im Verbundprojekt RepaKorr erarbeiten Hersteller von Beschichtungswerkstoffen (Sika Deutschland), Gerätehersteller (AirRobot), Anwender von Beschichtungssystemen (Muehlhan), Anlagenbetreiber (RETC), Stahlbauer (WeserWind), Gutachter (Corroconsult) und Forschungseinrichtungen (Fraunhofer IFAM) die werkstofflichen, technischen, konzeptionellen und organisatorischen Grundlagen für ein „vor-Ort-Reparatur“-Konzept.

Einen Arbeitsschwerpunkt des Projekts bildet die Entwicklung von Reparaturwerkstoffen sowie entsprechender Auftragsverfahren für Offshore-Wind-



Inspektions- und Reparaturarbeiten an einer Offshore-Windenergie-Konstruktion

energieanlagen vor Ort. Hierbei wird eine zeit- und kosteneffektive „Ein-Schritt“-Philosophie konsequent verfolgt. Für den Nachweis der Funktionalität der Werkstoffe werden neue Prüfkonzepte entwickelt, da geltende Prüfvorschriften und -methoden den Reparaturfall nicht berücksichtigen. Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Inspektion der Beschichtungen mittels Drohneinsatz (muav, „mobile unmanned aerial vehicle“) dar. Entsprechende Inspektionskriterien und Beurteilungsmethoden werden aus anderen technischen Anwendungsfeldern (Offshore Öl und Gas, Schiffbau, schwerer Korrosionsschutz) übernommen, systematisiert, gegebenenfalls modifiziert und in einen automatisierten Inspektionsalgorithmus überführt. Darüber hinaus werden Modifikationen am Design der Konstruktionen vorgenommen, die eine sachgerechte und sichere Durchführung der Reparaturmaßnahmen ermöglichen.

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

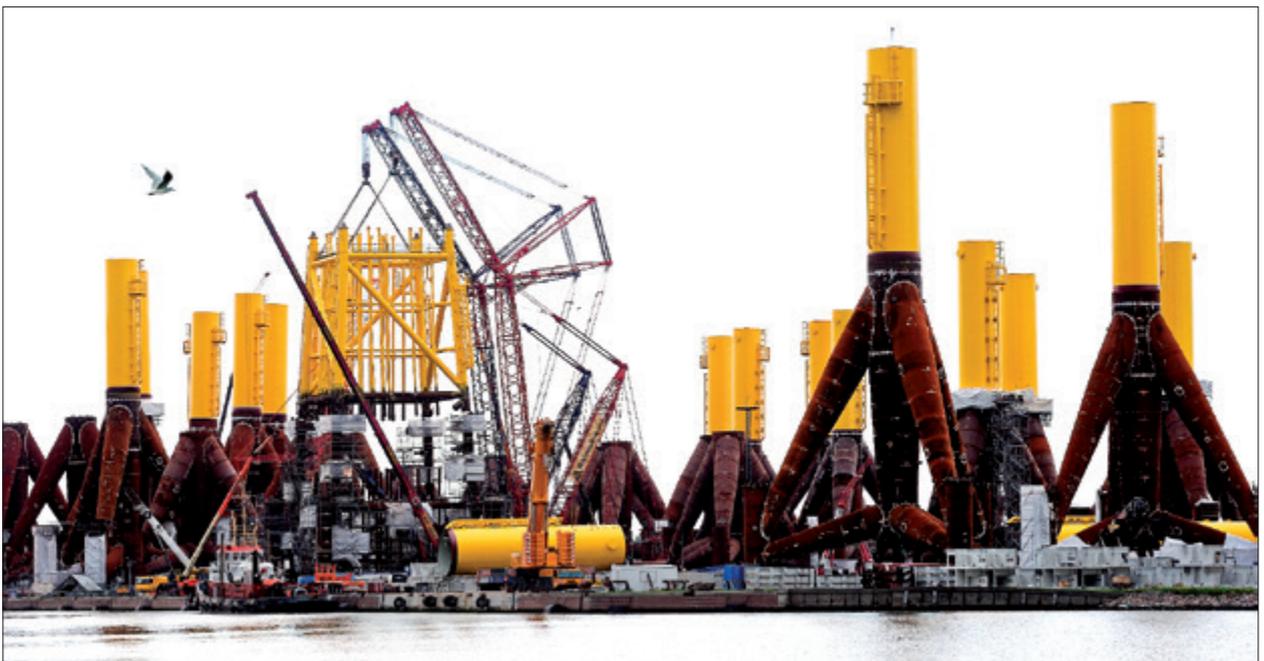
Die derzeit sehr hohen Kosten für die Reparatur von Beschichtungssystemen offshore (vor der Küste), die ein Hundertfaches der Neubaukosten betragen können, werden deutlich reduziert. Die Inspektionsleistungen, deren Effektivität momentan entscheidend von der Nutzung sogenannter Wetterfenster bestimmt wird,

können um ein Mehrfaches beschleunigt werden. Der Inspektionsprozess selbst wird standardisiert, und die Ergebnisse können mit modernen Methoden der digitalen Datenverarbeitung aufbereitet und in bestehende elektronische Systeme zur online-Anlagenüberwachung übertragen werden.

Inspektions- und Reparaturarbeiten können beschleunigt und Inspektions- und Reparaturzyklen reduziert werden. Instandhaltungsarbeiten können, da das entwickelte Inspektionssystem zuverlässige und örtlich zugeordnete Daten liefert, wesentlich genauer und zielgerichtet geplant werden.



Mobile Unmanned Aerial Vehicle (MUAV) für Inspektionen an Offshore-Windenergie-Anlagen, Maße im Flugbetrieb: Breite = Länge = 2,20 m; Abfluggewicht: ca. 10 kg



Fundament-Strukturen für Offshore-Windenergie-Anlagen

Projektbeispiel 2:

KoWUB – Neuartige Korrosionsschutzsysteme für zukünftige Karosseriekonzepte auf Basis der Warmumformung

Projektpartner

- ThyssenKrupp Steel Europe AG
- KIRCHHOFF Automotive Deutschland GmbH
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS)
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH

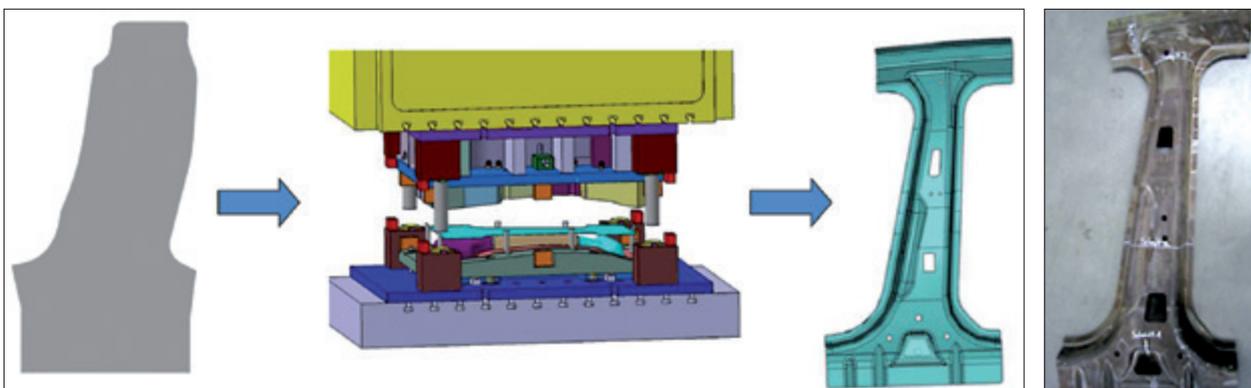
Herausforderungen und Ziele

Warmumformbare, mit Mangan und Bor legierte Stähle sind für die Automobilindustrie von größtem Interesse. Im Vergleich zu den konventionellen Kaltformstählen besitzen sie eine deutlich höhere Festigkeit und ermöglichen damit neue Konstruktionskonzepte mit höheren Sicherheits- und Leichtbau-Anforderungen – unabdingbar zur Erreichung der CO₂-Klimaschutzziele. Der spezielle Fertigungsprozess bei der Warmumformung erfordert allerdings die Entwicklung neuer Korrosionsschutzsysteme als Grundvoraussetzung für sichere und wirtschaftliche Leichtbaukonstruktionen aus hochfesten Mangan-Borstählen.

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

In diesem Verbundprojekt KoWUB werden hochkorrosionsfeste Schutzsysteme auf der Basis von Zink, Eisen und Aluminium für Warmumformstähle erforscht. Dazu werden spezielle Legierungssysteme hergestellt, die auch nach der Warmumformung bei Temperaturen um 900° C einerseits durch die Opferwirkung des Zinks einen lebensdauerlangen kathodischen Korrosionsschutz der Bauteile ermöglichen. Andererseits soll die notwendige Einstellung des Legierungszustandes deutlich schneller als bei konventionellen Legierungssystemen erfolgen, wodurch kurze Prozesszeiten in der Ofenstrecke und damit eine erhöhte Ressourcenschonung und verbesserte Produktivität ermöglicht werden.

Verbesserter Korrosionsschutz im Automobilbau ermöglicht Leichtbau und CO₂-Einsparung



Schematische Darstellung des einstufigen Warmumformprozesses

B-Säule eines PKW als typisches Beispiel eines warmumgeformten Bauteiles

ThyssenKrupp untersucht zur Erreichung dieser Ziele zwei völlig unterschiedliche Beschichtungsverfahren: Das bereits industriell lange eingesetzte kontinuierliche Schmelztauchen (Beschichten von Werkstoffen durch Eintauchen in die metallische Schmelze) und in enger Kooperation mit dem Fraunhofer-IWS ein neuartiges PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition, vakuum-basiertes Beschichtungsverfahren). Beide Verfahren sollen so ertüchtigt werden, dass sie unter industriellen Bedingungen für ein gezieltes Schichtdesign im Bereich der Warmumformung eingesetzt werden können. Das optimale Legierungsdesign wird in grundlegenden Untersuchungen gemeinsam mit dem MPIE erforscht. Die erzeugten neuen Schichtsysteme werden korrosions- und verarbeitungstechnisch charakterisiert und optimiert.

In einem zweiten Schritt werden die Beschichtungsverfahren auf bei ThyssenKrupp vorhandenen kontinuierlichen Bandversuchsanlagen umgesetzt, um im kontinuierlichen Verfahren größere Mengen beschichteten Materials und entsprechend auch kleinere Bauteile zu erzeugen. Damit werden die verschiedenen Schichtvarianten gemeinsam mit Kirchhoff Automotive in praxisorientierten Verarbeitungsversuchen validiert.

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Unmittelbarer Nutzen des Projektes bei erfolgreicher Umsetzung sind neuartige effiziente Lösungen für den Korrosionsschutz von Karosseriekonzepten auf Basis der Warmumformung als wesentliche Voraussetzung dafür, dass sich solche ressourcen- und klimaschonenden Fahrzeug-Leichtbaukonzepte durchsetzen können. Weitere Vorteile sind die Einsparung von Ressourcen und die Effizienzerhöhung bei der Fertigung der warmumgeformten Bauteile, wodurch ein weiterer Beitrag zum Life-Cycle Assessment (systematische Analyse der Umweltwirkungen eines Produkts während seines Lebensweges) neuer Fahrzeugkonzepte erreicht werden kann.



Experimentelle Arbeiten am Versuchsstand der Fraunhofer-Projektgruppe in Dortmund

Projektbeispiel 3:

TS-Protect – Thermisch gespritzte und solvothermal verdichtete Schutzschichten in Müllverbrennungsanlagen und Biomassekraftwerken

Projektpartner

- Deutsche Edelstahlwerke GmbH
- Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)
- Ludwig-Maximilians-Universität München
- Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik
- Rohrwerk Maxhütte GmbH
- Zweckverband Müllverwertung Schwandorf

Herausforderungen und Ziele

Biomasse stellt einen wesentlichen Anteil der Produktion von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien dar. Zum Begriff der Biomasse zählt auch der regenerative Anteil des Haus- und Gewerbeabfalls, der in Müllverbrennungsanlagen (MVA) als Brennstoff eingesetzt wird. In den MVA treten verschiedene Formen von Korrosion und Verschleiß auf Grund der vielfältigen Zusammensetzung des Abfallgemisches und somit der Verbrennungsgase bei zusätzlich hohen Temperaturen auf. Insbesondere Müllheizkraftwerke mit ihren höheren Temperaturen und Drücken im Kreislauf sind enorm korrosions- und verschleißgefährdet. In Bio-

massekraftwerken sind die auftretenden Schädigungen ganz ähnlich. Alle erwähnten Schädigungsprozesse werden unter dem Begriff „Hochtemperaturkorrosion“ zusammengefasst und sind die Ursache für mehr als 70 % der Anlagenstillstände. Zur Behebung dieser Schäden sind bis zu 30 % des jährlichen Instandhaltungsbudgets bzw. 10 % des jährlichen Umsatzes aufzuwenden.

Die Steigerung der Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Anlagen durch verbesserte Schutzschichten senkt den Materialverschleiß und erhöht gleichzeitig die Energieausbeute

Die Entwicklungsaufgaben des Verbundprojektes TS-Protect zielen darauf ab, den bisher noch unzureichenden Korrosionsschutz in diesen Anlagen mit ihren hohen Betriebstemperaturen und chemisch aggressiven Umgebungsbedingungen zu verbessern und deren Zuverlässigkeit und Lebensdauer nachhaltig zu steigern. Die Aufgaben werden durch einen neuen, innovativen Ansatz gelöst, chemisch inerte (reaktionsträge) keramische Schutzschichten durch thermisches Spritzen und



Korrosion an MVA-Überhitzerrohren
a) unbeschichtetes Überhitzerrohr



b) Überhitzer nach 14.000 h

solvothermale Prozesse (Bildung von Feststoffen aus Lösungen) so zu modifizieren, dass sie den hohen Anforderungen genügen. Alle bisher entwickelten metallischen und keramischen Schutzschichten bieten keinen vollständigen Schutz. Sie weisen Defizite in der Dichtigkeit der Beschichtung, in ihrer Haftung und mechanischen Belastbarkeit auf.

Das Partnerkonsortium wurde so gewählt, dass sie ihre jeweils langjährigen Erfahrungen über Beschichtungen und deren Auftragung sowie über die entsprechende Pulverherstellung mit denen der Solvothermalsynthese, der Auswahl geeigneter Substrat- und Schichtwerkstoffe und deren Einsatzmöglichkeit in Verbrennungsanlagen kombinieren.

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Es werden verschiedene, geeignete Substrat- und Keramikmehrschichtsysteme untersucht. Dazu werden geeignete Pulver hergestellt und durch thermisches Spritzen auf metallische Substrate aufgebracht. Dabei entstehen Mehrschichtsysteme, die als Korrosions- und Verschleißschutz der metallischen Substrate dienen. Solvothermale Prozesse bewirken eine Verdichtung innerhalb der keramischen Schutzschichten. Es werden unterschiedliche Methoden verfolgt, um diese Prozesse auszulösen. Nach dem Verständnis der Vorgänge und Auswahl der geeigneten Verfahren werden diese anwendungs- und kostenorientiert modifiziert und vertiefend untersucht. Dabei werden verschiedenste Prozessparameter getestet, angepasst und durch umfangreiche Analytik charakterisiert. So werden Materialeigenschaften zu den verschiedenen Mehr-

schichtsystemen und Elementverteilungsanalysen für solvothermale Prozesse und die Beschaffenheit der hergestellten Schutzschichten erhalten. Die Ergebnisse werden mit Hilfe unterschiedlicher Methoden ausgewertet, um Wissen zu den ablaufenden Solvothermalprozessen zu generieren, die letztlich zu verbesserten keramischen Schutzschichten führen.

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Die Projektpartner schaffen eine wissenschaftliche Grundlage zur Erzeugung von Schutzschichten über eine innovative Technik, die dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft und Technik neue Impulse verleiht.

Allein der in Müllkraftwerken durch Korrosionsschäden verursachte Anteil von etwa 30 % der Instandhaltungskosten spricht für sich. Die Effizienz der Anlagen zur regenerativen Energieerzeugung wird durch verringerte Stillstandzeiten und mehr planerische Sicherheit erhöht. Der ökologische Aspekt ist in erzielbarem geringeren Materialverschleiß und Energieverbrauch zu sehen. Bei rund 70 Abfallverbrennungsanlagen und über 30 Ersatzbrennstoffkraftwerken in Deutschland ergibt sich aus dem erwarteten technischen Vorsprung und den absehbaren Kosteneinsparungen ein hohes Marktpotential. Nicht nur für die beteiligten Industriepartner ist die Umsetzung der vorgesehenen Herstellungsprozesse, der Anlagenplanung und des Anlagenbetriebes direkt nutzbar. Die Anwendbarkeit beschränkt sich nicht auf die Verbrennungstechnik, sondern erstreckt sich auf viele Anwendungen, in denen Hochtemperaturkorrosion eine Rolle spielt.



c) Überhitzerschott auftragsgeschweißt, Dampftemperatur 410°C, Abzehrung bis zum Grundmaterial nach 8.700 h

Katalyse und Prozessoptimierung

Katalyse erschließt Wege, chemische Reaktionen so zu steuern, dass sie ressourcenschonend unter Erhöhung der Ausbeute, Vermeidung von Nebenprodukten und Senkung des spezifischen Energieeinsatzes ablaufen. Als Schlüsseltechnologie leistet sie daher einen unverzichtbaren Beitrag zur Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit chemischer Produktionsprozesse. Mehr als 80% der Wertschöpfung der chemischen Industrie beruhen auf katalytischen Verfahren. Nicht nur in der chemischen Industrie, auch bei der Rohstoffverarbeitung in Raffinerien, der Energieerzeugung sowie im Umwelt- und Klimaschutz spielen katalytische Prozesse heute eine zentrale Rolle. Gerade für ein rohstoffarmes Land wie Deutschland kommt es darauf an, die Potentiale der Katalyse zur Steigerung der ökonomischen und ökologischen Effizienz stofflicher Umwandlungen konsequent zu nutzen. Weltweit hängen, Schätzungen der North American Catalysis Society (NACS)¹⁶ zu Folge, 35 % der Wirtschaft direkt oder indirekt von katalytischen

Prozessen ab. Die Katalyse stellt somit ein immens wichtiges Forschungsfeld für die gesamte Industrie dar.

Um die globalen Herausforderungen zu bewältigen, sind weitere wesentliche Fortschritte in der Katalysatorforschung unabdingbar. Es gilt, neue Substanzklassen für katalytische Anwendungen zu erschließen, neue Methoden zur Aufklärung der Wirkungsweise von Katalysatoren bereitzustellen, die Effizienz der Katalysatorentwicklung deutlich zu steigern und neuartige Reaktorkonzepte einzuführen. Von besonderer Bedeutung für die Erhöhung der Ressourceneffizienz sind die Bereiche Rohstoffversorgung, Erhöhung der Materialeffizienz und Prozessoptimierung.

Ein Beitrag der Katalyse zur Sicherung der Rohstoffversorgung ist zum Beispiel die Entwicklung von neuartigen sowie effizienteren Katalysatoren für die Synthese von (Basis-)Produkten auf der Grundlage von



Erdöl, Erdgas, Kohle oder alternativen Rohstoffen. Zur Erhöhung der Materialeffizienz kann außerdem der Edelmetallgehalt in Katalysatoren signifikant reduziert bzw. durch weniger kritische Metalle bzw. Nichtmetalle ersetzt werden. Weiterhin stehen die Entwicklung alternativer Syntheserouten und die Steigerung der atomaren Umsetzungseffizienz in der Synthese im Vordergrund. Für die Optimierung katalytischer Prozesse sind Kenntnisse der Wirkungsweise des Katalysators während der Reaktion unabdingbar, wofür in situ-Messtechniken sowie theoretische Berechnungen (Modellierungen) eingesetzt werden. Maßnahmen zur Erhöhung von Katalysatorstandzeiten, d.h. dem Verbleib des aktiven Katalysators im Reaktor und die Verbesserung der Rezyklierbarkeit des Katalysators tragen wesentlich zur Prozessoptimierung bei.

Im Rahmen der MatRessource werden aktuell sieben Verbundprojekte zu den beschriebenen Inhalten der Katalysatorforschung gefördert. Im Jahr 2015 werden weitere Projekte hinzukommen. Auch in diesem Kapitel werden drei beispielhafte Projekte detaillierter vorgestellt. Zu allen anderen Projekten stehen Inhaltsbeschreibung und die beteiligten Partner auf der Homepage zur Fördermaßnahme (www.matressource.de).

Bei der Umwandlung von Stoffen, also einer chemischen Reaktion, sind in der Regel verschiedene Reaktionswege möglich, bei denen unterschiedliche Energiehürden überwunden werden müssen. Ein **Katalysator** eröffnet einen alternativen, energiesparenden Weg. Das Prinzip eines Katalysators ist einfach: Er bringt Reaktionspartner zusammen und beschleunigt dadurch die chemische Umwandlung oder ermöglicht sie sogar erst. Der Katalysator geht dabei nahezu unverändert aus der Reaktion hervor und kann erneut eingesetzt werden.

Die **Katalyse** ist eine sogenannte Schlüsseltechnologie der Chemie. Allgemein bekannt ist der Einsatz von Katalysatoren im Umweltschutz, etwa als Autokatalysator zur Reinigung der Abgase. Aber die Katalyse leistet viel mehr und zahlreiche Produkte unseres Alltags wie Benzin, Kunststoffe, Medikamente, Kosmetika, würde es ohne Katalyse gar nicht geben oder zumindest nur in deutlich schlechterer Qualität.



Projektbeispiel 1:

SusHy – Sustainable Hydrogen – Edelmetallfreie Katalysatoren für die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energiequellen

Projektpartner

- Evonik Industries AG – Creavis Technologies & Innovation
- Forschungszentrum Jülich GmbH
- Leibniz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock
- Ruhr-Universität Bochum

Herausforderungen und Ziele

Ziel des Projektes SusHy ist die Entwicklung von edelmetallfreien oder signifikant edelmetallreduzierten Katalysatoren für ein effizienzoptimiertes, photo-elektrochemisches Modul zur Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe von Sonnenlicht als Energieträger. Die Herstellung von Wasserstoff basiert derzeit zu mehr als 95 % auf der Nutzung fossiler Energieträger (Erdöl, Erdgas) und trägt durch die Freisetzung großer Mengen an Kohlendioxid in signifikantem Maße zum anthropogenen (durch menschliches Handeln) Treibhauseffekt bei. Auch im Zusammenhang mit der Verknappung fossiler Energieträger ist die alternative regenerative Erzeugung von Wasserstoff eine besondere Herausforderung, da der Wasserstoff eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Düngemitteln spielt, deren Bedarf für die Erzeugung von Nahrungsmitteln auf Grund der stetig wachsenden Weltbevölkerung steigt.

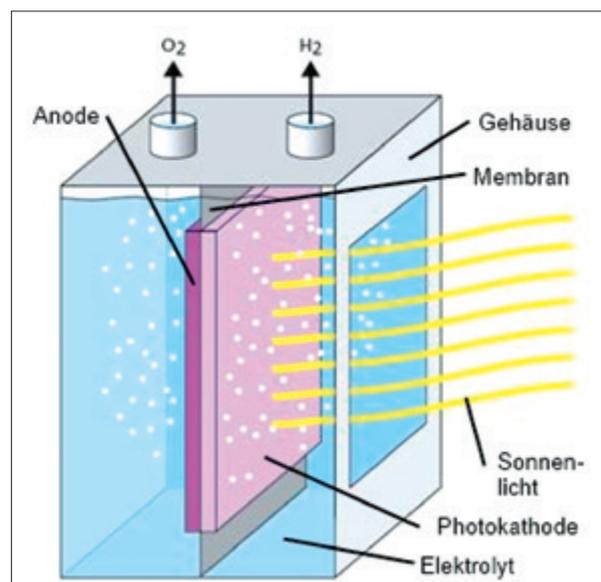
Senkung der Energie- und Materialkosten bei der Wasserstoffproduktion mit Sonnenlicht

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Im Rahmen des Projekts wird ein ganzheitlicher Lösungsansatz entwickelt, der sowohl die Wasserreduktion als auch die Wasseroxidation mit Hilfe edelmetallfreier Katalysatoren in einem Modul vereint. Das Modul be-

steht aus verschiedenen funktionalen Schichten, die aufeinander abzustimmen sind. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten liegt hierbei auf der Entwicklung von edelmetallarmen, möglichst edelmetallfreien Katalysatoren. Die Integration dieser Katalysatoren in das Gesamtsystem erfolgt durch die Auftragung auf strukturierte (Photo)-Elektroden. Die Anordnung der Elektroden in einem Modul mit getrennten Elektrodenräumen erlaubt die separate Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff. Durch die enge Zusammenarbeit der Projektpartner mit verschiedenen Kompetenzen ist es möglich, die Abstimmung der einzelnen Schichten aufeinander durchzuführen und somit eine hohe Effizienz zu erreichen.

Im Rahmen des Projektes soll zudem ein Demonstrator aufgebaut werden, der es erlaubt, die für einen Einsatz unter realen Bedingungen benötigten Parameter insbesondere in Bezug auf die Standzeit der Katalysatoren und die Gesamteffizienz der Wasserstoffherzeugung zu ermitteln. Basierend auf diesen Daten wird ein

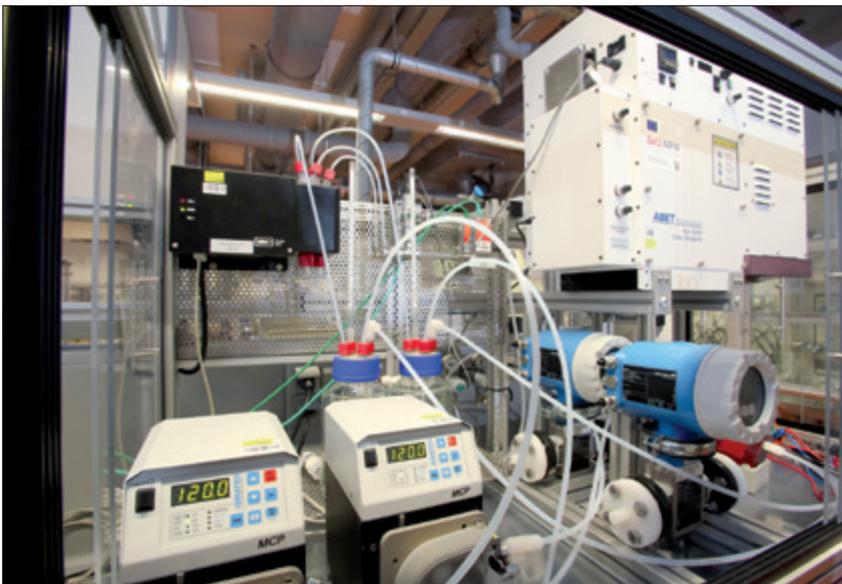


Schematischer Aufbau eines photo-elektrochemischen Moduls zur Wasserspaltung

Life-Cycle-Assessment (systematische Analyse der Umweltwirkungen eines Produkts während seines Lebensweges) unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus des Wasserstofferzeugungssystems durchgeführt, um das Ressourceneffizienzpotential der edelmetallfreien Katalysatoren abschließend zu bewerten.

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Mit diesem Projekt wird ein wichtiger Beitrag zur Ressourceneffizienz geleistet, da im Erfolgsfall eine Möglichkeit zur regenerativen Erzeugung von Wasserstoff als Energieträger bereitgestellt wird. Darüber hinaus wird die Abhängigkeit von Edelmetallen (z. B. Platin), die für die elektrochemische Herstellung von Wasserstoff derzeit als Katalysator verwendet werden, reduziert, indem diese durch neue Katalysatoren wie Metall(oxid)katalysatoren und auf Kohlenstoff basierenden Materialien substituiert werden. Hiermit kann sowohl die Abhängigkeit von Edelmetallimporten dauerhaft verringert, als auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft durch Senkung der Energie- und Materialkosten im Bereich der Wasserstofferzeugung durch erneuerbare Energien verbessert und somit die Umwelt nachhaltig entlastet werden.



Sonnensimulator des Teststands zur Effizienz- und Stabilitätsuntersuchung

Projektbeispiel 2:

ReffKat – Entwicklung von ressourceneffizienten Autoabgaskatalysatoren mit deutlich reduziertem Gehalt an Edelmetall und Seltenerdmetall

Projektpartner

- Umicore AG & Co. KG
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Technische Universität Darmstadt

Herausforderungen und Ziele

Große Teile der Weltförderung der Edelmetalle Palladium und Rhodium, sowie des Seltenerdmetalls Cer, werden gegenwärtig für die Herstellung von Drei-Wege-Katalysatoren zur Abgasreinigung von Benzinfahrzeugen verwendet.

Weltweit existieren derzeit ca. 790 Mio. Benzinmotoren mit Drei-Wege-Katalysator^{20,21}. Somit ist der Drei-Wege-Katalysator der am weitesten verbreitete katalytische Reaktor der Welt. Durch ihn werden jährlich insgesamt mehr als 100 Mio. Tonnen Schadstoffe umgesetzt^{22,23}. Diese setzen sich zusammen aus:

- 68 Mio. Tonnen Kohlenstoffmonoxid
- 22 Mio. Tonnen Stickstoffoxide und
- 14 Mio. Tonnen Kohlenwasserstoffe

	Masse in kg	% der Weltproduktion 2012	Wert in Mio. € (Ø 2012)
Palladium	165.000	66	2700
Rhodium	22.000	80	730
Cer	40.000	36	0,7

Tabelle 1: Bedarf an Edel- und Seltenerdmetallen für die Herstellung von Drei-Wege-Katalysatoren^{17,18,19}

Betrachtet man die umgesetzte Masse, so bewegt sich der Drei-Wege-Katalysator im Bereich der großen, industriellen chemischen Prozesse wie z.B. die Ammonia-

kerzeugung (136 Mio. t/a in 2011). Ziel des Projekts ist es, Autoabgaskatalysatoren zu entwickeln, die durch einen deutlich reduzierten Anteil an Edel- und Seltenerdmetallen Ressourcen schonen.

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Im betriebswarmen Zustand und bei optimalem Sauerstoffgehalt im Abgas erreichen Drei-Wege-Katalysatoren heute einen Umsatz von praktisch 100%. Emissionen treten immer dann auf, wenn der Sauerstoffgehalt vom optimalen Wert abweicht. Obwohl moderne Fahrzeuge mehrere Sauerstoffsensoren zur Regelung des Sauerstoffgehalts im Abgas enthalten, lassen sich Fehler bei der Einstellung des Sauerstoffgehalts im dynamischen Fahrbetrieb nicht vermeiden, zum Beispiel bei plötzlichen Beschleunigungsvorgängen. Gute Katalysatoren zeichnen sich deshalb dadurch aus, dass sie auch bei Abweichungen des Sauerstoffgehalts vom optimalen Wert einen guten Umsatz zeigen.

Das Zusammenspiel des Katalysators mit dem Motor und den verschiedenen Sensoren ist äußerst komplex, so dass einfache Kriterien für die Entwicklung besserer Katalysatoren nicht ausreichend sind. Die heutige Katalysatorentwicklung basiert daher auch stark auf aufwändigen und kostspieligen Tests an Motorprüfständen.

Der Ansatz des REffKat Projekts ist es, die Effizienz des Entwicklungsprozesses durch ein verbessertes chemisches Verständnis zu erhöhen. Dafür arbeiten die Katalysatorentwickler von Umicore mit Regelungstechnikern und Modellierungsexperten der Universitäten Darmstadt und Karlsruhe zusammen.

Im Zentrum des Projekts stehen Arbeiten an neuartigen Prüfständen, die verschiedene Aspekte des Fahrzeugbetriebs realistisch und reproduzierbar im Labor nachstellen können, sowie mit Simulationsmodellen, die es erlauben, von den Labormessungen auf das Verhalten der Katalysatoren im Fahrzeug zu extrapolieren.

Bei der Materialentwicklung konzentriert sich das Projekt auf die Entwicklung verbesserter Ceroxid-Mischoxide, die im Katalysator eine wichtige Rolle als Sauerstoffspeicher spielen. Zunächst soll mit quantenchemischen Methoden die Stabilität von mehr als 700 Mischoxiden berechnet werden. Parallel werden etwa 250 neue Cer-Mischoxide in einem automatisierten Prozess synthetisiert. Die Charakterisierung dieser neuen Materialien erfolgt zunächst an den neu entwickelten Laborprüfständen, so dass nur noch für die vielversprechenden Materialien ein vollständiger Katalysator hergestellt und am Motorprüfstand vermessen werden muss.

Effizientere Autoabgaskatalysatoren mit reduziertem Edelmetallgehalt

Eine Möglichkeit, den Edelmetallbedarf des Drei-Wege-Katalysators zu reduzieren, ist die Verbesserung der Regelung des Sauerstoffgehaltes im Abgas. Bisher werden hier sehr einfache Regler verwendet, die für jede neu entwickelte Katalysatorformulierung aufwändig von Hand angepasst werden müssen. Ein Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Erprobung verbesserter modellbasierter Regelalgorithmen.



Wirkungsweise des Drei-Wege-Katalysators

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Durch den hohen Anteil der in der Abgaskatalyse eingesetzten Edelmetalle an der Gesamtförderung bietet eine Verbesserung der Edelmetalleffizienz der Katalysatoren einen großen Hebel zur Senkung des globalen Edelmetallbedarfs.

Dies ist besonders deshalb von Bedeutung, weil in Zukunft durch die Einführung energiesparsamerer Motoren die Abgastemperaturen sinken und damit auch die Arbeit des Abgaskatalysators erschwert werden wird. Ohne eine Effizienzverbesserung bei den Katalysatoren würde daher der weltweite Edelmetallbedarf für die Abgaskatalyse sogar steigen.



Dynamischer Motorprüfstand zur Untersuchung von Autoabgaskatalysatoren.

Projektbeispiel 3:

multiKAT – Ressourceneffizienz und unkonventionelle ‚All-Polyethylene‘-Nanocomposite für den Leichtbau durch Tandem-Katalyse, kompartmentierte Multizentren-Katalysatoren und mesoskopische Formreplikation

Projektpartner

- LyondellBasell
- Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
- Universität Konstanz
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Herausforderungen und Ziele

Moderne Polyolefin-Werkstoffe wie z.B. Polyethylen (PE) für die Herstellung von Behältern, Folien und Rohren stehen für rund die Hälfte der weltweit produzierten Kunststoffe und zeichnen sich durch ihre herausragende Ressourcen-, Energie-, Öko- und Kosten-Effizienz, geringes Gewicht und niedrigen „Carbon Footprint“ aus. In aktuellen Ökobilanz-Betrachtungen von Kunststoffen nehmen Polyolefine wie Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) die klare Spitzenposition ein und liegen sogar weit vor Biomaterialien. Als Kohlenwasserstoffe („schnittfestes Erdöl“) verfügen sie über erdölähnlich hohen Energieinhalt und können leicht rückstandslos werkstofflich, rohstofflich und auch energetisch wiederverwertet werden. Um mit Metall konkurrenzfähig zu sein, müssen Polyolefine jedoch bisher mit Fremdfasern und (Nano)Füllstoffen verstärkt werden. Hochfeste Fasern aus ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMWPE) sind stärker als Stahl, erfordern jedoch aufwendige Verfahren für ihre Herstellung und sind für Spritzguss-, Extrusion- und Blasformprozesse ungeeignet.

Die Projektpartner von multiKAT entwickeln unter der Federführung von LyondellBasell unkonventionelle, sortenreine und vollständig rezyklierbare molekulare Polyethylen-Verbundwerkstoffe für den nachhaltigen Leichtbau. Polymermatrix und hochfeste Verstärkungsfasern bestehen beide aus Polyethylen. Die UHMWPE-Verstärkungsfasern werden direkt bei der Verarbeitung erzeugt und erfordern kein Laminieren. Da konventio-

nelle Blendherstellung hier versagt, werden nanophasenseparierte Blends direkt in einem Reaktor am Ort des Entstehens des Kunststoffs erzeugt. Hierzu ist die Entwicklung einer neuen Klasse von Katalysatoren (sogenannter „Multi-Zentren-Katalysatoren“) erforderlich.

Vollständig wiederverwertbare Verbundwerkstoffe für den nachhaltigen Leichtbau statt herkömmlicher faserverstärkter Kunststoffe

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Durch katalytische Ethylenpolymerisation mit hochwirksamen maßgeschneiderten Mehrzentren-Trägerkatalysatoren werden in nur einem Verfahrensschritt nanostrukturierte PE/UHMWPE Reaktorblends erzeugt. Da PE und unmischbares UHMWPE an benachbarten katalytischen Zentren in den Reaktionsräumen des Trägerkatalysators gebildet werden, entstehen UHMWPE-Nanophasen, die im PE Granulat eingebettet werden. Weder die separate Herstellung noch die problematische Handhabung von UHMWPE-Nanopartikeln und Nanofasern ist erforderlich. Die Nanophasenseparation verhindert die Verschlaufung von UHMWPE mit PE und den damit verbundenen Anstieg der Schmelzviskosität. Deshalb kann der UHMWPE-Anteil gegenüber konventionellen Reaktorblends massiv erhöht werden, ohne die Formgebung zu beeinträchtigen.

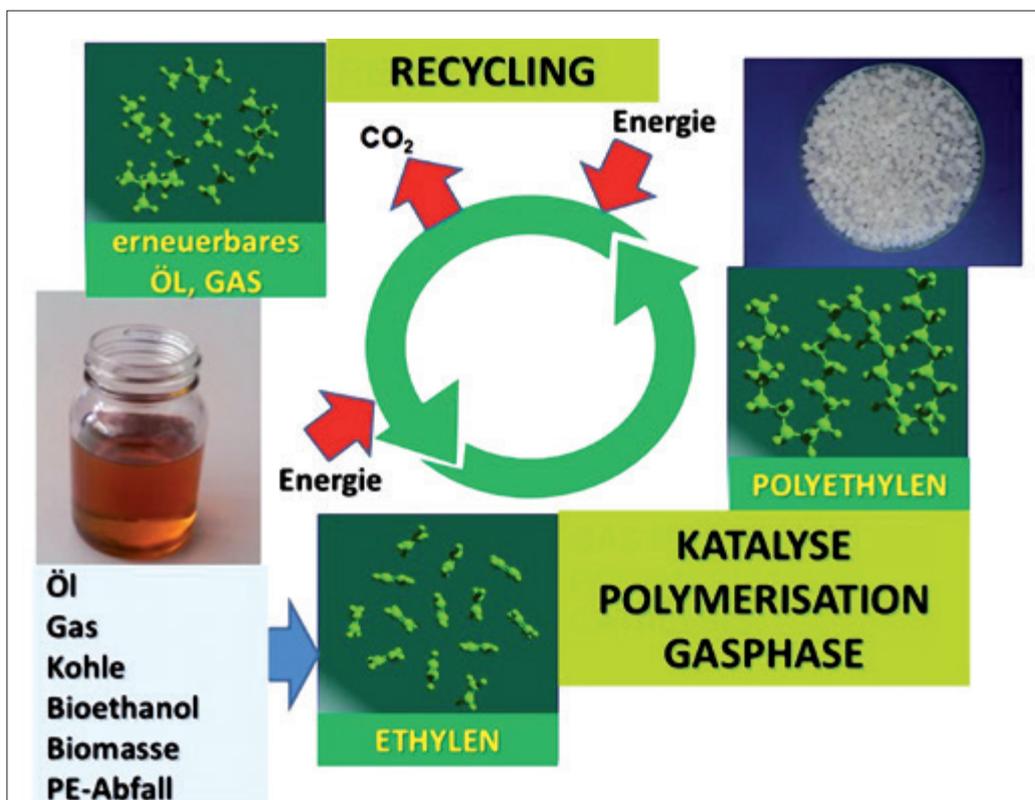
Über molekulares Katalysatordesign werden PE/UHMWPE Reaktorblend-Zusammensetzungen und UHMWPE-Molmassen sowie die selektive UHMWPE-Kurzkettenverzweigung mit bisher nicht fassbarer, hoher Präzision gesteuert. Bei der Tandem-Katalyse mit Dreizentren-

Katalysatoren wird das Comonomer 1-Hexen für die Kurzkettenverzweigung direkt im Reaktionskompartiment des Trägers durch Trimerisierung von Ethylen erzeugt und hochselektiv nur in UHMWPE eingebaut. Die separate Dosierung von 1-Hexen ist nicht mehr erforderlich. Diese Mehrzentren-Polymerisationskatalyse in einem Gasphasenreaktor bietet eine hoch ressourcen- und energie-effiziente Alternative zu den heute üblichen Kaskadenreaktoren.

Im Unterschied zu konventionellen PE-Blends mit Mikrometergrossen UHMWPE Partikeln, schmelzen die nanometerskaligen UHMWPE-Phasen der Reaktorblends leicht auf ohne mit PE zu verschlaufen und ohne sich zu entmischen. Durch die Schereinwirkung während der Formgebung wird die UHMWPE-Schmelze elongiert und es bilden sich beim gerichteten Kristallisieren UHMWPE-Nanofasern in der PE Matrix aus. Da das schnellkristallisierende niedermolekulare PE auf UHMWPE aufwächst entstehen Shishkebab-Fasern. Auf diese Weise kann Polyethylen in der konventionellen Formgebung sehr wirkungsvoll molekular armiert werden.

Anwendung, Nutzung der Ergebnisse und Beitrag zur Ressourceneffizienz

Die bisher erzielte Steifigkeit/Festigkeit/Schlagzähigkeit-Bilanz dieser sortenreinen molekularen Polyethylen-Verbundstoffe übertrifft konventionelle Nanocomposite. In der konventionellen Formgebung werden so erstmals die Dimensionen erreicht, welche bisher den faserverstärkten Polyolefinen vorbehalten waren. Im Unterschied zu den konventionellen Verbundwerkstoffen besteht jedoch das gesamte Material aus Kohlenwasserstoff und kann vollständig wiederverwertet werden. Die Selbstverstärkung erfordert keine aufwendige Verarbeitungstechnik, sondern erfolgt in etablierten Prozessen (Spritzguss, Extrusion und Blasformen). Problematische Nanopartikel sind für die Herstellung dieser molekularen Verbundstoffe nicht erforderlich. Ursprünglich im Projekt für Anwendungen im Leichtbau wie z.B. Benzintanks konzipiert, eröffnen Mehrzentren- und Tandem-Katalyse völlig neue Möglichkeiten, um die brachliegenden Leistungsreserven von Polyolefinen zu mobilisieren, ihre Ressourcen- und Energieeffizienz weiter zu steigern und neue Materialien für den nachhaltigen Leichtbau bereitzustellen.

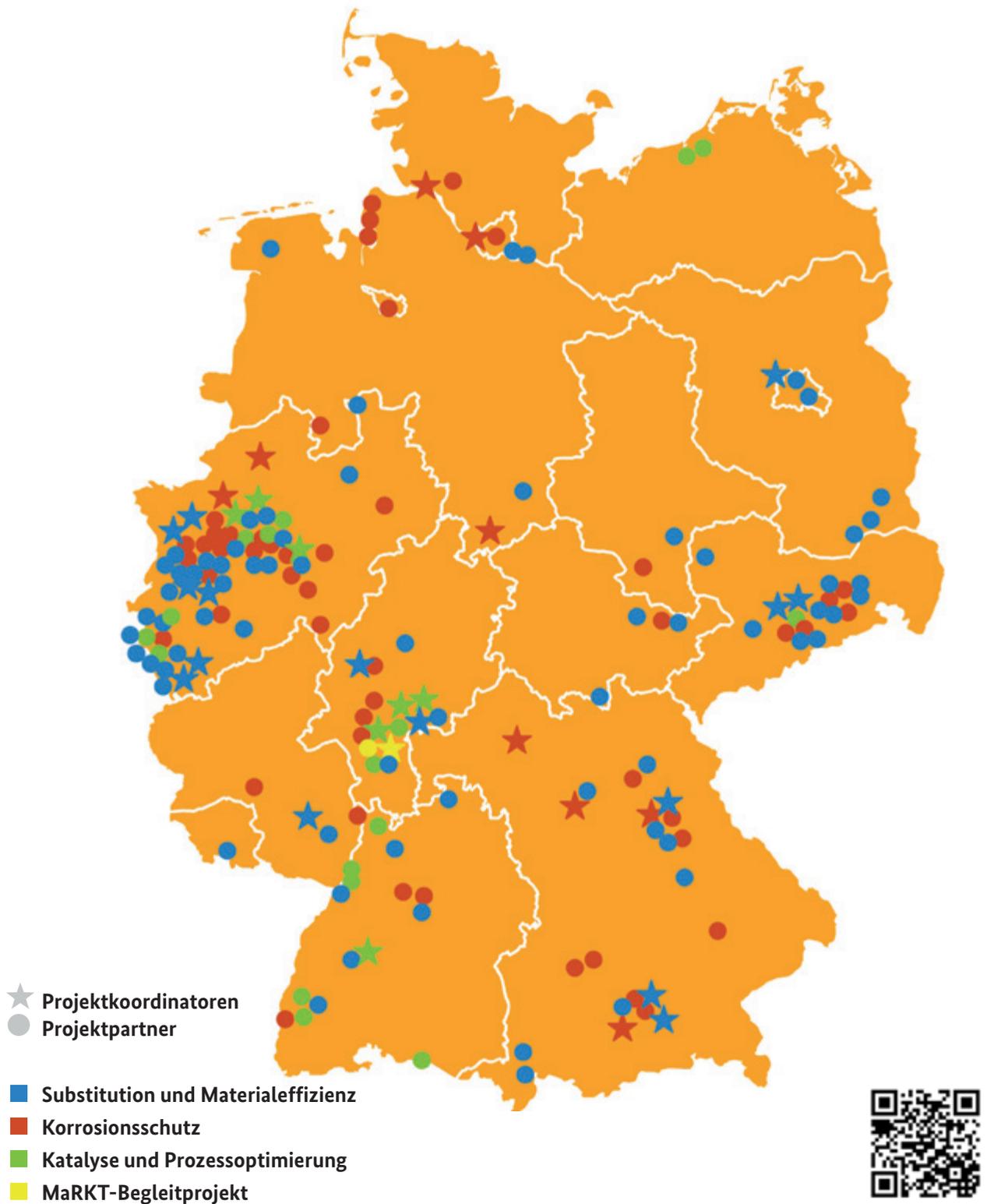


Polyethylen Lebenszyklus

Literaturverzeichnis

- 1 Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland; Forschungs- und Entwicklungsprogramm des BMBF für neue Rohstofftechnologien, BMBF, 2012,
www.fona.de/mediathek/pdf/Wirtschaftsstrategische_Rohstoffe_barrierefrei_neu.pdf
- 2 www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/progress_bf.pdf
- 3 www.fona.de
- 4 www.r3-innovation.de
- 5 www.vdi.de/technik/fachthemen/energie-und-umwelt/fachbereiche/ressourcenmanagement/themen/ressourceneffizienz
- 6 www.r3-innovation.de/de/15427
- 7 www.bmbf.de/foerderungen/22528.php
- 8 www.bmbf.de/de/20635.php
- 9 www.bmbf.de/pub/rahmenprogramm_wing.pdf
- 10 www.era-min-eu.org
- 11 www.era-min-eu.org/documents-page/era-min-documents/roadmap-16122013/detail
- 12 www.hessen-nanotech.de/mm/Materialeffizienz_durch_Nanotechnologie_und_neue_Materialien.pdf
- 13 www.materialeffizienz.de
- 14 www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/54416.pdf
- 15 Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States, Publ. No. FHWA-RD-01-156,
www.nace.org
- 16 <http://nacatsoc.org/above/what-is-catalysis>
- 17 "Platinum 2013", Johnson Matthey Public Limited company, 2013
- 18 M. Humphries, "Rare Earth Elements: The Global Supply Chain", U.S. Congressional Report Service, 2013
- 19 S. Shaw, J. Chegwidien, "Global drivers for rare earth demand", Roskill Information Services Ltd., 2012
- 20 "Ward's World Motor Vehicle Data", Ward's Automotive Group, 2011
- 21 "The Outlook for Energy: A View to 2040", Exxon Mobil Corporation, 2014
- 22 "International Energy Statistics", U.S. Energy Information Administration, 2010
- 23 "Verkehr in Zahlen 2011/2012", Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2013

Übersicht der MatResource beteiligten Forschungsstandorte in Deutschland



Weitere Informationen und eine interaktive Karte finden Sie unter www.matresource.de/karte-der-projekte

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Neue Werkstoffe, Nanotechnologie; KIT
53170 Bonn

Bestellungen

schriftlich an
Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09
18132 Rostock
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: <http://www.bmbf.de>
oder per
Tel.: 030 18 272 272 1
Fax: 030 18 10 272 272 1

Stand

September 2014

Druck

Seltersdruck GmbH
Selters

Gestaltung

PM-GrafikDesign, Peter Mück
Wächtersbach

Text

Projektträger Jülich
DECHEMA e.V., Frankfurt am Main
DGM – Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V.,
Frankfurt am Main

Bildnachweis

AirRobot GmbH: Seite 17
BASF SE: Seite 22, 23
Deutsche Edelstahlwerke GmbH: Seite 9
Evonik Industries AG: Seite 24, 25
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
UMSICHT: Seite 20, 21
Freiberger Compound Materials GmbH: Seite 10
iStock: Titelseite
LyondellBasell: Seite 29
Muehlhan AG: Seite 16
Netfalls - Fotolia: Seite 14
S. Nivens - Fotolia: Seite 2
Presse- und Informationsamt der Bundesregierung,
S. Kugler: Vorwort
Osram: Seite 11
K. Otten: Seite 6
A. Patino – Corbis: Seite 15
B. Schuhmacher: Seite 19
Siemens AG: Seite 12
stepmap.de: Seite 31
TRIDELTA Hartferrite GmbH: Seite 13
ThyssenKrupp Steel Europe: Seite 18
Umicore AG & Co KG: Seite 27
WeserWind GmbH: Seite 17

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Broschüre die männliche Form verwendet. Selbstverständlich sprechen wir männliche und weibliche Leser gleichermaßen an.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung





Geförderte Verbundprojekte im Themenfeld „Substitution und Materialeffizienz“

RecyTiC – Ressourcenschonende Werkstoffkonzepte für TiC-haltige Verschleißkomponenten (FKZ:03X3567)

Das Projekt RecyTiC hat zwei Hauptziele, die beide der Verringerung des Bedarfes von Titan und Wolfram bei der Herstellung von korrosionsbeständigen Materialien dienen. Zum einen soll eine Recycling-Prozedur für Pro-

duktionsabfälle und Verschleißteile gefunden werden, um anfallendes Titan-Karbid wiederzuverwerten. Zum anderen sollen die so gewonnenen Rohstoffe dann Wolfram-Karbid im Herstellungsprozess ersetzen.

Laufzeit:	01.08.2012 – 31.07.2015
Projektkoordinator:	Dr. André van Bennekom, Deutsche Edelstahlwerke GmbH
Projektpartner:	Deutsche Edelstahlwerke GmbH Durum Verschleißschutz GmbH Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG RiWaLas Limited (Gesellschaft englischen Rechts) Ruhr-Universität Bochum VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH

IP Werkzeugstahl – Alternative Legierungskonzepte für Werkzeugstähle: Substitution von sonderkarbidbildenden Elementen durch intermetallische Phasen (FKZ: 03X3566)

Werkzeug-Stähle zeichnen sich durch verschiedene Eigenschaften, wie hohe Härte oder Hitze- und Verschleißbeständigkeit, aus. Diese Charakteristika werden derzeit durch die Addition von z.B. Chrom, Wolfram, Vanadium oder Niob erreicht. Das Forschungsprojekt

IP-Werkzeugstahl bemüht sich um die Erforschung von Alternativen Additiven, wie Molybdän oder Kobalt als Ersatz dieser seltenen und schwer zu beschaffenden Elemente. Dadurch soll die Unabhängigkeit der deutschen Industrie von Importen gestärkt werden.

Laufzeit:	01.02.2013 – 31.07.2016
Projektkoordinator:	Prof. Wolfgang Bleck, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Projektpartner:	Deutsche Edelstahlwerke GmbH Fachhochschule Südwestfalen Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Galleff – Verbesserung der Rohstoffeffizienz (Gallium) bei der Herstellung von Galliumarsenid-Substraten und darauf hergestellten InGaAlP-LED's (FKZ: 03X3568)

Das wesentliche Ziel des Projektes GallEff liegt in der Entwicklung von Verfahren zum effektiven und ressourcenschonenden Materialeinsatz von Gallium in Halbleitersubstraten. Im Projekt werden neue Ansätze für alle Herstellungsschritte eines Galliumarsenid-

Substrates von der Kristallzüchtung über das Kristalltrennen bis hin zum Oberflächenfinish hinsichtlich des Materialeinsatzes erforscht. Die Projektpartner optimieren die Wertschöpfungskette vom Rohmaterial bis hin zur fertigen Leuchtdiode.

Laufzeit:	01.02.2013 – 31.01.2016
Projektkoordinator:	Dr. Stefan Eichler, Freiburger Compound Materials GmbH
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) Freiburger Compound Materials GmbH OSRAM Opto Semiconductors GmbH

NanoPOP – Mikrobielle Synthese und Recycling von Hybrid Palladium-Nanokatalysatoren und ihre Anwendung für die Behandlung von persistenten Umweltschadstoffen (FKZ: 03X3571)

Im Rahmen von NanoPOP werden umweltfreundlichere „biometallurgische“ Recycling-Methoden entwickelt. So sollen Konzepte für ein nachhaltiges Recycling und eine wettbewerbsfähige Alternative für die Rückgewinnung von Edelmetallen aus metallhaltigen Abfällen

und Abwässern erprobt werden. In diesem biotechnologischen Verfahren werden Schwermetall-tolerante Bakterien als „recyclbare“ Produzenten genutzt, die aus Abfällen hoch aktive Nano-Materialien herstellen.

Laufzeit:	01.02.2013 – 31.01.2016
Projektkoordinator:	Dr. Michael Bunge, Justus-Liebig-Universität Gießen
Projektpartner:	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ Institut für Gewässerschutz Mesocosm GmbH Justus-Liebig-Universität Gießen RHENOTHERM Kunststoffbeschichtungs GmbH Technische Universität Dresden

MEINDMAP – Materialeffiziente einlauffähige Dichtungen für Maschinen und Pumpen (FKZ: 03X3572)

Das Gesamtziel des Projektes MEINDMAP ist die Entwicklung von Dichtsystemen für Pumpen und Turbinen, die mit nahezu hundertprozentiger Materialausbeute hergestellt werden können. Besonders die Verwendung von kritischen Rohstoffen, wie Molybdän, Chrom und

Kobalt soll dadurch verringert werden. Als ein Schwerpunkt gilt dabei die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem die Fertigung maßgeschneiderter zellulärer Einlaufstrukturen ermöglicht wird.

Laufzeit:	01.02.2013 – 31.01.2016
Projektkoordinator:	Dipl.-Ing. Matthias Dudeck, Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) hollomet GmbH KSB Aktiengesellschaft Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG

RADIKAL – Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente (FeAl-) Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau (FKZ: 03X3574)

Ziel des Projektes RADIKAL ist die Entwicklung der werkstofftechnischen Grundlage zum Ersatz technischer Superlegierungen und Edelstähle durch preiswerte intermetallische Eisen-Aluminium-Basislegierungen.

Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Erforschung von sogenannten Urformverfahren, durch die gezeigt werden soll, dass die bisher verwendeten Legierungen zu großen Teilen substituiert werden können.

Laufzeit:	01.02.2013 – 31.01.2016
Projektkoordinator:	Frank Palm, EADS Deutschland GmbH
Projektpartner:	Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft EADS Deutschland GmbH Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT) Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH NANOVAL GmbH & Co. KG Siemens Aktiengesellschaft

Stahlschnecke – Kupfer- und zinnfreie Schneckenradgetriebe hoher Effizienz und Leistungsdichte – technologische Substitution von Bronze durch Stahl (FKZ: 03X3576)

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt Stahl-Schnecke hat das Ziel, ein komplett aus Stahl bestehendes Schneckengetriebe zu entwickeln und die derzeit verwendeten Bronze-Teile zu ersetzen. Zum einen soll dadurch der Verbrauch an Kupfer und Zinn reduziert

werden, zum anderen ist zu erwarten, dass ein komplett aus Stahl bestehendes Getriebe wesentlich weniger Verschleiß aufweisen würde, als eines mit einer Stahl-Bronze-Paarung.

Laufzeit:	01.03.2013 – 29.02.2016
Projektkoordinator:	Daniel Chmill, Bonfiglioli Vectron GmbH
Projektpartner:	ALD Vacuum Technologies GmbH Bonfiglioli Vectron GmbH Elgeti Engineering GmbH ELTRO Gesellschaft für Elektrotechnik mit beschränkter Haftung Hochschule Niederrhein University of Applied Sciences Klüber Lubrication München SE & Co. KG Liebherr-Verzahntechnik GmbH Ruhr-Universität Bochum Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen ZeMA - Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gemeinnützige GmbH

nanoRec – Harte Werkstoffe und Verschleißschutzschichten erhöhter Lebensdauer auf der Basis von neuartigen und recycelten Nanomaterialien (FKZ: 03X3573)

Auf der Basis von neuartigen, recycelten Nanomaterialien soll im Projekt nanoRec die Lebensdauer von harten Werkstoffen und Verschleißschichten erhöht werden. Dadurch sollen verschiedene Ziele erreicht werden: Einerseits soll der Verbrauch an strategisch

wichtigem Wolfram und Kobalt reduziert werden; andererseits besteht die Hoffnung, dass dadurch der Verschleiß an synthetischem Diamant verringert werden kann. Dies soll durch den Einsatz von Polykristallen aus Nano-Kristalliten erreicht werden.

Laufzeit:	01.04.2013 – 31.03.2016
Projektkoordinator:	Dr.-Ing. Cornelis Schreuders, Durum Verschleißschutz GmbH
Projektpartner:	Durum Verschleißschutz GmbH FCT Systeme GmbH Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS)

KomMa – Nanoskalige Seltenerd-freie Magnete und Magnetkomposite (FKZ: 03X3582)

Das Projekt KomMa setzt sich zum Ziel, neuartige werkstoffliche Konzepte für Magnetwerkstoffe zum Einsatz in Stromgeneratoren (u.a. für Windkraftanlagen) und Elektromotoren (u.a. für Elektrofahrzeuge) zu

erforschen und zu erproben. Dadurch soll der Bedarf an Seltenerd-basierten Permanentmagneten reduziert werden. Fernziel ist es, diese vollständig durch neue Permanentmagnete zu ersetzen.

Laufzeit:	01.05.2013 – 30.04.2016
Projektkoordinator:	Dr. Michael Krispin, Siemens Aktiengesellschaft
Projektpartner:	Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena Siemens Aktiengesellschaft TRIDELTA Hartferrite GmbH Technische Universität Darmstadt

NanoEmission – Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung (FKZ: 03X3578)

Im Projekt NanoEmission werden für ausgewählte, häufig verwendete nanopartikelhaltige Produkte aus dem Bereich der kommerziellen Nutzung das Verhalten und die Abscheidung von Nanopartikeln bei der thermischen Abfallbehandlung untersucht. Dabei wird

der gesamte Weg vom Reststoff über die Verbrennung, die Filterung des Abgases, die Freisetzung in die Umwelt bis hin zur toxikologischen Bewertung der Wirkung auf den Menschen und die Umwelt betrachtet.

Laufzeit:	01.05.2013 – 30.04.2016
Projektkoordinator:	Dipl.-Ing. Samir Binder, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)
Projektpartner:	Filteration Testing Equipment & Services GmbH Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Herding GmbH Filtertechnik Junker-Filter GmbH Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg MVA Weisweiler GmbH & Co. KG Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

SubsTungs – Substitution von Wolfram in Verschleißschichtschichten (FKZ: 03X3584)

Hochharte Materialien werden derzeit größtenteils unter der Verwendung des kritischen Rohstoffs Wolfram hergestellt. Das Projekt SubsTungs hat sich zur Aufgabe gemacht, Alternativen zu erforschen, die ebenso wenig Verschleiß aufweisen aber günstiger und besser ver-

fügar sind. Besonders im Fokus steht hier Silizium-Karbid, das auf eine spezielle Eisen-Basis aufgebracht wird. Ein weiterer Aspekt ist die Untersuchung von geeigneten Verarbeitungsverfahren für diese neuartigen Materialien.

Laufzeit:	01.06.2013 - 31.05.2016
Projektkoordinator:	Dr.-Ing. Frank Schreiber, Durum Verschleißschutz GmbH
Projektpartner:	Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg Durum Verschleißschutz GmbH ELDEC Schwenk Induction GmbH Impuls Verschleißtechnik GmbH Reiloy-Metall GmbH Ruhr-Universität Bochum RWE Power Aktiengesellschaft Vattenfall Europe Mining Aktiengesellschaft

RAVE-K – Ressourcensparende Aufbau- und Verbindungstechnik für edelmetallhaltige Kontaktwerkstoffe der Niederspannungstechnik (FKZ: 03X3586)

Jährlich werden allein in Deutschland für Kontaktwerkstoffe auf Silber-Zinnoxid-Basis 400 t Silber verbraucht. Im Projekt RAVE-K soll in einem umfassenden Ansatz, der den gesamten Schichtaufbau des Schaltkontakts, die Kontaktwerkstoffschicht und das

Herstellverfahren umfasst, der Silbergehalt solcher Schalter um insgesamt 40% reduziert werden. Zusätzlich sollen Wege und Geschäftsmodelle für das Recycling von Silber aus Schaltgeräten untersucht werden.

Laufzeit:	01.06.2013 – 31.05.2016
Projektkoordinator:	Dr. Michael Bender, Umicore AG & Co. KG
Projektpartner:	Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH Siemens Aktiengesellschaft Technische Universität Bergakademie Freiberg Umicore AG & Co. KG

s-AmOx – Entwicklung von sekundären Antimonoxiden für den Einsatz in Kunststoffartikeln (FKZ: 03X3592)

Im Projekt s-AmOx soll die Verwertung von recyceltem Antimon untersucht werden. Dazu werden antimonhaltige Mischoxide aus der Herstellung von Blei in einem mehrstufigen Prozess gereinigt und anschließend zu

hochreinem Antimon verarbeitet. Diese Prozesse sollen dann im weiteren Verlauf des Projektes in bestehende Produktionsabläufe integriert werden.

Laufzeit:	01.01.2014 – 31.12.2016
Projektkoordinator:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Friedrich, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Projektpartner:	Aurubis AG Gorny GmbH & Co. KG Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen Verseidag-Indutex GmbH

SubSEEMag – Substitution von Selten-Erden-Elementen in hochfesten und duktilen Magnesium-Blechwerkstoffen

Für die Herstellung von Leichtbauwerkstoffen auf Magnesiumbasis mit besonderen mechanischen und sicherheitsspezifischen Eigenschaften, werden derzeit vor allem Selten-Erd-Legierungen verwendet. Bei diesen stellen die unsichere Versorgungslage, aber auch

potentielle Umweltbelastungen Hemmnisse dar. Ziel des Vorhabens ist die Substitution der Selten-Erden-Elemente durch den Einsatz alternativer Legierungssysteme in Kombination mit eigenschaftsoptimierenden Verfahren der Herstellung und Verarbeitung.

Laufzeit:	01.04.2014 – 31.03.2017
Projektkoordinator:	Dr. Jens Grigoleit, Technische Universität Bergakademie Freiberg
Projektpartner:	CARL BECHEM GMBH Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH Henkel AG & Co. KGaA Industrial Research & Engineering MgF Magnesium Flachprodukte GmbH Prevent TWB GmbH & Co. KG Voith Engineering Services GmbH (Chemnitz) MgF Magnesium Flachprodukte GmbH

GussTough – Substitution von Seltenen Erd-Metallen zur Entwicklung kaltzäher duktiler Gusseisenwerkstoffe

Die zentrale Zielsetzung des Projektes GussTough ist die Substitution von Seltenen Erden in Bauteilen aus duktilen Gusseisenwerkstoffen. Dies erfordert eine Neudefinition keimbildungs- und wachstumswirksamer Elemente, die sich in ihrer Funktionalität gleichwertig

verhalten. Mit Hilfe von Modellrechnungen werden neue Elementkonfigurationen ausgewählt. Gleichzeitig wird eine Wertschöpfungskette entwickelt, die die damit verknüpften Potenziale einer Werkstoffoptimierung erschließt.

Laufzeit:	01.08.2014 – 31.07.2017
Projektkoordinator:	Dipl.-Ing. Hartwig Haurand, HegerGuss GmbH
Projektpartner:	CLAAS GUSS GmbH HegerGuss GmbH Hochschule Kempten - Hochschule für angewandte Wissenschaften Technische Universität Clausthal WRD Wobben Research and Development GmbH MAGMA Gießereitechnologie Gesellschaft für Gießerei- Simulations- und Regeltechnik mbH ZF FRIEDRICHSHAFEN AG



Geförderte Verbundprojekte im Themenfeld „Korrosionsschutz“

KOWUB – Neuartige Korrosionsschutzsysteme für warmgeformte Blechbauteile (FKZ: 03X3560)

Warmumformbare Stähle sind eine neue Materialklasse, die vor allem für die Kfz-Industrie von hohem Interesse ist. Um den Prozess der Warmumformung allerdings einsetzen zu können, bedarf es neuer Korrosions-

schutzsysteme. Im Projekt KoWUB werden genau solche Systeme erforscht, um dieses neue Verfahren später in Pilot-Anlagen zu testen und bei Erfolg auch in die Fertigung von Fahrzeugen zu implementieren.

Laufzeit:	01.05.2012 – 30.04.2015
Projektkoordinator:	Dr. Bernd Schuhmacher, ThyssenKrupp Steel Europe AG
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) Kirchhoff Automotive Deutschland GmbH Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH ThyssenKrupp Steel Europe AG

KOWIND – Entwicklung einer neuartigen Technologie zum Korrosionsschutz an Offshore-Windenergieanlagen (FKZ: 03X3561)

Ziel des KOWIND-Projektes ist die Entwicklung einer neuartigen Technologie zum Korrosionsschutz an Offshore-Windenergieanlagen. Die Experten arbeiten an innovativen Lösungen, um die Lebensdauer der Stahlkonstruktionen zu verlängern, die diese Anlagen

im Meeresboden verankern. Durch den Einsatz neuer Materialien sollen pro Windrad mehrere Tonnen Material eingespart und dadurch die Wartungskosten deutlich gesenkt werden.

Laufzeit:	01.05.2012 – 30.04.2015
Projektkoordinator:	Dipl.-Ing. Jan Berger, Evonik Industries AG
Projektpartner:	Evonik Industries AG Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) Institut für Instandhaltung und Korrosionsschutztechnik gGmbH Prof. Bellmer Ingenieurgruppe GmbH Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH TIB Chemicals AG Universität Duisburg-Essen WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte

TS-Protect – Thermisch gespritzte und solvothermal verdichtete Schutzschichten in Müllverbrennungsanlagen und Biomassekraftwerken (FKZ: 03X3569)

Im Projekt TS-Protect soll der Korrosionsschutz von Müllverbrennungsanlagen verbessert werden. Untersucht werden neuartige korrosionsbeständige, keramische Beschichtungen, die durch thermisches Spritzen aufgebracht und anschließend solvothermal behandelt

werden. Dadurch werden die entstehenden Keramiken verdichtet, was wiederum zu erhöhter Verschleiß-, Thermowechsel- sowie Korrosionsbeständigkeit führt und die Lebensdauer der Beschichtung wesentlich vergrößert.

Laufzeit:	01.01.2013 – 31.12.2015
Projektkoordinator:	Dr.-Ing. Patrick Masset, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT-ATZ)
Projektpartner:	Deutsche Edelstahlwerke GmbH Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT-ATZ) Ludwig-Maximilians-Universität München Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik Rohrwerk Maxhütte GmbH Zweckverband Müllverwertung Schwandorf

RESKORR – Entwicklung ressourceneffizienter Korrosionsschutzschichten für hochbeanspruchte Komponenten in der alternativen Energieerzeugung (FKZ: 03X3564A)

Das Ziel des Projektes RESKORR ist die Entwicklung neuer Korrosionsschutzschichten auf Polymer-Basis für hochpräzise Komponenten als Alternative zu den bisherigen kostenintensiven, umweltbelastenden und oftmals den Anforderungen nicht genügenden

Lösungen. So soll ein Werkstoff sowie ein lasergestütztes Beschichtungsverfahren entwickelt werden, die die Erzeugung hochkorrosionsbeständiger und hochpräziser Beschichtungen erlauben.

Laufzeit:	01.02.2013 – 31.01.2016
Projektkoordinator:	Milan Madron, Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Projektpartner:	Eloxalwerk Ludwigsburg Helmut Zerrer GmbH Evonik Industries AG FLAGSOL GmbH Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT) Hochschule Osnabrück Schaeffler Technologies AG & Co. KG

VANTOM – Neuartige, ressourceneffiziente Korrosionsschutzsysteme gegen kombinierten Schwefel- und Natriumvanadat-Angriff in Anlagen zur Gewinnung von Energie und Vorprodukten aus Reststoffen (FKZ: 03X3579A)

Ziel des Projektes VANTOM ist die Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit von Raffinerieanlagen gegenüber schwefelwasserstoff-haltigen Gasen und Flüssigkeiten durch den Einsatz von Magnesiumoxid. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Verwertung

von „Problemenergieträgern“, wie Ölschlammern oder Raffinerierückständen. Diese Substanzen beinhalten für gewöhnlich mehr aggressive Bestandteile als normales Erdöl und benötigen daher spezielle Schutzmaßnahmen in den Anlagen.

Laufzeit:	01.03.2013 – 29.02.2016
Projektkoordinator:	Dipl.-Ing. Mathias Schmahl, YARA Brunsbüttel GmbH
Projektpartner:	Borsig Service GmbH DECHEMA Forschungsinstitut Lurgi GmbH YARA Brunsbüttel GmbH

RepaKorr – Reparatursysteme und -konzepte für Korrosionsschutzbeschichtungen von Offshore-Windenergieanlagen (FKZ: 03X3570A)

Für den nachhaltigen Betrieb von Offshore Windanlagen ist ein beständiger Korrosionsschutz unabdingbar. Im Projekt RepaKorr wird ein ganzheitlicher Ansatz für die Reparatur von Korrosionsschutzapplikationen an solchen Anlagen verfolgt. Dabei werden sowohl Werk-

stoffe als auch verschiedene Aufbringungsmethoden untersucht. Zusätzlich sollen Kriterien für eine einheitliche Prüfung der Schutzmaßnahmen und Möglichkeiten zur Ressourceneinsparung erarbeitet werden.

Laufzeit:	01.04.2013 – 31.03.2016
Projektkoordinator:	Dr. Andreas Momber, Muehlhan AG
Projektpartner:	AirRobot GmbH & Co KG Corroconsult Gesellschaft für Coating Control Consulting GmbH Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) Muehlhan AG Sika Deutschland GmbH WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte

EkoDiSc – Entwicklung eines korrosionsbeständigen Diamant-Siliciumcarbid-Werkstoffsystems für die Energietechnik (FKZ: 03X3583)

Um die Dichtigkeit von bewegten Teilen auch unter stark korrosiven Bedingungen gewährleisten zu können, ist die Beständigkeit der eingesetzten Materialien gegen verschiedenste Korrosionsarten einer der ausschlaggebenden Punkte. Durch die Verwendung eines neuartigen

Verbundmaterials aus diamantbeschichteten Keramiken, entwickelt im Projekt EkoDiSc, soll die Lebenszeit der eingesetzten Bauteile auch unter extremen Bedingungen verlängert werden.

Laufzeit:	01.06.2013 – 31.05.2016
Projektkoordinator:	Dr.-Ing. Andreas Schrüfer, EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG
Projektpartner:	ASMEC Advanced Surface Mechanics GmbH CERA SYSTEM Verschleißschutz GmbH CONDIAS GmbH EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG Forschungsinstitut für mineralische und metallische Werkstoffe, Edelsteine/Edelmetalle GmbH Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) KSB Aktiengesellschaft Schunk Kohlenstofftechnik GmbH

KorrMat – Korrosionsbeständige Materialien für die Biomassevergasung (FKZ: 03X3585C)

Für die effiziente Vergasung von Biomasse fehlt es derzeit teilweise an geeigneten Werkstoffen für bestimmte Reaktorteile. Im Projekt KorrMat werden Systeme entwickelt, die eine Lebensdauererweiterung solcher, durch Hochtemperaturkorrosion belasteten, Bauteilen

ermöglichen. Außerdem soll ein allgemeiner Beitrag zum Verständnis der Korrosionsvorgänge und -prinzipien geleistet werden, um die Wertstoffpalette für solche Anwendungen zu erweitern.

Laufzeit:	01.07.2013 – 30.06.2016
Projektkoordinator:	Dr.-Ing. Manfred Hülscher, Qalovis GmbH
Projektpartner:	Deutsche Edelstahlwerke GmbH Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) Qalovis GmbH

VOKos – Effizienzsteigerung durch verfahrenstechnisch optimierende Korrosionsschutzkonzepte in Verbrennungsanlagen mit heterogenen Festbrennstoffen (FKZ: 03X3589)

Die Hochtemperatur-Korrosion in Kesseln und Feuerungen zählt zu den Korrosionsformen mit dem höchsten Werkstoffverbrauch. Im Projekt VOKos sollen die strukturellen Eigenschaften der Partikel untersucht werden, die dabei einen entscheidenden Einfluss haben.

Parallel dazu werden neue Werkstoffe im praktischen Einsatz einer realen Verbrennungsanlage und im Laborofen untersucht. Alle Erkenntnisse fließen dann in eine theoretische Modellierung ein.

Laufzeit:	01.07.2013 – 31.10.2016
Projektkoordinator:	Dr. Ing. Ragnar Warnecke, GKS-Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH
Projektpartner:	bifa Umweltinstitut GmbH DECHEMA Forschungsinstitut GKS-Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) Ruhr-Universität Bochum SAR Elektronik GmbH Universität Augsburg

IKOSEZ – Innovative korrosionsbeständige Ofenwandkonstruktionen von Hochtemperaturanlagen für die Verbrennung von Sekundärbrennstoffen, insbesondere in der Zement- und Kalkindustrie (FKZ: 03X3590G)

Das Hauptziel des Projektes IKOSEZ ist die Erforschung des Zusammenwirkens der feuerfesten, der wärmedämmenden und der metallischen Einzelbauteile von Wänden in Zementöfen. Dadurch soll deren Lebensdauer entscheidend verlängert werden – eine essen-

zielle Voraussetzung für die sinnvolle Nutzung von Sekundärbrennstoffen (z.B. brennbare Abfälle) in Hochtemperaturanlagen. Durch die sich so ergebende längere Betriebszeit der Anlagen können sowohl Brennstoffe als auch Material eingespart werden.

Laufzeit:	01.10.2013 – 30.09.2016
Projektkoordinator:	Klaus Kassau, Refratechnik Cement GmbH
Projektpartner:	AS Schöler + Bolte GmbH CALSITHERM Verwaltungs GmbH Lafarge Zement Karsdorf GmbH Refratechnik Cement GmbH Stahlzentrum Freiberg e.V. Technische Universität Bergakademie Freiberg Technische Universität Dresden



Geförderte Verbundprojekte im Themenfeld „Katalyse und Prozessoptimierung“

PROFORMING – Ressourcen- und Energieeffiziente Reaktionen für die Chemische Industrie – PROzessinnovationen für die HydroFORMylieruNG (FKZ:03X3559)

Das wesentliche Ziel dieses Projektes PROFORMING besteht in der Entwicklung eines ressourceneffizienten Verfahrens zur Herstellung von Oxo-Produkten – einer wirtschaftlich bedeutsamen Klasse von Plattformchemikalien – mit Hilfe von neuartigen umweltfreund-

licheren Katalysatoren. Wissenschaftliches Gesamtziel des Projektes ist dabei die Substitution von teuren Metallen der Platingruppe, insbesondere Rhodium durch alternative, gut verfügbare und umweltverträgliche Metalle.

Laufzeit:	01.03.2012 – 28.02.2015
Projektkoordinator:	Dr. Robert Franke, Evonik Industries AG
Projektpartner:	Evonik Industries AG Leibniz-Institut für Katalyse e.V. an der Universität Rostock SUPREN GmbH Technische Universität Dortmund

ReffKat – Entwicklung von ressourceneffizienten Autoabgaskatalysatoren mit deutlich reduziertem Gehalt an Edelmetall und Seltenerdmetall (FKZ: 03X3563)

In dem Projekt ReffKat soll ein fundierter Entwicklungsansatz für Drei-Wege-Katalysatoren etabliert werden. Ziel ist es, Systeme mit einem deutlich reduzierten Gehalt an Edelmetallen und Cer zu entwickeln, die dennoch die gesetzlichen Anforderungen erfüllen.

Durch zusätzliche Computersimulationen wird ein Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Katalysatormaterialien und dem Verhalten des Katalysators im Fahrzeug untersucht. So können die Materialien dann aufeinander abgestimmt werden.

Laufzeit:	01.04.2012 – 31.03.2015
Projektkoordinator:	Dr. Martin Votsmeier, Umicore AG & Co. KG
Projektpartner:	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Technische Universität Darmstadt Umicore AG & Co. KG

multiKAT – Ressourceneffizienz und unkonventionelle ‚All-Polyethylene‘-Nanocomposite für den Leichtbau durch Tandem-Katalyse, kompartimentierte Multizentren-Katalysatoren und mesoskopische Formreplikation (FKZ: 03X3565)

Durch die Verwendung von Faser-verstärkten Werkstoffen können in vielen Materialbereichen die Eigenschaften von Polymeren erheblich verbessert werden. Auf Basis von sehr leichtem und umweltfreundlichem Polyethylenen (PE) sollen im Projekt MultiKAT neuar-

tige Materialien entwickelt werden, bei denen diese Faserverstärkung bereits während des Herstellprozesses erreicht wird. Für diesen Zweck werden neue „Multizentren-Katalysatoren“ entwickelt und getestet

Laufzeit:	01.07.2012 – 30.06.2015
Projektkoordinator:	Dr. Mihan Shahram, Basell Polyolefine GmbH
Projektpartner:	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Basell Polyolefine GmbH Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg Universität Konstanz

EDMIN – Entwicklung von Oxidationskatalysatoren mit minimiertem Edelmetallgehalt für die Abgasreinigung von Non-Road-Maschinen (FKZ: 03X3580)

Im Rahmen von EDMIN sollen Katalysatoren entwickelt werden, die gegenüber der heutigen Technik deutlich weniger Edelmetall benötigen. Neben der Anforderung, effiziente Katalysatoren herzustellen, wird Augenmerk auf die Alterungsbeständigkeit der Systeme

gelegt, damit deren Funktionalität auch steigenden Lebensdauern gerecht werden kann. Mit dieser neuen Generation von Katalysatoren wird eine Edelmetallreduzierung um 30 % angestrebt.

Laufzeit:	01.05.2013 – 30.04.2016
Projektkoordinator:	Dipl.-Ing. Simon Steigert, HJS Emission Technology GmbH & Co. KG
Projektpartner:	Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG HJS Emission Technology GmbH & Co. KG Technische Universität Bergakademie Freiberg

SusHy – Edelmetallfreie Katalysatoren für die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energiequellen – Sustainable Hydrogen (FKZ: 03X3581)

Die photochemische Spaltung von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff steht vor der großen Herausforderung, dass die bisher verfügbaren Photoelektronen große Mengen an Edelmetallen (v.a. Platin) beinhalten. Das Projekt SusHy entwickelt ein ganzheitliches Kon-

zept, mit dem der Verbrauch an Edelmetallen in der Herstellung solcher Elektroden gesenkt oder komplett abgestellt werden soll. Zusammen mit den Elektroden wird ein neuartiges Gesamtdesign für die Spaltungszellen eruiert.

Laufzeit:	01.05.2013 - 30.04.2016
Projektkoordinator:	Dr. Jens Busse, Evonik Industries AG
Projektpartner:	Evonik Industries AG Forschungszentrum Jülich GmbH Leibniz-Institut für Katalyse e.V. an der Universität Rostock Ruhr-Universität Bochum

SKY – Technologieplattform „Schaltbare Katalysatoren für Flüssigphasen-Prozesse“ (FKZ: 03X3588A)

Die Technologieplattform SKY soll schaltbare Katalysatoren entwickeln, mit deren Hilfe Prozesse in der Flüssigphase wesentlich effizienter gestaltet werden können. Die untersuchten Katalysatoren verändern unter bestimmten Reaktionsparametern (z.B. Tempera-

tur) schlagartig ihren Aggregatzustand (z.B. von flüssig nach fest) und können dadurch an- oder ausgeschaltet werden. Dadurch ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für die Effizienzsteigerung von Prozessen oder bei der Abtrennung des Katalysators.

Laufzeit:	01.08.2013 – 31.07.2016
Projektkoordinator:	Dr. Dorit Wolf, Evonik Industries AG
Projektpartner:	DWI an der RWTH Aachen e.V. Evonik Industries AG Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

BioLast - Optimierung von chemischen Verbundsystemen für Langzeitstabilität und Erdbebensicherheit durch Anwendung bioinspirierter Prinzipien (FKZ: 03X3587)

BioLast erforscht neuartige Materialien, die, inspiriert von der Natur, eine verbesserte Stabilität im Erdbebenfall aufweisen sollen. Durch die Verzahnung von Biologie/Bionik, Materialforschung, Polymerchemie und

Polymerphysik können so Haft- und Verankerungssysteme entwickelt werden, die sich durch eine hohe Versagenssicherheit, der Vermeidung von Rissbildung oder auch Selbstheilungseffekte auszeichnen.

Laufzeit:	01.09.2013 - 31.08.2016
Projektkoordinator:	Dr. Joachim Schätzle, fischerwerke GmbH & Co. KG
Projektpartner:	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg fischerwerke GmbH & Co. KG Karlsruher Institut für Technologie (KIT)