

r⁴ – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe –

Lothar Mennicken

1.	Bedeutung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland	67
2.	Forschungspolitische Strategien der Bundesregierung.....	68
3.	Rohstoffbezogene Fördermaßnahmen des BMBF-Rahmenprogramms Forschung für nachhaltige Entwicklungen mit aktuellen Projektbeispielen	70
3.1.	r ² – Rohstoffintensive Produktionsprozesse	70
3.2.	r ³ – Strategische Metalle und Mineralien.....	71
3.3.	r ⁴ – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe....	73
3.4.	KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz	73
3.5.	CLIENT – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Klimaschutz- und Umwelttechnologien und -dienstleistungen	74
3.6.	Wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Frankreich zu nachhaltigen Technologien zur Gewinnung, Verarbeitung und Substitution wirtschaftsstrategischer Rohstoffe.....	75
4.	Zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsbedarf	76
5.	Ausblick.....	76
6.	Quellen	76

1. Bedeutung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland

Deutschland belegt unter den Top Ten der größten Wirtschaftsnationen aktuell Rang 4 [1]. Zu verdanken hat Deutschland diesen Spitzenplatz vor allem der produzierenden Industrie, die im internationalen Vergleich mit ihrem hohen Exportanteil gut dasteht.

Um diesen Spitzenplatz auch in Zukunft gegenüber aufstrebenden Nationen wie China, Brasilien, Russland, Südafrika und Indien zu behaupten und Arbeitsplätze und Wohlstand in Deutschland zu sichern, bedarf es einer langfristig abgesicherten Versorgung der deutschen Industrie mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen, insbesondere wirtschaftsstrategischen Rohstoffen. Aktuelle Marktanalysen zeigen, dass Preis- und Lieferrisiken vor allem für Metall führende Ressourcen, wie zum Beispiel Platingruppenmetalle, Stahlveredler (Wolfram, Niob) und Hochtechnologiemetalle wie der Seltenen Erden bestehen [2]. Diese in einer aktuellen Studie der Europäischen Kommission [3] als *kritisch* eingestuften Rohstoffe sind für die Entwicklung und den Ausbau von umweltverträglichen Zukunftstechnologien und die zügige Umsetzung der Energiewende hin zu einer energie- und ressourceneffizienten *Green Economy* unentbehrlich. Deutschland ist im Hinblick auf die Verfügbarkeit dieser Primärrohstoffe fast zu hundert Prozent auf Importe angewiesen. Eine starke Länderkonzentration kombiniert mit einem erhöhten Länderrisiko hat in den letzten Jahren zu drastischen Preisvolatilitäten und einer Verknappung des Angebots auf dem Rohstoffmarkt geführt. Die Monopolstellung einiger rohstoffexportierender Länder, allen voran China, der steigende Eigenbedarf aufstrebender Schwellen- und Entwicklungsländer sowie politisch diktierte Exportbeschränkungen haben in der Vergangenheit immer wieder einen Boom der Rohstoffpreise und latente Versorgungsengpässe auf dem Weltmarkt verursacht. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen können laut einer aktuellen Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln Preis- und Lieferrisiken bei der Beschaffung von Rohstoffen aufgrund fehlender Ausweichstrategien kaum bis gar nicht abfedern [4].

2. Forschungspolitische Strategien der Bundesregierung

Die Bundesregierung hat die Rohstoffproblematik frühzeitig thematisiert und mit einem Bündel von Strategien und Maßnahmen auf die bestehenden und erwarteten Versorgungsengpässe auf dem Rohstoffmarkt reagiert. Bereits 2002 noch vor dem Boom der Rohstoffpreise in den Jahren 2004/2005 wurde in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie [5] als einer von zwanzig Indikatoren das prioritäre Ziel verankert, die Rohstoffproduktivität in Deutschland zwischen 1994 und 2020 zu verdoppeln und damit das Wirtschaftswachstum vom Rohstoffverbrauch zu entkoppeln. Erste Erfolge sind sichtbar. Die Rohstoffproduktivität konnte bis 2011/2012 um etwa fünfzig Prozent gesteigert werden. Um das erklärte Ziel bis 2020 zu erreichen, müssen die Anstrengungen jedoch in den kommenden Jahren noch einmal verdoppelt werden. Die Bundesregierung unterstützt daher auch in Zukunft die Aktivitäten der Industrie durch weitere flankierende Maßnahmen.

Bild 1 gibt einen Überblick über die rohstoffbezogenen Strategien und Maßnahmen der Bundesregierung. Zu nennen sind hier die Rohstoffstrategie [6] unter Federführung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, die Hightech-Strategie 2020 [7] unter Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung [7] im Bedarfsfeld Klima und Energie sowie das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) [8] unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

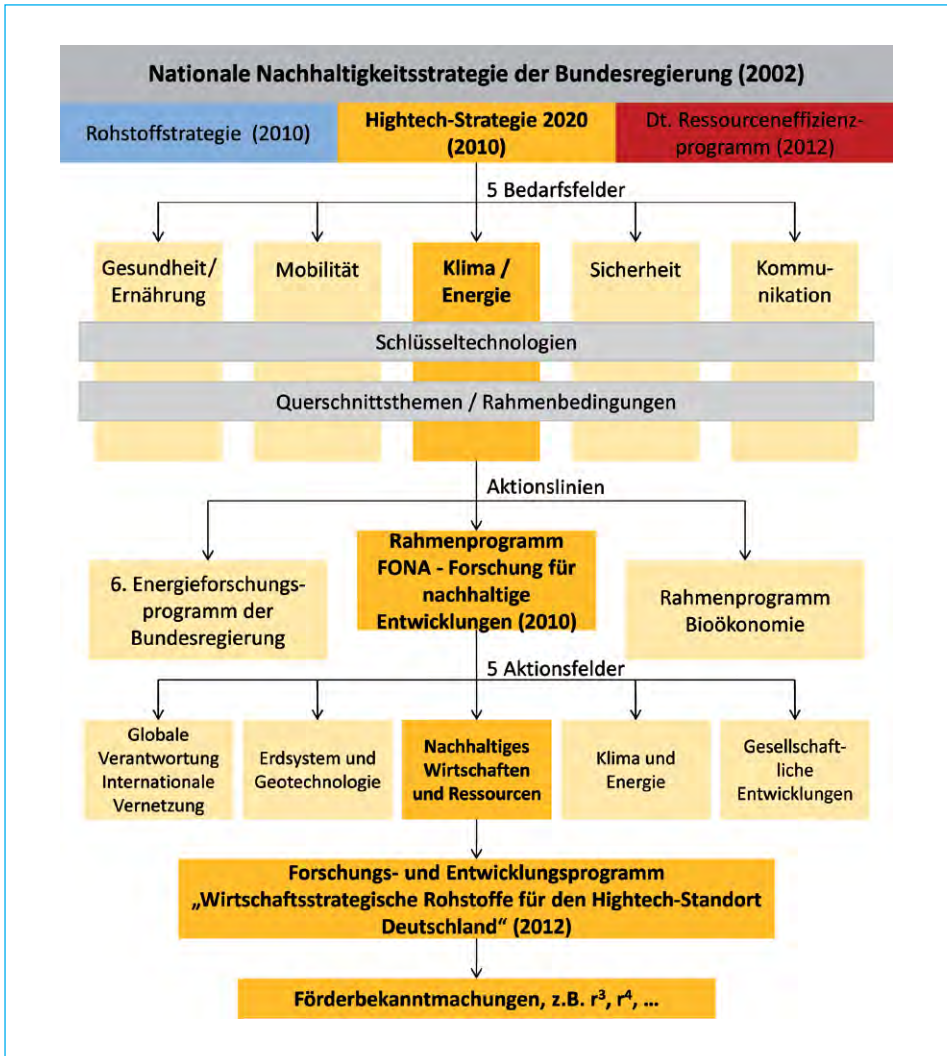


Bild 1: Übersicht über die forschungspolitischen Strategien der Bundesregierung und Einordnung der BMBF-Fördermaßnahmen im Rahmenprogramm FONA

Um die Versorgung mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen zu sichern, wurde im Oktober 2010 die Rohstoffstrategie verabschiedet mit dem Ziel Handelshemmnisse abzubauen, die deutsche Wirtschaft bei der Diversifizierung ihrer Rohstoffbezugquellen zu unterstützen, bilaterale Rohstoffpartnerschaften aufzubauen sowie Technologieentwicklungen, Ausbildung und Wissenstransfer zu fördern. Das deutsche Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung definiert darüber hinaus zwanzig Handlungsansätze insbesondere für die nachhaltige Nutzung abiotischer, nichtenergetischer Rohstoffe. Die Stärkung der Forschung und Verbesserung der Wissensbasis (Handlungsansatz 17) sind dabei prioritäre Ziele.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt im Rahmen der Hightech-Strategie 2020 Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich innovativer Technologien für Ressourceneffizienz. Eine zentrale Aktionslinie der Hightech-Strategie im Bedarfsfeld Klima/Energie ist das Rahmenprogramm *Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)*.

3. Rohstoffbezogene Fördermaßnahmen des BMBF-Rahmenprogramms *Forschung für nachhaltige Entwicklungen* mit aktuellen Projektbeispielen

In dem BMBF-Rahmenprogramm FONA spielt die Entwicklung von innovativen Technologien und Konzepten zur Bewältigung der globalen Herausforderungen wie die des Klimawandels eine zentrale Rolle. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Verbindung zwischen grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung gelegt. Bereiche mit einem starken Wachstumspotenzial wie z.B. die Ressourcen- und Energieeffizienz stehen deshalb im Fokus des Programms. Einen weiteren Schwerpunkt bilden internationale Forschungsk Kooperationen, vor allem mit Schwellen- und Entwicklungsländern. Die rohstoffbezogenen Aktivitäten und Maßnahmen innerhalb von FONA hat das BMBF mit dem neuen Forschungs- und Entwicklungsprogramm *Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland (2012)* [9] gebündelt. Das Programm fokussiert auf den zukünftig steigenden Bedarf der Hightech-Industrie in Deutschland hinsichtlich Bereitstellung (Gewinnung/Recycling) wirtschaftsstrategischer Rohstoffe. Für das Programm wird das BMBF in den nächsten fünf bis zehn Jahren rund zweihundert Millionen Euro zur Verfügung stellen. Das Programm wird primär über konkrete Maßnahmen der Projektförderung umgesetzt.

3.1. r^2 – Rohstoffintensive Produktionsprozesse

Im Rahmen der Fördermaßnahme r^2 – *Innovative Technologien für Ressourceneffizienz- Rohstoffintensive Produktionsprozesse* hat das BMBF zwischen 2009 und 2013 zweiundzwanzig Forschungsverbünde der Metall-, Stahl-, Chemie-, Keramik- und Baustoffindustrie mit rund 38 Millionen Euro gefördert, die Wirtschaft hat weitere 17 Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Die aufgezeigten Potenziale für industrielle Effizienzsteigerungen rohstoffintensiver Produktionsprozesse sind beeindruckend. Bei deutschlandweiter Umsetzung der r^2 -Ergebnisse könnten pro Jahr rund achtzig Millionen Tonnen Rohstoffe eingespart und die deutschlandweite Rohstoffproduktivität um fünf bis sechs Prozent gesteigert werden. Gleichzeitig könnte der Energieverbrauch um rund 75 TWh reduziert und beim derzeitigen Energiemix die damit verbundenen Treibhausgasemissionen um etwa sechzig Millionen Tonnen CO_2 -Äquivalente reduziert werden. In summa ließen sich damit die Produktionskosten um rund 3,4 Milliarden Euro jährlich reduzieren bei gleichzeitig leicht positiven Effekten für die Beschäftigung.

Projektbeispiel – Entzinkung von Stahlschrotten

Allein in der Automobilindustrie fallen bei der Feinblechbearbeitung jährlich etwa drei Millionen Tonnen verzinkte Neuschrotte an, das entspricht einem Zinkmetallpotenzial von 60.000 Tonnen mit einem geschätzten Marktwert von rund hundert Millionen Euro. Bisher wurde das Zink beim Stahlrecycling verdampft und in der Gasreinigung neben anderen Komponenten als Staub abgeschieden. Bei der nachfolgenden metallurgischen Aufarbeitung der Stäube traten große Metallverluste auf. Einem Konsortium bestehend aus Wissenschaftlern und Ingenieuren des Clausthaler Umwelttechnik-Instituts, der Technischen Universität Clausthal, der Rohstoff- und Handelsgesellschaft mbH, der Andritz Sundwig GmbH, der Xstrata Zink GmbH, der Fritz Winter Eisen gießerei GmbH & Co. KG sowie der Wolfsburg AG ist es gelungen ein innovatives saures Entzinkungsverfahren zu entwickeln, mit dem galvanisch und feuerverzinkte Schrotte wirtschaftlich entzinkt und anschließend in den Stoffkreislauf zurück geführt werden können. Unter Zugrundelegung einer jährlichen Entzinkungsleistung von 100.000 Tonnen verzinktem Stahlschrott lassen sich mit dem neuen Verfahren 88 Prozent Energie einsparen und die Emission von Treibhausgasen um neunzig Prozent senken. Aktuell werden die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt von dem Verbundpartner der Wolfsburg AG als erstem Unternehmen in Deutschland mit dem Bau einer industriellen Entzinkungsanlage am Standort Emden umgesetzt [10].



Bild 2: Pilotanlage der CUTEC GmbH zur sauren Entzinkung von Neuschrotten

Quelle: CUTEC GmbH

3.2. r³ – Strategische Metalle und Mineralien

Im Rahmen der Fördermaßnahme r³ – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien arbeiten 28 verschiedene Verbundprojekte an innovativen Technologien und Lösungen, um die Rohstoffbasis für Schlüsseltechnologien zu sichern.

Die Forschungsvorhaben konzentrieren sich dabei auf die Themenfelder Recycling, Substitution und Materialeinsparung, Urban Mining – Rückgewinnung von Rohstoffen aus anthropogenen Lagerstätten – sowie Methoden zur Bewertung der Ressourceneffizienz. Zielmetalle sind beispielsweise Indium, Germanium, Gallium und Seltene Erden, aber auch Industriemineralien wie Flussspat. Diese Stoffe sollen zukünftig substituiert, recycelt oder in der Produktion sparsamer verwendet werden. Das BMBF stellt hierfür in den Jahren 2012 bis 2016 rund dreißig Millionen Euro zur Verfügung, weitere zwölf Millionen Euro kommen aus der Wirtschaft hinzu.



Bild 3: Fachgerechte und umweltfreundliche Zerlegung von Altgeräten in Ghana

Quelle: Öko-Institut



Bild 4: Deponie Pohlsche Heide des Kreises Minden-Lübbecke

Quelle: Abfallentsorgungsbetrieb des Kreises Minden-Lübbecke

Projektbeispiel – Best of two Worlds – Globale Kreislaufführung strategischer Metalle (Bo2W)

Im Projekt Bo2W wird am Beispiel von Ghana und Ägypten untersucht, wie nachhaltige Recyclinglösungen in Entwicklungs- und Schwellenländern erreicht werden können, um einerseits die negativen Sozial- und Umweltauswirkungen zu reduzieren und andererseits seltene und wertvolle Metalle wie Palladium und Seltene Erden für die deutsche Industrie zurückzugewinnen. Ziel ist es, die Prozesskette des Recyclings komplexer Schrotte gesundheits-, umwelt- und sozialverträglich zu gestalten sowie wirtschaftlich attraktiv zu machen. Mit dem Best-of-two-worlds-Ansatz will das Projekt die Stärken von Entwicklungsländern mit den Stärken von Industrieländern kombinieren: Während in Entwicklungsländern Altgeräte vorwiegend ressourcenschonend manuell zerlegt werden, verfügen Industrieländer über hocheffiziente Anlagen zur weiteren Rückgewinnung von Metallen [11].

Projektbeispiel – Rückgewinnung von Wertstoffen aus Siedlungsabfall- und Schlackedeponien (TÖNSLM)

In Deutschland wurden bis 2005 nicht vorbehandelte Siedlungsabfälle und Schlacken in zahlreichen Deponien abgelagert. Diese Deponien stellen einerseits ein großes Wertstoffpotenzial, zum anderen aber auch eine latente Gefahr für die Umwelt dar.

Am Beispiel der Siedlungsabfalldeponie Pohlsche Heide des Entsorgungszentrums des Kreises Minden-Lübbecke sowie einer Schlackedeponie in Hessen wird im Projekt TÖNSLM untersucht, inwieweit durch einen Rückbau der Deponien Rohstoffe wiedergewonnen, schädliche Umweltbeeinflussungen reduziert und langfristig Nachsorgekosten eingespart werden können [12].

3.3. r⁴ – Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe

Mit der jüngsten Fördermaßnahme r⁴ – *Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe* setzt das BMBF neue Maßstäbe im Bereich Exploration und Gewinnung von Primärrohstoffen sowie Recycling von Spurenmetallen, für die es bisher keine effizienten Rückgewinnungsverfahren gibt. Aufgrund der langen Bergbau- und Explorationstradition in Deutschland und Mitteleuropa existieren viele bekannte Lagerstätten, für die jedoch umweltverträgliche technische Konzepte für eine wirtschaftliche Nutzung fehlen. Gleiches gilt für Halden (Tailings/Aufbereitungsrückstände) sowie Produktionsrückstände und End-of-life Geräte, die ein erhebliches Rohstoffpotenzial beinhalten. Hier gilt es, innovative Technologien zu entwickeln für Stoffe, die meist nur in sehr geringer Konzentration enthalten sind. Als flankierende Maßnahmen sollen Akzeptanzforschung zur Rohstoffgewinnung, Nachwuchsgruppen, eine strukturbildende Maßnahme bzw. ein Netzwerk zur Stärkung der deutschen Rohstoffforschung im internationalen Wettbewerb und ein Integrations- und Transferprojekt unterstützt werden. Stoffkreisläufe orientieren sich nicht an Ländergrenzen, die Fördermaßnahme ist daher offen für europäische und internationale Zusammenarbeit, sofern ein Mehrwert für Deutschland zu erwarten ist. Das BMBF plant zwischen 2015 und 2019 rund sechzig Millionen Euro in die Forschung auf der Rohstoff-Angebotsseite zu investieren, zusätzlich werden erhebliche Eigenmittel aus der Industrie erwartet. Aktuell läuft die Begutachtung und Auswahl der Projektskizzen, die zum 31. Januar 2014 eingereicht wurden. Als nächster Stichtag für die Einreichung von Projektskizzen ist der 30. Januar 2015 vorgesehen.

3.4. KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind in vielen Bereichen der Spitzenforschung Vorreiter des technologischen Fortschritts in Deutschland. Das BMBF fördert daher Forschungsvorhaben von KMU zur Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz im Rahmen des Förderschwerpunkts *KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz*. Themenschwerpunkte sind: Steigerung der Ressourceneffizienz in rohstoffintensiven Produktionssystemen, Verbesserung der Rohstoffproduktivität durch Optimierung von Wertschöpfungsketten sowie innovative Recycling- und Verwertungsverfahren. Projektskizzen können zweimal jährlich zum 15.04. und 15.10. eingereicht werden.

Projektbeispiel – Entwicklung neuartiger thermoplastischer Vulkanisate auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Bio-TPV)

Ein Beispielprojekt aus dem Förderschwerpunkt *KMU-innovativ* ist das Forschungsvorhaben Bio-TPV. Von der Projektidee, thermoplastische Kunststoffe für Spielwaren aus nachwachsenden Rohstoffen zu entwickeln, bis zur Serienproduktion konnte dieses Forschungsvorhaben innerhalb weniger Jahre erfolgreich vorangetrieben werden. Der Anteil des biobasierten Kohlenstoffs in den Biokunststoffen konnte auf über

neunzig Prozent gesteigert werden, wodurch im Vergleich zu thermoplastischen Standardelastomeren der abiotische Ressourcenverbrauch an Erdgas und Erdöl sowie die Treibhausgasemissionen drastisch gesenkt werden konnten [13].



Bild 5: Spielzeugfiguren aus biobasierten thermoplastischen Vulkanisaten

Quelle: Tecnaro GmbH

3.5. CLIENT – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Klimaschutz- und Umwelttechnologien und -dienstleistungen

Der nachhaltige Umgang mit begrenzten Ressourcen ist ein globales Problem. Mit der Fördermaßnahme CLIENT sollen durch modellhafte Projekte internationale Partnerschaften in Forschung, Entwicklung und Umsetzung von Umwelt- und Klimaschutztechnologien und dienstleistungen geschaffen und ausgebaut sowie Leitmarktentwicklungen in diesem Feld angestoßen werden. Der Fokus der Forschungsk Kooperationen liegt besonders auf der Zusammenarbeit mit den Staaten Brasilien, Chile, Russland, Indien, China, Südafrika sowie Vietnam mit dem Ziel, nachhaltige Lösungen in den Partnerländern zu implementieren. Inhaltliche Schwerpunkte im Bereich Ressourcennutzung sind: Rohstofferschließung und -management, Produktionsintegrierter Umweltschutz, Ressourceneffizienz, Rohstoffsubstitution, Schließung von Stoffkreisläufen und Recycling.

Projektbeispiel – Secondary Mining – Gewinnung strategischer Elemente aus Bergbaualtablagerungen ausgewählter chilenischer Standorte (SecMinStratEl)

Der Bergbau in Chile ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor für das Land. Chile verfügt über vierzig Prozent der weltweiten Kupferreserven, mit über fünf Millionen Tonnen ist Chile Weltmarktführer in der Kupferproduktion und ein wichtiges Exportland für Deutschland.

Darüber hinaus gehört Chile weltweit zu den fünf größten Silberexporteuren und ist der drittgrößte Goldexporteur Lateinamerikas. Ziel des deutsch-chilenischen, von der TU Bergakademie Freiberg koordinierten, Verbundvorhabens ist die Untersuchung der Gewinnbarkeit von strategischen Spurenelementen in Kombination zu anderen

Wertstoffphasen aus relevanten chilenischen Bergbauablagernungen. Durch Erlangen eines vertieften Prozessverständnisses sollen strategische Spurenelemente aus existierenden Deponien (z.B. Tailings) gewonnen und gleichzeitig eine umweltschonende Verwahrung der Restmaterialien durch geochemische Barrieren, Haldenabdeckungen gegen Stäube und Wasseraufbereitung aufgezeigt werden [14].



Bild 6: Schlämmrückstände aus der Kupfergewinnung in Tierra Amarilla, Chile

Quelle: Maïke Hauschild, Projektträger Jülich

3.6. Wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Frankreich zu nachhaltigen Technologien zur Gewinnung, Verarbeitung und Substitution wirtschaftsstrategischer Rohstoffe

Zur Stärkung der deutschen Forschung in Europa sollen mit der bilateralen Fördermaßnahme zwischen Deutschland und Frankreich die wissenschaftlichen Grundlagen sowie Konzepte und nachhaltige Technologien zur Verbesserung des Angebots nicht-energetischer mineralischer Rohstoffe in Deutschland, Frankreich und Europa entwickelt werden. Dabei sollen Synergien durch Vernetzung deutscher und französischer Forschungskapazitäten erschlossen und Impulse für die gemeinsame Mitwirkung an europäischen Initiativen, z.B. Horizont 2020, Europäische Innovationspartnerschaft Rohstoffe, Wissens- und Innovationsgemeinschaft (KIC) Rohstoffe, European Technology Platform on Sustainable Mineral Resources (ETPSMR), gegeben werden.

Projektbeispiel – Innovative umweltschonende Prozesse für die Gewinnung strategischer und seltener Metalle aus primären und sekundären Ressourcen (EcoMetals)

Ziel des vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf koordinierten deutsch-französischen Verbundvorhabens ist eine optimierte Metallgewinnung aus kupferhaltigen primären und sekundären Ressourcen. Das Hauptaugenmerk soll dabei auf der Entwicklung von alternativen Methoden der Erzaufbereitung und der Biohydrometallurgie

liegen, deren Skalierung vom Labormaßstab zur Pilotanlage sowie der Entwicklung von biologischen Prozessen zur Verarbeitung von Aufbereitungsrückständen. Der Start des Projektes ist ab Anfang 2014 vorgesehen [15].

4. Zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Das Projektbeispiel *Entzinkung* (Kapitel 3.1.) ist ein Paradebeispiel erfolgreicher Forschungsförderung, das angefangen bei der Entwicklung innovativer Technologien im Labormaßstab, dem Test der Verfahren im Pilotbetrieb bis hin zum Bau einer industrietauglichen Referenzanlage alle Schritte der Innovationskette durchlaufen hat. In der Praxis scheitert eine effiziente Übertragung vielversprechender FuE-Ergebnisse in den Industriemaßstab allerdings häufig an den hohen finanziellen und technischen Risiken, die ohne begleitende industrieorientierte Forschung von den Industriepartnern alleine nicht getragen werden können. Der Sprung hin zu den großtechnischen Anlagen aufgrund der in den Vorlaufprojekten erzielten Ergebnisse ist ohne weitere Förderung für viele vor allem mittelständische Unternehmen – obwohl mit Umweltvorteilen und gleichzeitigen Gewinnerwartungen verbunden – zu risikoreich und unterbleibt deshalb häufig. Das BMBF plant daher durch eine gezielte Förderung die Lücke zwischen Forschung und Innovation zu schließen und damit eine effiziente Übertragung vielversprechender FuE-Ergebnisse in die industrielle Praxis zu gewährleisten.

5. Ausblick

Im Frühjahr 2014 wird voraussichtlich eine neue Förderbekanntmachung (r+Impuls) veröffentlicht, welche an die Bekanntmachungen *r² – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Rohstoffintensive Produktionsprozesse* und *CO₂ – Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz – Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO₂* anknüpft.

Das BMBF unterstützt damit insbesondere die Weiterentwicklung der in den oben genannten Fördermaßnahmen erzielten FuE-Ergebnisse über Pilotanlagen bis hin zu industrietauglichen Referenzanlagen oder produktreifen Prototypen, um aus dem Labor oder Technikum in Richtung Marktanwendung zu kommen und damit mehr und schneller erfolversprechende Erfindungen in nachhaltige Innovationen umzuwandeln. Die Arbeiten sollen auf konkrete Anwendungen ausgerichtet sein und in einen Nachweis der prinzipiellen Machbarkeit münden. Die Entwicklung einer Anlagenkonzeption soll so weit vorangetrieben werden, dass eine möglichst rasche und breite Markteinführung möglich wird.

6. Quellen

- [1] World Economic Outlook Database des Internationalen Währungsfonds, Oktober 2013
- [2] DERA Rohstoffinformationen 17: Ursachen von Preispeaks, -einbrüchen und -trends bei mineralischen Rohstoffen, Auftragsstudie, 2013

- [3] http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=1410&dt_code=NWS&obj_id=18230&ori=RSS
- [4] Bardt, H.; Kempermann, H; Lichtblau, K.: Deutsche Unternehmen im Wettbewerb um Rohstoffe: Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft. Köln, 30. Oktober 2013
- [5] Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland, 2002
- [6] Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2010
- [7] Hightech-Strategie 2020 für Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2010
- [8] Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2012
- [9] Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland: Forschungs- und Entwicklungsprogramm des BMBF für neue Rohstofftechnologien, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2012
- [10] Entzinkung, Verbundkoordinator Dr. Torsten Zeller, CUTEC GmbH
- [11] Bo2W, Verbundkoordinator Dr. Matthias Buchert, Öko-Institut e.V.
- [12] TÖNSLM, Verbundkoordinator Dr. Michael Krüger, Tönsmeier Dienstleistung GmbH & Co. KG
- [13] Bio-TPV, Verbundkoordinator Dr. Lars Ziegler, Tecnar GmbH
- [14] SecMinStratEl, Verbundkoordinator Prof. Dr. Gerhard Heide, Technische Universität Bergakademie Freiberg
- [15] Ecometals, Verbundkoordinatorin Dr. Katrin Pollmann, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.

Waste Management



Waste Management, Volume 1

Publisher: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni
 ISBN: 978-3-935317-48-1
 Company: TK Verlag
 Karl Thomé-Kozmiensky
 Released: 2010
 Hardcover: 623 pages
 Language: English, Polish and German
 Price: 35.00 EUR

Waste Management, Volume 2

Publisher: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni
 ISBN: 978-3-935317-69-6
 Company: TK Verlag
 Karl Thomé-Kozmiensky
 Release: 2011
 Hardcover: 866 pages, numerous coloured images
 Language: English
 Price: 50.00 EUR

Waste Management, Volume 3

Publisher: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Stephanie Thiel
 ISBN: 978-3-935317-83-2
 Company: TK Verlag
 Karl Thomé-Kozmiensky
 Release: 10. September 2012
 Hardcover: ca. 780 pages, numerous coloured images
 Language: English
 Price: 50.00 EUR

CD Waste Management, Volume 2

Language: English, Polish and German
 ISBN: 978-3-935317-70-2
 Price: 50.00 EUR

CD Waste Management, Volume 3

Language: English
 ISBN: 978-3-935317-84-9
 Price: 50.00 EUR

110.00 EUR

save 125.00 EUR

Package Price

Waste Management, Volume 1 • Waste Management, Volume 2 • CD Waste Management, Volume 2
 Waste Management, Volume 3 • CD Waste Management, Volume 3



Order now on www.vivis.de
 or

Dorfstraße 51
 D-16816 Nietwerder-Neuruppin
 Phone: +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10
 E-Mail: tkverlag@vivis.de

vivis
 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Recycling und Rohstoffe – Band 7

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2014

ISBN 978-3-944310-09-1

ISBN 978-3-944310-09-1 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2014

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ginette Teske, Fabian Thiel, Janin Burbott, Cordula Müller,

Katrin Krüger

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.