

Ressourcen intelligent und schonend nutzen – Beiträge der Rohstoffforschung

Lothar Mennicken und Anja Degenhardt

1.	Forschungspolitischer Hintergrund	35
2.	Strategische Ansätze des BMBF im Bereich der Rohstoffforschung	36
2.1.	Rohstoffproduktivität steigern.....	37
2.2.	Rohstoffbasis sichern	38
2.3.	Rohstoffbasis verbreitern	40
2.4.	Kleine und mittlere Unternehmen fördern	41
2.5.	International kooperieren	42
2.6.	Umsetzung beschleunigen	43
3.	Ausblick in die Förderlandschaft	44
4.	Quellen	45

1. Forschungspolitischer Hintergrund

Mineralische und fossile Rohstoffe sind endliche natürliche Ressourcen, die intelligent und schonend genutzt werden sollten. Die generelle Versorgungssicherheit der Industrie ist nicht mehr in allen Fällen gewährleistet. Rohstoffverfügbarkeit ist für Deutschland als Industrienation mit breiter Produktionsbasis und hohem Exportanteil jedoch unabdingbare Voraussetzung zur Sicherung der Arbeitsplätze und des Wohlstands. Die Verknappung und damit Kostensteigerungen betreffen vor allem mineralische (metallische) Ressourcen, wie zum Beispiel Eisen und Stahl, Kupfer und Aluminium, die sogenannten Stahlveredler, Platingruppenmetalle und Seltene Erden. Letztere sind für die Entwicklung und den Ausbau von Schlüsseltechnologien erforderlich. Deutschland ist hinsichtlich der Primärrohstoffe fast zu hundert Prozent auf Importe angewiesen. Dabei verursacht die Rohstoffgewinnung und -verarbeitung oftmals jedoch gravierende Umweltbelastungen. Um diesem entgegenzuwirken, ist das Ziel eine *doppelte Entkopplung*: Durch höhere Effizienz und technische Innovationen soll der Ressourcenverbrauch von Wirtschaftswachstum und Wohlstand sowie Umweltinanspruchnahme entkoppelt werden.

Auf die zunehmende Rohstoffverknappung, Risiken bei der Versorgungssicherheit und steigenden Kosten für Rohstoffe hat die Bundesregierung mit einem Bündel an Strategien und Maßnahmen reagiert. Mit der Rohstoffstrategie der Bundesregierung [8] wird neben einem breiten Spektrum an rohstoffpolitischen Ansätzen auch die Förderung und stärkere Bündelung der rohstoffbezogenen Forschung u. a. durch das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie vorangetrieben. Das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) [2] der Bundesregierung zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der

natürlichen Ressourcen, das vom Bundeskabinett am 29.02.2012 beschlossen wurde, schlägt 20 Handlungsansätze für einen schonenden Umgang mit knappen Rohstoffen entlang der ganzen Wertschöpfungskette vor. Dazu zählt auch die Stärkung der Forschung und Verbesserung der Wissensbasis. Eine Fortschreibung von ProGRESS ist für 2016 vorgesehen. Mit der Neuen Hightech-Strategie *Innovationen für Deutschland* der Bundesregierung [1], die federführend durch das BMBF erarbeitet wurde, ist vor dem Hintergrund der aktuellen globalen Herausforderungen eine Fokussierung der Forschungs- und Innovationsförderung auf besonders prioritäre Zukunftsaufgaben erfolgt. In der Zukunftsaufgabe *Nachhaltiges Wirtschaften und Energie* wird die rohstoffbezogene Forschung und Entwicklung adressiert.

In dieser Zukunftsaufgabe stellt das Forschungsrahmenprogramm *Forschung für nachhaltige Entwicklungen* (FONA) [3] eine wichtige Aktionslinie dar. Eine Fortschreibung von FONA ist derzeit in Vorbereitung und wird in 2015 veröffentlicht. Forschung und Entwicklung leisten entscheidende Beiträge zu den Zielen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie [7], insbesondere der Verdopplung der Rohstoff- und Energieproduktivität, der Senkung der Treibhausgasemissionen und Halbierung des Primärenergieverbrauchs. Zentrale Vorsorgethemen sind die Sicherung der Versorgung mit Technologiemetallen für Hightech-Anwendungen, sowohl aus Primär- als auch Sekundärrohstoffen. Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm des BMBF für neue Rohstofftechnologien *Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland* [9] bündelt diese rohstoffbezogenen Förderaktivitäten. Zentrale Beiträge der Rohstoffforschung bestehen in der Entwicklung und Umsetzung innovativer ressourcenschonender Technologien in der Wirtschaft, die Nutzung von CO₂ als Rohstoff, z.B. als Ersatz für Erdöl sowie Forschung zur Schließung von Stoffkreisläufen.

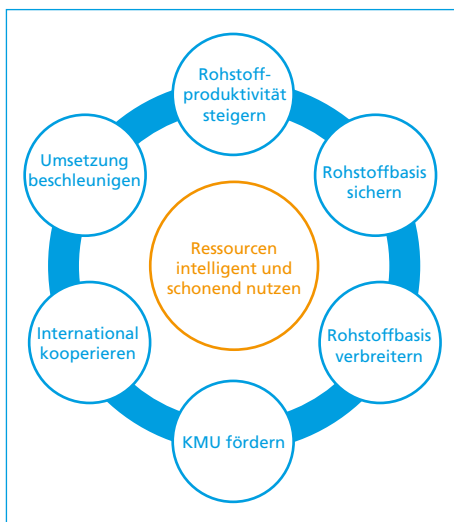


Bild 1: Forschungsstrategische Ansätze des BMBF im Bereich der Rohstoffforschung

2. Strategische Ansätze des BMBF im Bereich der Rohstoffforschung

Die nationalen Nachhaltigkeitsziele werden im Bereich Rohstoffforschung über sechs forschungsstrategische Ansätze umgesetzt: Rohstoffproduktivität steigern, Rohstoffbasis sichern und verbreitern, kleine und mittlere Unternehmen fördern, international zusammenarbeiten und die Umsetzung beschleunigen (Bild 1).

2.1. Rohstoffproduktivität steigern

Innovative Effizienztechnologien verschaffen der deutschen Wirtschaft entscheidende Wettbewerbsvorteile. Ressourcen intelligenter und effizienter zu nutzen bedeutet erhebliche Kosteneinsparungen, eine erhöhte Versorgungssicherheit, sowie größere Umweltverträglichkeit. Nur so kann langfristig der Ressourcenverbrauch vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden. Deutschland hat seine Rohstoffproduktivität bereits beträchtlich steigern können und nutzt Ressourcen effizienter als viele andere Industrieländer. Dennoch sind zu dieser Zielerreichung angesichts des wachsenden Drucks auf die globalen Rohstoffmärkte verstärkte Anstrengungen erforderlich.

Beiträge zur Steigerung der Rohstoffproduktivität werden zum Beispiel durch die erfolgreich abgeschlossene BMBF-Fördermaßnahme r^2 geleistet:

Fördermaßnahme r^2 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Rohstoffintensive Produktionsprozesse

In den rohstoffintensiven Wirtschaftsbereichen kann durch effizientere Technologien und Prozesse eine große Hebelwirkung erreicht werden. Deshalb zielte die Fördermaßnahme auf rohstoffnahe Industrien mit hohem Primärmaterialeinsatz, etwa die Verarbeitung von mineralischen Rohstoffen (u.a. Metalle) oder die Herstellung von chemischen Grundstoffen. Im Fokus standen Produktionsbereiche wie die Herstellung bzw. Verarbeitung von Eisen, Stahl, Nichteisenmetallen, Glas, Papier und Keramik sowie die Chemie-, Baustoff und Textilindustrie. Sie stehen am Beginn von weit verzweigten Wertschöpfungsketten, und hier erzielte Effekte wirken sich auf alle anschließenden Produktionsverfahren und Produkte aus.

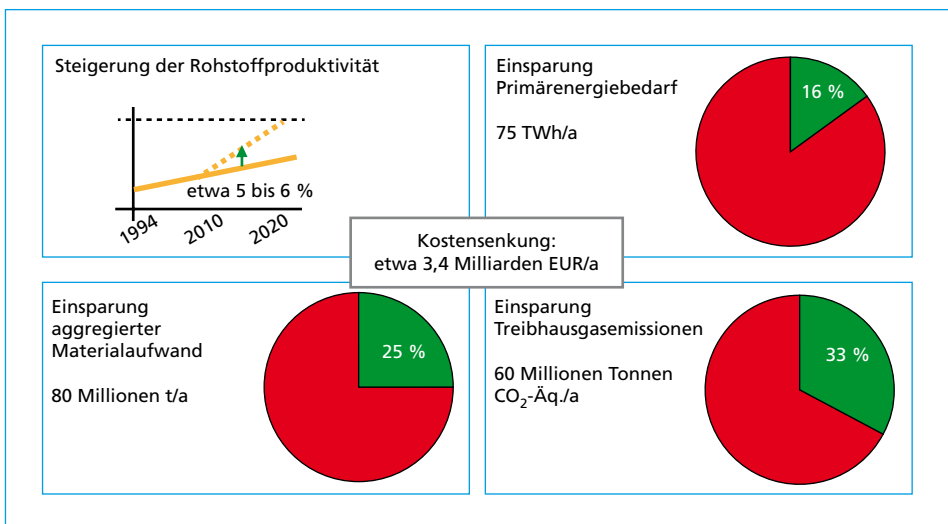


Bild 2: Theoretisches Potenzial bei deutschlandweiter Umsetzung der r^2 -Ergebnisse

Im Rahmen der Fördermaßnahme r² hat das BMBF zwischen 2009 und 2013 22 Forschungsverbände der Metall-, Stahl-, Chemie-, Keramik- und Baustoffindustrie mit rund 38 Millionen EUR gefördert. Die Wirtschaft hat weitere 17 Millionen EUR zur Verfügung gestellt. Forschungsergebnisse waren beispielsweise die Entwicklung eines Bandgießverfahren zur Herstellung von hochfesten dehnbaren HSD-Leichtbaustählen mit vielfältigen Anwendungspotenzialen [10], die Entwicklung eines Entzinkungsverfahrens für Stahlschrotte mit dem sich 88 Prozent Energie einsparen und die Emission von Treibhausgasen um 90 Prozent senken lassen [18], die Entwicklung eines Verfahrens mit 1,5-fach verbesserter Kupferabscheidung in metallurgischen Schlacken [12], die Entwicklung eines Elektrolyseverfahrens für die Chlorherstellung mit 60 Prozent geringerem Edelmetallbedarf [13] sowie die Entwicklung eines nachhaltigen Zements mit halbiertem Energieeinsatz [14].

Die aufgezeigten Potenziale für industrielle Effizienzsteigerungen rohstoffintensiver Produktionsprozesse sind beeindruckend. Bei deutschlandweiter Umsetzung der r²-Ergebnisse könnten pro Jahr rund 80 Millionen Tonnen Rohstoffe eingespart und die deutschlandweite Rohstoffproduktivität um 5 bis 6 Prozent gesteigert werden. Gleichzeitig könnte der Energieverbrauch um rund 75 TWh reduziert und beim derzeitigen Energiemix die damit verbundenen Treibhausgasemissionen um etwa 60 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert werden. In Summe ließen sich damit die Produktionskosten um rund 3,4 Milliarden EUR jährlich reduzieren bei gleichzeitig leicht positiven Effekten für die Beschäftigung.

Die Ergebnisse wurden in einer Abschlusspublikation [6] sowie auf den Webseiten [29] der Fördermaßnahme und durch einen Kurzfilm [4] des BMBF veröffentlicht. Projektideen zur Steigerung der Rohstoffproduktivität unter Beteiligung von klein- und mittelständischen Unternehmen können weiterhin unter der Fördermaßnahme KMU-innovativ eingereicht werden (Kapitel 2.4).

2.2. Rohstoffbasis sichern

Die Entwicklung von Zukunftstechnologien erfordert Rohstoffe, die Deutschland zu einem erheblichen Teil importieren muss. Sie werden benötigt, um unsere ambitionierten Klimaschutzziele zu erreichen und die Energiewende zu beschleunigen. Außerdem sind sie Grundlage für unseren Wohlstand und die Sicherung des Hightech-Standortes Deutschland. Diese wirtschaftsstrategischen Rohstoffe, in erster Linie nichtenergetische mineralische Ressourcen, müssen für die deutsche Industrie verlässlich verfügbar sein. Deshalb verstärkt das BMBF Forschung und Entwicklung zur Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands. Vor dem Hintergrund der globalen Herausforderungen und gleichzeitig begrenzter finanzieller Ressourcen ist eine optimierte Abstimmung und Bündelung der Förderaktivitäten im Rohstoffbereich unverzichtbar. Hier leistet das neue Forschungs- und Entwicklungsprogramm für neue Rohstofftechnologien des BMBF *Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland* einen wichtigen Beitrag.

Beiträge zur Sicherung der Rohstoffbasis werden zum Beispiel durch die im Rahmen von FONA laufenden Fördermaßnahmen r³ und r⁴ sowie die unter *Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING* laufende Fördermaßnahme MatResource geleistet:

Fördermaßnahme r^3 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien

Im Rahmen der Fördermaßnahme r^3 – *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 30 Millionen EUR zur Verfügung, weitere 12 Millionen EUR kommen aus der Wirtschaft hinzu.

Laufende Forschungsprojekte beschäftigen sich u.a. mit der Substitution von Indium in Dünnschichtbeschichtungen [22], der Gewinnung von Wertstoffen aus Bergbau- und Hüttenhalden im Harz [20] bis hin zur Rückführung von Hightech-Rohstoffen aus ausgedienten Exportgütern in das Herstellungsland Deutschland [11]. Informationen zu allen geförderten Projekten sowie erste Ergebnisse können auf den Webseiten der Fördermaßnahme [28] eingesehen werden.

Fördermaßnahme r^4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe

Mit der Fördermaßnahme r^4 – *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 für Stoffe zu entwickeln, die meist nur in sehr geringer Konzentration enthalten sind. Als flankierende Maßnahmen werden Akzeptanzforschung zur Rohstoffgewinnung, Nachwuchsgruppen, eine strukturbildende Maßnahme bzw. ein Netzwerk zur Stärkung der deutschen Rohstoffforschung im internationalen Wettbewerb und ein Integrations- und Transferprojekt unterstützt. 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 60 Millionen EUR in die Forschung auf der Rohstoff-Angebotsseite zu investieren, zusätzlich werden erhebliche Eigenmittel aus der Industrie erwartet. Die ersten Projekte sind Anfang 2015 gestartet, der zweite Stichtag war am 30. Januar 2015. Die Forschungsthemen reichen von der Entwicklung eines untertägigen 4D-Positionierungs-, Navigations- und Mapping Systems, Ressourcenpotentialabschätzung

für Erzlagerstätten in Deutschland, Rückgewinnung von Seltenerdelementen und Platingruppenmetallen aus Katalysatorschlacken, Recyclingverfahren für Permanentmagnete bis hin zu Akzeptanzfragen bei der Gewinnung von primären und sekundären Rohstoffen. Darüber hinaus wird die Einrichtung eines deutschen virtuellen Forschungs-Instituts als *German Resource Research Institute (GERRI)* gefördert. Ziel ist einen nationaler Nukleus bzw. ein virtuelles Institut für eine aufeinander abgestimmte, gemeinsame Forschung im Bereich primärer und sekundärer anorganischer Rohstoffe (mineralisch wie metallisch) entlang der gesamten Wertschöpfungskette mit besonderem Fokus auf das internationale Umfeld zu etablieren.

Fördermaßnahme *MatResource* – *Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft*

Ressourceneffizienz ist ebenfalls ein zentrales Handlungsfeld im BMBF Rahmenprogramm *Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING* [24]. Forschungsthemen sind unter anderem die Entwicklung von Höchstleistungswerkstoffen, von Multimaterialsystemen für Leichtbauweisen, von Substitutionswerkstoffen oder Materialentwicklungen zur Lebensdauerverlängerung von Anlagen und Bauteilen. Die WING-Fördermaßnahme *Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft – MatResource* 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. Die Förderprojekte greifen Werkstoffentwicklungen im Bereich erneuerbarer Energien wie Offshore-Windenergie und Biogaserzeugung, im Bereich der Abgasreinigung von stationären und mobilen Anlagen und im Bereich der Elektromobilität auf. Darüber hinaus werden Entwicklungen für einen besseren Verschleißschutz im Werkzeug- und Pumpenbau und für eine effizientere thermische Abfallbehandlung gefördert. Derzeit arbeiten rund 100 Unternehmen sowie knapp 70 Forschungseinrichtungen in 33 Verbundprojekten, um gemeinsam neue oder verbesserte Materialien zu entwickeln. In diesem Jahr werden weitere Projekte hinzukommen. Informationen zu den geförderten Projekten sowie erste Ergebnisse können auf den Webseiten der Fördermaßnahme [27] eingesehen werden.

2.3. Rohstoffbasis verbreitern

Die Rohstoffbasis der Chemischen Industrie basiert weitgehend auf Erdöl. Um die Rohstoffbasis der Chemischen Industrie nachhaltig zu verbreitern, müssen alternative Kohlenstoffquellen erschlossen und in die Wertschöpfungskette eingebaut werden. Neben nachwachsenden Rohstoffen bietet sich hier Kohlendioxid (CO_2) als Rohstoff an. Daher sind innovative Verfahren für eine stoffliche Nutzung von Kohlendioxid voranzutreiben. Durch eine stoffliche Nutzung von CO_2 können auch nachhaltige Kraftstoffe für die Mobilität erzeugt werden – ohne dass eine Landnutzungskonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion entsteht:

Fördermaßnahme *Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz – Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO₂*

Im Rahmen der Fördermaßnahme *Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz – Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO₂* – fördert das BMBF mit rund 100 Millionen EUR bereits seit 2009 Themen aus dem Bereich der stofflichen Nutzung von CO₂. Die Industrie hat zusätzlich Mittel in Höhe von etwa 50 Millionen EUR investiert. In der Fördermaßnahme werden drei Themenbereiche adressiert: 1) Stoffliche Nutzung von CO₂ zur Erweiterung und Sicherung der Rohstoffbasis für die Chemische Industrie, 2) Chemische Energiespeicherung (Power-to-X) und 3) Energieeffizienz. Die Projekte der Fördermaßnahme sind in großen Teilen sehr erfolgreich, besonders die Projekte *Dream Production* und *sunfire* sind hier hervorzuheben.

In dem von der Bayer AG geleiteten Projekt *Dream Production* [15] ist es gelungen, einen effizienten Prozess zur Erzeugung hochwertiger Schaumstoffe unter Einbau von CO₂ zu entwickeln. Gleichzeitig wird eine weitere Senkung des CO₂-Ausstoßes durch Ersatz fossiler Rohstoffe erreicht. Im Mai 2014 kündigte Bayer den Bau einer Produktionsstraße im 5.000 t/a-Maßstab an und investiert hierfür 15 Millionen EUR. Die Produktion wird in diesem Jahr beginnen.

Im Projekt *sunfire* [23] ist es gelungen, ein hocheffizientes Power-to-Fuel Verfahren zu entwickeln. Auf Basis einer innovativen Verknüpfung von in Deutschland entwickelten Technologien (reversible Hochtemperatur-Elektrolyse und Fischer-Tropsch-Verfahren) wurde am 14.11.2014 die weltweit erste Pilotanlage dieser Art durch die Bundesministerin für Bildung und Forschung Johanna Wanka eröffnet. Das Projekt *sunfire*, ebenso wie *Dream Production*, hat für die Fördermaßnahme und für den Themenbereich *stoffliche Nutzung von CO₂* Leuchtturmcharakter, was auch durch zahlreiche Auszeichnungen, u.a. den letztjährigen Global Cleantech Award für *sunfire* belegt wird.

Die Ergebnisse werden auf der abschließenden Statuskonferenz im April 2015 sowie auf den Webseiten [25] der Fördermaßnahme und durch einen Kurzfilm [5] veröffentlicht. Deutschland hat im Bereich der CO₂-Nutzung besonders durch die laufende, weltweit einmalige BMBF-Fördermaßnahme eine Vorreiterrolle eingenommen und eine Technologieführerschaft erreicht. Eine Fortführung der erfolgreichen Maßnahme ist derzeit in Vorbereitung.

2.4. Kleine und mittlere Unternehmen fördern

Treiber und Entwickler von innovativen Effizienztechnologien sind oft kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Das BMBF unterstützt deshalb KMU in der Spitzenforschung als Vorreiter zur Steigerung von Ressourceneffizienz und Rohstoffproduktivität:

Fördermaßnahme *KMU innovativ: Ressourceneffizienz*

Mit der im Jahr 2007 gestarteten Förderinitiative *KMU-innovativ* verfolgt das BMBF das Ziel, das Innovationspotential kleiner und mittlerer Unternehmen im Bereich Spitzenforschung zu realisieren und damit auch ihre Wirtschaftskraft dauerhaft zu stärken.

Dazu hat das BMBF das Antrags- und Bewilligungsverfahren vereinfacht und beschleunigt sowie die Beratungsleistungen für KMU ausgebaut. Ein Lotsendienst bei der Förderberatung *Forschung und Innovation* des Bundes berät interessierte Unternehmen in allen Fragen und vermittelt verlässlich zur richtigen Antragsstelle. Zwei regelmäßige Stichtage am 15.4. und 15.10. und die verbindlichen und kurzen Bearbeitungszeiten für Anträge geben Planungssicherheit. Angesprochen sind innovative KMU, die sich am Markt der Effizienztechnologien etablieren bzw. ihre Position ausbauen wollen.

Ein erfolgreiches Projektbeispiel ist *Recycling von Altbeton* [17], welches ein innovatives Verfahren zum Auftrennen von Altbeton in seine Bestandteile Kies, Sand und Kalk entwickelt hat. Das Projektkonsortium wurde hierfür im bundesweiten Innovationswettbewerb *Deutschland – Land der Ideen* ausgezeichnet.

2.5. International kooperieren

Der nachhaltige Umgang mit begrenzten Ressourcen ist ein globales Problem. Deutschland als Rohstoffimportland ist auf die Zusammenarbeit mit Partnerländern angewiesen.

Fördermaßnahme CLIENT – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Klimaschutz- und Umwelttechnologien und -dienstleistungen

Im Fokus von CLIENT stehen nachfrageorientierte FuE-Kooperationen, in denen deutsche Forschungseinrichtungen und Unternehmen gemeinsam mit internationalen Partnern innovative Technologien und Dienstleistungen bedarfsgerecht entwickeln und umsetzen. Prioritäre Themen sind Ressourcen- und Energieeffizienz, sowie Wasser- und Landmanagement. Insbesondere für diejenigen Länder, die aufgrund eines raschen wirtschaftlichen Wachstums an der Schwelle zur Industrienation stehen, stellen neue Technologien, Verfahren, Dienstleistungen und Organisationsformen einen wichtigen Schlüssel für die Bewältigung der zukünftigen Herausforderungen im Umweltbereich dar. Schwellen- und Entwicklungsländer tragen zunehmend neben den entwickelten Staaten zu Ressourcenverbrauch und damit verbundenen Umweltauswirkungen bei, gleichzeitig sind sie wichtige Rohstofflieferanten für die deutsche Industrie. Die erfolgreichen internationalen Partnerschaften für nachhaltige Klimaschutz- und Umwelttechnologien werden fortgesetzt und weiterentwickelt, um Ressourcen weltweit intelligent und schonend zu nutzen. Gleichzeitig trägt dies zur wirtschaftlichen Entwicklung in den Kooperationsländern bei und führt zu Exportchancen für die deutsche Wirtschaft, z.B. im Anlagenbau.

Ein Projektbeispiel aus dem Rohstoffbereich ist die Untersuchung der Gewinnbarkeit von strategischen Spurenelementen in Kombination zu anderen Wertstoffphasen aus relevanten chilenischen Bergbauabtlagerungen [21]. Informationen zu den geförderten Projekten sowie erste Ergebnisse können auf den Webseiten der Fördermaßnahme [26] eingesehen werden.

Fördermaßnahme Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Frankreich zu nachhaltigen Rohstofftechnologien

Im Ergebnis des 4. Deutsch-Französischen Forschungsforums im Oktober 2011 wurde vom Deutsch-Französischen Ministerrat im Februar 2012 ein Maßnahmenplan zur verstärkten Kooperation in Wissenschaft und Forschung zwischen Deutschland und

Frankreich beschlossen. Die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der nichtenergetischen Rohstoffe wurde als ein Bereich von gemeinsamem strategischem Interesse definiert. Die Fördermaßnahme ergänzt national ausgerichtete Bekanntmachungen und fokussiert auf die Bündelung dt.-frz. Forschungskompetenzen. Derzeit werden zwei große bilaterale Verbundprojekte gefördert.

Das Projekt *Ecometals* [16] beschäftigt sich mit der Metallgewinnung aus kupferhaltigen primären und sekundären Ressourcen durch biohydrometallurgische Verfahren. Von den entwickelten Verfahren profitieren die Erschließung primärer und sekundärer Kupferschiefervorkommen in Deutschland und die Erschließung komplexer polymetallischer Vorkommen in Frankreich.

Ziel von *RECVAl-HPM* [19] ist es, Konzepte und Technologien für die Wiederverwendung und das Recycling von Hochleistungspermanentmagneten zu entwickeln. So können ressourcenkritische Seltene Erden in einem geschlossenen Rohstoffkreislauf gehalten und neue Wertschöpfungsketten generiert werden.

Wissens- und Innovationsgemeinschaft Rohstoffe (EIT KIC Raw Materials)

Anfang Dezember 2014 gab das Europäische Institut für Innovation und Technologie (EIT) den Gewinner der Förderausschreibung um eine EIT Knowledge and Innovation Community (KIC) zum Thema Rohstoffe bekannt. Ein KIC ist ein auf Spitzenleistungen ausgerichtetes Netzwerk, das führende europäische Partner aus dem Wissensdreieck von Bildung, Forschung und Wirtschaft miteinander verbindet. Nun wird ein internationales Konsortium mit dem Namen *EIT Raw Materials* damit beauftragt, ein solches Netzwerk für den Rohstoffsektor aufzubauen. Hieran beteiligen sich insgesamt 116 europäische Universitäten, Forschungszentren und Unternehmen aus 22 Ländern; koordiniert wird es durch das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR). Der Hauptsitz des Netzwerks wird in Berlin sein. Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Rohstoffsektors deutlich zu steigern. Es wird erwartet, dass das KIC ein bis zwei Milliarden EUR in den nächsten sieben Jahren umsetzen wird. Dies soll durch verstärkte Investitionen in die Entwicklung neuer Geschäftsideen, Verfahren und Produkte erreicht werden. Im Zentrum der Bemühungen stehen die nachhaltige Erkundung, Gewinnung, Verarbeitung sowie das Recycling und die Substitution von Rohstoffen.

Das BMBF unterstützte die Vorbereitung durch die Finanzierung einer Koordinationsstelle und die Förderung der deutsch-französischen Zusammenarbeit zu Rohstofftechnologien. Eine enge Verknüpfung mit dem vor kurzem gestarteten Netzwerk GERRI ist geplant.

2.6. Umsetzung beschleunigen

Die effiziente Übertragung vielversprechender FuE-Ergebnisse aus rohstoffintensiven Produktionsprozessen in die industrielle Praxis muss verbessert werden, um Erfindungen rasch in Innovationen umzusetzen und Wettbewerbsvorteile national und international zu nutzen. Die enge Verzahnung der Forschung und Anwendung, die Ersterprobung in Pilot- und Demonstrationsanlagen sowie die Markteinführung neuer

Technologien gewinnt an Bedeutung. Eine Übertragung in den Industriemaßstab ist ohne begleitende Forschung an Demonstrationsanlagen oftmals nicht möglich und darüber hinaus – obwohl mit Umweltvorteilen und gleichzeitigen Gewinnerwartungen verbunden – mit hohen finanziellen und technischen Risiken verbunden.

Fördermaßnahme *r+Impuls* – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Impulse für industrielle Ressourceneffizienz

Ziel von *r+Impuls* ist die Überwindung bestehender Hemmnisse bei der industriellen Umsetzung und Verbreitung von Effizienztechnologien durch gezielte FuE-Impulse. Dafür werden insgesamt bis zu 30 Millionen EUR Fördermittel zur Verfügung gestellt. Stichtage zur Einreichung von Vorschlägen sind der 2.3.2015 und der 1.3.2016.

Mit *r+Impuls* sollen erhebliche Beiträge zur neuen Hightech-Strategie der Bundesregierung, vor allem innerhalb der Zukunftsaufgabe *Nachhaltiges Wirtschaften und Energie*, geleistet werden. Im Ergebnis der Fördermaßnahme werden die Ziele der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, insbesondere die Verdopplung der Rohstoff- und Energieproduktivität unterstützt. Deutschland ist in vielen Schlüsseltechnologien an der Spitze der Forschung. Trotz erheblicher Potentiale und Markterwartungen ist die erstmalige großtechnische Umsetzung von innovativen Technologien für Ressourceneffizienz für Industrieunternehmen risikobehaftet. Mit *r+Impuls* werden Kernbereiche der deutschen Wirtschaft wie die produzierende Industrie bei der Umsetzung innovativer Verfahren und Technologien in den Industriemaßstab gefördert. Nur FuE-Ergebnisse, die schnell und erfolgreich in Innovationen umgesetzt werden und breite Anwendung finden, steigern die Wettbewerbsfähigkeit. Die vielfältige Umsetzung in die Praxis leistet einen Beitrag zu den Effizienzzielen und zur Umweltentlastung. Gefördert werden Umsetzungsprojekte zur Steigerung der Material- und Energieeffizienz in rohstoffintensiven Produktionssystemen. Beispiele sind die Metallerzeugung und -verarbeitung, Recycling und Substitution wirtschaftsstrategischer Rohstoffe und die stoffliche Nutzung von CO₂ für chemische Produkte sowie zur Energiespeicherung.

3. Ausblick in die Förderlandschaft

Das BMBF hat die Förderung von Forschung und Entwicklung innovativer und nachhaltiger Lösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz breit angelegt. Im Rahmenprogramm *Forschung für Nachhaltige Entwicklungen (FONA)* ist Ressourceneffizienz ein zentrales Thema. Auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) treiben diese Entwicklung zusammen mit weiteren Ressorts (z.B. BMEL und BMZ) voran. Dies geschieht unter anderem mit Hilfe ineinander verzahnter Fördermaßnahmen, die von der Neuentwicklung bis zur kommerziellen Reife und Verbreitung im Markt Unterstützung bieten. Durch das Zusammenwirken der Ressorts entsteht eine durchgängige Förderkette von der Forschung und Entwicklung bis zur Verbreitung im Markt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Förderung im Rohstoffbereich

Stufe im Förderzyklus	BMBF	BMUB	BMWi
Technologieentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • r², r³, r⁴ • KMU-innovativ • CO₂-Nutzung • D-F, Client • MatRessource • Materialforschung für die Energiewende 		Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)
Demonstrationsphase	r+Impuls	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltinnovationsprogramm (UIP) 	
Markteinführung und Umsetzung		<ul style="list-style-type: none"> • Netzwerk Ressourceneffizienz (NeRes) • VDI ZRE 	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Materialeffizienzagentur (demea) • Innovationsgutscheine go-effizient • Explorationsförderprogramm
Strategische Aktivitäten	Interministerieller Ausschuss (IMA) Rohstoffe, KIC Raw Materials International Panel on Resources		
	<ul style="list-style-type: none"> • HIF für Ressourcentechnologie • FE-Programm Wirtschaftsstrategische Rohstoffe • GERRI-Netzwerk Ressourceneffizienz 	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) • MaRes, BilRes, PolRes 	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Rohstoffagentur (DERA) • Rohstoffpartnerschaften

4. Quellen

- [1] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Die neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland, 2014
- [2] Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2012
- [3] Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA), Rahmenprogramm des BMBF (2009)
- [4] Kurzfilm zur BMBF-Fördermaßnahme r². 2014, www.bmbf.de/de/25585.php
- [5] Kurzfilm zur BMBF-Fördermaßnahme *Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz - Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO₂*, 2014, www.bmbf.de/de/25219.php
- [6] Innovative Technologien für Ressourceneffizienz in rohstoffintensiven Produktionsprozessen, Ergebnisse der Fördermaßnahme r², Jörg Woidasky, Katrin Ostertag, Christian Stier, 2013
- [7] Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland, 2002
- [8] Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2010
- [9] Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland, Forschungs- und Entwicklungsprogramm des BMBF für neue Rohstofftechnologien, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2012
- [10] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Bandgießen* über den Verbundkoordinator Dr. Rune Schmidt-Jürgensen, Salzgitter Flachstahl GmbH, www.r-zwei-innovation.de/de/570.php
- [11] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Bo2W* über den Verbundkoordinator Dr. Matthias Buchert, Öko-Institut e.V., www.r3-innovation.de/de/15425

- [12] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Cu-Schlacke* über den Verbundkoordinator Dr.-Ing. Michael Hoppe, Aurubis AG, www.r-zwei-innovation.de/de/538.php
- [13] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Chlor-Herstellung* über den Verbundkoordinator Bruno Sawaryn, Bayer MaterialScience AG, www.r-zwei-innovation.de/de/532.php
- [14] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Celitement* über den Verbundkoordinator Dr.-Ing. Günther Mayer, Celitement GmbH, www.r-zwei-innovation.de/de/726.php
- [15] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Dream Production* über den Verbundkoordinator Dr. Christoph Gürtler, Bayer Material Science AG, www.chemieundco2.de/_media/02_Dream_Production.pdf
- [16] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Ecometals* über den Verbundkoordinator Dr. Stefan Dirlich, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, www.ecometals.org
- [17] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *ELDYNTON* über den Verbundkoordinator Dr. Volker Thome, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, www.ressourceneffizienzkongress.de/files/f_13_thome.pdf
- [18] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *Entzinkung* über den Verbundkoordinator Dr. Torsten Zeller, CUTEC GmbH, www.r-zwei-innovation.de/de/546.php
- [19] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *RECVAl-HPM* über die Verbundkoordinatorin Dr.-Ing. Eva Brouwer, Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, www.recval-hpm.de
- [20] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *ROBEHA* über den Verbundkoordinator Christian Pogendorf, Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH, www.r3-innovation.de/de/15435
- [21] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *SecMinStratEl* über den Verbundkoordinator Prof. Dr. Gerhard Heide, Technische Universität Bergakademie Freiberg, www.clientprojekte.de/_media/Projektbeschreibung_SecMinStratEl_Chile.pdf
- [22] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *SubITO* über den Verbundkoordinator Dr. Holger Althues, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden, www.r3-innovation.de/de/15437
- [23] Weitere Informationen zum Verbundvorhaben *sunfire* über den Verbundkoordinator Christian Olshausen, Sunfire GmbH, www.bmbf.de/de/25240.php
- [24] Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING, Rahmenprogramm des BMBF (2003)
- [25] www.chemieundco2.de
- [26] www.clientprojekte.de
- [27] www.matressource.de
- [28] www.r3-innovation.de
- [29] www.r-zwei-innovation.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 8

ISBN 978-3-944310-20-6 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 2015
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, Sandra Peters, Carolin Bienert, Janin Burbott,
Max Müller, Cordula Müller
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 Funk-sendung, 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.