
PolRes AP2 – Analysen und Politikansätze

Kurzanalyse 19: Forschungs- und Innovationsförderung durch Zuschüsse

Holger Bär

Forschungszentrum für Umweltpolitik
Freie Universität Berlin



November 2015

PolRes – Ressourcenpolitik

Ein Projekt im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes

Laufzeit 01/2012 – 05/2015

FKZ: 3711 93 103



Fachbegleitung UBA

Judit Kanthak

Umweltbundesamt

E-Mail: judit.kanthak@uba.de

Tel.: 0340 – 2103 – 2072

Ansprechpartner Projektteam

Dr. Klaus Jacob

Freie Universität Berlin

E-Mail: klaus.jacob@fu-berlin.de

Tel.: 030 – 838 54492

Projektpartner:



Die veröffentlichten Papiere sind Zwischen- bzw. Arbeitsergebnisse der Forschungsnehmer. Sie spiegeln nicht notwendig Positionen der Auftraggeber oder der Ressorts der Bundesregierung wider. Sie stellen Beiträge zur Weiterentwicklung der Debatte dar.

Zum Format der Kurzanalysen:

In den PolRess-Kurzanalysen werden Politikansätze und -instrumente in kurzer Form auf der Basis des Forschungsstandes hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Ressourceneffizienz und Ressourcenschonung untersucht. Es werden keine neuen Daten erhoben oder generiert. Detailliertere Analysen werden für einzelne Instrumente in Form von Vertiefungsanalysen durchgeführt (siehe PolRess Website: www.ressourcenpolitik.de).

Zitationsweise: Bär, H. (2015): Forschungs- und Innovationsförderung durch Zuschüsse. Kurzanalyse 19 im Projekt Ressourcenpolitik: Analyse der ressourcenpolitischen Debatte und Entwicklung von Politikoptionen (PolRess). www.ressourcenpolitik.de

Inhaltsverzeichnis

Kurzanalyse 19: Forschungs- und Innovationsförderung durch Zuschüsse	I
1. Einleitung und Ziel der Kurzanalyse	6
2. Forschungs- und Innovationsförderung in Deutschland.....	6
3. Wirkungsketten und Kriterien für die Bewertung von Instrumenten zur Innovationsförderung.....	8
3.1. Wirkungsketten in der Innovationsförderung	8
3.2. Bewertung von Instrumenten der Innovationsförderung	9
4. Auswertung der Zuschussförderung von Verbundprojekten am Beispiel der r^2 - Evaluation.....	11
4.1. Überblick zur Fördermaßnahme r^2	11
4.2. Modellierung der Ressourceneffizienzpotenziale	12
4.3. Indikatoren und Ergebnisse	13
4.3.1. Ökonomische Indikatoren	13
4.4. Ökologische Indikatoren	18
4.5. Zentrale Erkenntnisse aus r^2	20
5. Handlungsempfehlungen: Aufstockung & Fokussierung des Mitteleinsatzes	21
6. Literatur	22
7. Anhang	23
7.1. Liste der Cluster und Verbundprojekte in der Fördermaßnahme r^2	23
7.2. Schwerpunkttechnologien der deutschen Innovationspolitik.....	25
7.3. Beschäftigungswirkungen der r^2 -Fördermaßnahme über Wirtschaftszweige hinweg.....	26
7.4. Ökologische Einsparpotenziale der Cluster	27
7.5. Erfassungsraster für die Modellierung von Ressourceneinsparpotenzialen: Einleitung und Datenmaske	29

Abbildungen

Abbildung 1: Grundlegendes, angebotsseitiges Innovationsmodell („technology push“)	8
Abbildung 2: Darstellung der Systemgrenzen der Modellierung der ökologischen Wirkungen (auf Basis der Ökobilanzierung)	12
Abbildung 3: r ² -Fördersummen je Themencluster (in Mio. Euro)	13
Abbildung 4: Räumliche Verteilung von Verbundteilnehmern (blau) und Verbundkoordinatoren (orange)	17
Abbildung 5: Potentielle Einsparungen in der gesamten Fördermaßnahme r ² bei einer Umsetzung der entwickelten Technologien auf Verbund- und deutschlandweiter Ebene	19
Abbildung 6: Beschäftigungswirkung der Rohstoffeffizienzsteigerung in den Clustern der r ² -Fördermaßnahme nach den meistbetroffenen Wirtschaftszweigen disaggregiert	26

Tabellen

Tabelle 1: Überblick zu Bewertungskriterien innovationspolitischer Instrumenten	11
Tabelle 2: Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der deutschlandweiten Umsetzung der in der r ² -Fördermaßnahme (weiter-) entwickelten Verfahren, nach Clustern	15
Tabelle 3: Ausgewählte rohstoffbezogene Fördermaßnahmen der Bundesregierung	18
Tabelle 4: Technologiespezifische Förderprogramme in Deutschland, nach Technologiebereichen und Quelle der Förderung	25
Tabelle 5: Einsparpotenziale des Clusters „Rückführung hochwertiger Metallfraktionen aus Abfallströmen“	27
Tabelle 6: Einsparpotenziale des Clusters „Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Metallerzeugung“	27
Tabelle 7: Einsparpotenziale der Cluster „Katalytische Prozesse in der chemischen Industrie“ und „Schließung von Kreisläufen in Beschichtungsprozessen“	28
Tabelle 8: Einsparpotenziale der Cluster „Trocknungs- und Sintervorgänge in der Keramikindustrie“ und „Verbesserung der Materialeffizienz durch innovative Baustoffe“	28

1. Einleitung und Ziel der Kurzanalyse

Die Koalitionsverträge der letzten beiden deutschen Bundesregierungen betonen einhellig die Bedeutung von effizienten Technologien für ein „neues, nachhaltiges Wohlstandsmodell“ bzw. „wirtschaftlichen Erfolg, von Wachstum und Beschäftigung“ (CDU, CSU, SPD, 2013, S.7). Innovationen und neue Technologien werden als zentrale Bausteine bei der Lösung von Problemen in der Klima- und Umweltpolitik und „für nachhaltige Produktion und nachhaltigen Konsum [und ...] Ressourceneffizienz“ angesehen (CDU, CSU & FDP, 2009, S.63). Ressourceneffizienz als Kernelement einer ökologischen Modernisierung der Wirtschaft kann – und soll – dazu führen, dass ökologische (relative Entkopplung von wirtschaftlicher Tätigkeit und Ressourcenverbrauch) und ökonomische Ziele (Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung) in Einklang gebracht werden (Jänicke, 2012). Der Masterplan Umwelttechnologien, der Aktionsplan für Öko-Innovationen und das deutsche Ressourceneffizienzprogramm stellen wichtige Ansätze zur Politikintegration dar, um Innovationspolitik, Technologieförderung mit umweltpolitischen Zielen zu verbinden.

Die Kurzanalyse untersucht das Instrument der Innovationsförderung durch Zuschüsse im Bereich von Ressourceneffizienztechnologien. Dabei betrachtet die Studie die Effektivität und Effizienz des Mitteleinsatzes im Rahmen des BMBF-Fördermaße r^2 „Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse“ und diskutiert insbesondere, ob der Umfang der Förderung durch Zuschüsse ausgebaut werden sollte und ob diese technologieoffen oder mit Fokus auf bestimmte Technologien ausgestaltet werden sollte. Sie gibt zunächst einen kurzen Überblick zur Innovationspolitik in Deutschland und Kriterien zur Bewertung von Instrumenten. Auf Basis der Evaluationen der Fördermaße r^2 werden Handlungsempfehlungen für die Weiterentwicklung des Instruments der öffentlichen Zuschüsse im Rahmen der Förderung von Ressourceneffizienztechnologien erarbeitet.

2. Forschungs- und Innovationsförderung in Deutschland

Grundsätzlich unterscheidet die Forschungs- und Innovationsförderung¹ in Deutschland zwischen der institutionellen Förderung von Forschungseinrichtungen, der Projektförderung und der Ressortforschung. Der Fokus dieser Studie liegt bei der Projektförderung durch Zuschüsse, welche zusätzlich unterteilt werden kann hinsichtlich der Frage ob die Zuschüsse „direkt“ auf eine spezifische Technologie abzielen oder ob sie das Ziel haben, die Forschungstätigkeit allgemein zu erhöhen, Netzwerke und Cluster zu fördern oder auf sonstige Art und Weise die Forschungsinfrastruktur zu stärken (Eickelpasch, 2013, S. 7). Die steuerliche FuE-Förderung spielt in Deutschland im Vergleich zur

1 Die Forschungspolitik ist deutlich umfassender als Innovationspolitik, die einen Bestandteil von Forschungspolitik darstellt. Erstere umfasst zusätzlich die Wissenschaftspolitik, die die Grundlagenforschung und die Ausbildung wissenschaftlichen Nachwuchses sichert, während letztere sich vor allem die Funktion hat Forschung und Entwicklung für neue Technologien, Produkte und Verfahren zu fördern. Im Rahmen dieser Studie werden der Begriff der Forschungs- und Innovationsförderung mit Blick auf letztere Funktion verwendet.

Projektförderung kaum eine Rolle.² Ein Überblick zu Instrumenten der Innovationsförderung in Deutschland zeigt deutliche Unterschiede in der Ausgestaltung innovationspolitischer Instrumente. Zentrale Unterscheidungsmerkmale sind der Verwendungszweck der Programme, der Kreis der Antragsberechtigten und die Art der Finanzierung.

Technologiefokus – ja/nein. Bei der Betrachtung der Verwendungszwecke innovationspolitischer Programme in Deutschland lohnt die Unterscheidung zwischen Bundes- und Länderebene. In nur zwei Bundesländern – Bayern und Baden-Württemberg – sind mehr als die Hälfte der Programme zur Innovationsförderung technologiespezifisch konzipiert (siehe Tabelle 4 im Anhang). Im Vergleich mit den Bundesländern (in 23 Prozent aller Programme), ist der Anteil der technologiespezifischen Förderung auf EU- und Bundesebene wesentlich höher (78 Prozent im Bund und 71 Prozent bei EU-Programmen) (Eickelpasch, 2013, S.12). Die Förderung spezifischer Technologien/ Technologiefelder durch Zuschüsse findet also vor allem auf bundespolitischer und EU-Ebene statt, während die innovationspolitischen Programme auf Länderebene sehr viel stärker den Ansatz wählen, die Innovationstätigkeit von Unternehmen an sich zu stärken – ohne damit spezifische Politik- und Technologieziele zu verbinden.

Die Förderung von Innovationen im Bereich Material- und Ressourceneffizienztechnologie ist Gegenstand von vier von 92 Programmen auf Bundesebene. An der Spitze der Technologiebereiche stehen Erneuerbare Energien (18), Biotechnologien (13) sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (9) (Eickelpasch, 2013, S.13).

Zugang zur Förderung/ Förderung von KMU. Ein Schwerpunkt der Innovationspolitik ist es, klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) Anreize zu geben, in FuE zu investieren und Kapazitäten in diesem Bereich zu stärken. Auf Bundesebene sind KMUs in allen Innovationsförderprogrammen antragsberechtigt und auf Länderebene in zwei Dritteln aller Programme (Eickelpasch, 2013, S.14). Darüber hinaus existieren Sonderprogramme, die sich nur an KMU richten. Zentral sind dabei zwei Programme der Bundesregierung: das *Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand* (z.B. durch technologieoffene Förderung von Forschungsk Kooperationen zwischen KMU und anderen KMU, Universitäten oder Forschungsinstituten) des BMWi und das *KMU-innovativ* des BMBF. *KMU-innovativ* begrenzt die Förderung von einzelnen FuE-Projekten sowie von Kooperationen auf acht Technologiefelder, die sich aus der Hightech-Strategie der Bundesregierung ableiten: Biotechnologie, Medizintechnik, Informations- und Kommunikationstechnologien, Nanotechnologie, Photonik, Produktionstechnologie, Technologien für Ressourcen- und Energieeffizienz sowie Forschung für die zivile Sicherheit. Über die spezifische Adressierung von KMU hinaus zeigen Untersuchungen, dass die direkte Projektförderung über Kooperationen auch solche Unternehmen beteiligt, die andernfalls nicht als „forschungsintensiv“ eingestuft werden (Vgl. Rammer, 2011, S.46f.).

Art der FuE-Finanzierung. Die Förderung durch Zuschüsse stellt den „Normalfall“ in der Innovationsförderung auf der Bundesebene dar: 88 von 92 Programmen vergeben Mittel, die nach Ablauf der Förderdauer nicht zurückgezahlt werden müssen. Die übrigen Programme vergeben Kredite

² Die steuerliche Förderung von FuE wurde im Rahmen der PolRes-Kurzanalyse 14 „Kurzanalyse 14: Steuerliche Förderung von Innovationen – Analyse der Potenziale zur Förderung von Ressourceneffizienzinnovationen“ diskutiert.

zu besonders günstigen Konditionen oder nutzen Mischformen der Finanzierung. Auf Länderebene ist der Anteil von Krediten, Garantien und Mischformen etwas höher und die Finanzierung von FuE durch Zuschüsse erfolgt in „nur“ 108 von 150 Programmen (Eickelpasch, 2013, S.15).

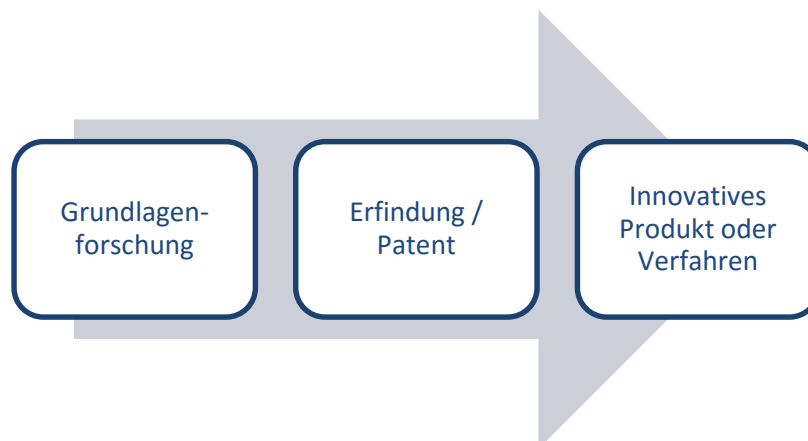
3. Wirkungsketten und Kriterien für die Bewertung von Instrumenten zur Innovationsförderung

3.1. Wirkungsketten in der Innovationsförderung

Die Förderung von Innovationen erfolgt durch unterschiedliche Politikinstrumente. Diese umfassen Standards, finanzielle und fiskalische Instrumente (Projekt- oder steuerliche Förderung von FuE-Tätigkeit, Bürgschaften, etc.), die Bereitstellung von Infrastrukturen (Informations- und Transferplattformen, Förderung von Clustern, etc.) oder von Eigentumsrechten (Patente). Stärker als die Wissenschaftspolitik zielt Innovations- und Technologiepolitik darauf ab, auf Technologien und deren Ausprägungen in Produkten und Dienstleistungen einzuwirken – im Fall der Ressourcenpolitik: die Effizienz der Ressourcennutzung zu erhöhen, bzw. durch Substitution von Ressourceninputs deren Verbrauch zu reduzieren.

Auf einem sehr grundlegenden Verständnis der Entstehung von Innovationen basiert die Begründung öffentlich finanzierter Grundlagenforschung. Am Anfang des Forschungsprozesses steht dabei die Grundlagenforschung, welche zu etwas *Neuem* in Form von (physischen) Erfindungen oder verbesserten Prozessen und Verfahren führt. Dieses prozessorientierte Verständnis wird häufig als „technology push“ Modell bezeichnet und basiert auf (öffentlichen und privaten) Aufwendungen für FuE auf der Inputseite und Innovationen (und Patenten) auf der Outputseite.

Abbildung 1: Grundlegendes, angebotsseitiges Innovationsmodell („technology push“)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Mai, 2014, S.235)

Die wissenschaftliche Literatur zur Techniksoziologie erweitert das sehr grundlegende „technology push“ Modell und differenziert dadurch die Ansatzpunkte, Aufgaben und Instrumente von Innovationspolitik. Kernbestandteile dieses weiter gefassten Verständnis des Innovationsprozesses sind „unmittelbar innovationsrelevante“ Faktoren wie die „Verfügbarkeit von Ergebnissen aus der Wissenschaft, der rasche Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis, qualifizierte und gründungsaffine Wissenschaftler und Ingenieure sowie risikobereite Investoren“. In den letzten

Jahrzehnten hat sich eine solche, stärker systemisch orientierte Perspektive auf den Innovationsprozess etabliert, die sich von dem linearen „technology push“ Modell verabschiedet, den beteiligten Akteuren und dem Markt eine viel größere Rolle beimisst bei der Entscheidung, welche Technologien sich tatsächlich entwickeln und verbreiten. Im sogenannten „market pull“ Modell wird der Innovationsprozess verstanden als Ergebnis von unterschiedlichen Rückkopplungsmechanismen zwischen FuE, Marketing und Design von Produkten und Prozessen.

Für Innovationspolitik ergibt sich daraus die Aufgabe, die Kapazitäten des gesamten Innovationssystems zu fördern und zu vernetzen (Mai, 2014, S.236). Folglich sind an diesem Unterfangen verschiedene Akteure beteiligt - angefangen bei den fünf großen Wissenschaftsorganisationen³ und deren Forschungseinrichtungen, hin zu Universitäten, Fachhochschulen und Wissenschaftsakademien oder der privaten Wirtschaft. Um deren spezifische Kapazitäten zu stärken, setzen innovationspolitische Instrumente an unterschiedlichen Stellen des Innovationssystems an. Innovationspolitik sollte folglich die Marktakteure (v.a. Unternehmen) stärker mit einbeziehen und die Frage thematisieren, welche Potentiale bestimmte Innovationen besitzen, sich im Wettbewerb mit anderen Technologien im Markt durchzusetzen. (Licht, Rammer, & O'Sellenthin, 2009, S.10).

Ebenso sollte die Wahl des innovationspolitischen Instrumentariums an die jeweilige Branche angepasst werden. Sehr forschungsintensive Branchen (z.B. Pharmaindustrie) werden eher dem „technology push“ Modell entsprechen und Innovationspolitik für diese Branchen eher die private FuE-Tätigkeit der Unternehmen angebotsseitig unterstützen. In anderen Bereichen, die stärker dem „market pull“ Modell entsprechen (z.B. Konsumgüter), kann öffentliche Innovationspolitik durch nachfrageseitig innovationspolitische Instrumente und direkte Zuschüsse zur Entwicklung spezifischer Technologien beitragen (Vgl. Licht et al., 2009). Insbesondere im Bereich der Förderung von Umweltinnovationen haben nachfrageseitige Instrumente der Innovationspolitik in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen (z.B. Edler & Georghiou, 2007; Edquist, Vonortas, Zabala-Iturriagagoitia, & Edler, 2015).

3.2. Bewertung von Instrumenten der Innovationsförderung

Die Ausgestaltung des Instrumentariums der Forschungs- und Innovationspolitik hat also einen großen Einfluss darauf, welche Wirkungen durch öffentliche Ausgaben erzielt werden. Eine Bewertung der Wirksamkeit von Politikinstrumenten umfasst dabei deren Beiträge zu verschiedenen Politikzielen. Im Bereich der Ressourceneffizienz sollen Zuschüsse die Entwicklung neuer Technologien beschleunigen, die zu neuen effizienteren Produkten oder innerbetrieblichen Effizienzgewinnen in Produktionsprozessen führen, Kosten senken und damit die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens stärken. Diese Aspekte sind Ziele sowohl in einer technologieoffenen als auch einer technologieorientierten Innovationsförderung. Letztere fokussierte die Mittelverwendung auf bestimmte Technologiefelder oder Anwendungsgebiete. Im Fall der Ressourcenpolitik zielt die Innovationsförderung folglich über die ökonomischen Ziele hinaus auf ökologische Verbesserungen ab – Einsparungen, bzw. Effizienzverbesserungen beim Material- und Energieeinsatz.

³ Gemeint sind die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Max-Planck-Gesellschaft, die Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren, die Fraunhofer-Gesellschaft sowie die Leibniz-Gemeinschaft.

Eine Bewertung innovationspolitischer Instrumente kann an deren Wirkungen auf die Innovationstätigkeit von Unternehmen und deren ökonomischen und ökologischen Wirkungen ansetzen. Bei der Modellierung solcher Wirkungen technologischer Innovationen ist zu beachten:

- 1) dass die Auswirkungen von Innovationen für mehr Ressourceneffizienz sich weit in der Gesellschaft, über Ländergrenzen und über die Zeit hinweg verteilen, was deren ‚Messbarkeit‘ erschwert (Dekkers, 2014, S.55);
- 2) dass Innovationen Effekte haben, die zum Entstehen gänzlich neuer Wirtschaftszweige, Lebensweisen usw. oder dem Untergang bestimmter Industrien und Technologien, der Überflüssigkeit bestimmter Infrastrukturen führen können. Da solche Veränderungsprozesse notwendigerweise komplex sind und durch die Koevolution von unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen determiniert werden, können deren Effekte – auf Ressourcenverbrauch, Wohlstand oder Beschäftigung – unmöglich vollständig ex ante modelliert werden (vgl. Dekkers, 2014; Foxon, 2011).

Einige signifikante Aspekte für eine umfassende Bewertung können also nicht oder erst nach längerer Zeit in eine Evaluation von Instrumenten der Innovationsförderung einbezogen werden. Die Modellierung von Wirkungen von Innovationspolitik und die Gegenüberstellung von öffentlichen Investitionen mit deren Auswirkungen sind stets mit Unsicherheiten und Annahmen verbunden.

Kriterien für die Bewertung von innovationspolitischen Instrumenten ergeben sich aus mehreren Legitimationsquellen: *ökonomischen und innovationspolitischen sowie ökologischen Politikzielen*. Die Legitimität öffentlicher Förderung von FuE in privaten Unternehmen ergibt sich dabei aus dem ökonomischen Mehrwert in Form von Umsatzwachstum, finanziellen Einsparungen, Wettbewerbsfähigkeit oder dem Zuwachs an Beschäftigung in der geförderten Branche. Innovationspolitik durch Zuschüsse zielt auf die Förderung und Verbesserung spezifischer Technologien ab, die einen ökologischen Mehrwert mit sich bringen (Verbesserungen beim Ressourceneinsatz in den jeweiligen Verwendungen). Beide Gruppen von Zielen besitzen Synergien (Materialeinsparungen führen zu ökonomischen Einsparungen), stehen aber auch in einem gewissen Spannungsverhältnis zueinander, da durch ein Politikinstrument mehrere Ziele zeitgleich verfolgt werden.

Im Rahmen der PolRes-Kurzanalyse zur steuerlichen Innovationsförderung wurden bereits einige allgemeine Bewertungskriterien identifiziert, die sich insbesondere auf den Beitrag zur Bildung von Innovations-Netzwerken beziehen und die Innovationstätigkeit von Unternehmen insgesamt bezieht:

- der Zugang von KMU zu Fördermitteln (Wie bedeutsam sind die Zugangshürden um bestehende Angebote nutzen zu können?)
- die Hebelwirkung der Förderung (Motiviert die öffentliche Förderung von FuE durch Zuschüsse höhere private FuE-Ausgaben („crowding in“), führen diese zum Einsparen privater Ausgaben („crowding out“) oder werden Förderangebote ‚mitgenommen‘ als zusätzlich verfügbare Mittel („additional“) (Vgl. Frontier Economics, 2014)
- Anreize zur Bildung von Clustern und Netzwerken (Tragen die Zuschüsse zur Stärkung von bestehende Cluster-Ansätzen in der Region / in einem Technologiefeld, etc. bei um die FuE-Kapazitäten der Akteure über den konkreten Förderkontext hinaus zu stärken?)
- Zielgerichtetheit der Förderung (Trägt das Instrument zur Weiterentwicklung eines als strategisch bedeutsam identifizierten Technologiebereichs bei?)

Die Liste möglicher Bewertungskriterien für FuE-Förderung durch Zuschüsse im Bereich der Ressourceneffizienz lässt sich in drei Kategorien zusammenfassen, wobei die Übergänge – insbesondere zwischen innovationspolitischen und ökonomischen Aspekten fließend sind. Je nach Betrachtungsgegenstand können die Kriterien sicher spezifiziert und erweitert werden.

Tabelle 1: Überblick zu Bewertungskriterien innovationspolitischer Instrumenten

Bereich	Mögliche Indikatoren
Ökonomische und innovationspolitische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Verhältnis öffentlicher Zuschüsse zu privaten Investitionen / Hebelwirkung für private Investitionen • Investitionskosten und Einsparungen • Bruttowertschöpfung • Beschäftigungswirkungen • Beteiligung von KMU • Zielgerichtetheit der Förderung • Patent-Anmeldungen
Ökologische Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Kumulierter Materialaufwand • Primärenergiebedarf • Treibhausgasemissionen

Quelle: Eigene Darstellung

Ziel der Forschungs- und Innovationsförderung durch Zuschüsse in der Ressourcenpolitik ist also, die Erreichung dieser Ziele miteinander zu verbinden. Die Ausgestaltung des Instruments zielt nicht allein darauf ab, ökonomische Wirkungen zu maximieren ohne zu ökologischen Verbesserungen zu führen genauso wenig, wie es auf ökologische Verbesserungen abzielt, die nicht mit ökonomischen Verlusten verbunden wären (und folglich nicht von Unternehmen umgesetzt würden). Ziel der Zuschussförderung ist es, beide Zielbereiche gemeinsam zu maximieren und die begrenzten öffentlichen Mittel möglichst effizient einzusetzen.

4. Auswertung der Zuschussförderung von Verbundprojekten am Beispiel der r^2 -Evaluation

4.1. Überblick zur Fördermaßnahme r^2

Die Fördermaßnahme r^2 „Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – rohstoffintensive Produktionsprozesse“ umfasste 21 einzelne Verbundvorhaben zu unterschiedlichen Bereichen der Ressourceneffizienz, sowie ein Integrations- und Transferprojekt. Letzteres sollte durch Bildung von Netzwerken zwischen den beteiligten Akteuren zum Informationsaustausch beitragen und so Synergien zwischen den Verbundvorhaben schaffen. Ein Überblick der einzelnen Verbundvorhaben findet sich in Abschnitt 7.1 im Anhang.

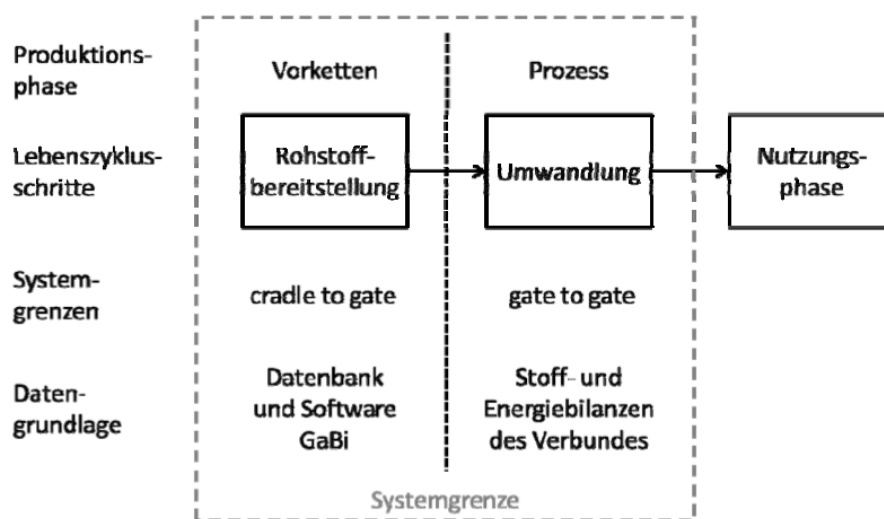
4.2. Modellierung der Ressourceneffizienzpotenziale

Die Modellierung der potenziellen ökonomischen und ökologischen Wirkungen der einzelnen Verbundprojekte und des Gesamtvorhabens basiert auf unterschiedlichen Modellen. Sie baut auf einem Set an zentralen Indikatoren auf, welche die ökonomischen und ökologischen Aspekte verknüpfen. Dabei wurden zunächst die Ressourceneffizienzpotenziale der einzelnen Verbundvorhaben modelliert (1), bevor deren potentielle gesamtwirtschaftlichen Wirkungen in einem gesamtwirtschaftlichen Modell zusammengeführt und modelliert wurden (2).

(1) Die Erfassung der ökologischen Auswirkungen der Ressourceneffizienzpotenziale in den einzelnen Verbundvorhaben betrachten die Stoff- und Energiestrombilanzen entlang der einzelnen Wertschöpfungsketten mithilfe der Methode der Ökobilanzierung anhand der drei Indikatoren des kumulierten Materialaufwands, des Primärenergiebedarfs und der Summe der klimarelevanten Treibhausgasemissionen. Für die Erstellung der Ökobilanzen wurde die Ökobilanzierungssoftware GaBi verwendet (Vgl. Albrecht, Brandstetter, Fröhling, & Trippe, 2013, S.4f.).

Die folgende Abbildung zeigt die Systemgrenzen der Betrachtungsweise auf. Die Nutzungs- und Entsorgungs-/Recyclingphase wurde darin ausgespart, da dort keine Veränderungen erwartet werden.

Abbildung 2: Darstellung der Systemgrenzen der Modellierung der ökologischen Wirkungen (auf Basis der Ökobilanzierung)



Quelle: (Albrecht et al., 2013, S.4)

(2) Die ökonomischen Wirkungen der Verbundvorhaben wurden modelliert durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen unter Lebenszyklusaspekten. Die Zusammenführung der Potenziale aller Verbundvorhaben und die Modellierung der potentiellen gesamtwirtschaftlichen Effekte erfolgte durch ein Modell („Integrated Sustainability Assessment System“) welches speziell für das Vorhaben entwickelt wurde und das auf Input-Output Tabellen des Statistischen Bundesamts basiert (Sartorius & Walz, 2013).

Wichtig ist dabei zu betonen, dass die Modellierungsergebnisse Potenziale aufzeigen, wenn die jeweiligen technologischen Innovationen deutschlandweit in allen Anlagen eingesetzt würden. Die

Ergebnisse zeigen hingegen keine tatsächlich schon realisierten ökologischen oder ökonomischen Wirkungen.

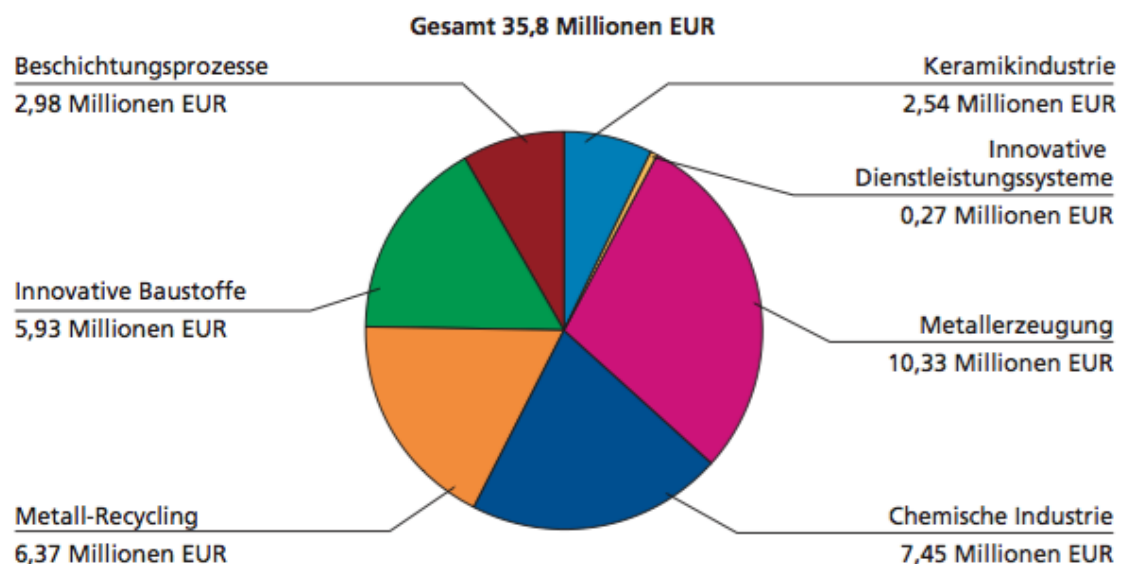
4.3. Indikatoren und Ergebnisse

4.3.1. Ökonomische Indikatoren

Die gesamtwirtschaftlichen Kennzahlen zum Verbundvorhaben sind allgemein sehr positiv. Aus Gründen der Vertraulichkeit veröffentlicht die Evaluation des Gesamtvorhabens keine Daten zu einzelnen Verbundvorhaben. Stattdessen werden die Verbundvorhaben in ihren vier Clustern aggregiert.⁴

Verhältnis öffentlicher Zuschüsse zu privaten Investitionen / Hebelwirkung für private Investitionen. Die öffentlichen Ausgaben des BMBF im Rahmen der r²-Fördermaßnahme belaufen sich auf 35,6 Mio. Euro (siehe Abbildung).

Abbildung 3: r²-Fördersummen je Themencluster (in Mio. Euro)



Quelle: (Ostertag et al., 2012, S.355)

Die Modellierung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen zeigt, dass die Investitionen für eine Umsetzung dieser Investitionen profitabel sind (Sartorius & Walz, 2013, S.3). Basierend auf dieser Profitabilitätskenntnis wurden die ökonomischen und ökologischen Potenziale modelliert, wenn die technologischen Innovationen in Produkten und Verfahren deutschlandweit umgesetzt würden. Diese Werte stellen theoretische Potenziale dar, die erreicht werden können (Vgl. Albrecht et al., 2013, S. 9). Die dafür notwendigen privaten Investitionen in Forschung und Entwicklung und die Ausbreitung der

⁴ Einen Überblick aller Verbundvorhaben und deren Zuordnung zu den vier Clustern ist im Anhang in Abschnitt 7.1 zu finden.

Innovationen werden mit insgesamt 5,9 Mrd. Euro⁵ geschätzt – mehr als die Hälfte davon im Cluster ‚Innovative Baustoffe/ Keramikindustrie‘ (Sartorius & Walz, 2013, S.4). Die Investitionsbedarfe betragen also ein Vielfaches der Ausgaben für die öffentliche FuE-Förderung im Rahmen der Innovationsförderung.

Rentabilität / Return on investment. Die Differenzkosten sind in allen vier aggregierten Clustern negativ – d.h., dass die Technologien zu Einsparungen führen. Die Höhe der Einsparungen bedeutet, dass die Investitionen in die Umsetzung dieser Technologien rentabel sind.⁶ Allein auf Verbundebene werden die jährliche potenziellen Einsparungen (Differenzkosten) auf 47 Mio. Euro geschätzt – bei deutschlandweiter Ausbreitung liegen die Schätzungen um ein Vielfaches höher (siehe Tabelle 2).

Die höchste Rentabilität haben bei deutschlandweiter Verbreitung die Investitionen im Cluster Keramikindustrie/ Innovative Baustoffe, während sie im Cluster Chemieindustrie/ Beschichtungsprozesse relativ gering ausfallen. Die Erklärung dafür ist darin zu sehen, dass das letztere Cluster allgemein relativ forschungsintensiv ist und die ‚low hanging fruits‘ in diesem Bereich bereits geerntet wurden. Das Cluster Keramikindustrie/ innovative Baustoffe hingegen ist im Vergleich weniger forschungsintensiv und die Grenzerträge der Investitionen höher.

Veränderungen in der volkswirtschaftlichen Produktion: Inlandsproduktion, Bruttowertschöpfung, Importe. Zunächst führen die Effizienzverbesserungen zu Einsparungen beim Ressourcenverbrauch und Importen von Inputs. Die dadurch ‚eingesparte‘ Nachfrage führt ceteris paribus zu einer Erhöhung der allgemeinen Nachfrage über allen Branchen hinweg. In Bezug auf die Inlandsproduktion zeigt sich ein gemischtes Bild: in dem Cluster Metallerzeugung und dem Cluster Chemische Industrie/ Beschichtungsprozesse sinken die Inlandsproduktion und Import-Vorleistungen leicht – da die eingesparten Ressourcen stärker ins Gewicht fallen als die zusätzliche allgemeine Nachfrage. In den anderen beiden Clustern Metallrecycling und Keramikindustrie/ Innovative Baustoffe steigen die Inlandsproduktion und die Import-Vorleistungen hingegen durch die Nachfrageerhöhung stärker an. Die Bruttowertschöpfung steigt in allen Clustern mit Ausnahme des Clusters Chemische Industrie/ Beschichtungsprozesse an (Vgl. Sartorius & Walz, 2013, S.4).

⁵ Siehe Zeile „(Private) Investitionskosten“ in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

⁶ Die zugrundeliegenden Annahmen sind eine Abschreibungszeit von 15 Jahren und ein Zinssatz von 6% p.a.

Tabelle 2: Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der deutschlandweiten Umsetzung der in der r²-Fördermaßnahme (weiter-) entwickelten Verfahren, nach Clustern

	Metall- recycling	Metall- erzeugung	Keramikindustrie/ innovative Baustoffe	Chemische Industrie/ Beschichtungs- prozesse	Summe
Öffentliche Zuschüsse im Rahmen von r ²	6,37	10,33	8,47	10,43	35,6
(Private) Investitions- kosten (gesamt) (Mio. €)	430,3	1545,8	3512,8	390,2	5879
Differenzkosten, jährlich (Mio. €)	-160,9	-354,5	-2761,8	-71,9	-3349
Inlandsproduktion, Veränderung (Mio. €)	174,1	-64,3	993,7	-59,0	1044
Bruttowertschöpfung, Veränderung (Mio. €)	103,0	98,3	539,1	-10,9	730
Import-Vorleistungen Veränderung (Mio. €)	4,3	-13,6	242,5	-11,0	222
Importe, gesamt, Veränderung (Mio. €)	-96,0	42,3	508,4	8,3	463
Erwerbstätige, Veränderung netto	2123	3032	23513	494	29163
Erwerbstätige, Veränderungen total	3103	7215	59421	1566	71305

Quelle: (Sartorius & Walz, 2013, S.4)

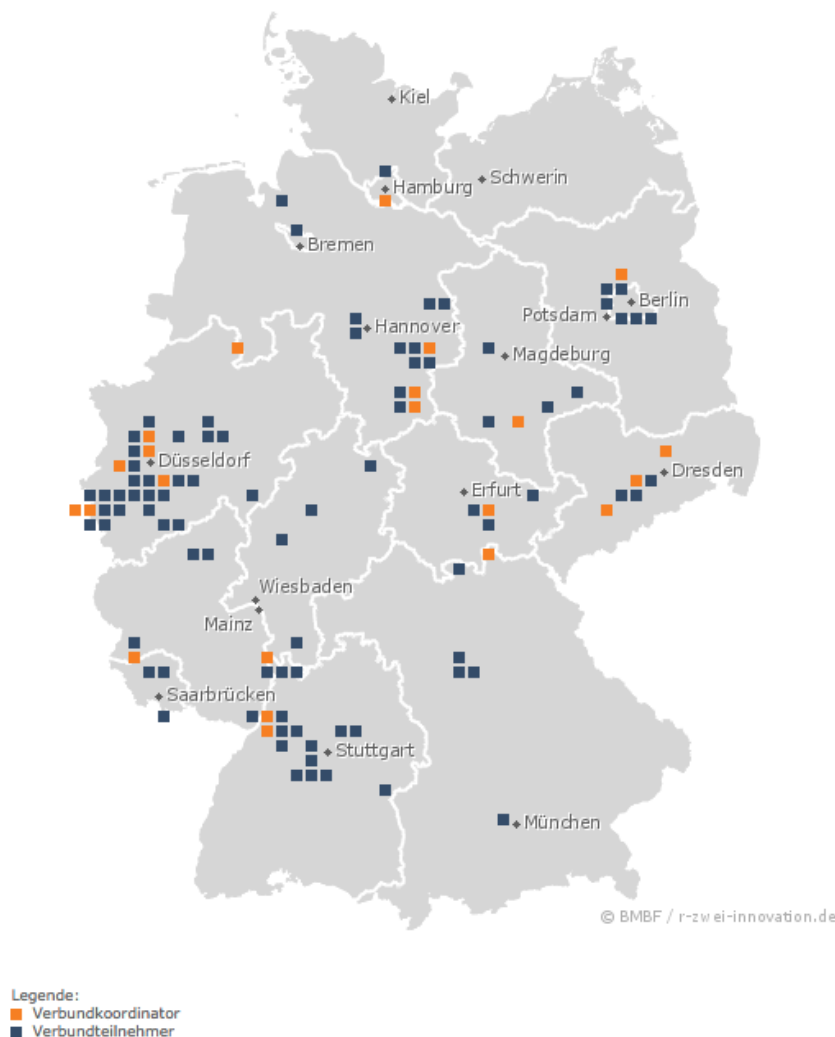
Beschäftigungswirkungen. Die Evaluation zeigt insgesamt eine Netto-Zunahme der Beschäftigung in allen Clustern von ca. 29.000 Arbeitsplätzen. Der höchste Einzeleffekt wird wiederum im Cluster Keramikindustrie/ Innovative Baustoffe erwartet. Eine genauere Analyse betroffener Wirtschaftszweige zeigt, dass eine einige Wirtschaftszweige auch negativ betroffen sein werden und für Arbeitnehmer in diesen Bereichen folglich Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen nötig sein werden. Über die mit der Umstrukturierung verbundenen neuen Anforderungen an die Qualifikation der Arbeitnehmer kann auf Basis der verfügbaren Daten keine Aussage getroffen werden. Eine detailliertere Übersicht zu den Beschäftigungswirkungen zeigt Abbildung 6 in Abschnitt 7.3.

Patentanmeldungen. Berichte zu den einzelnen Vorhaben verweisen auf Patentanmeldungen für die Innovationen, die mithilfe der Zuschüsse entwickelt wurden. Die Auswertung der Fördermaßnahme beinhaltet aber keine systematische Auswertung von Patentanmeldungen in den einzelnen Verbundvorhaben.

Zugang/ Beteiligung von KMU. Die Unternehmenspartner in den einzelnen Verbundvorhaben der r²-Fördermaßnahme waren zum überwältigenden Teil KMU. Eines der Cluster („Steigerung der Ressourceneffizienz durch innovative Dienstleistungssysteme“) widmete sich explizit der Frage, wie KMU besser an FuE-Aktivitäten im Bereich der Ressourceneffizienz beteiligt und wie Hemmnisse für KMU abgebaut werden können. Zentrale Bestandteile des Vorhabens waren die Bereitstellung einer auf KMU zugeschnittenen Wissensbasis, eines Forums zum Austausch von Ideen und Erfahrungen und verschiedener Tools zur Bewertung ressourceneffizienzrelevanter Dimensionen (z.B. Materialbewertung, Carbon footprinting, returns on investment für verschiedene Technologien, etc.) (Woidasky, Ostertag, & Stier, 2013, S.344).

Räumliche Verteilung. Die Verteilung der Verbundteilnehmer und Koordinatoren der verschiedenen r²-Verbundprojekte zeigt eine breite Streuung über Deutschland hinweg – mit Schwerpunkten in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen. Durch die räumliche Verbreitung der (öffentlichen wie privaten) Forschungsinvestitionen ist zu erwarten, dass die Mittel zur Stärkung verschiedener regionaler Cluster beitragen.

Abbildung 4: Räumliche Verteilung von Verbundteilnehmern (blau) und Verbundkoordinatoren (orange)



Quelle: r²-Website.

Zielgerichtetheit. Die einzelnen Verbundvorhaben unterscheiden sich deutlich bezüglich der Frage, wie spezifisch die darin (weiter-)entwickelten Technologien sind. Während beispielsweise die Niedrig-Temperatur-Sinterung von Geschirr- und technischem Porzellan auf ultraleichten, hochporösen Brennpfatten einen sehr engen und spezifischen Anwendungskontext besitzt, besitzen andere Technologien – wie beispielsweise der ‚nachhaltige Zement‘ Celitement – einen breiten potentiellen Anwendungskontext. Unterstützt wurden die technologieorientierten Verbundvorhaben mit einem Modul zur Integration von Erkenntnissen und Austausch von Erfahrungen zwischen den einzelnen Vorhaben.

Darüber hinaus wurde der Ansatz der Innovationsförderung durch Zuschüsse im r²-Vorhaben in einem Kontext unterschiedlicher Fördermaßnahmen der Bundesregierung integriert (siehe folgende Tabelle). Diese Maßnahmen decken die gesamte Wertschöpfungskette von Technologieentwicklung über Demonstrationsvorhaben bis hin zu marktreifen Technologien ab und verstärken sich so gegenseitig. So wurde deren Impact und die Zielgerichtetheit der Gesamtheit der Fördermaßnahmen erhöht.

Tabelle 3: Ausgewählte rohstoffbezogene Fördermaßnahmen der Bundesregierung

Stufe im Förderzyklus	BMBF	BMU	BMWI
Technologieentwicklung, F&E	r ² und r ³ , CLIENT KMU-innovativ, MatRessource u. a.		Masterplan Maritime Technologien (marine Rohstoffe)
Demonstrationsphase		Umweltinnovations- programm	
Markteinführung und Umsetzung		Netzwerk Ressourceneffi- zienz VDI Zentrum Ressourceneffizienz	demea Innovationsgut- scheine – Modul Rohstoff- und Materialeffizienz
Strategische Aktivitäten	Interministerieller Ausschuss Rohstoffe		
	F&E-Programm für neue Rohstofftechnologien, HIF	ProgRes	BGR/DERA Rohstoffpartnerschaften

Quelle: (BMBF, 2012, S.27)

4.4. Ökologische Indikatoren

Die ökologischen Auswirkungen wurden sowohl für die Verbundebene (Umsetzung in *einer* großtechnischen Anlage mit typischer Kapazität) als auch für die deutschlandweite Verbreitung der Technologie in allen Anlagen berechnet. Dabei wurden für die jeweiligen Verbundprojekte der *kumulierte Materialaufwand*, der *Primärenergiebedarf* und die *Treibhausgasemissionen* ermittelt. Die auf Clusterebene aggregierten Ergebnisse sind einzeln in Abschnitt 7.4 dargestellt.

Die folgende Abbildung zeigt, dass die ökologischen Einsparpotentiale und deren Verteilung zwischen den Clustern stark davon abhängen, ob jeweilige Innovationen (Produkte oder Verfahren) in einer einzelnen großtechnischen Anlage Anwendung finden (Verbundebene) oder deutschlandweit⁷ in allen vergleichbaren Anlagen (Albrecht et al., 2013). Die folgenden Abbildungen benennen zunächst für die Verbundebene die jeweils erreichbaren ökologischen Ressourceneffizienzpotenziale (als Prozent Einsparungen im Vergleich zum aktuellen Stand der Technik) als auch die damit verbundenen jährlichen ökonomischen Einsparungen und zeigen deren anteilige Verteilung zwischen den vier Clustern (auf Verbundebene). So liegt das Potenzial für die Senkung des Primärenergiebedarfs durch alle Verbundvorhaben bei Umsetzung auf der Verbundebene bei insgesamt 5 Prozent. Dieses Potenzial zur Senkung des Primärenergiebedarfs verteilt sich auf Verbundebene: über die Hälfte des Potenzials

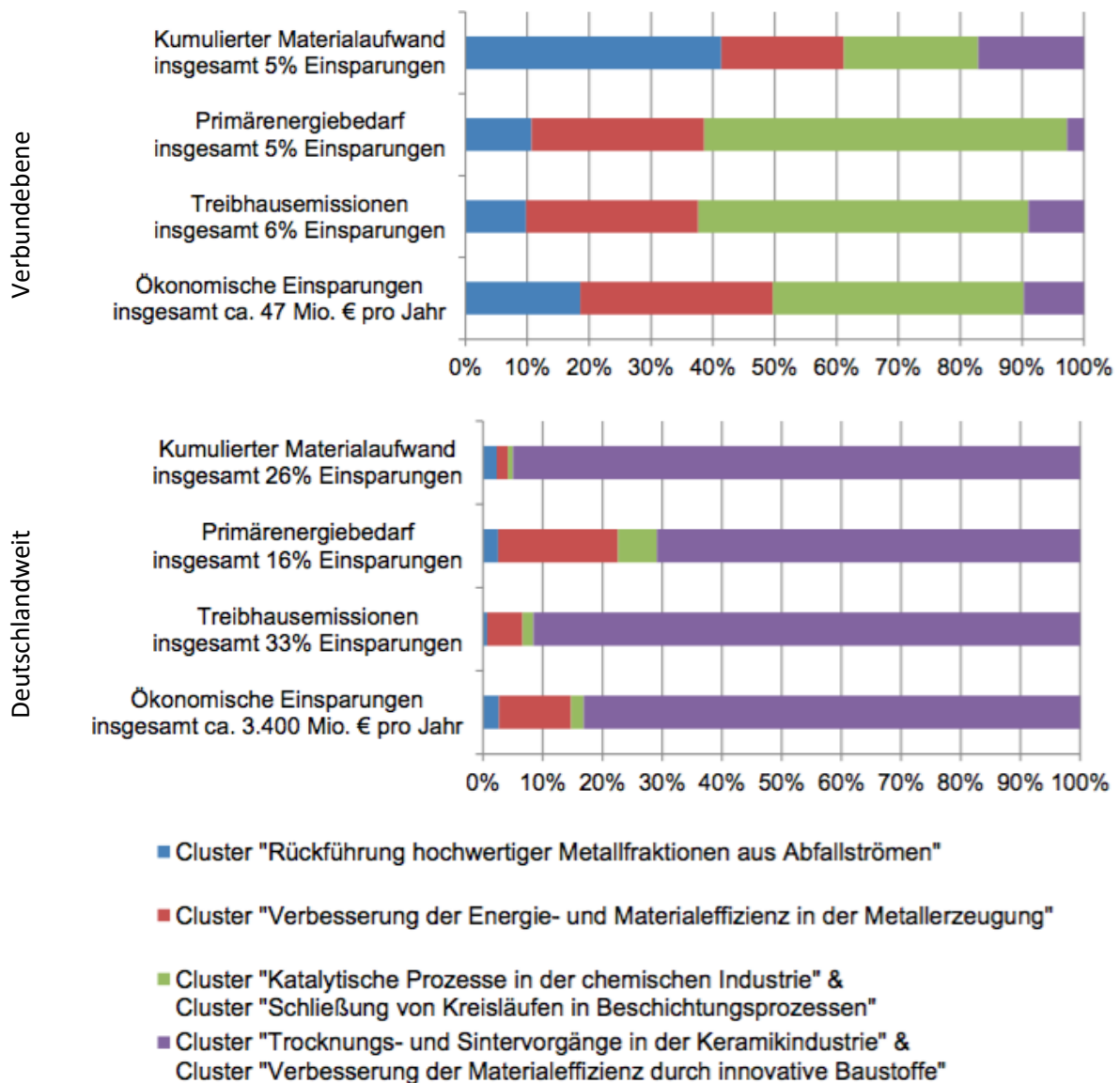
⁷ „Verbundebene“ wird im Rahmen des Forschungsvorhabens wie folgt definiert: „Die Verbundebene entspricht dabei der Umsetzung der entwickelten Technologie in einer großtechnischen Anlage mit einer für den jeweiligen Verbund bzw. die jeweilige Branche typischen Kapazität.“

„Deutschlandweite Verbreitung“ wird wie folgt definiert: „Für eine deutschlandweite Verbreitung wird angenommen, dass die entwickelte Technologie für die insgesamt in Deutschland vorhandene Produktionskapazität des jeweils betrachteten Produkts eingesetzt wird. Die Betrachtung dieser deutschlandweiten Verbreitung liefert einen theoretischen Maximalwert für das Einsparpotenzial, das mit einer bestimmten Technologie zu erreichen wäre. Die erzielten Werte stellen daher lediglich eine obere Schranke für die Abschätzung der Einsparpotenziale dar.“

entfällt auf das Cluster der chemischen Industrie/ Beschichtungsprozesse; circa 10 Prozent auf das Metall-Recycling, über ein Viertel auf das Cluster Metallerzeugung und weniger als 5 Prozent auf das Cluster innovative Baustoffe/ Keramikindustrie.

Aufgrund der unterschiedlichen Gesamtzahl großtechnischer Anlagen in den einzelnen Clustern, lohnt die Betrachtung der Potenziale bei deutschlandweiter Verbreitung der Innovationen – insbesondere wenn man die chemische Industrie mit relativ wenig großtechnischen Anlagen zur Bauwirtschaft mit vielen Anlagen deutschlandweit vergleicht. Die zweite Hälfte der Abbildung illustriert das enorme ökologische und ökonomische Potenzial des Clusters Keramikindustrie/ innovative Baustoffe – sowohl für den kumulierten Materialaufwand, den Primärenergiebedarf als auch die Treibhausgasemissionen, dass erst wirklich sichtbar wird bei Betrachtung der deutschlandweiten Verbreitung.

Abbildung 5: Potentielle Einsparungen in der gesamten Fördermaßnahme r^2 bei einer Umsetzung der entwickelten Technologien auf Verbund- und deutschlandweiter Ebene



Quelle: (Albrecht et al., 2013, S.14f.)

Kumulierter Materialaufwand. Auf Verbundebene liegt das Einsparpotential bei ca. fünf Prozent gegenüber dem heutigen technischen Stand. Den größten Anteil daran weist das Cluster Metallrecycling auf durch die zukünftige Nutzung bisher ungenutzter Stoffströme. Auf deutschlandweiter Ebene hingegen würden die Materialeinsparpotentiale der innovativen Baustoffe alle andere Effekte dominieren und das theoretisch möglichen Einsparungen beim kumulierten Materialaufwand auf bis zu 26 Prozent erhöhen (Albrecht et al., 2013, S.15).

Primärenergiebedarf & Treibhausgasemissionen. Auf Verbundebene liegen die Einsparpotentiale bei fünf, bzw. sechs Prozent durch die Innovationen im Rahmen von r^2 . Die größten Anteile daran haben die Verbundvorhaben im Cluster Chemische Industrie/ Beschichtungsprozesse aufgrund der hohen Durchsätze auf Anlagenebene. Die Einsparpotentiale auf deutschlandweiter Ebene sind auch für den Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen im Cluster Keramikindustrie/ Innovative Baustoffe am höchsten. Dem entsprechend steigen auch die potentiellen Einsparpotentiale in allen Clustern bei deutschlandweiter Ausbreitung der Innovationen auf 16 Prozent für den Primärenergiebedarf und 33 Prozent bei den Treibhausgasemissionen (Albrecht et al., 2013, S.16). Einer der Gründe dafür ist beispielsweise, dass bei der Produktion des ‚nachhaltigen Zements‘ Celitement nur ca. halb so viele CO₂-Emissionen freigesetzt werden wie bei herkömmlichem Zement⁸.

4.5. Zentrale Erkenntnisse aus r^2

Die Auswertung der r^2 -Fördermaßnahme zeigt einige zentrale Ergebnisse, die der Weiterentwicklung des innovationspolitischen Instrumentariums im Bereich der Ressourceneffizienz dienen können.

Refinanzierung der Investitionen in allen Clustern. Die Ergebnisse der Modellierung zeigen, dass die Differenzkosten in allen Clustern negativ sind und dass die Investitionen für die bundesweite Verbreitung der Ressourceneffizienztechnologien sich in allen Clustern refinanzieren.

Deutliche Unterschiede zwischen den Clustern. Zwischen den Clustern zeigen sich deutliche Unterschiede sowohl im Hinblick auf die notwendigen Investitionen der Verbreitung der Technologien als auch bezüglich deren Erträge in Form von Einsparungen (Differenzkosten), Bruttowertschöpfung, Beschäftigung (siehe Tabelle 2 oben) und der ökologischen Entlastungspotentiale (siehe Abschnitt 7.4). Dabei sticht das Cluster Keramikindustrie/ innovative Baustoffe sehr deutlich als der Bereich hervor, der die höchsten Investitionskosten hat, aber auch den kürzesten Amortisationszeitraum und die höchsten ökologischen Entlastungspotenziale bei deutschlandweiter Ausbreitung der Technologien bietet. Das Ergebnis weist darauf hin, dass die Erträge von FuE-Zuschüsse in diesem eher wenig FuE-intensiven Wirtschaftszweig deutlich höher liegen als in anderen generell recht FuE-intensiven Wirtschaftszweigen (wie z.B. der chemischen Industrie).

Abhängigkeit der Ergebnisse von Annahmen. Die Ergebnisse der ökologischen und ökonomischen Potentiale der r^2 -Verbundmaßnahmen basieren auf Modellierungen und Annahmen. Die erforschten Technologien in den einzelnen Clustern lassen sich zwar extrapolieren innerhalb ihres Clusters – sie lassen jedoch keine verallgemeinernden Schlüsse zu auf andere Technologien in einem Cluster. Ebenso sind die Schätzungen der ökonomischen und ökologischen Potentiale abhängig von der Annahme

⁸ Celitement setzt pro Tonne Zementklinker weniger als 481kg CO₂ frei während dieser Wert bei herkömmlichem Zement bei 907 kg liegt (Woidasky 2013, S.329).

perfekt rationaler Marktakteure, die aufgrund negativer Differenzkosten mögliche Investitionen in die effizienteren Technologien auch tatsächlich (sofort) vornehmen (können).

5. Handlungsempfehlungen: Aufstockung & Fokussierung des Mitteleinsatzes

Das Verbundvorhaben r^2 zeigt enorme Potentiale bei der Förderung von Ressourceneffizienztechnologien durch die öffentlichen Innovationsförderung durch Zuschüsse. Die Evaluation im Rahmen des Vorhabens zeigt einerseits, dass die praktische Verbreitung der Effizienztechnologien eine zentrale Bedeutung bei der Realisierung der ökologischen und ökonomischen Potentiale zukommt. Dieser Fragestellung widmet sich insbesondere die BMBF-Fördermaßnahme r +Impuls – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Impulse für industrielle Ressourceneffizienz“. Darüber hinaus lassen sich zwei zentrale Empfehlungen ableiten für die Ausrichtung zukünftiger Innovationspolitik im Bereich von Ressourceneffizienztechnologien.

Aufstockung der Mittel für Zuschussfinanzierungen. Das Verhältnis der Aufwendungen von öffentlichen Zuschüssen des BMBF und der privaten Investitionen zeigt, dass die Zuschussfinanzierung eine sehr starke Hebelwirkung haben kann. Während die Profitabilität der Investitionen in die deutschlandweite Verbreitung der Innovationen keine Garantie dafür darstellt, dass diese Investitionen erfolgen, so zeigt die Tatsache, dass die ökonomischen Einsparpotenziale bereits auf Verbundebene bei jährlich 47 Mio. Euro liegen. Dies kann zumindest als Hinweis darauf gesehen werden, dass mit den entwickelten technologischen Innovationen enorme ökologische wie ökonomische Einsparpotenziale verbunden sind. Insbesondere im politischen Kontext des Koalitionsvertrags, der Hightech-Strategie oder der Forschungsagenda Green Economy bieten öffentliche Zuschüsse Anreize dazu, dass private Unternehmen (insbesondere aus dem Mittelstand) ihre FuE-Investitionen im Inland erhöhen und langfristig Kosten einsparen und zu ökologischen Entlastungen beitragen.

Fokussierung des Mitteleinsatzes. Die Evaluation des Vorhabens zeigt enorme Unterschiede bei den Potentialen zwischen den einzelnen Clustern. Diese sollten nicht nur als Indikator für die Wirksamkeit der Zuschussförderung gesehen werden. Die Evaluation zeigt einerseits, dass technologiespezifische Zuschüsse zur gezielten Förderung von Technologiebereichen im Rahmen von FuE-Programmen nicht nur positive, sondern unterschiedlich hohe positive Erträge mit sich bringen. Obwohl die Erkenntnisse nicht 1:1 generalisierbar sind, weisen sie doch daraufhin, dass die (ökologischen wie ökonomischen) Erträge zwischen den Clustern sich deutlich unterscheiden. Eine Fokussierung der öffentlichen Zuschussfinanzierung – insbesondere auf den Bereich innovativer Baustoffe – ist hier also anzuraten anstelle einer Förderung nach dem „Gießkannenprinzip“. Die Ergebnisse von r^2 zeigen deutlich, dass eine Verbindung von unterschiedlichen – ökonomischen und ökologischen – Politikzielen durch die Zuschussförderung nicht nur möglich ist, sondern, dass dabei hohe private Investitionen mobilisiert und in Folge dessen (ökonomische wie ökologische) Erträge erzielt werden können.

6. Literatur

- Albrecht, S., Brandstetter, P., Fröhling, M., & Trippe, F. (2013). *Abschätzung der Ressourceneffizienzpotenziale in der Fördermaßnahme r2. r-zwei-innovation.de*. Stuttgart & Karlsruhe: Universität Stuttgart & KIT.
- BMBF. (2012). *Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland: Forschungs- und Entwicklungsprogramm des BMBF für neue Rohstofftechnologien. tu-freiberg.de*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- CDU, CSU & FDP. (2009). *Wachstum, Bildung, Zusammenhalt: Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und FDP* (pp. 1–133). Berlin: CDU, CSU & FDP.
- CDU, CSU, SPD. (2013). *Deutschlands Zukunft gestalten: Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. cdu.de*. CDU.
- Dekkers, M. (2014). Die Stärkung der Innovationskraft als gemeinsame Aufgabe von Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. In M. Mai, *Handbuch Innovationen: Interdisziplinäre Grundlagen und Anwendungsfelder*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Edler, J., & Georghiou, L. (2007). Public procurement and innovation—Resurrecting the demand side. *Research Policy*, 36(7), 949–963.
- Edquist, C., Vonortas, N. S., Zabala-Iturriagoitia, J. M., & Edler, J. (2015). *Public Procurement for Innovation*. Edward Elgar Publishing.
- Eickelpasch, A. (2013). *Innovation Policy in Germany: Strategies and programmes at the federal and the regional level. irpet.it*. Berlin: DIW Berlin, German Institute for Economic Research.
- Foxon, T. (2011). A coevolutionary framework for analysing a transition to a sustainable low carbon economy. *Ecological Economics*, 2258–2267.
- Frontier Economics. (2014). *Rates of return to investment in science and innovation. gov.uk*. London: Department for Business, Innovation and Skills.
- Jänicke, M. (2012). *Megatrend Umweltinnovation*. München: oekom verlag.
- Licht, G., Rammer, C., & O'Sellenthin, M. (2009). *Indikatoren zur Innovationskraft Deutschlands im internationalen Vergleich und aktuelle Entwicklungen der Innovationspolitik. boeckler.de*. Mannheim: Hans Böckler Stiftung.
- Mai, M. (2014). Innovationspolitik - Politik für Innovationen. In M. Mai, *Handbuch Innovationen: Interdisziplinäre Grundlagen und Anwendungsfelder*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Ostertag, K., Brandstetter, P., Albrecht, S., Fröhling, M., Schultmann, F., & Trippe, F. (2012). Ressourceneffizienz potenzieren: Der Beitrag des BMBF-Förderschwerpunkts r2. In K. J. Thomé-Kozmiensky & D. Goldmann, *Recycling und Rohstoffe - Band 5*. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky.
- Rammer, C. (2011). *Bedeutung von Spitzentechnologien, FuE-Intensität und nicht forschungsintensiven Industrien für Innovationen und Innovationsförderung in Deutschland. ftp.zew.de*. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW).
- Sartorius, C., & Walz, R. (2013). *Gesamtwirtschaftliche Wirkungen des potenziellen Produktivitätsanstiegs der Fördermaßnahme r2. r-zwei-innovation.de*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- Woidasky, J., Ostertag, K., & Stier, C. (Eds.). (2013). *Innovative Technologien für Ressourceneffizienz in rohstoffintensiven Produktionsprozessen: Ergebnisse der Fördermaßnahme r2*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

7. Anhang

7.1. Liste der Cluster und Verbundprojekte in der Fördermaßnahme r²

Cluster Metall-Recycling: Rückführung hochwertiger Metallfraktionen aus Abfallströmen

- [Bleimetallurgie: Bessere Ressourcennutzung und Senkung des Primärenergieverbrauchs in der Bleimetallurgie \(033R012\)](#)
- [Entzinkung: Entzinkung von Stahlschrotten \(033R021\)](#)
- [Gewinnung von Reststoffen aus Halden: Gewinnung von Metallen und mineralischen Produkten aus deponierten Reststoffen der ehemaligen Montanindustrie im Mansfelder Gebiet \(033R011\)](#)
- [Shredder-Sand: Rückgewinnung feinkörniger NE-Metallphasen aus Shredder-Sanden \(033R001\)](#)
- [WAVE: Analyse von Sekundärrohstoffen durch mikrowellenunterstützte Laser-Emissionsspektroskopie \(033R010\)](#)
- [Zero-Waste-Metallurgie: Autotherme Metallrückgewinnung aus WEEE-Schrott durch energieoptimierte Zero-Waste-Metallurgie \(033R003\)](#)

Cluster Metallerzeugung: Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Metallerzeugung

- [Bandgießen: Ressourceneffizienz mit dem Bandgießverfahren für die Produktion von HSD-Stählen \(033R007\)](#)
- [Cu-Schlacken: Vermeidung von Metallverlusten in metallurgischen Schlacken am Beispiel der Kupfergewinnung \(033R006\)](#)
- [EMELO: Erhöhung der Energie- und Materialeffizienz der Stahlerzeugung im Lichtbogenofen durch optimiertes Wärmemanagement und kontinuierliche dynamische Prozessführung \(033R022\)](#)
- [LODYNKON: Optimierte Prozessführung zur ressourceneffizienten Stahlerzeugung im Konverterprozess \(033R009\)](#)
- [Phosphor-Anreicherung: Optimierte Ressourceneffizienz in der Konverterstahlerzeugung \(033R004\)](#)
- [REFORM: Ressourceneffiziente Formgebungsverfahren für Titan und hochwarmfeste Legierungen \(033R027\)](#)

Cluster Chemische Industrie/ Beschichtungsprozesse: Katalytische Prozesse in der chemischen Industrie & Schließung von Kreisläufen in Beschichtungsprozessen

- [Chlor-Herstellung: Effizienzsteigerung bei der Chlor-Herstellung \(033R018\)](#)

- [ReAlSeIOx: Ressourceneffiziente Alkan-Selektivoxidation an neuen kristallinen Festkörperphasen \(033R028\)](#)
- [ENSIKOM: Entwicklung, Simulation und prozesssichere Umsetzung zur umweltfreundlicheren und wirtschaftlicheren Beschichtung von komplexen Kunststoffbauteilen \(033R030\)](#)
- [Spül-Weißblech: Neue ressourcenschonende Effizienztechnologie für die Kreislaufschließung von Metallen und Spülwasser in der Weißblechproduktion \(033R002\)](#)

Cluster Keramikindustrie/ Innovative Baustoffe: Trocknungs- und Sintervorgängen in der Keramikindustrie & Verbesserung der Materialeffizienz durch innovative Baustoffe

- [Dry Control: Entwicklung einer ressourceneffizienten Trocknungstechnologie für keramische Produkte \(033R020\)](#)
- [Niedrig-Temperatur-Sinterung: Niedrig-Temperatur-Sinterung von Geschirr- und technischem Porzellan auf ultraleichten, hochporösen Brennplatten \(033R053\)](#)
- [Aufbaukörnung: Steigerung der Ressourceneffizienz im Bauwesen durch die Entwicklung innovativer Technologien für die Herstellung hochwertiger Aufbaukörnungen aus sekundären Rohstoffen auf der Basis von heterogenen Bau- und Abbruchabfällen \(033R015\)](#)
- [Celitement: Entwicklung eines nachhaltigen Zementes \(033R054\)](#)

Cluster Steigerung der Ressourceneffizienz durch innovative Dienstleistungssysteme

- [RESEFI: Netzwerk und internetbasierte Webplattform zur Ressourceneffizienz als Lern- und Anwendungsmittel \(033R013\)](#)

7.2. Schwerpunkttechnologien der deutschen Innovationspolitik

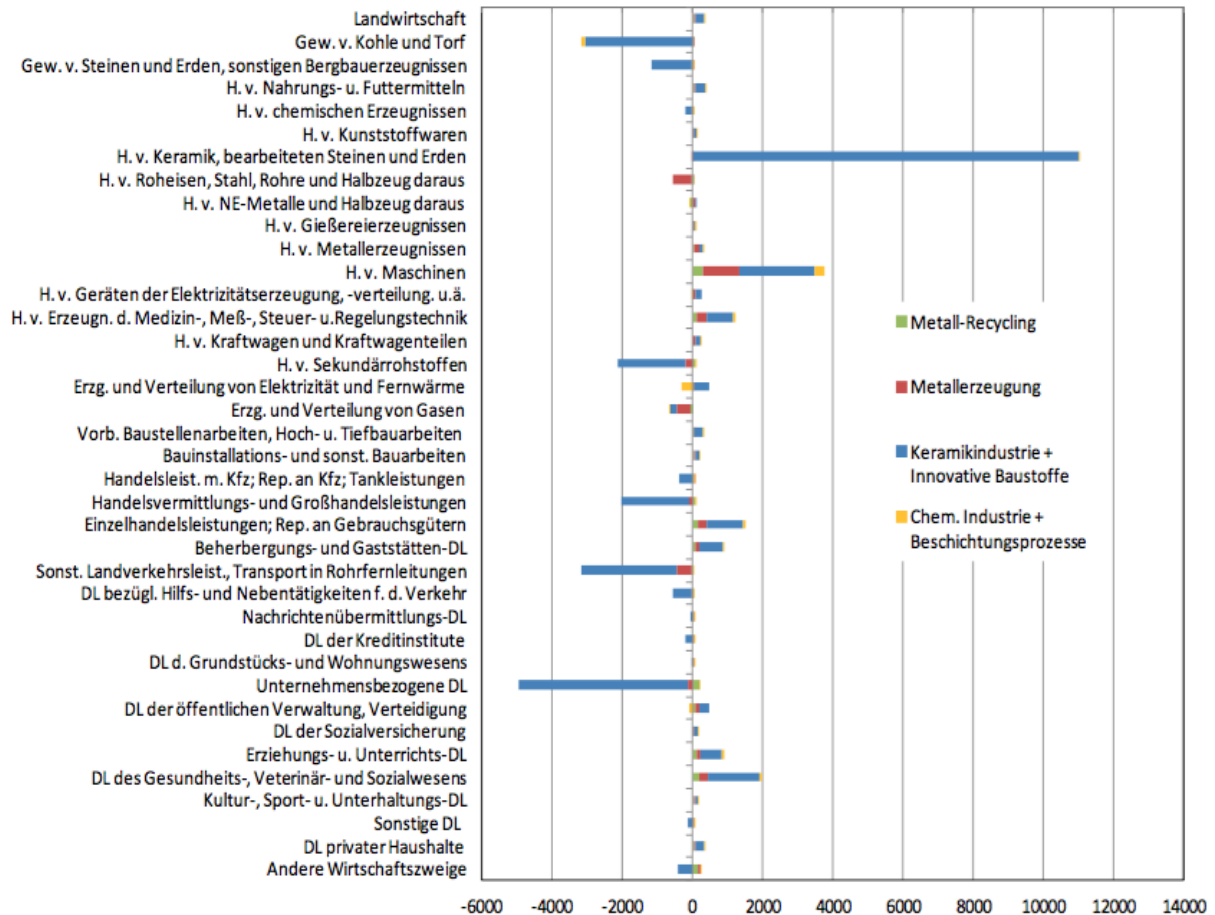
Tabelle 4: Technologiespezifische Förderprogramme in Deutschland, nach Technologiebereichen und Quelle der Förderung

	No. of programmes	Technology orientation		Technology																			
		technology open - NOT	technology specific - TEC	Construction and cities - CIT	Biology BIO	Renewable energy ENE	Geo-science - GEO	Health and Medicine - HEA	Basic research - BAS	Information and communication - ICT	Agriculture - AGR	Aviation - AVI	Micro systems - MIC	Mobility - MOB	Renewable raw materials - RAW	Nano-technologies - NAN	Optical technologies - OPT	Production and Services - SER	Shipping and sea technologies - SHI	Research about security - SEC	Conservation of Nature - NAT	Materials - MAT	Social Sciences - SOC
Länder, total	150	116	35	1	1	16	0	3	0	7	4	1	3	2	0	1	0	1	0	0	6	0	0
Baden-Wuerttemberg	11	6	6	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Bavaria	21	9	12	0	1	4	0	2	0	6	0	0	3	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Berlin	5	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brandenburg	10	9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bremen	9	6	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Hamburg	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hesse	7	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mecklenburg-West-Pomerania	7	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lower Saxony	13	12	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
North Rhine-Westphalia	11	7	4	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rhineland-Palatinate	12	10	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saarland	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saxony	14	13	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saxony-Anhalt	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schleswig-Holstein	6	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Thuringia	7	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Federal government	92	20	73	0	13	18	2	9	1	9	6	4	1	5	3	5	4	6	4	1	4	4	5
European Union	24	10	17	1	2	7	0	5	1	6	1	3	3	3	0	4	1	4	1	2	4	4	2
Total	266	146	125	2	16	41	2	17	2	22	11	8	7	10	3	10	5	11	5	3	14	8	7

Quelle: (Eickelpasch, 2013, S.13)

7.3. Beschäftigungswirkungen der r²-Fördermaßnahme über Wirtschaftszweige hinweg

Abbildung 6: Beschäftigungswirkung der Rohstoffeffizienzsteigerung in den Clustern der r²-Fördermaßnahme nach den meistbetroffenen Wirtschaftszweigen disaggregiert



Quelle: (Sartorius & Walz, 2013, S.6)

7.4. Ökologische Einsparpotenziale der Cluster

Tabelle 5: Einsparpotenziale des Clusters „Rückführung hochwertiger Metallfraktionen aus Abfallströmen“

Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, relativ		11,1%
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, auf Verbundebene	10 ³ t/a	424
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, deutschlandweit	10 ³ t/a	1.920
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, relativ		9,1%
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, auf Verbundebene	GWh/a	301
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, deutschlandweit	GWh/a	1.994
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, relativ		7,9%
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, auf Verbundebene	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	66
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, deutschlandweit	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	444
Ökonomisches Einsparpotenzial, auf Verbundebene	Mio. €/a	9
Ökonomisches Einsparpotenzial, deutschlandweit	Mio. €/a	93

Tabelle 6: Einsparpotenziale des Clusters „Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz in der Metallerzeugung“

Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, relativ		1,4%
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, auf Verbundebene	10 ³ t/a	203
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, deutschlandweit	10 ³ t/a	1.589
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, relativ		2,1%
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, auf Verbundebene	GWh/a	785
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, deutschlandweit	GWh/a	15.602
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, relativ		2,4%
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, auf Verbundebene	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	188
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, deutschlandweit	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	3.556
Ökonomisches Einsparpotenzial, auf Verbundebene	Mio. €/a	15
Ökonomisches Einsparpotenzial, deutschlandweit	Mio. €/a	412

Tabelle 7: Einsparpotenziale der Cluster „Katalytische Prozesse in der chemischen Industrie“ und „Schließung von Kreisläufen in Beschichtungsprozessen“

Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, relativ		13,7%
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, auf Verbundebene	10 ³ t/a	223
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, deutschlandweit	10 ³ t/a	683
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, relativ		13,1%
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, auf Verbundebene	GWh/a	1.652
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, deutschlandweit	GWh/a	5.075
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, relativ		14,5%
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, auf Verbundebene	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	361
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, deutschlandweit	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	1.107
Ökonomisches Einsparpotenzial, auf Verbundebene	Mio. €/a	19
Ökonomisches Einsparpotenzial, deutschlandweit	Mio. €/a	72

Tabelle 8: Einsparpotenziale der Cluster „Trocknungs- und Sintervorgänge in der Keramikindustrie“ und „Verbesserung der Materialeffizienz durch innovative Baustoffe“

Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, relativ		48,2%
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, auf Verbundebene	10 ³ t/a	175
Einsparpotenzial des kum. Materialaufwands, deutschlandweit	10 ³ t/a	79.001
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, relativ		15,8%
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, auf Verbundebene	GWh/a	76
Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs, deutschlandweit	GWh/a	55.203
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, relativ		37,7%
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, auf Verbundebene	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	61
Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen, deutschlandweit	10 ³ t CO ₂ -Äq./a	55.102
Ökonomisches Einsparpotenzial, auf Verbundebene	Mio. €/a	5
Ökonomisches Einsparpotenzial, deutschlandweit	Mio. €/a	2.835

Quelle für alle Tabellen: (Albrecht et al., 2013 S.10-13)

7.5. Erfassungsraster für die Modellierung von Ressourceneinsparpotenzialen: Einleitung und Datenmaske

Fragebogen zu Stoff- und Energieströmen im Forschungsprojekt

Mit Hilfe dieses Fragebogens sollen für die einzelnen Verbundvorhaben im r^2 -Förderschwerpunkt Abschätzungen für die Einsparpotentiale im Bezug auf Material- und Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Kosten angestellt werden, die durch Weiterentwicklungen von Verfahren und Prozessen ermöglicht werden. Um die Abschätzungen, die von den verschiedenen Verbänden vorgenommenen werden, vergleichbar zu machen, ist eine einheitliche Betrachtungsweise notwendig. Weiterhin ist eine Betrachtung aller Vorketten der im Forschungsprojekt auftretenden Stoffströme notwendig, um die Einsparpotentiale umfassend darstellen zu können. Dazu bieten das Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des KIT und der Lehrstuhl für Bauphysik (LBP) der Universität Stuttgart im Rahmen des Begleitforschungsvorhabens Unterstützung an.

Betrachtungsebene für die Abschätzung von Einsparpotentialen dar. Nach Möglichkeit sollen alle relevanten Stoffströme über die Systemgrenzen des im Forschungsprojekt betrachteten Untersuchungsgegenstands mit dem Fragebogen erfasst werden.



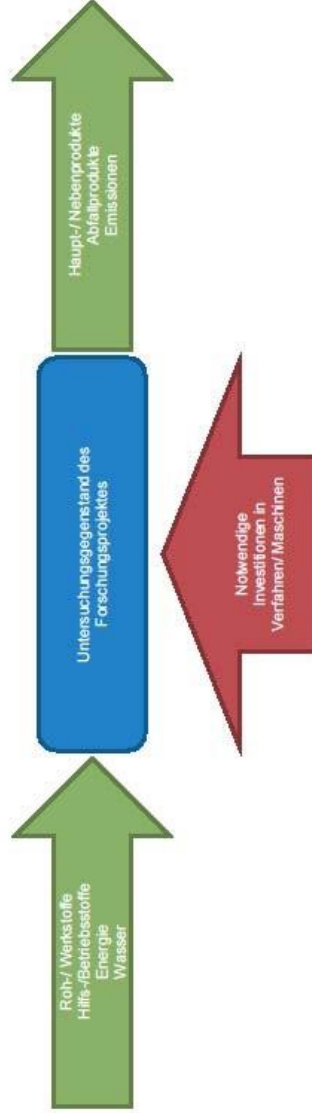
Um die Verbundprojekte bei der Abschätzung der o.g. Einsparpotentiale unterstützen zu können, werden seitens der Begleitforschung Informationen zu den folgenden Punkten benötigt:

- Welche Stoffströme bewegen sich über die Systemgrenze Ihres Projektes (Input/Output, Mengen und Qualitäten)?
- Welche Entwicklungen sehen Sie hinsichtlich dieser Stoffströme zukünftig (nach erfolgreichem Abschluss des Forschungsprojektes)?
- Werden zusätzliche Investitionen notwendig, um die Ergebnisse des Forschungsprojektes umzusetzen?

Angaben wahlweise
pro Stück/Produkt
pro Jahresproduktion
pro Kg Produkt

Stoff- und Energieströme IST-Zustand			
Stoffstrom	Bezeichnung	Anzahl/Menge	Preis/Kosten
Input 1			
Input 2			
Input 3			
Hilfsstoff 1			
Hilfsstoff 2			
Betriebsstoff 1			
Betriebsstoff 2			
Stromverbrauch			
Wasserverbrauch			
Erdgasverbrauch			
Heizverbrauch			
Sonstige Anmerkungen:			

Stoffstrom	Bezeichnung	Anzahl/Menge	Preis/Kosten
Hauptprodukt			
Nebenprodukt 1			
Nebenprodukt 2			
Feste Abfälle			
Abwasseremissionen			
...			
Sondermüll			
CO ₂ -Emissionen			
NO _x -Emissionen			
Sonstige Emissionen			
...			
Sonstige Anmerkungen:			



Änderung der Stoff- und Energieströme durch eine erfolgreiche Bearbeitung des Forschungsprojektes		
Stoffstrom	Bezeichnung	Preis/Kosten
Input 1		
Nebenprodukt 1		
CO ₂ -Emissionen		
...		
...		
Sonstige Anmerkungen:		

Weitere ökonomische Auswirkungen einer Umsetzung des Forschungsprojektes		
Notwendige Investitionen	Anzahl/Menge	Preis/Kosten
Änderung Personalbestand		
...		
...		
Sonstige Anmerkungen:		