

# RohPolRess

---

Christian Sartorius und Carsten Gandenberger, Fraunhofer ISI

## **Entwicklung der Innovationsdynamik bei Ressourceneffizienztechnologien**

Kurzanalyse Nr. 8

# RohPolRess

---

**RohPolRess** – Entwicklung von Politikempfehlungen für die Weiterentwicklung und Ausgestaltung von strategischen Ansätzen einer nachhaltigen und effizienten Rohstoffgewinnung und –nutzung

Ein Projekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, gefördert im Rahmen des Umweltforschungsplanes (UFOPLAN) 2013

Laufzeit: September 2013 - Dezember 2016

FKZ: 3713 11 104

## Projektteam

### Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Tel.: 0721 6809-0

Ansprechpartner: Dr. Carsten Gandenberger (Leitung)

### Öko-Institut e.V.

Rheinstraße 95, 64295 Darmstadt

Tel.: 06151 8191-158

Ansprechpartner: Andreas Hermann

### adelphi

Caspar-Theyss-Straße 14a, 14193 Berlin

Tel.: 0 (30) 8900068-0

Ansprechpartner: Lukas Rüttinger



*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.*

## Abstract

Die Erreichung der Ziele von ProgRess und der Deutschen Rohstoffstrategie ist eng an die Entstehung und Diffusion technologischer Innovationen geknüpft, die zu einer Steigerung der Ressourceneffizienz in der industriellen Produktion und der Kreislaufwirtschaft beitragen. Zur Messung von Innovationsaktivitäten wird in der Innovationsforschung häufig auf Patente als Indikator zurückgegriffen, da diese einen quantifizierbaren Output von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten darstellen. Basierend auf Patentdaten lassen sich Analysen bezüglich der F&E-Dynamik in vier Bereichen anstellen, die für Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz von hoher Bedeutung sind und die an unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklus von Produkten ansetzen: Substitution, Langlebigkeit, Materialeinsparung und Recycling.

Hierbei hat sich gezeigt, dass in den Bereichen Langlebigkeit, Materialeinsparung und Recycling die Patentdynamik hinter der allgemeinen Patentdynamik in den Jahren 1990 bis 2013 zurückbleibt. Dieser Befund betrifft sowohl die Situation weltweit als auch die Situation in Deutschland, wobei sich für den Bereich der Ressourceneffizienz in Deutschland seit dem Jahr 2009 wieder eine überdurchschnittliche Dynamik der Entwicklung zeigt. In Bezug auf die Summe der Patentanmeldungen in der jüngsten Vergangenheit (2011-2013) ergibt sich, dass Länder wie Japan, Deutschland und Korea einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Ressourceneffizienzpatenten aufweisen, während die USA und China in diesem Bereich im Verhältnis zu ihrer allgemeinen Innovationskraft weniger aktiv sind. Deutschland weist insbesondere in den Technologiebereichen „Langlebigkeit“, „Materialeinsparung“ und „Recycling“ einen überdurchschnittlich hohen Patentanteil auf.

Im Rahmen eines Exkurses wurden für die Patente im Bereich Recyclingtechnologien weiterhin die Branchen- und Unternehmensstrukturen betrachtet. Hierbei wurde deutlich, dass sich – neben dem Maschinenbau, der in allen untersuchten Technologiebereichen eine wichtige Rolle einnimmt – auch zahlreiche weitere Branchen am Innovationsgeschehen beteiligen. Weitere Erkenntnisse sind, dass sich die Patentaktivitäten zum Teil sehr stark auf wenige Unternehmen konzentrieren und dass Großunternehmen eine wichtige Rolle im Innovationsgeschehen einnehmen.

# RohPolRess

---

## Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Datenbasis und Methode .....	3
3	Technikbereiche.....	6
4	Ergebnisse.....	9
4.1	Patentdynamik.....	9
4.2	Patentanteile .....	11
5	Exkurs: Vertiefende Analyse der deutschen Patentanmelder im Recyclingbereich.....	15
6	Fazit .....	20
7	Literaturverzeichnis .....	21

# RohPolRess

---

## Abbildungen

Abbildung 1:	Zeitliche Entwicklung der Anzahl von Patentanmeldungen in verschiedenen Bereichen der Ressourceneffizienz weltweit .....	9
Abbildung 2:	Zeitliche Entwicklung der Anzahl von Patentanmeldungen in verschiedenen Bereichen der Ressourceneffizienz in Deutschland.....	11
Abbildung 3:	Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich der Ressourceneffizienztechnologien und insgesamt auf die Anmelderländer (2011–2013, kumuliert). CA = Kanada, CH = Schweiz, CN = VR China, DE = Deutschland, FR = Frankreich, GB = Großbritannien, IN = Indien, IT = Italien, JP = Japan, KR = Südkorea, NL = Niederlande, US = USA, OECD = Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung .....	12
Abbildung 4:	Veränderung der für die Erhöhung der Ressourceneffizienz relevanten Patentanmeldungen (in %). Länderkürzel wie in Abbildung 3.....	13
Abbildung 5:	Anteile (in %) der Anmelderländer an den Patentanmeldungen in verschiedenen für die Ressourceneffizienz relevanten Technikteilbereichen (2011–2013, kumuliert; Länderkürzel: vgl. Abbildung 3) .....	14
Abbildung 6:	Prozentualer Anteil der Wirtschaftszweige an den Patenten .....	19

## Tabellen

Tabelle 1:	Ansätze zur Erhöhung der Ressourceneffizienz und die sie beschreibenden Technikinnovationen. .....	7
Tabelle 2:	CEPA/CReMA-Klassifikation .....	16
Tabelle 3:	Struktur der Patentanmeldungen in den relevanten Technologiebereichen .....	18



## 1 Einleitung

Die Erreichung der Ziele von ProgRess und der Deutschen Rohstoffstrategie ist eng an die Entstehung und Diffusion technologischer Innovationen geknüpft, die zu einer Steigerung der Ressourceneffizienz in der industriellen Produktion und der Kreislaufwirtschaft beitragen.

Zur Messung von Innovationsaktivitäten wird in der Innovationsforschung häufig auf Patente als Indikator zurückgegriffen, da diese einen quantifizierbaren Output von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten darstellen. Patente gewährleisten dem Anmelder für einen bestimmten Zeitraum (in der Regel 20 Jahre) das ausschließliche Nutzungsrecht an der Erfindung. Im Gegenzug verpflichtet sich der Anmelder zur Veröffentlichung der technischen Details seiner Erfindung.

Basierend auf Patentdaten lassen sich Analysen bezüglich der F&E-Dynamik in vier Bereichen anstellen, die für Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz von hoher Bedeutung sind und die an unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklus von Produkten ansetzen:

- ▶ Substitution,
- ▶ Langlebigkeit,
- ▶ Materialeinsparung,
- ▶ Recycling.

Anknüpfend an Vorarbeiten des Fraunhofer ISI, in deren Rahmen die Patententwicklung in den oben genannten Technologiebereichen untersucht wurde (Ostertag et al. 2010; Sartorius und Tercero Espinoza 2015), werden diese Daten im Rahmen dieser Kurzanalyse zeitlich fortgeschrieben und inhaltlich ergänzt. Im Rahmen eines Exkurses werden die Daten zur Patententwicklung durch eine vertiefende Betrachtung der relevanten Branchen- und Unternehmensstrukturen erweitert, um genauer Auskunft darüber geben zu können, welche Unternehmen derzeit die Innovationsaktivitäten vorantreiben.

Konkret werden anhand der Patentdaten folgende Fragenkomplexe untersucht:

- ▶ Wie hat sich die Patentdynamik in den vier oben genannten Bereichen relativ zur allgemeinen Dynamik der Patente im Zeitraum 1990 bis 2013 entwickelt?
- ▶ Welche Struktur haben die deutschen Patentaktivitäten im Bereich Ressourceneffizienz?

# RohPolRess

---

- Wie haben sich Anzahl, Struktur und Dynamik der deutschen Patente im Vergleich zu anderen Ländern entwickelt?
- Welche Wirtschaftszweige sind am Innovationsgeschehen beteiligt? Wie stark sind Patentaktivitäten auf Unternehmensebene konzentriert? Welchen Anteil haben Großunternehmen an den Innovationsaktivitäten?



## 2 Datenbasis und Methode

Da Innovationsaktivitäten nicht direkt messbar sind, müssen Indikatoren identifiziert werden, die sie zumindest näherungsweise beschreiben. Im Rahmen der periodischen »Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit« an das BMBF hat sich eine Methodik durchgesetzt, die sich auf Indikatoren aus verschiedenen Teilbereichen des Innovationsprozesses stützt (Grupp 1997). In Anlehnung an diese Vorgehensweise werden in diesem Bericht Patente als FuE-relevante, intermediäre Indikatoren herangezogen, die gleichzeitig als Frühindikator für die zukünftige technische Entwicklung und damit die Wettbewerbsfähigkeit in der Zukunft dient.

Patente gewährleisten dem Anmelder für einen bestimmten Zeitraum (in der Regel 20 Jahre) das ausschließliche Nutzungsrecht an der Erfindung. Im Gegenzug verpflichtet sich der Anmelder zur Veröffentlichung der technischen Details seiner Erfindung. Um eine Erfindung zum Patent anmelden zu können, müssen drei Kriterien erfüllt sein:

- ▶ Neuheit,
- ▶ Erfindungshöhe,
- ▶ Ökonomische Anwendbarkeit.

Die Überprüfung dieser Kriterien obliegt dem Patentamt, an dem die Anmeldung erfolgt. Obwohl nicht alle Innovationen patentierbar sind bzw. patentiert werden, spiegeln Patente einen Teil des technologischen Wissens einer Volkswirtschaft wider und anhand der in Patentdatenbanken vorliegenden Informationen lassen sich Hinweise auf die Dynamik der Wissensentwicklung in konkreten Technologiebereichen gewinnen.

Methodisch besteht die größte Herausforderung bei der Erhebung der Indikatoren darin, die Merkmale zu identifizieren, anhand derer die für die Fragestellung relevanten Patentanmeldungen erfasst und ausgewertet werden können. Die Auswahl der Patente stützt sich auf die Internationale Patentklassifikation (engl. IPC), welche die den Patenten zugrunde liegenden Innovationen nach ihren jeweiligen funktionellen Eigenschaften ordnet. Da in den meisten Fällen bekannt ist, wie ein innovatives Verfahren funktioniert und was es leisten muss, um einen Beitrag zur Erhöhung der Ressourceneffizienz zu leisten, ist eine Zuordnung zu einer oder mehreren IPC-Kategorien mit den entsprechenden technischen Kenntnissen durchaus möglich.

# RohPolRess

---

Für den angestrebten internationalen Vergleich der technologischen Leistungsfähigkeit im Bereich der Ressourceneffizienz wird auf methodische Erfahrungen aus früheren Arbeiten des Fraunhofer ISI (Walz et al. 2008) zurückgegriffen.<sup>1</sup> Die Anmeldungen werden den Ländern entsprechend dem Wohnort der Erfinder zugeordnet, was erfahrungsgemäß Verzerrungen minimiert. Als Datenbank für die Erfassung der Patentdaten dient PATSTAT (EPO 2015). Der Beobachtungszeitraum umfasst die Entwicklung seit 1991 und reicht bis 2013, dem jüngsten Anmeldungsjahr, für das zum Zeitpunkt der Datenerhebung von einer vollständigen Erfassung aller Anmeldungen ausgegangen werden kann.

Bei der Interpretation von Patentdaten muss berücksichtigt werden, dass die Entscheidung, eine Erfindung zu patentieren, auch von strategischen Überlegungen des Anmelders beeinflusst wird. Mögliche Gründe die etwa dafür sprechen können, eine patentierbare Erfindung nicht als Patent anzumelden sind (Nagaoka et al. 2010):

- ▶ Die Bevorzugung alternativer (Schutz-)Strategien, die keine Offenlegung der Erfindung und ihrer technischen Details erforderlich machen, z. B. Geheimhaltung, beschleunigte Produktentwicklung oder Wahl eines komplexen Produktdesigns,
- ▶ Das Risiko einer Verletzung bereits bestehender Patentrechte,
- ▶ Die hohen Kosten für die Erteilung eines Patents (ca. 30-50 Tausend Euro bei Patenten, die in Europa und zwei bis drei weiteren Ländern angemeldet werden) sowie für die Aufrechterhaltung und ggf. Verteidigung des Patents.

Des Weiteren muss bei der Interpretation von Patentdaten als Indikator für den Output von F&E-Aktivitäten berücksichtigt werden, dass sich Patente hinsichtlich ihres kommerziellen Nutzens stark unterscheiden und dass es viele Patente gibt, die vom Anmelder später nicht kommerziell verwertet werden. Beim Vergleich verschiedener Technologien anhand absoluter Patentzahlen muss zudem berücksichtigt werden,

---

<sup>1</sup> Die Patentrecherchen knüpfen vorrangig bei den Patentanmeldungen über das PCT-Verfahren (gemäß Patent Cooperation Treaty) an, mit dem Anmeldungen bei der World Intellectual Property Organisation (WIPO) hinterlegt werden können und damit gleichzeitig in allen Vertragsstaaten wirksam werden. Da dieses Anmeldeverfahren erst in jüngerer Zeit an Beliebtheit gewonnen hat und es weitere Möglichkeiten für internationale Anmeldungen von Patenten gibt, werden außerdem Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt hinzugerechnet, wobei Doppelzählungen identischer Meldungen ausgeschlossen werden. Damit zielt diese Methode zur Abbildung der internationalen Patente nicht auf einzelne Märkte wie Europa ab, sondern weist einen stärker transnationalen Charakter auf.

dass sich Technologien hinsichtlich ihrer Patentierneigung bzw. Patentierfähigkeit unterscheiden.

Insgesamt ist bei der Interpretation von Patentdaten zu beachten, dass Patente nicht alle Innovationen in einem bestimmten Technologiebereich abdecken und dass Patentdaten gleichzeitig auch von anderen Faktoren beeinflusst werden, wie z. B. dem strategischen Patentierungsverhalten von Unternehmen.

## 3 Technikbereiche

Zur Senkung der Rohstoffinanspruchnahme lassen sich folgende grundlegende Ansätze unterscheiden:

- (1) Steigerung der Effizienz des Rohstoffeinsatzes, d. h. weniger Input für den gleichen Output, im Zuge der Produktion entlang der Wertschöpfungskette und (sofern dafür Rohstoffe aufgewendet werden) während der Nutzungs- und Nachnutzungsphase,
- (2) Wieder- oder Weiterverwendung (auf möglichst hohem Niveau) von Rohstoffen und daraus gewonnenen Materialien, die im Zuge der Herstellung oder während und nach dem Gebrauch von Produkten anfallen,
- (3) Substitution von schwerer, d. h. insbesondere auch mit höherem Ressourcenaufwand verfügbaren Rohstoffen durch andere, leichter zugängliche,
- (4) Senkung der im Zeitverlauf in Anspruch genommenen Gütermenge durch Steigerung der Langlebigkeit der einzelnen Güter.

Wenn es darum geht, die Patentkategorien zu bestimmen, die diese Ansätze hinsichtlich ihrer technischen Umsetzung abbilden, muss darauf hingewiesen werden, dass es nicht möglich ist, eine abschließende Aufzählung zu erstellen. Jeder der genannten Ansätze hat das Potenzial, in allen Prozessen zur Anwendung zu kommen, in denen die Rohstoffe zum Einsatz kommen. Welche technische Innovation tatsächlich einen Beitrag leisten kann, lässt sich aus der Beschreibung einer Patentkategorie jedoch nicht von vorneherein ablesen, da diese nur die Innovation beschreibt, nicht jedoch den Zustand, der zuvor herrschte und an dem die Innovation ansetzt.

Das bedeutet, dass vorhandene, bekannte Beispiele für die Erhöhung der Ressourceneffizienz der Ausgangspunkt für die Suche sein müssen. Quellen solcher Beispiele sind zum Beispiel die "Rohstoffe für Zukunftstechnologien" (Angerer et al. 2009) oder "Critical Metals in Strategic Energy Technologies" (Moss et al. 2011). Hinzu kommen Listen von Beispielen bzw. entsprechenden IPCs, die aus den Ausarbeitungen zu früheren Projekten, z. B. zum Begleit- und Transferprojekt zur r<sup>2</sup>-Fördermaßnahme, übernommen werden. Letztlich kommt es aber gar nicht darauf an, dass die Liste relevanter Technikinnovationen bzw. der entsprechenden IPCs vollständig ist. Es geht nämlich nicht darum, die absolute Zahl der in diesem Zusammenhang angemeldeten Patente zu ermitteln. Vielmehr soll ein intertemporaler Vergleich zwischen verschiedenen Ländern oder Regionen angestellt werden, weshalb relative Veränderungen (gegenüber einem Bezugsjahr) oder relative Unterschiede (zwischen Ländern) ausrei-

chen. In der folgenden Tabelle sind die zusammenfassenden Beschreibungen der die verschiedenen Ansätze kennzeichnenden Technikinnovationen aufgeführt.

Tabelle 1: Ansätze zur Erhöhung der Ressourceneffizienz und die sie beschreibenden Technikinnovationen.

Materialeinsparung	
Leichtbau	Leichte metallische Werkstoffe, z. B. Magnesium
	Kompositwerkstoffe mit verstärkenden Strukturen, z. B. CFK
Konstruktion	Bauelemente von relativ dünner Form für den Bau von Bauwerksteilen
	Bewehrungselemente, z. B. für Beton
	3D-Druck von Werkstücken
Material-effiziente Beschichtung	Beschichten durch Vakuumbedampfung, Aufstäuben, chemische Deponierung, Aufbringen von Pulver ...
	... durch Aufsprühen, Anwendung eines elektrischen Feldes, Aufbringen von Partikeln
Oberflächen-effekte	Senkung der Reibungs- oder Adhäsionseffekten (z. B. Selbstreinigung, Lotuseffekt)
	Steigerung der Benetzungsfähigkeit
	Atomare Diffusions- und Oberflächeneffekte
Energie-effizienz	Senkung der Aktivierungsenergie durch Katalysatoren
	Verformung hochschmelzender Legierungen (anstelle von Gießen/ Fräsen)
	Elektrolytische Herstellung von Gasen (z. B. Chlor, Wasserstoff)
Abfallarme Produktion	Verwendung von Katalysatoren zur spezifischen Steuerung von Syntheseverfahren
	Abtragfreie, in-Form-Produktionsverfahren (z. B. Spritzguss)
	Gezielt gesteuerte Trocknung von Erzeugnissen (→ weniger Ausschuss)
Recycling	
Stoffver-einzelung	Zerkleinerung durch Brechen (z. B. in Trommelmühlen), Zerschneiden, Zersägen oder Mahlen/Zerreiben
	Systematische Demontage von Fahrzeugen zur Rückgewinnung verwertbarer Bestandteile
Stoffauf-bereitung/-trennung	Stoffaufbereitung mittels Luftherden/-setzmaschinen, Nassabscheidung oder Kombinationen davon
	... mittels Magneten, Zentrifugen oder Sieben
	... durch Sortieren mittels Vorrichtungen, die gewisse Kennzeichen/ Merkmale erkennen und unterscheiden

# RohPolRess

	... mittels semi-permeable Membranen
Recycling bestimmter Materialien	Kunststoffe aus Produktionsrückständen oder Altmaterial
	Herstellung flüssiger Kohlenwasserstoffe aus Gummiabfällen
	Hydro- und pyrometallurgische (Rück-)Gewinnung versch. Metalle
	Phosphatrückgewinnung aus Schlacken, Tierkörpern und Klärschlamm durch nass-chemische Laugung ggf. in Verbindung mit thermischer Behandlung
	Gewinnung einer Aufbaukörnung aus Bauabfällen
	Wiedergewinnung von Materialien aus verbrauchten Batterien und Akkumulatoren
	Stoffliche Rückgewinnung von Materialien aus Entladungsrohren oder -lampen
	Rückgewinnung von Fasern aus Altpapier
	Aufarbeitung gebrauchter Schmiermittel
Verarbeitung von Sekundärrohstoffen	Stranggießen von Metallen, insbesondere Sekundärstahl
	Stahlherstellung im Elektroofen
	Geräte/Verfahren zur Aufbereitung und Verarbeitung von (Sekundär-) Baustoffen
<b>Substitution</b>	
Ersatz metallhaltiger Wirkstoffe durch organische Alternativen	Biozide
	Gerbstoffe
	Kosmetika
	Medikamente
Ersatz von seltenen Erden	Elektromotoren ohne Permanentmagnete (Asynchrone Induktionsmotoren und -generatoren)
	Synchronmotoren oder -generatoren ohne Permanentmagneten
Metalle in PV-Panelen und Displays	Beschichtungen mit alternativen Metalloxiden
	Organische LEDs (OLED)
<b>Langlebigkeit</b>	
Schutz von Gütern	Chemische Behandlung metallischer Oberflächen zum Schutz vor Korrosion
	Oberflächenbeschichtung durch Anstriche, Firnisse oder Lacke
Dauerhafte Funktion	Wärmebehandlung, z. B. Glühen, Härtung, Abschrecken, Anlassen von Metallen und Gegenständen daraus
Stabilität	Verbundwerkstoffe: Herstellung aus verschiedenen Materialien, Verarbeitung
Erneuerung	Schweißen: auch für andere Zwecke als Verbinden, z. B. Auftragsschweißen

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Patentdynamik

Erste Hinweise auf die Intensität der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie die Erneuerung der Wissensbasis innerhalb eines Technologiebereiches lassen sich anhand der Innovationsdynamik gewinnen, d. h. aus der Veränderung der Anzahl der entsprechenden Patentanmeldungen im Zeitverlauf. Für den Bereich der Ressourceneffizienz sind diese Verläufe in Abbildung 1 dargestellt. Dabei werden, ebenso wie in Tabelle 1, die Bereiche Materialeinsparung, Recycling, Substitution und Langlebigkeit unterschieden und zum Vergleich der Entwicklung aller Patentanmeldungen gegenübergestellt.

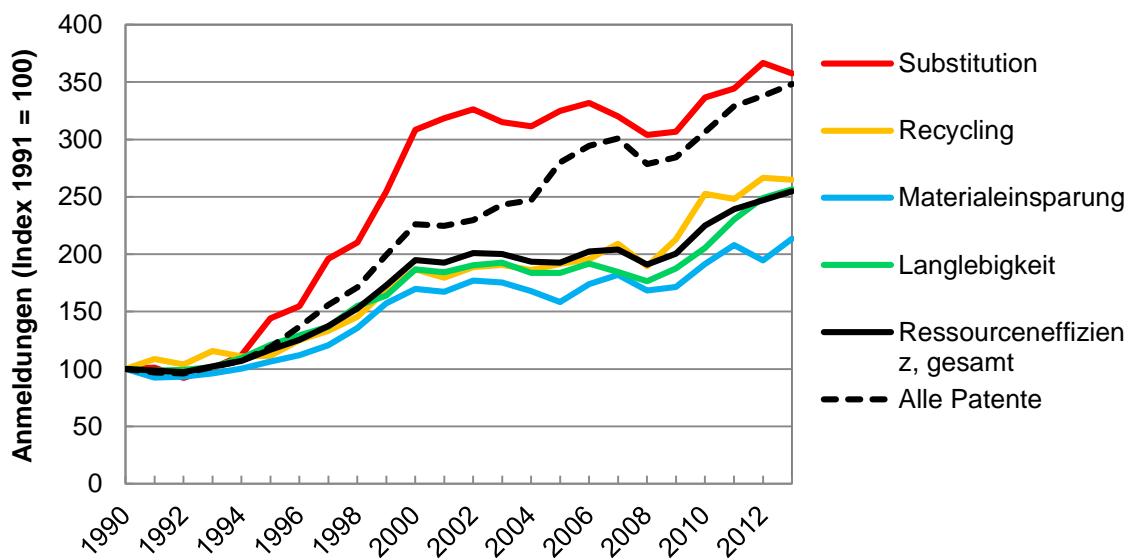


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung der Anzahl von Patentanmeldungen in verschiedenen Bereichen der Ressourceneffizienz weltweit

Wie in Abbildung 1 dargestellt ist, ist in allen Bereichen die Dynamik, d. h. der Anstieg der jeweiligen Anmeldungszahlen, in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre besonders ausgeprägt, wogegen die Zahlen zu Beginn der 1990er und 2000er Jahre nahezu konstant bleiben. Erst seit 2009 kommt es in allen Bereichen wieder zu deutlichen Anstiegen. Der Rückgang der Anmeldungen unmittelbar vor 2009 ist dabei zweifellos auf die weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise zurückzuführen, die sich auch in einem vergleichbaren Rückgang der Gesamtzahl aller Patente widerspiegelt. Bemerkenswert ist

# RohPolRess

---

außerdem der gemäßigte, aber deutliche Anstieg der Anzahl aller Patente im Zeitraum 2001 bis 2007, der vom Bereich Recycling nur in geringerem Umfang und von den Bereichen Materialeinsparung und Substitution nicht nachvollzogen wird. Die über weite Strecken überdurchschnittliche Dynamik im Bereich der Substitution könnte darauf zurückzuführen sein, dass es sich hierbei um einen forschungsintensiven Bereich handelt, der relativ stark auf neue Anforderungen reagiert. Im Gegensatz dazu bleibt die Dynamik in den Bereichen Recycling und Langlebigkeit deutlich und Materialeinsparung sehr deutlich hinter der allgemeinen Dynamik (aller Patente) zurück, was vor allem im Fall des Recyclings auf die schwächere Entwicklung vor der Jahrtausendwende zurückzuführen ist.

Wird die Betrachtung der Patentierungsdynamik auf Deutschland fokussiert, dann weisen die zeitlichen Verläufe (siehe Abbildung 2) durch die geringere Anzahl der Patentanmeldungen eine deutlich stärkere Fluktuation auf. Davon abgesehen ist auch in Deutschland die Dynamik in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre am größten und die Dynamik im Bereich der Substitution ist weitgehend überdurchschnittlich, wogegen das Recycling und die Materialeinsparung hinter der Entwicklung aller Patentanmeldungen deutlich zurückbleiben. Der im Vergleich zur weltweiten Entwicklung größte Unterschied besteht jedoch darin, dass der Wiederanstieg nach der Wirtschaftskrise im Jahr 2008 deutlich verhaltener ausfällt (siehe Recycling, Materialeinsparung und Ressourceneffizienz insgesamt) oder gar nicht stattfindet (siehe Substitution und allgemeine Patentanmeldungen). Damit erklärt sich auch, warum die deutschen Indizes am Ende des Betrachtungszeitraums im Jahr 2013 mit Werten zwischen 173 (Recycling) und 266 (Substitution) deutlich niedriger ausfallen als die weltweiten, die sich im Bereich zwischen 214 (Materialeinsparung) und 357 (Substitution) bewegen.

Die Ursache für die geringere Dynamik im gesamten Betrachtungszeitraum dürfte darin bestehen, dass Deutschland zu Beginn der 1990er Jahre bereits eine deutlich größere Zahl von Patentanmeldungen aufzuweisen hatte als die meisten anderen Länder, so dass es schwieriger ist, von diesem hohen Ausgangsniveau ausgehend eine zusätzliche starke Steigerung zu erreichen. Weltweit hingegen geht der Großteil der Dynamik auf Schwellenländer wie China oder Südkorea zurück, die erst seit Mitte der 1990er Jahre in relevantem Umfang Patente anmelden. Der fehlende Anstieg nach dem Jahr 2009 könnte außerdem darauf zurückzuführen sein, dass Deutschland durch die Krise wirtschaftlich weniger weit zurückgeworfen wurde als die meisten anderen Länder.

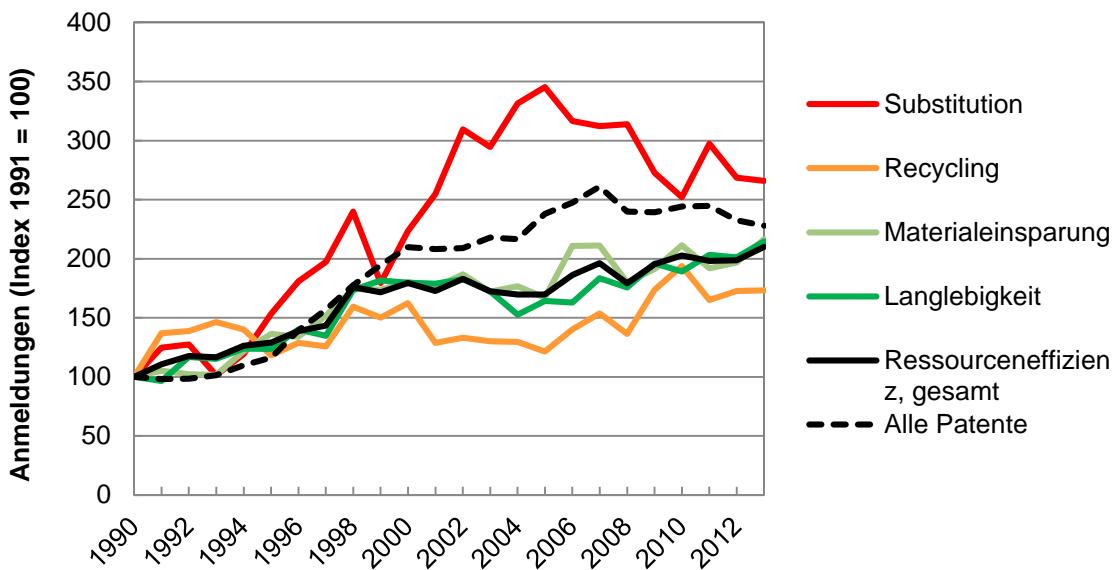


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Anzahl von Patentanmeldungen in verschiedenen Bereichen der Ressourceneffizienz in Deutschland

## 4.2 Patentanteile

Wie der vorangegangenen Diskussion zu entnehmen ist, muss die Veränderung der Anzahl (d. h. die Dynamik) der Patentanmeldungen immer im Zusammenhang mit der absoluten Anzahl der Anmeldungen zu einem bestimmten Zeitpunkt gesehen werden, da ein bestimmter relativer Anstieg umso schwieriger umzusetzen ist, je höher die Anzahl zum Ausgangszeitpunkt bereits ist. Außerdem ist es methodisch schwierig, verschiedene Länder auf der Basis ihrer jeweiligen Innovationsdynamiken zu vergleichen, da sich die Relationen im Zeitverlauf aufgrund sich verändernder Rahmenbedingungen ebenfalls verändern und überdies die Schwankungen der Patentzahlen bei Ländern mit einer kleineren Zahl von Anmeldungen aus statistischen Gründen noch zunehmen. Um die Bedeutung verschiedener Länder hinsichtlich ihres Beitrags zur Wissensgenerierung im Bereich der Ressourceneffizienztechnologien zu bestimmen, ist es daher zunächst sinnvoll, die relevanten Länder anhand ihres jeweiligen Anteils an den Patentanmeldungen zu bestimmen. Um die Wirkung kurzfristiger und auf der Wirkung kleiner Zahlen beruhender Schwankungen auszuschließen, erfolgt in Abbildung 3 die Darstellung dieser Anteile auf der Basis der Summe der Anmeldungen im Zeitraum von 2010 bis 2013.

# RohPolRess

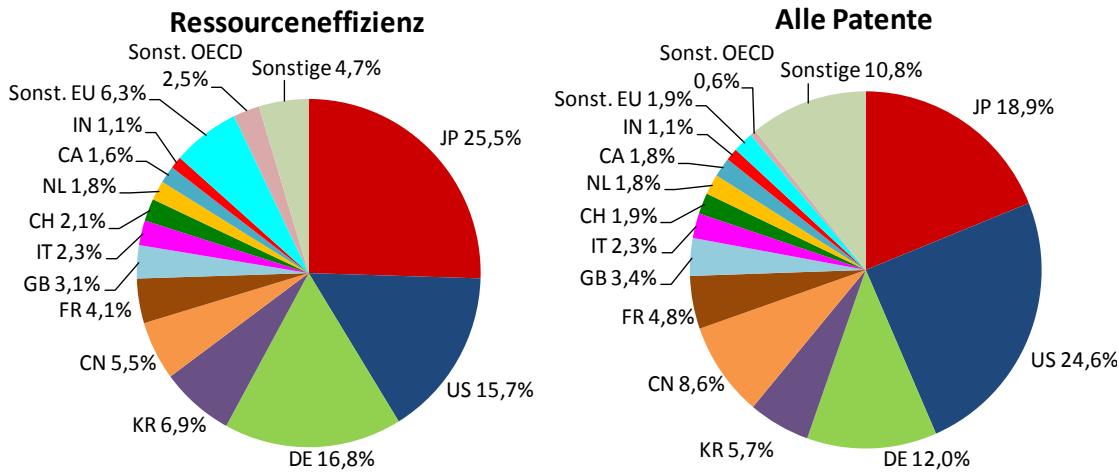


Abbildung 3: Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich der Ressourceneffizienztechnologien und insgesamt auf die Anmelderländer (2011–2013, kumuliert). CA = Kanada, CH = Schweiz, CN = VR China, DE = Deutschland, FR = Frankreich, GB = Großbritannien, IN = Indien, IT = Italien, JP = Japan, KR = Südkorea, NL = Niederlande, US = USA, OECD = Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

Aus der Darstellung wird deutlich, dass die wichtigsten Anmelderländer zwar in beiden Fällen die gleichen sind, aber gerade bei den bedeutendsten Ländern kommt es zu bemerkenswerten Verschiebungen. Während die USA, Japan, Deutschland, China und Südkorea bei der Gesamtheit aller Patente die Ränge 1 bis 5 einnehmen, werden die USA bei der Ressourceneffizienz von Japan und Deutschland sowie China von Korea verdrängt. Die Anteile Japans und Koreas steigen dabei von 18,9 auf 25,5 bzw. von 5,7 auf 6,9 Prozent, wogegen die Anteile der USA und Chinas von 24,6 auf 15,7 bzw. von 8,6 auf 5,5 Prozent sinken. Die Ränge und Anteile aller anderen Länder verändern sich dagegen nur wenig. Der Anteil Deutschlands liegt bzgl. der Ressourceneffizienztechnologien um 4,8 %-Punkte über dem Anteil aller Patente.

Da im Rahmen der Analyse der Innovationsdynamik auf einen Vergleich verschiedener Länder verzichtet wurde, gewinnt die zeitliche Entwicklung der in Abbildung 3 dargestellten Patentanteile umso mehr an Bedeutung. Wie in Abbildung 4 dargestellt, hat sich diese Verteilung seit dem Beginn der 1990er Jahre deutlich verändert. Trotz eines leichten Anstiegs der Anmeldezahlen hat sich der Anteil der USA als ursprünglich (im Jahr 1990) innovativster Volkswirtschaft bis zum Jahr 2012 halbiert. Gleiches gilt, auf sehr viel niedrigerem Niveau, für Großbritannien. Besser stellen sich im Vergleich dazu Länder wie Deutschland oder die Schweiz dar, die ihren Anteil knapp halten konnten,

während sich die Anmeldezahlen im genannten Zeitraum verdoppelten. Dazwischen liegen die meisten EU-Länder sowie Kanada, die trotz eines signifikanten Anstiegs der Anmeldezahl einen leichten Rückgang des Anteils verzeichnen mussten. Im Gegensatz zu den bereits genannten Ländern stehen die Schwellenländer China, Korea und Indien, die zu Beginn der 1990er Jahre im Bereich der Ressourceneffizienz überhaupt erst die ersten Patente angemeldet hatten und, ausgehend von diesem niedrigen Niveau, ihre Anmeldezahlen zwischenzeitlich verhundertfachen konnten. Es versteht sich von selbst, dass unter diesen Umständen auch der Anteil deutlich zunahm, so dass Korea und China im Jahr 2012 hinter der Triade Japan, USA und Deutschland die Ränge 4 und 5 einnehmen. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung in Japan, wo es trotz einer hohen Patentieraktivitäten schon im Jahr 1990 in der Folgezeit zu einem weiteren deutlichen Anstieg des Patentanteils kommt.

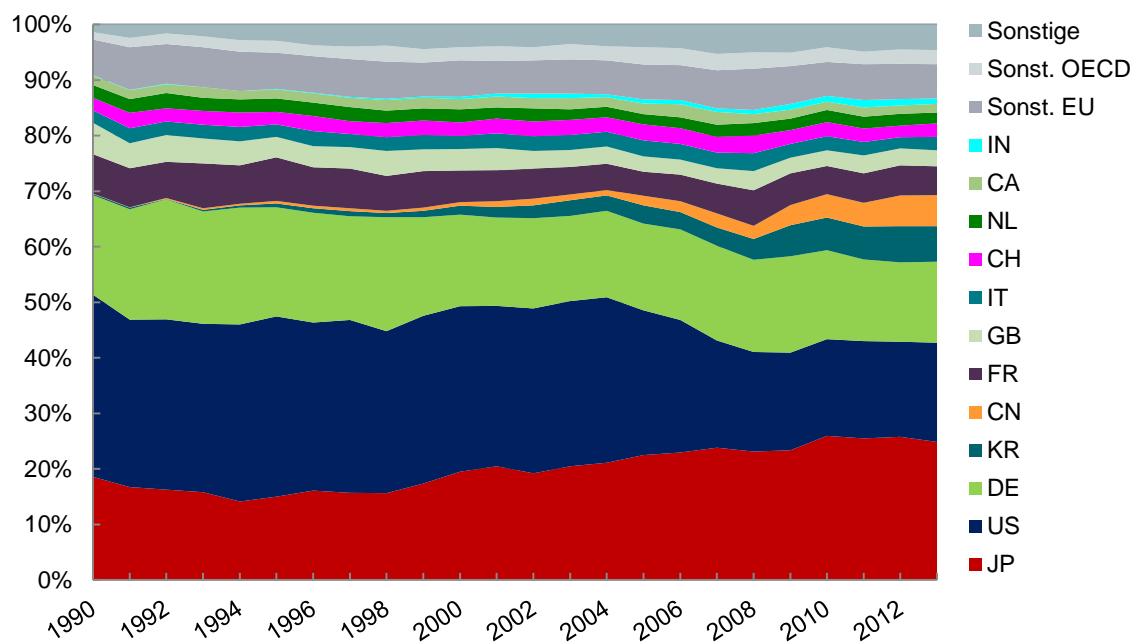


Abbildung 4: Veränderung der für die Erhöhung der Ressourceneffizienz relevanten Patentanmeldungen (in %). Länderkürzel wie in Abbildung 3

Werden die aktuellen Patentanteile im Bereich der Ressourceneffizienz auf die einzelnen Technologieteilbereiche heruntergebrochen, so zeigen sich, wie in Abbildung 5 dargestellt, von Bereich zu Bereich stark unterschiedliche nationale Anteilsverteilungen und für die entsprechenden Länder sehr unterschiedliche Spezialisierungsmuster.

# RohPolRess

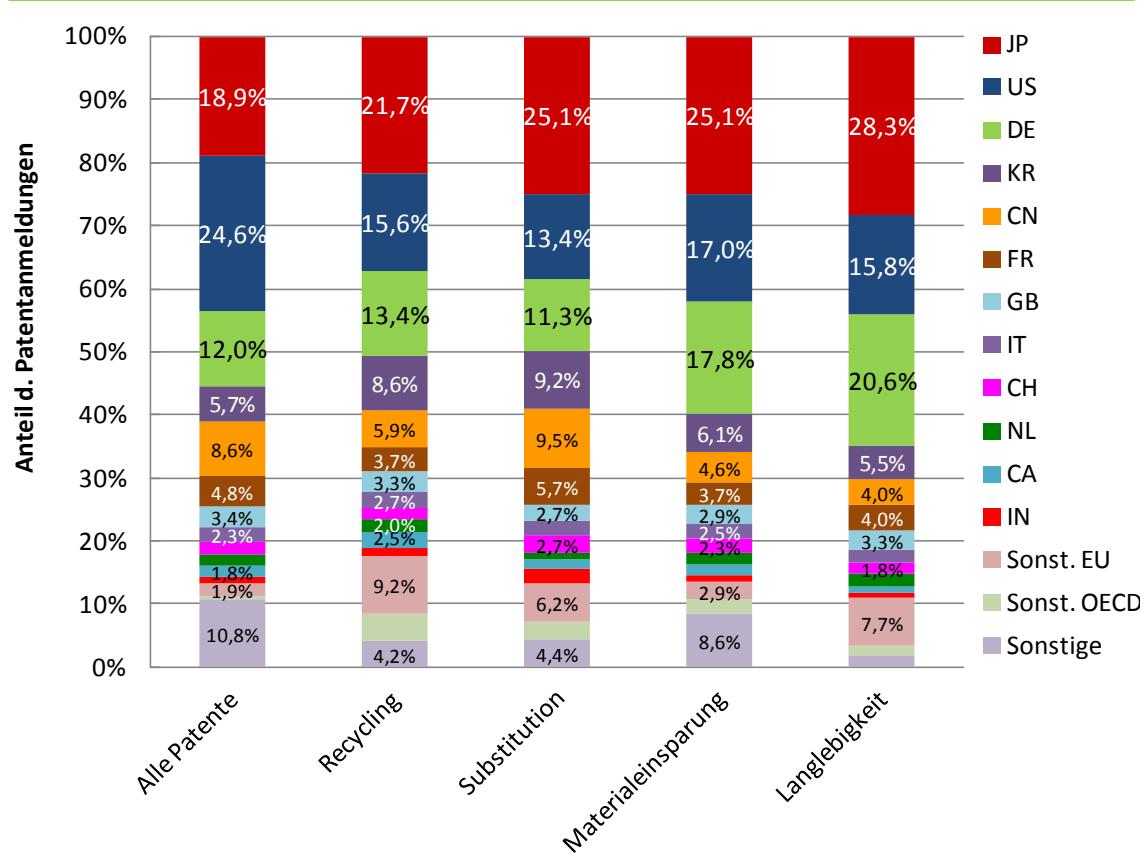


Abbildung 5: Anteile (in %) der Anmelderländer an den Patentanmeldungen in verschiedenen für die Ressourceneffizienz relevanten Technikteilbereichen (2011–2013, kumuliert; Länderkürzel: vgl. Abbildung 3)

Während beispielsweise die USA und, in geringerem Umfang, China in allen Technikteilbereichen deutlich hinter dem Anteil aller Patentanmeldungen (23,8 bzw. 7,7 Prozent) zurückbleiben, zeigen sich für Deutschland leichte Vorteile beim Recycling (13,4 gegenüber 12,0 Prozent) und noch deutlichere Vorteile (17,8 bzw. 20,6 Prozent) bei Materialeinsparung und Langlebigkeit. Der Technikbereich Substitution (11,3 Prozent) hingegen schneidet für deutsche Verhältnisse unterdurchschnittlich ab. Länder, in denen Patentanmeldungen zur Substitution besonders herausragen, sind demgegenüber Japan und Korea. In beiden Fällen ist der Anteil der Substitution mit 25,1 bzw. 9,2 Prozent ähnlich hoch oder sogar noch höher als der sowieso schon gestiegerte Anteil (25,5 bzw. 6,9 Prozent) im Gesamtbereich der Ressourceneffizienz (vgl. Abbildung 3).

## 5 Exkurs: Vertiefende Analyse der deutschen Patentanmelder im Recyclingbereich

Wie in der Einleitung erwähnt, können durch eine vertiefende Analyse der Unternehmen, die als Anmelder in der Patentstatistik in Erscheinung treten, zusätzliche Erkenntnisse über das Innovationsgeschehen und die Struktur der hieran beteiligten Branchen und Unternehmen gewonnen werden.

Zentrale Fragestellungen, die in diesem Exkurs anhand eines am Fraunhofer ISI vorliegenden Datensatzes mit Blick auf die Patentanmeldungen im Recyclingbereich untersucht werden sollen, lauten:

- Welche Bedeutung haben die F&E-Aktivitäten von Großunternehmen?
- Wie stark sind die F&E-Aktivitäten auf einzelne Unternehmen konzentriert?
- Aus welchen Wirtschaftszweigen stammen die Patentanmelder?

Obwohl es sich ebenfalls um Patentdaten handelt, unterscheiden sich die hier genutzten Daten in einigen Aspekten von dem in den vorangegangenen Kapiteln genutzten Datensatz. Der Datensatz basiert auf transnationalen und nationalen Patentanmeldungen deutscher Anmelder (Firmensitz in Deutschland) beim Europäischen Patentamt und dem Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), die mit Hilfe einer entsprechenden Abfrage der PATSTAT-Datenbank ermittelt wurden. Durch die Berücksichtigung der Patentanmeldungen beim DPMA können auch kleinere Unternehmen erfasst werden, die nur auf dem deutschen Markt aktiv sind und ihre Patente daher nur national anmelden. Im Unterschied zu den Auswertungen in Kapitel 2 und 3 erfolgte die Zuordnung der Patente hier nach dem Anmelderlandprinzip (Firmensitz des Anmelders in Deutschland), nicht nach dem Wohnort des Erfinders.

Ein weiterer Unterschied ist, dass die Patentdaten anhand der CEPA/CReMA-Klassifikation der internationalen Umweltstatistik systematisiert wurden (Tabelle 2). Die CEPA (Classification of Environmental Protection Activities)-Klassifikation fokussiert auf Umweltschutzaktivitäten und gliedert sich nach Umweltmedien und -problemen wie Luft, Lärm etc. (Eurostat 2009, S. 49). Die CEPA in ihrer aktuellen Fassung (CEPA 2000) wird ergänzt durch die CReMA-2008-Klassifikation. Diese widmet sich der Beschreibung von Produktionstechniken, Gütern und Dienstleistungen, die den Bestand an natürlichen Ressourcen schützen (Eurostat 2009, S. 60).

# RohPolRess

Tabelle 2: CEPA/CReMA-Klassifikation

CEPA	Classification of Environmental Protection Activities	CReMA	Classification of Resource Management Activities
1	Protection of ambient air and climate	10	Management of waters
2	Wastewater management	11	Management of forest resources
<b>3</b>	<b>Waste management</b>	<b>11 A</b>	Management of forest areas
4	Protection and remediation of soil, groundwater and surface water	11 B	Minimisation of the intake of forest resources
5	Noise and vibration abatement	12	Management of wild flora and fauna
6	Protection of biodiversity and landscape	13	Management of energy resources
7	Protection against radiation	13 A	Production of energy from renewable sources
8	Research and development	13 B	Heat/energy saving and management
9	Other environmental protection activities	13 C	<b>Minimization of the intake of fossil resources as raw materials for uses other than energy production</b>
		14	<b>Management of minerals</b>
		15	Research and development
		16	Other natural resource management activities

Quelle: Eurostat (2009). Nur die fett markierten Klassen sind Gegenstand der weiteren Analyse.

Für die weiteren Analysen wurden nur die CEPA 3 („Waste Management“), CREMA 13C („Minimization of the intake of fossil resources as raw materials for uses other than energy production“) und 14 („Management of minerals“) betrachtet. Weiterhin wurden zur Abrundung der Technologiehinterlegung der CReMA 13 C und 14 auf Basis von Literaturrecherchen und der IPC-Klassifikation ergänzende Technologielinien identifiziert und mit Patentsuchstrategien hinterlegt. Dies betrifft die Abbildung so genannter

„umweltfreundlicher Güter“ (adapted goods)<sup>2</sup>, die im Gegensatz zu den in der CEPA/CReMA-Klassifikation erfassten Gütern nicht primär Umweltschutzzwecken dienen, aber im Vergleich zu ähnlichen Gütern, die denselben Zweck erfüllen, umweltfreundlicher sind.

Betrachtet wurden Patentanmeldungen im Zeitfenster 2006 – 2011. Dies ist angesichts der Dynamik bei Marktein- und -austritten von Unternehmen bzgl. der Aktualität der identifizierten Anmelder und Adressen vorteilhaft.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die CEPA/CReMA-Klassen und die jeweils betrachteten Technologiebereiche. Vergleicht man die Technologienbereiche mit den in den vorangegangenen Kapiteln betrachteten Recyclingtechnologien, ergibt sich eine relativ gute Übereinstimmung. Die CEPA/CReMA-Klassen sind aber insgesamt etwas breiter definiert und umfassen im Fall der CEPA 3 auch einige andere Technologien aus dem Bereich der Abfallwirtschaft.

In Bezug auf die eingangs des Kapitels aufgeworfenen Fragestellungen zeigt Tabelle 3, dass der Anteil der Großunternehmen an den Patentaktivitäten zwischen den betrachteten CEPA/CReMA-Klassen stark schwankt. Insbesondere bei den Innovationsaktivitäten für Technologien der CReMA 13 C und 14 spielen Großunternehmen mit Anteilen von über 80 % an den Patenten eine sehr wichtige Rolle. Bei der Konzentration der Patentaktivitäten auf die zehn aktivsten Unternehmen ergibt sich ebenfalls eine große Spannweite mit Werten zwischen 24 % und 81 %. Besonders ausgeprägt ist die Konzentration in der CReMA 13 C und der CReMA 14, während die Unternehmenskonzentration in der CEPA 3 und der CReMA 14 deutlich geringere Werte aufweist.

---

<sup>2</sup> Eurostat (2009, S. 9) definiert 'adapted goods' folgendermaßen: "adapted goods are less polluting or more resource-efficient than equivalent normal products which furnish a similar utility. Their primary use is not one of environmental protection or resource management."

# RohPolRess

Tabelle 3: Struktur der Patentanmeldungen in den relevanten Technologiebereichen

CEPA/ CReMA- Klassen	Technologiebereiche	Anzahl Patente 2006-2011	Anteil Großunter- nehmen	Anteil TOP 10- Anmelder
3	Allgemeine Recyclingtechnologien, Sammlung und Transport von Abfällen, Deponierung, Kompostierung, Abfallverbrennung	982	52 %	24 %
13 C	Recycling von Kunststoffen und Reparieren von Gegenständen aus Kunststoff	147	61 %	41 %
13 C „adapted goods“	Recyclingwaren aus Altkunststoffen und Altölen	120	82 %	65 %
14	Recycling: Spezifische Verfahren zur Wiedergewinnung bestimmter Materialien	96	85 %	81 %
14 „adapted goods“	Waren aus Abfall oder mit Sekundärrohstoffanteil	100	40 %	24 %

In Abbildung 6 sind die Anteile der verschiedenen Wirtschaftszweige an den Patenten der CEPA 3, CReMA 13 C und CReMA 14 dargestellt. Hierbei zeigt sich für die CEPA 3, dass der Maschinenbau eine sehr bedeutende Rolle spielt, gefolgt vom Sektor „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“. Für die CEPA 13 C ergibt sich eine führende Rolle der Sektoren „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“, Maschinenbau und „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“. Im Vergleich zu den sehr heterogenen Strukturen der CEPA 3 und der CReMA 13 C ergibt sich dagegen für die CReMA 14 eine stärkere Konzentration der Patentaktivitäten auf die Sektoren „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ und den Maschinenbau.

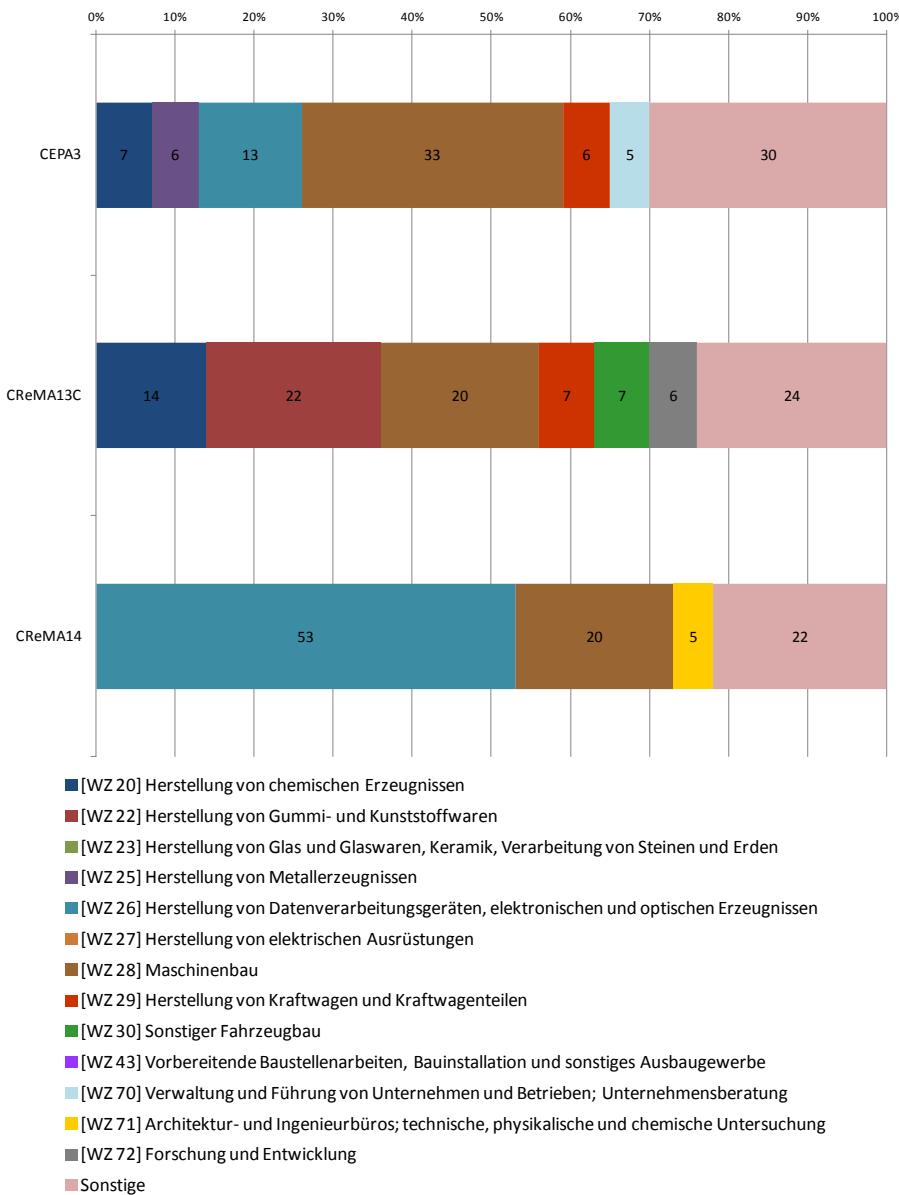


Abbildung 6: Prozentualer Anteil der Wirtschaftszweige an den Patenten

## 6 Fazit

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Patentdynamik in den Bereichen Langlebigkeit, Materialeinsparung und Recycling hinter der allgemeinen Patentdynamik in den Jahren 1990 bis 2013 zurückbleibt. Dieser Befund betrifft sowohl die Situation weltweit als auch die Situation in Deutschland, wobei sich für den Bereich der Ressourceneffizienz in Deutschland seit dem Jahr 2009 wieder eine überdurchschnittliche Dynamik der Entwicklung zeigt. In Bezug auf die Summe der Patentanmeldungen in der jüngsten Vergangenheit (2011-2013) zeigt sich, dass Länder wie Japan, Deutschland und Korea einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Ressourceneffizienzpatenten aufweisen, während die USA und China in diesem Bereich im Verhältnis zu ihrer allgemeinen Innovationskraft weniger aktiv sind. Deutschland weist insbesondere in den Technologiebereichen „Langlebigkeit“, „Materialeinsparung“ und „Recycling“ einen überdurchschnittlich hohen Patentanteil auf.

Im Rahmen eines Exkurses wurden für den Bereich der Recyclingtechnologien die Branchen- und Unternehmensstrukturen näher betrachtet. Hierbei wurde deutlich, dass sich - neben dem Maschinenbau, der in allen untersuchten Technologiebereichen eine wichtige Rolle einnimmt - auch zahlreiche weitere Branchen am Innovationsgeschehen beteiligen. Weiterhin wurde deutlich, dass die Patentaktivitäten zum Teil sehr stark auf wenige Unternehmen konzentriert sind und dass Großunternehmen eine wichtige Rolle im Innovationsgeschehen einnehmen.

Insgesamt muss bei der Interpretation von Patentdaten beachtet werden, dass Patente nicht alle Innovationen in einem bestimmten Technologiebereich abdecken und dass Patentdaten gleichzeitig auch von anderen Faktoren beeinflusst werden, wie z. B. dem strategischen Patentierungsverhalten von Unternehmen.

## 7 Literaturverzeichnis

- Angerer, G.; Marscheider-Weidemann, F.; Lüllmann, A.; Erdmann, L.; Scharp, M.; Handke, V.; Marwede, M. (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI; Fraunhofer-IRB-Verl.
- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Moss, R. L.; Tzimas, E.; Kara, H.; Willis, P.; Kooroshy, J. (2011): Critical Metals in strategic Energy Technologies. Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies. Hg. v. JRC Scientific and Technical Reports. JRC - Institute for Energy and Transport; Oakdene Hollins; The Hague Centre for Strategic Studies.
- Ostertag, K.; Sartorius, Ch.; Tercero Espinoza, L. (2010): Innovationsdynamik in rohstoffintensiven Produktionsprozessen. In: *Chemie Ingenieur Technik* 82 (11), S. 1893–1901. DOI: 10.1002/cite.201000120.
- Sartorius, C.; Tercero Espinoza, L. (2015): Internationale technologische Leistungsfähigkeit in den r<sup>3</sup> relevanten Bereichen anhand von Patentindikatoren. Arbeitspapier im Rahmen des r<sup>3</sup>-Integrations- und Transferprojektes. Karlsruhe.
- Walz, R.; Ostertag, K.; Doll, C.; Eichhammer, W.; Frietsch, R.; Helfrich, N. et al. (2008): Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin (Umwelt Innovation Beschäftigung, 03/08).