

Die technologische Zusammenarbeit Deutschlands mit Entwicklungs- und Schwellenländern im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft – Status quo und Zukunftsperspektiven

von

Carsten Gandenberger, Fraunhofer ISI, Karlsruhe

RohPolRess-Kurzanalyse Nr. 10

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Juli 2016

RohPolRes – 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.: 030 8900068-0

Ansprechpartner: Lukas Rüttinger



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

Abstract

Das wirtschaftliche Wachstum der Schwellen- und Entwicklungsländer hat in den vergangenen Jahrzehnten zu einer stark steigenden Nachfrage nach Rohstoffen geführt. Im Zuge dieser Entwicklung hat sich insbesondere der Anteil Chinas am globalen Verbrauch vieler Rohstoffe deutlich erhöht, während die Anteile vieler klassischer Industrieländer aufgrund des strukturellen Wandels ihrer Wirtschaft deutlich zurückgegangen sind. Wenn man dieser Entwicklung die technologischen Kompetenzen gegenüberstellt, die notwendig sind, um die Effizienz der Ressourcennutzung zu steigern und mit wachsenden Abfallströmen sowohl ökologisch als auch sozial nachhaltig umzugehen, dann zeigt sich, dass die technologischen Innovationskapazitäten im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft sehr stark auf wenige hochentwickelte Länder (insbesondere Japan, Deutschland, USA) konzentriert sind. Vor dem Hintergrund der globalen Umweltprobleme, die mit dem steigenden Rohstoffverbrauch einhergehen, erscheint eine stärkere Zusammenarbeit der technologischen Vorreiter mit den Schwellen- und Entwicklungsländern sinnvoll. Dementsprechend wird in Kapitel 7.10.3 des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRes II) der Ausbau der Zusammenarbeit mit Entwicklungs- und Schwellenländern sowie des Technologie- und Wissenstransfers als Handlungsansatz genannt.

Mit Blick auf die in dieser Kurzanalyse näher untersuchten Kanäle des internationalen Technologietransfers zeigt sich, dass die deutschen Technologieexporte in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen sind und dass die steigende Nachfrage Chinas, Russlands und der Türkei hieran einen wichtigen Anteil hatte. Internationale F&E-Kooperationen sind für Deutschland ebenfalls zunehmend wichtiger geworden, allerdings kooperieren deutsche Wissenschaftler in erster Linie mit Kollegen aus anderen hoch entwickelten Ländern. Wenn man von China absieht, scheinen deutsche F&E-Kooperationen mit Vertretern aus Schwellenländern immer noch ein relativ seltenes Phänomen zu sein. Ein deutlich stärker diversifiziertes Bild zeigt sich bei Clean Development Mechanism-Projekten: Neben China sind weitere Schwellenländer aus Asien und Südamerika als Gastgeberländer von CDM-Projekten im Abfallbereich aktiv und profitieren hierbei vom Transfer technologischer Hardware und Wissen aus dem Ausland. Ein weiterer Befund, der sich aus der Analyse der drei Transferkanäle ergibt, ist, dass die am wenigsten entwickelten Länder bisher fast vollständig vom internationalen Technologietransfer abgeschnitten sind.

Abschließend werden politische Maßnahmen auf Seiten der Technologiegeber- und der Technologienehmerländer identifiziert, die darauf abzielen den internationalen Technologietransfer im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft zu intensivieren.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	8
2 Entwicklung des Ressourcenverbrauchs und der Innovationskapazitäten im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf globaler Ebene.....	9
3 Kanäle für den internationalen Transfer von technologischer Hardware und Know-how	16
4 Internationaler Technologietransfer - die Rolle Deutschlands	18
4.1 Exporte	18
4.2 Internationale F&E-Kooperationen	21
4.3 Clean Development Mechanism	23
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	25
6 Quellenverzeichnis.....	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	DMC ausgewählter Länder(gruppen), in Mill. Tonnen.....	10
Abbildung 2:	DMC pro Kopf ausgewählter Länder, in 1.000 kg	10
Abbildung 3:	Anteile einzelner Länder und Ländergruppen an den transnationalen Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft	13
Abbildung 4:	Anzahl der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft pro Millionen Einwohner und DMC pro Kopf, Mittelwerte der Periode 2007-2011 (Patente) bzw. 2007-2010 (DMC pro Kopf), DMC in 1000 kg pro Kopf	15
Abbildung 5:	Anzahl der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft und DMC der Länder, logarithmierte Mittelwerte der Periode 2007-2011 (Patente) bzw. 2007-2010 (DMC), DMC in Mill. t.....	16
Abbildung 6:	Entwicklung der deutschen Exporte im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft, differenziert nach Ländergruppen, in Mrd. \$.....	19
Abbildung 7:	Entwicklung der deutschen Technologie-Exporte im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft, differenziert nach ausgewählten Schwellenländern, in Mrd. \$	20
Abbildung 8:	Struktur der Gastgeberländer von CDM-Projekten im Abfallbereich, basierend auf der Anzahl an Projekten.....	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kongruenz der Datenquellen.....	18
Tabelle 2:	Anzahl der internationalen Ko-Patente und ihr Anteil an den Gesamtpatenten im Bereich Abfall- und Recyclingtechnik, Anteile in %	21
Tabelle 3:	Die wichtigsten Partnerländer Deutschlands bei der Entwicklung von Patenten im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft.....	22
Tabelle 4:	Die wichtigsten Partnerländer Deutschlands bei wissenschaftlichen Publikationen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft	23

Abkürzungsverzeichnis

BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
CDM	Clean Development Mechanism
DMC	Domestic Material Consumption
EPO	European Patent Office
EZ	Entwicklungszusammenarbeit
FDI	Foreign Direct Investment
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
NIC	Newly Industrializing Countries
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
PCT	Patent Cooperation Treaty
UN	United Nations
WIPO	World Intellectual Property Organization

1 Einleitung

Das wirtschaftliche Wachstum der Schwellen- und Entwicklungsländer hat in den vergangenen Jahrzehnten zu einer stark steigenden Nachfrage nach Rohstoffen geführt. Im Zuge dieser Entwicklung hat sich insbesondere der Anteil Chinas am globalen Verbrauch vieler Rohstoffe deutlich erhöht, während die Anteile vieler klassischer Industrieländer aufgrund des strukturellen Wandels ihrer Wirtschaft deutlich zurückgegangen sind (Stürmer und Hagen 2012). Wenn man dieser Entwicklung die technologischen Kompetenzen gegenüberstellt, die notwendig sind, um die Effizienz der Ressourcennutzung zu steigern und mit wachsenden Abfallströmen sowohl ökologisch als auch sozial nachhaltig umzugehen, dann zeigt sich, dass die technologischen Innovationskapazitäten im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft sehr stark auf wenige hochentwickelte Länder (insbesondere Japan, Deutschland, USA) konzentriert sind.

Vor dem Hintergrund der globalen Umweltprobleme, die mit dem steigenden Rohstoffverbrauch einhergehen, erscheint eine stärkere Zusammenarbeit der technologischen Vorreiter mit den Schwellen- und Entwicklungsländern notwendig. Dementsprechend wird in Kapitel 7.10.3 des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRes II) der Ausbau der Zusammenarbeit mit Entwicklungs- und Schwellenländern sowie des Technologie- und Wissenstransfers als Handlungsansatz genannt. Zudem wird in Kapitel 4.2.4 auf den Aufbau von Verwertungsstrukturen in Schwellen- und Entwicklungsländern sowie das Exportnetzwerk „German ReTech Partnership“ verwiesen. Ursächlich für diese Initiativen sind einerseits die gravierenden ökologischen und sozialen Probleme, die aktuell mit der Verwertung und Beseitigung wachsender Abfallströme in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern verbunden sind. Daneben bietet der Aufbau effizienter Strukturen im Bereich der Kreislaufwirtschaft angesichts des wachsenden Rohstoffbedarfs vieler Schwellen- und Entwicklungsländer auch Möglichkeiten zur Reduktion der Primärrohstoffnachfrage.

Einige Studien haben sich bereits mit der deutschen Exportförderung im Bereich der Abfall- und Recyclingtechnologien und insbesondere der German ReTech Partnership (vormals Exportinitiative Recycling- und Effizienztechnik des BMUB) auseinandergesetzt (Range 2014; Beucker et al. 2014; Bethge/Kuhndt 2010) und entsprechende Empfehlungen für die weitere Ausgestaltung dieser Initiativen (z. B. Verbesserung der Sichtbarkeit, Reduktion des bürokratischen Aufwands für KMU, Konsolidierung der zahlreichen Programme) ausgesprochen.

Dagegen soll im Rahmen dieser Kurzanalyse eine übergreifende Perspektive auf den internationalen Technologietransfer im Bereich der Abfall- und Recyclingtechnologien und die Rolle Deutschlands eingenommen werden. Die Literatur zum internationalen Technologietransfer weist darauf hin, dass der Export nur einer von vielen Transferkanälen ist, über die technologische Hardware und Wissen international verbreitet werden. Daneben sind u. a. Ausländische Direktinvestitionen, die Entwicklungszusammenarbeit, Forschungsk Kooperationen, Lizenzgeschäfte und die Migration von Fachkräften zu berücksichtigen (World Bank 2008). Da einige Technologie aus dem Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft auch eine hohe Klimarelevanz besitzt, spielt zudem der Clean Development Mechanismus (CDM) des Kyoto-Protokolls eine wichtige Rolle als Transferkanal.

Anhand von empirischen Daten sollen im weiteren Verlauf der Analyse folgende Fragen untersucht werden: Wie hat sich die Zusammenarbeit mit den Schwellen- und Entwicklungsländern im Verlauf der letzten Jahre entwickelt? Mit welchen Ländern(gruppen) arbeitet Deutschland im Bereich der Abfall- und Recyclingtechnologien derzeit eng zusammen, welche Länder(gruppen) bleiben dagegen außen vor? Aufbauend den Antworten auf diese Fragen sollen Maßnahmen diskutiert werden, die zu einer Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft führen können und die über einen engen Fokus auf die Technologie hinausgehen. Bei der Entwicklung entsprechender Vorschläge ist zu berücksichtigen, dass sich Schwellen- und Entwicklungs-

länder hinsichtlich vieler relevanter Kontextfaktoren von den Industrieländern unterscheiden. Angeknüpft werden kann hierbei jedoch an die bereits bestehenden wissenschaftlichen und politischen Diskussionen über die Beschleunigung der internationalen Technologiediffusion im Klimaschutzbereich (Ockwell und Mallett 2012).

2 Entwicklung des Ressourcenverbrauchs und der Innovationskapazitäten im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf globaler Ebene

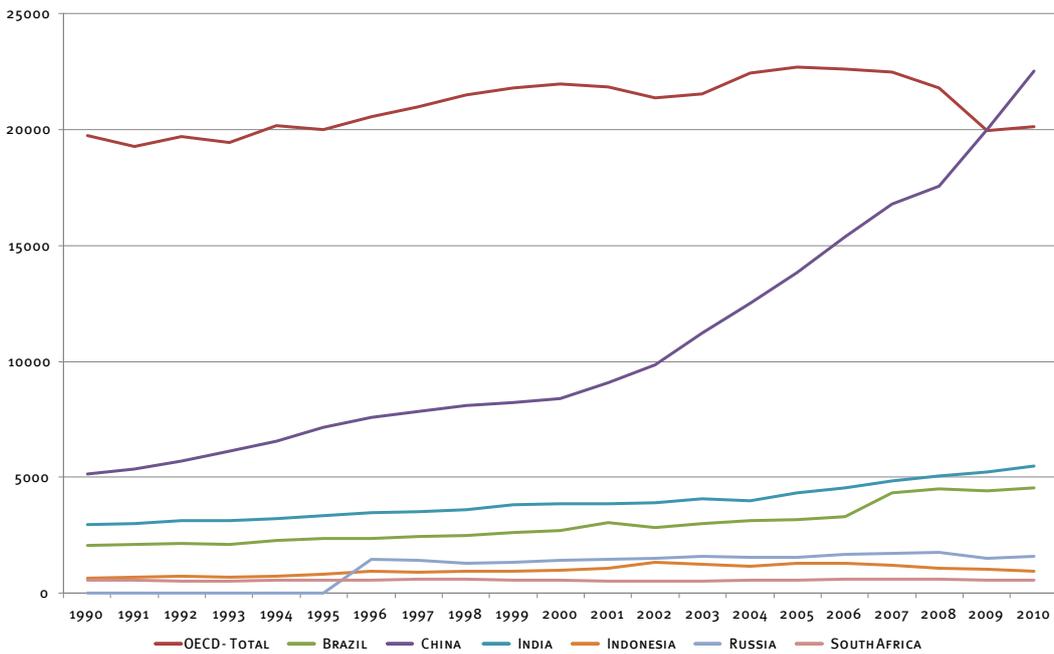
Die hohe Bedeutung des wirtschaftlichen Aufstiegs der Schwellenländer für den globalen Ressourcenverbrauch veranschaulicht Abbildung 1 anhand des Indikators „Domestic Material Consumption (DMC)“ bzw. inländischer Materialverbrauch. Der DMC erfasst die Gesamtentnahme an direkt verwertetem Material innerhalb einer Volkswirtschaft. Er ist definiert als die jährliche Menge an Rohmaterial, die im Inland entnommen wird, zuzüglich aller physischen Einfuhren und abzüglich aller physischen Ausfuhren. Er bezieht sich auf den tatsächlichen Verbrauch von Agrarrohstoffen, Holz, Baumaterialien, Industriemineralien, Metallen und Energierohstoffen (OECD.Stat 2016). Der DMC wird von der OECD für die Gesamtheit der OECD-Länder, die BRICS-Staaten¹ und Indonesien ermittelt und ist daher für den hier angestrebten internationalen Vergleich in besonderem Maße geeignet.

Die in Abbildung 1 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass der DMC für die Gruppe der OECD-Länder im Verlauf der Jahre 1990-2010 auf hohem Niveau nahezu konstant geblieben ist, wenn man nur den Anfangs- und Endpunkt der Periode betrachtet. Die stark rückläufige Entwicklung des Indikators in den Jahren nach 2007 kann vermutlich auf die globale Finanz- und Wirtschaftskrise in den Jahren 2008/2009 zurückgeführt werden; ohne diesen Sondereffekt wäre es vermutlich zu einer leichten Erhöhung des DMC gekommen. Dagegen hat sich der DMC Chinas im selben Zeitraum mehr als vervierfacht und lag im Jahr 2009 bereits über dem der OECD-Länder in ihrer Gesamtheit. Für Indien und Brasilien zeigt sich im Vergleich zu China ein deutlich langsamerer Anstieg der DMC, wobei Indien seinen Ressourcenverbrauch in diesem Zeitraum mehr als verdoppelt hat und in Brasilien annähernd eine Verdoppelung erreicht wurde. In Bezug auf die Bevölkerung war die Gruppe der OECD-Länder mit ca. 1,23 Mrd. Einwohnern im Jahr 2010 ähnlich groß wie China (1,35 Mrd. Einwohner) und Indien (1,21 Mrd.). Der DMC-Wert von Indonesien hatte sich zwischen 1990 und 2003 ebenfalls verdoppelt, war danach jedoch wieder rückläufig, so dass insgesamt „nur“ ein Anstieg von knapp 50 % zu verzeichnen war. Die DMC-Werte Russlands und Südafrikas haben sich dagegen annähernd konstant entwickelt. Insgesamt zeigt sich, dass der wirtschaftliche Aufholprozess der Schwellenländer zum Teil gravierende Auswirkungen auf den globalen Ressourcenverbrauch hat.

In Abbildung 2 wird für einen etwas längeren Zeitraum (1980-2014) die Entwicklung des DMC-Pro-Kopf für China, Deutschland, Japan und Südkorea dargestellt. Auch hier zeigt sich, dass für die beiden etablierten Industrieländer Deutschland und Japan der DMC-Wert tendenziell zurückgeht, während sich der Wert für Südkorea nach einer Phase des kontinuierlichen Anstiegs seit Anfang des Jahrtausends auf dem Niveau Deutschlands zu stabilisieren scheint. Das kontinuierliche Wachstum des DMC in China hat dazu geführt, dass das Land seit 2010 auch pro Kopf betrachtet einen höheren Ressourcenverbrauch aufweist als Deutschland und Japan.

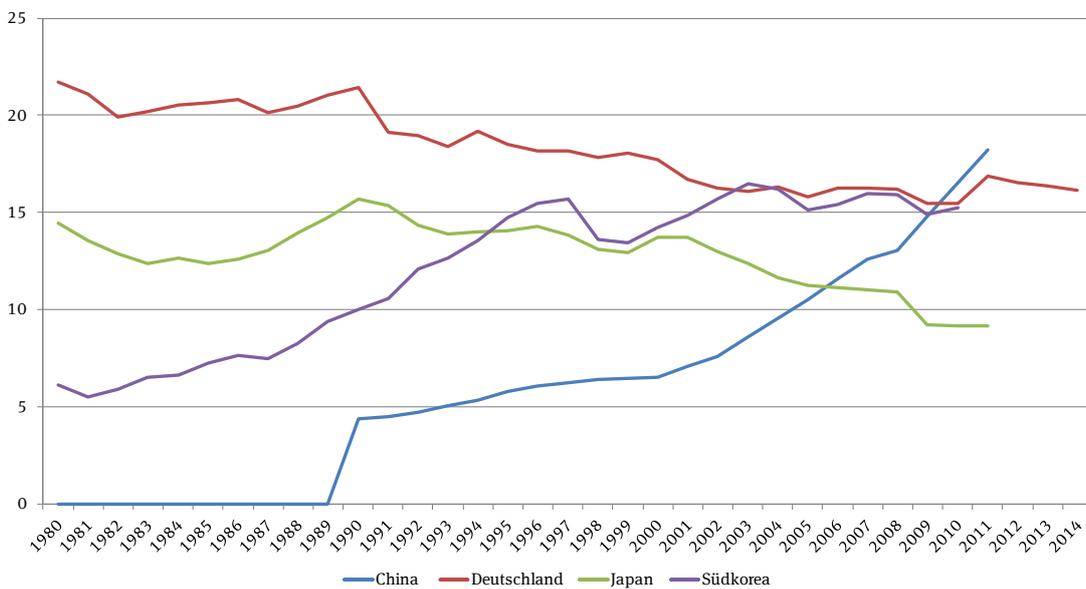
¹ Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika

Abbildung 1: DMC ausgewählter Länder(gruppen), in Mill. Tonnen²



Datenquelle: OECD

Abbildung 2: DMC pro Kopf ausgewählter Länder, in 1.000 kg³



Datenquelle: OECD

² Für Russland liegen für den Zeitraum 1990-1995 keine Werte vor.

³ Fehlende Werte für China für 1980-1989 und 2012-2014, für Japan im Zeitraum 2012-2014 und für Südkorea für 2014.

Den Daten zum Ressourcenverbrauch soll im weiteren Verlauf des Kapitels gegenübergestellt werden, wie sich die Innovationsaktivitäten im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft entwickelt haben.

Methodisch orientiert sich das Vorgehen hierbei an der RohPolRes-Kurzanalyse Nr. 8, die sich mit der Innovationsdynamik bei Ressourceneffizienztechnologien auseinandersetzt.⁴ Da Innovationsaktivitäten nicht direkt messbar sind, müssen Indikatoren identifiziert werden, die diese 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 dieser Kurzanalyse Patente als FuE-relevanter, intermediärer Indikator herangezogen, der 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.

Für den angestrebten internationalen Vergleich der technologischen Leistungsfähigkeit im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft wird auf methodische Erfahrungen aus früheren Arbeiten des Fraunhofer ISI (Walz et al. 2008) zurückgegriffen.⁵ 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 1990 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):

⁴ Die folgenden Ausführungen zur Patentanalyse sind daher an Sartorius und Gandenberger 2016 angelehnt.

⁵ 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.

- ▶ 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, 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. Dieser Einwand betrifft in besonderem Maße die Messung von Innovationsprozessen in Entwicklungsländern, für die Chaminade et al. (2009, S. 362) feststellen: „...most innovation taking place in developing countries is related to the absorption of technology and competence-building rather than resulting in introduction of new-to-the world innovations.“

Während in der RohPolRes-Kurzanalyse Nr. 8 die Innovationsaktivitäten bei Technologien zur Erhöhung der Ressourceneffizienz und hierbei insbesondere die Bereiche Substitution, Langlebigkeit, Materialeinsparung und Recycling betrachtet wurden, konzentriert sich die vorliegende Kurzanalyse auf technologische Fähigkeiten zur Bewirtschaftung von Abfällen und zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft. Konkret werden technologische Lösungen für die folgenden abfallwirtschaftlichen Aufgaben in die Betrachtung einbezogen:

- ▶ Sammlung und Transport von Abfällen
- ▶ Recycling
- ▶ Abfallverbrennung
- ▶ Rauchgasreinigung
- ▶ Kompostierung
- ▶ Deponierung

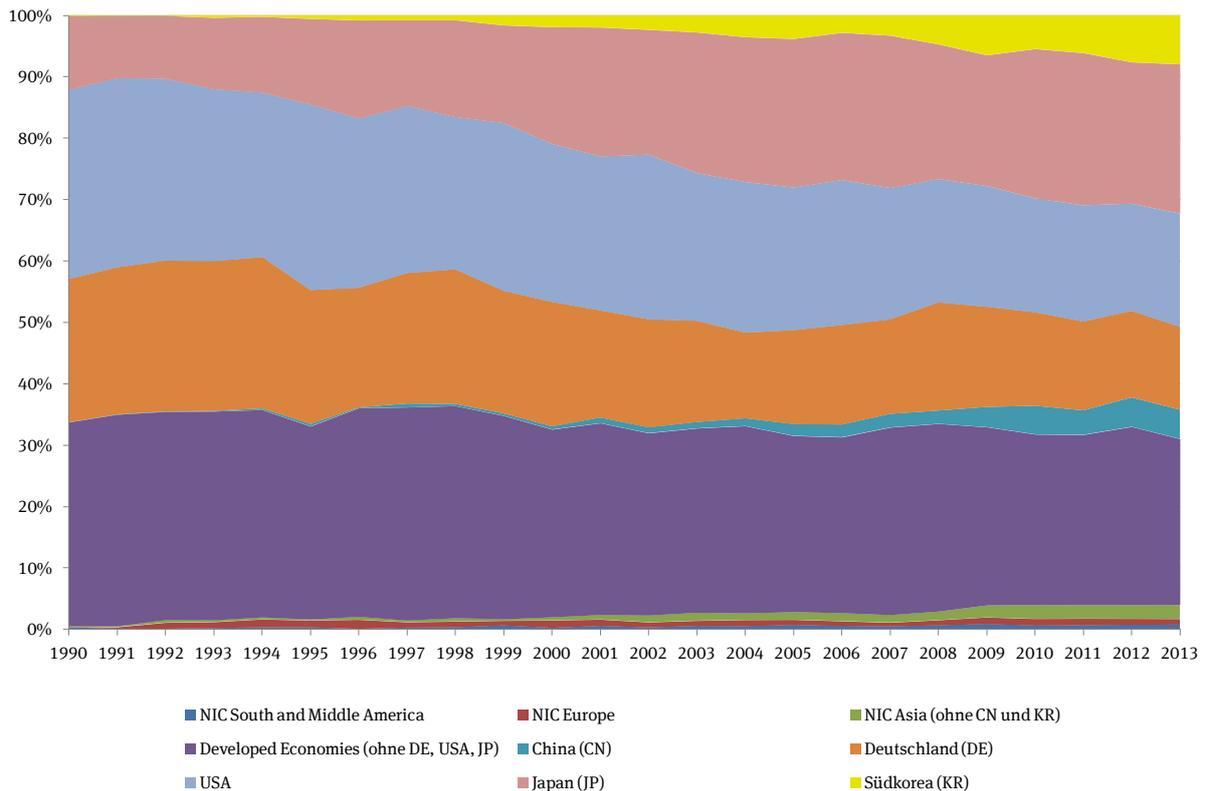
Die Ergebnisse der entsprechenden Patentrecherche sind in Abbildung 3 dargestellt, wobei China, Südkorea, Japan, USA und Deutschland aufgrund ihrer hohen Bedeutung als Innovationsstandorte separat ausgewiesen werden, während die Schwellenländer Südamerikas (u. a. Brasilien, Argentinien, Chile), Europas (u. a. Bulgarien, Rumänien, Litauen) und Asiens (u. a. Indien, Indonesien, Singapur) sowie die Industrieländer (u. a. Frankreich, Italien, Großbritannien) als Gruppe dargestellt werden.⁶ Anhand der Daten lässt sich für die beiden Schwellenländer Südkorea und China sehr gut verfolgen, dass beide Länder ihre F&E-Aktivitäten erst in den letzten 20 Jahren aufgenommen haben, aber bereits im Jahr 2013 einen Anteil von 8,0 % respektive 4,8 % an den weltweiten Patentanmeldungen vorweisen konnten, was die enorme Geschwindigkeit des technologischen Aufholprozesses in beiden Ländern unterstreicht.

Ebenso bemerkenswert ist, dass Japan im selben Zeitraum seinen Patentanteil von 12,0 % auf 24,3 % steigern konnte. Dagegen haben die USA, die zu Beginn der betrachteten Periode einen Anteil von 30,8 % hatten, ihre technologische Führungsrolle an Japan verloren und erreichen im Jahr 2013 nur

⁶ Die Begriffe „Schwellenland“ und „Newly Industrializing Country (NIC)“ werden synonym gebraucht.

noch auf einen Patentanteil von 18,4 %. Der Anteil der Patentanmeldungen deutscher Erfinder ist ebenfalls relativ kontinuierlich von 23,3 % auf 13,5 % zurückgegangen. Ähnlich verhält es sich bei der Gruppe der etablierten Industrieländer, deren Anteil von 33,1 % auf 27,0 % gesunken ist, wohingegen die Schwellenländer Europas, Asiens und Südamerikas ihre Anteile auf niedrigem Niveau jeweils steigern konnten.

Abbildung 3: Anteile einzelner Länder und Ländergruppen an den transnationalen Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft



Datenquelle: Patstat, Fraunhofer ISI

Die empirischen Daten zum DMC und zur technologischen Leistungsfähigkeit können im nächsten Schritt zusammengeführt werden, um zu untersuchen, inwieweit ausgewählte Länder in der Lage sind, die mit einem hohen DMC einhergehenden ökologischen Belastungen durch technologische Innovationen im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft zu bewältigen. Abbildung 4 stellt hierzu für ausgewählte Länder den DMC pro Kopf und die Anzahl an Patenten pro eine Millionen Einwohner gegenüber. Für die Periode 2007-2011 wurde der Mittelwert der Patentanmeldungen pro eine Millionen Einwohner berechnet und für den Zeitraum 2007-2010 der Mittelwert des DMC pro Kopf.

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung dieser Kurzanalyse ist die in der Nähe des Ursprungs des Streudiagramms lokalisierte Ländergruppe von besonderem Interesse, da sich hier eine Gruppe von Schwellenländern (Indien, Indonesien, Mexiko, Türkei, Russland und Südafrika) befindet, die derzeit sowohl einen niedrigen DMC als auch eine geringe Innovationskraft aufweisen. Es kann jedoch ausgehend von historischen Entwicklungsprozessen anderer Länder vermutet werden, dass diese Schwellenländer im Zuge ihres Industrialisierungsprozesses zunächst eine Phase mit steigendem Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch durchlaufen werden und erst nach Erreichen eines bestimmten

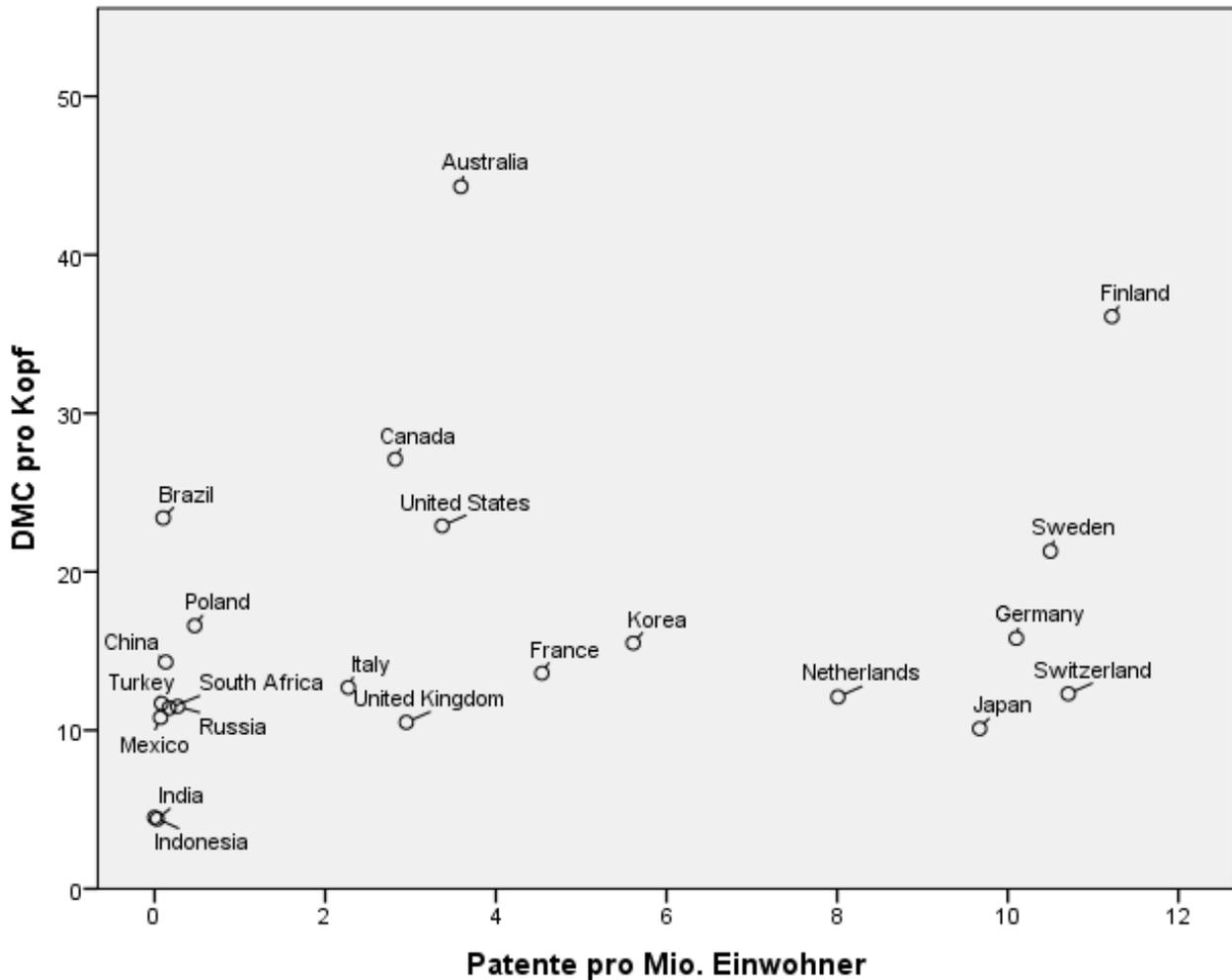
Schwellenwert durch strukturellen Veränderungen ihrer Wirtschaft sowie durch ein Bündel an technologischen, sozialen und institutionellen Innovationen in der Lage sein werden, ihren Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch zu stabilisieren und schließlich zu senken.⁷

Zu den Industrieländern, die diesen Schwellenwert nach heutiger Datenlage bereits überschritten haben und die ihren Ressourcenverbrauch auf einem Niveau unterhalb des Mittelwerts von 16,5 t pro Kopf der hier betrachteten 22 Länder stabilisiert haben, gehören Japan, die Niederlande, Deutschland, die Schweiz, Südkorea, Frankreich, Italien und das Vereinigte Königreich.

Der Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch in China, Polen und Brasilien ist in den letzten Jahren weiter gewachsen und hat den Wert von Deutschland annähernd erreicht bzw. bereits überschritten. Die Innovationskraft dieser Länder ist jedoch relativ zur Einwohnerzahl betrachtet sehr gering ausgeprägt. Bei den USA, Kanada und Australien handelt es sich um Länder mit einem für die betrachtete Ländergruppe deutlich überdurchschnittlichen Ressourcenverbrauch, allerdings verfügt diese Gruppe über eine relativ gut ausgeprägte technologische Leistungsfähigkeit bei den betrachteten Technologien. Ähnlich ist die Situation in Finnland und Schweden, deren technologische Kompetenzen relativ zur Bevölkerung betrachtet jedoch noch stärker ausgeprägt sind.

⁷ Vgl. hierzu die in Abbildung 2 dargestellte Entwicklung Südkoreas.

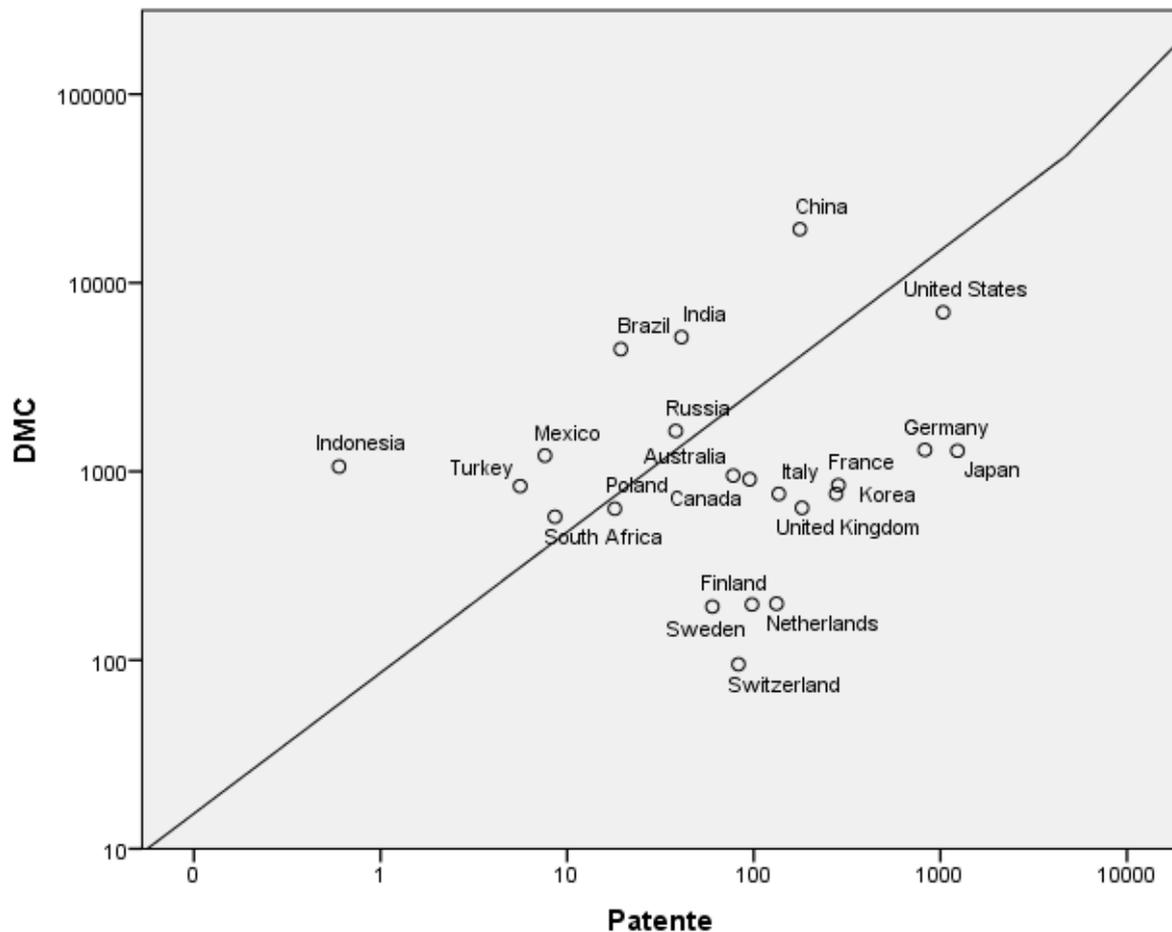
Abbildung 4: Anzahl der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft pro Millionen Einwohner und DMC pro Kopf, Mittelwerte der Periode 2007-2011 (Patente) bzw. 2007-2010 (DMC pro Kopf), DMC in 1000 kg pro Kopf



Quelle: Fraunhofer ISI, Patstat, OECD

In Abbildung 5 sind die logarithmierten absoluten Mittelwerte für den DMC und die Anzahl an Patenten der jeweiligen Länder dargestellt, wobei eine klare Zweiteilung zwischen den Schwellenländern im linken Segment der Graphik und den Industrieländern im rechten Segment deutlich wird.

Abbildung 5: Anzahl der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft und DMC der Länder, logarithmierte Mittelwerte der Periode 2007-2011 (Patente) bzw. 2007-2010 (DMC), DMC in Mill. t



Quelle: Fraunhofer ISI, Patstat, OECD

In Anbetracht dieser hier nur für einige wenige Länder skizzierten Ausgangssituation stellt sich die Frage, ob es für die Schwellenländer einen alternativen Entwicklungspfad gibt, der mit einem weniger starken Anstieg des DMC pro Kopf einhergeht. Welche Rolle hierbei die technologische Zusammenarbeit mit den bereits weiter entwickelten Ländern und die internationale Diffusion technologischer Innovationen spielt, soll im weiteren Verlauf der Analyse betrachtet werden.

3 Kanäle für den internationalen Transfer von technologischer Hardware und Know-how

In der Literatur zum internationalen Technologietransfer werden verschiedene Transferkanäle betrachtet (World Bank 2008; Keller 2004), die in diesem Kapitel kurz vorgestellt werden. Unter dem Begriff des internationalen Technologietransfers wird in diesem Zusammenhang nicht allein der grenzüberschreitende Transfer technologischer Hardware verstanden, sondern auch der Transfer von

technologischem Know-how und Erfahrung. Diese Ausrichtung steht im Einklang mit der Definition des Weltklimarats. Dieser definiert Technologietransfer als “a broad set of processes covering the flows of knowledge, experience and equipment...amongst different stakeholders such as governments, private sector entities, financial institutions, NGOs and research/educational institutions...The broad and inclusive term ‘transfer’ encompasses diffusion of technologies and technology cooperation across and within countries...It comprises the process of learning to understand, utilise and replicate the technology, including the capacity to choose it and adapt it to local conditions” (IPCC 2000, 3). Wissen wird in der Literatur häufig in implizites und explizites Wissen unterteilt: Implizites Wissen (Polanyi 1966) kann nicht kodifiziert werden und ist dadurch eng verbunden mit den jeweiligen Personen oder Teams, die über dieses Wissen verfügen. Es kann nur durch die persönliche Interaktion zwischen Lehrer und Schüler vermittelt werden. Explizites Wissen ist dagegen kodifizierbar und kann dadurch ubiquitär verfügbar gemacht werden.

Aus der Perspektive des Technologiegebers kann der Technologietransfer ins Ausland intendiert oder nicht-intendiert erfolgen. Ein intendierter Technologietransfer findet beispielsweise dann statt, wenn ein multinationales Unternehmen im Ausland eine neue Produktionsstätte aufbaut und seine lokalen Mitarbeiter entsprechend schult. Technologietransfer kann aber auch ein nicht-intendierter oder gar unerwünschter Nebeneffekt internationaler Aktivitäten von Unternehmen sein, der zur Imitation technologischer Innovationen durch den Wettbewerb führt.

Im Folgenden werden die verschiedenen Transferkanäle kurz vorgestellt:

- a) Der internationale Handel ist einer der wichtigsten Kanäle für den Transfer von technologischem Wissen. Durch den Import von Kapitalgütern oder Halbzeugen, die eine hohe technologische Komplexität aufweisen und für deren Entwicklung bzw. Produktion eine ausgeprägte technologische Kompetenzen notwendig sind, können Unternehmen die Effizienz ihrer Wertschöpfungsprozesse steigern und somit indirekt von der Innovationsleistung des Herstellers profitieren. Allerdings weist Keller (2004) darauf hin, dass der durch den Handel mit Kapitalgütern ausgelöste Technologietransfer dadurch eingeschränkt wird, dass das zugrundeliegende Wissen nicht direkt transferiert wird, sondern nur in seiner Verkörperung als Kapitalgut. Dieses „capital embodied knowledge“ kann nur von demjenigen erschlossen werden, der bereits über relativ gut ausgeprägte Kompetenzen in den relevanten Technologien verfügt und der sich etwa durch „reverse engineering“ die technologische Bedeutung einzelner Konstruktionselemente selbst erschließen kann.
- b) FDI bzw. Ausländische Direktinvestitionen sind ein weiterer bedeutender Transferkanal, da Multinationale Unternehmen beim Aufbau neuer Niederlassungen im Ausland sowohl in neue Maschinen und Anlagen investieren als auch ihr Wissen über effiziente Produktionsmethoden an lokale Mitarbeiter und Zulieferer vermitteln (Damijan et al. 2003).
- c) Internationale F&E-Kooperationen: Sowohl durch den Aufbau von F&E-Abteilungen privater Unternehmen im Ausland als auch durch die internationalen Kooperation von Universitäten und Forschungseinrichtungen mit ausländischen Partnern kann explizites und implizites Wissen über Landesgrenzen hinweg vermittelt werden (World Bank 2008).
- d) Ein weiterer Transferkanal ist die Vergabe von Produktions- oder Distributionslizenzen an ausländische Unternehmen, da hierbei das einem Produkt zugrundeliegenden technologischen Wissen offengelegt und an den Lizenznehmer transferiert wird (World Bank 2008).
- e) Durch die internationale Migration von Branchenexperten und Wissenschaftlern sowie die Einbindung in internationale Expertennetzwerke kann implizites Wissen über Ländergrenzen hinweg vermittelt werden (Altenburg et al. 2008).
- f) Die Vermittlung technologischen Wissens und die Unterstützung beim Aufbau entsprechender Kompetenzen in Entwicklungsländern ist zudem auch ein wichtiges Element der Internationalen Entwicklungszusammenarbeit (EZ).

- g) Ein weiterer Transferkanal, der unter dem Dach des Kyoto-Protokolls eingerichtet wurde, ist der Clean Development Mechanism (CDM). Dieser ermöglicht es Akteuren aus Industrieländern, ihren Emissionsverpflichtungen durch die Umsetzung von Klimaschutzprojekten in Entwicklungsländern zu erfüllen (Murphy et al. 2013).

Um den internationalen Technologietransfer im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft und die Rolle Deutschlands angemessen zu erfassen, soll zunächst eine entsprechende empirische Grundlage geschaffen werden. Durch den relativ engen Technologiefokus können quantitative Daten im Rahmen dieser Kurzanalyse nur für den internationalen Handel (a), die internationalen F&E-Kooperationen (c) und den CDM-Mechanismus (g) in der entsprechenden Granularität gewonnen und interpretiert werden. Da es sich hierbei um sehr unterschiedliche Datenquellen handelt, kommt es innerhalb des betrachteten Technologiefelds zu Unterschieden hinsichtlich der Erfassung einzelner Technologielinien, die in Tabelle 1 dargestellt werden.

Tabelle 1: Kongruenz der Datenquellen

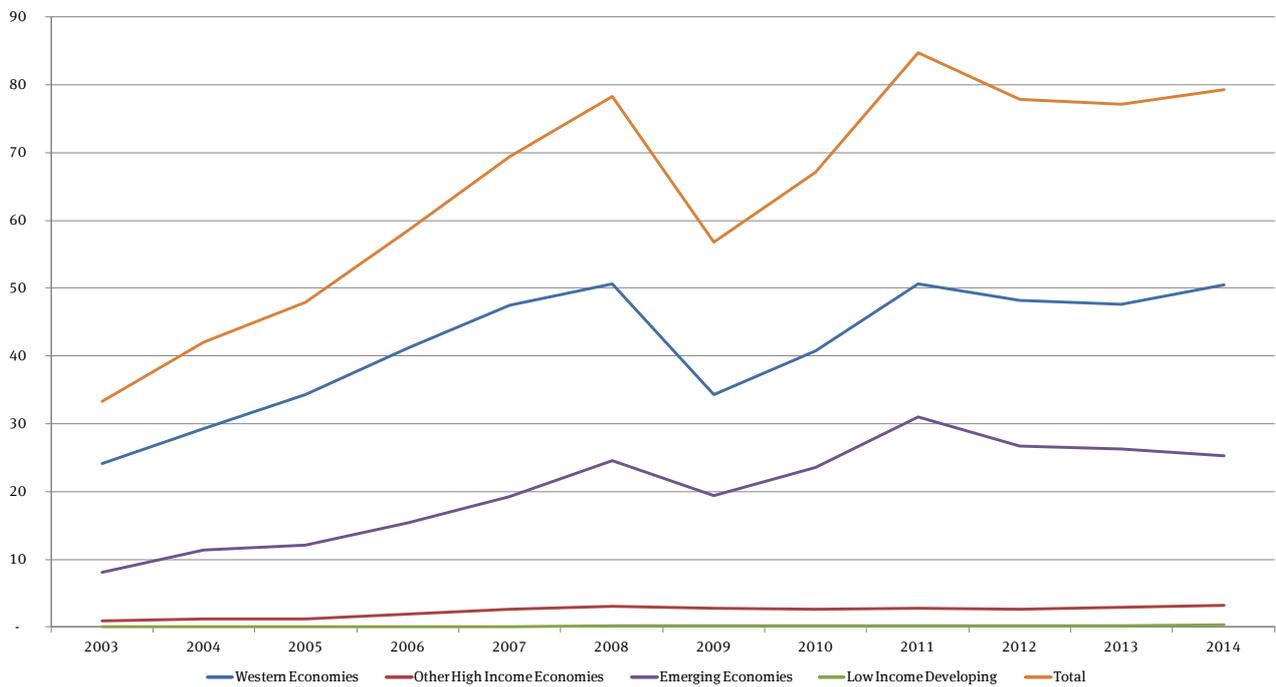
Technologielinien	F&E-Kooperationen	Handel	CDM
Deponierung	x	x	x
Kompostierung	x		x
Recycling	x	x	
Sammlung und Transport von Abfällen	x	x	
Abfallverbrennung	x	x	
Rauchgasreinigung	x		
Minimierung von Abfällen im Produktionsprozess		x	
Unternehmensinterne Kreislaufwirtschaft		x	x

4 Internationaler Technologietransfer - die Rolle Deutschlands

4.1 Exporte

Aus Abbildung 6 wird ersichtlich, dass die deutschen Technologieexporte im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft in der Periode 2003-2014 von 33,2 Mrd. \$ auf 79,2 Mrd. \$ gestiegen sind. Einen wesentlichen Anteil an dieser Entwicklung hatten die Exporte in Schwellenländer (u. a. China, Indien, Brasilien), die im betrachteten Zeitraum von 8,1 Mrd. \$ auf 25,2 Mrd. \$ angestiegen sind und die sich somit verdreifacht haben. Ebenfalls einen relativ starken Anstieg hatten die Exporte in die entwickelten westlichen Volkswirtschaften (u. a. USA, Japan, Australien und die EU-Staaten) zu verzeichnen, die von 24,2 Mrd. \$ auf 50,5 Mrd. \$ gewachsen sind. Stark angestiegen sind auch die Exporte in andere Staaten mit hohem Pro-Kopf-Einkommen (u. a. Kuwait, Saudi-Arabien, Singapur), allerdings liegen diese insgesamt mit einem Anteil von knapp 4 % an den deutschen Technologieexporten auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Die Exporte in Entwicklungsländer (u. a. Bangladesch, Liberia, Afghanistan) haben derzeit nur einen Anteil von 0,3 % an den deutschen Exporten.

Abbildung 6: Entwicklung der deutschen Exporte im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft, differenziert nach Ländergruppen, in Mrd. \$

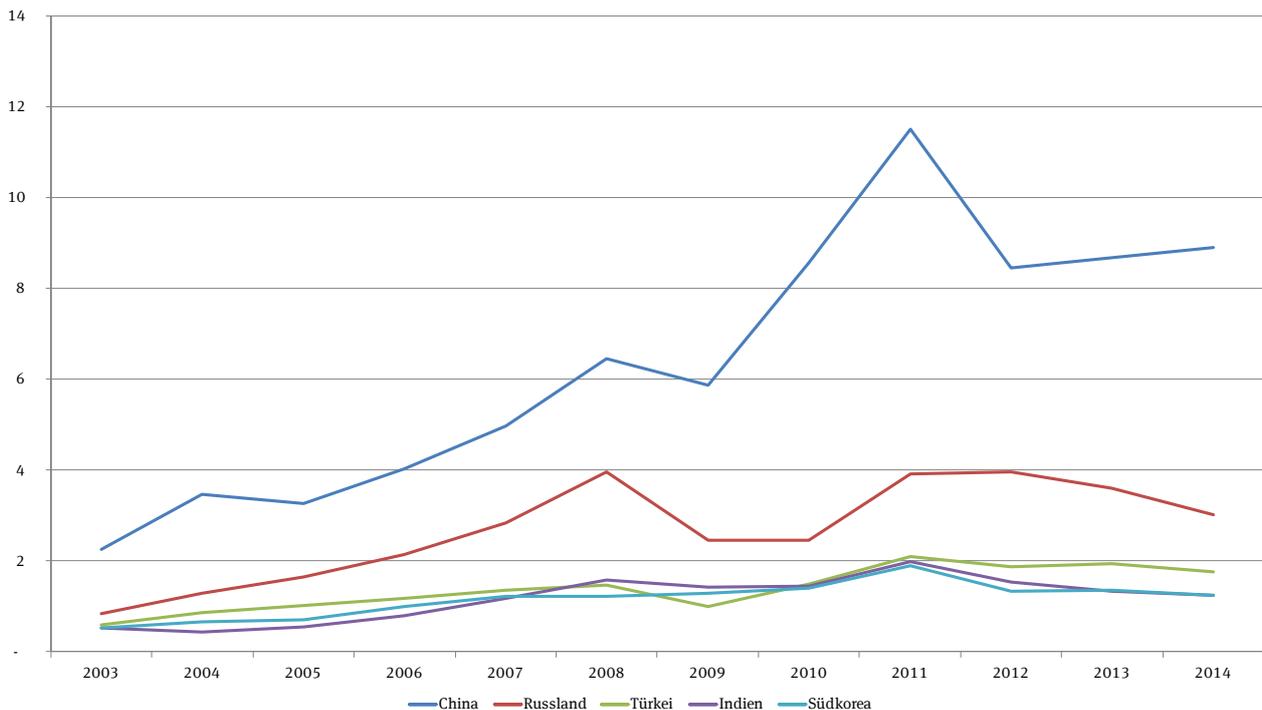


Datenquellen: UN Comtrade, Fraunhofer ISI

Vor dem Hintergrund der Problematik des stark steigenden Ressourcenverbrauchs vieler Schwellenländer wurden die deutschen Technologie-Exporte im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft weiter nach den wichtigsten Zielländern aufgeschlüsselt.

Abbildung 7 zeigt die starke und relativ kontinuierlich gewachsene Nachfrage Chinas nach deutschen Abfall- und Recyclingtechnologien. China ist inzwischen mit einem Anteil von 11,7 % an den Gesamtexporten noch vor den USA der wichtigste Absatzmarkt Deutschlands. Ein weiterer wichtiger Markt ist Russland (4,4 % an den Gesamtexporten), allerdings hat sich das starke Wachstum in der Periode 2003-2008 danach nicht weiter fortgesetzt. Mit einem gewissen Abstand auf China und Russland folgen dann die Türkei, Indien und Südkorea.

Abbildung 7: Entwicklung der deutschen Technologie-Exporte im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft, differenziert nach ausgewählten Schwellenländern, in Mrd. \$



Datenquellen: UN Comtrade, Fraunhofer ISI

Der starke Anstieg der deutschen Exporte von Abfall- und Kreislaufwirtschaftstechnologien kann so interpretiert werden, dass hierdurch das in Abbildung 4 (s. S. 15) aufgezeigte und für viele Schwellenländer charakteristische Spannungsverhältnis zwischen den bereits relativ hoch ausgeprägten Pro-Kopf-DMC-Werten einerseits und den anhand des Patentindikators als noch niedrig eingeschätzten Innovationskapazitäten andererseits ausgeglichen werden kann. Daher ist es nicht verwunderlich, dass China, Russland und die Türkei, die sich allesamt etwas oberhalb der unteren linken Ecke von Abbildung 4 befinden, auch zu den sich am schnellsten entwickelnden Absatzmärkten für deutsche Technologieexporte gehören.

Insgesamt legen der starke Anstieg der Exporte und der wachsende Anteil der Schwellenländer an den Gesamtexporten nahe, dass der internationale Technologietransfer zwischen Deutschland und Schwellenländern deutlich zugenommen hat. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass diese Art des „capital embodied technology transfer“ zwar in der Lage ist, die Effizienz der Abfall- und Kreislaufwirtschaft in den Empfängerländern zu steigern, aber vermutlich nur einen relativ geringen Beitrag zum Aufbau lokaler Innovationskapazitäten in den Zielländern leistet, da das technologische Wissen hierbei nicht direkt transferiert wird. Weiterhin ist zu beachten, dass die bisher am wenigsten entwickelten Länder bisher kaum vom internationalen Technologietransfer profitieren.

4.2 Internationale F&E-Kooperationen

Als Indikator zur Messung des Wissensaustauschs im Rahmen internationaler F&E-Kooperationen können internationale Ko-Patente herangezogen werden (Neuhäusler et al. 2015). Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass im Zuge der wissenschaftlichen Zusammenarbeit sowohl implizites als auch explizites Wissen ausgetauscht wird.⁸ In Tabelle 2 werden sowohl die Anzahl der Ko-Patente als auch ihr Anteil an den gesamten Patenten im Bereich Abfall- und Recyclingtechnologie für die Technologieführer USA, Japan und Deutschland sowie die Welt insgesamt dargestellt.

Tabelle 2: Anzahl der internationalen Ko-Patente und ihr Anteil an den Gesamtpatenten im Bereich Abfall- und Recyclingtechnik, Anteile in %

	Welt		USA		Japan		Deutschland	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
1995	78	4,5	33	6,5	6	2,5	27	6,4
1996	105	5,5	39	7,5	7	2,2	39	9,54
1997	118	5,9	50	9,7	15	4,9	41	9,01
1998	115	5,3	49	9,5	6	1,8	48	9,09
1999	137	5,4	61	9,2	16	4,1	51	8,75
2000	199	6,9	86	12,2	15	2,6	75	11,8
2001	168	6,1	83	12,1	11	1,9	62	11,7
2002	206	7,1	105	13,7	29	4,6	68	12,4
2003	164	5,5	80	11,3	10	1,3	58	10,9
2004	190	6,7	86	13,1	11	1,5	55	12,4
2005	152	5,2	69	10,7	12	1,5	51	11,3
2006	192	6,3	76	11,7	14	1,7	58	11,7
2007	190	6,0	71	11,4	17	1,8	70	14,6
2008	195	6,8	77	15,6	21	2,9	67	14,7
2009	177	5,6	79	13,9	20	2,6	58	11
2010	222	6,1	81	13,1	16	1,6	80	14,7
2011	221	6,0	97	14,5	21	2,1	63	13,2
2012	258	7,0	106	18,1	27	2,8	81	16,7
2013	193	5,2	87	13,2	14	1,4	66	13,3

Datenquellen: Patstat, Fraunhofer ISI

Die Daten zeigen, dass die Anzahl der Ko-Patente weltweit zwar deutlich gestiegen ist, allerdings ist ihr Anteil an den Gesamtpatenten nahezu konstant geblieben. Bei der Betrachtung der drei Technolo-

⁸ Ein internationales Ko-Patent wird als ein solches identifiziert, wenn mindestens einer der in der Patentschrift genannten Erfinder einen Wohnsitz in einem anderen Land hat als die anderen Erfinder.

gieführer wird deutlich, dass die USA und Deutschland den Anteil der Ko-Patente an den Gesamtpatenten im Betrachtungszeitraum nahezu verdoppelt haben und somit kooperationsfreudiger geworden sind, während Japan relativ konstant einen sehr geringen Anteil an Ko-Patenten aufweist, was jedoch im Einklang mit der allgemeinen Situation des japanischen Innovationssystems steht und somit keine Besonderheit des Abfall- und Recyclingsektors darstellt (Vgl. hierzu Neuhäusler et al. 2015).

Die wichtigsten Partnerländer Deutschlands bei der Entwicklung von Patenten im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft sind in Tabelle 3 aufgelistet. Neben den USA, Südkorea und China treten hierbei vor allem die europäischen Länder als wichtige Partner hervor.

Tabelle 3: Die wichtigsten Partnerländer Deutschlands bei der Entwicklung von Patenten im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Partnerländer Deutschland	Anzahl Ko-Patente 2009-2013
USA	68
Schweiz	57
Frankreich	38
Niederlande	33
Südkorea	29
Österreich	22
Großbritannien	20
Belgien	16
China	15
Schweden	15

Datenquellen: Patstat, Fraunhofer ISI

Die wesentlichen Ergebnisse der Patentanalyse werden durch die Analyse wissenschaftlicher Ko-Publikationen deutscher Autoren im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft ergänzt und bestätigt (Tabelle 4). Auch hier ist die USA der wichtigste Forschungspartner, gefolgt von den europäischen Ländern. Der Indikator scheint zudem darauf hinzudeuten, dass die wissenschaftliche Kooperationen Deutschlands mit China bereits etwas intensiver sind als die stärker anwendungsorientierten Kooperationen, die vom Patentindikator erfasst werden.

Tabelle 4: Die wichtigsten Partnerländer Deutschlands bei wissenschaftlichen Publikationen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Partnerländer Deutschlands	Anzahl Ko-Publikationen 2010-2014
USA	55
Spanien	32
Großbritannien	31
Italien	29
Niederlande	28
China	26
Schweiz	24
Frankreich	22
Dänemark	14
Schweden	13

Datenquellen: Web of Science, Fraunhofer ISI

Insgesamt zeigen die Daten, dass zwar vermehrt internationale F&E-Kooperationen durchgeführt werden und durch die zunehmenden Kontakte vermutlich auch der Technologietransfer intensiviert wird. Relativ betrachtet ist die Bedeutung internationaler F&E-Kooperationen jedoch konstant geblieben. Für Deutschland ergibt sich zudem der Eindruck, dass – mit Ausnahme Chinas – internationale Technologiekooperationen vor allen mit anderen, ähnlich weit entwickelten Ländern durchgeführt werden, die vermutlich komplementäre Kompetenzen in die Kooperation einbringen. F&E-Kooperationen Deutschlands mit Schwellen- und Entwicklungsländern sind bisher eher selten.

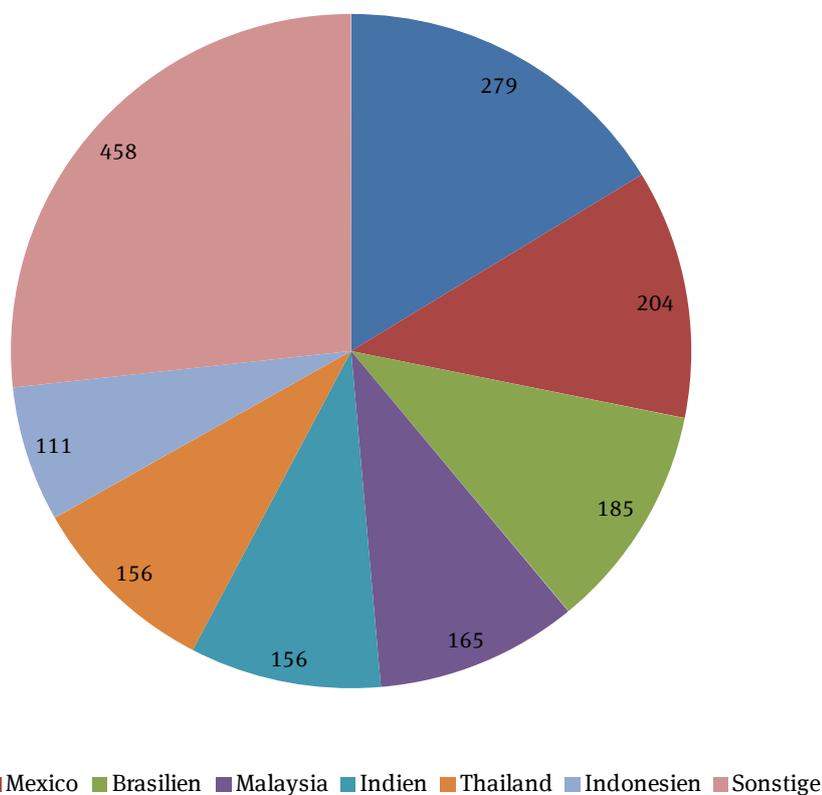
4.3 Clean Development Mechanism

Der Clean Development Mechanism (CDM) wurde unter dem Dach der UN-Klimarahmenkonvention als einer der drei so genannten „flexiblen Mechanismen“ des Kyoto-Protokolls eingerichtet. Durch den CDM können die im Annex 1 des Kyoto-Protokolls aufgeführt Industrieländer, Emissionszertifikate erwerben, indem sie in Entwicklungsländern (Nicht-Annex 1-Staaten) Klimaschutzprojekte umsetzen. Die durch CDM-Projekte vermiedenen Treibhausgasemissionen werden von unabhängigen Prüforganisationen durch Emissionszertifikate (Certified Emission Reductions, CER) verbrieft und können auf die nationalen Klimaschutzverpflichtungen der Annex 1-Staaten angerechnet werden. Der ökonomische Hintergrund hierfür ist, dass sich Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern aufgrund der in der Regel geringeren Grenzvermeidungskosten kostengünstiger umsetzen lassen als in den Industrieländern. Durch die CER-Gutschrift kommt es indirekt zu einer Subvention von CDM-Projekten, allerdings sind die finanziellen Anreize im Zuge des Preisverfalls bei den Emissionszertifikaten in den letzten Jahren verloren gegangen, was auch zur einem deutlichen Rückgang bei den CDM-Projekten geführt hat. Darüber hinaus können CDM-Projekte die Entwicklungsländer auch bei der nachhaltigen Entwicklung ihrer Infrastruktur und ihrer Wirtschaft unterstützen. Umgesetzt werden überwiegend Projekte zur Nutzung erneuerbarer Energien (z. B. Wind- und Wasserkraft, Photovoltaik, Solarthermie, Biomasse), Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zur Substitution

fossiler Energieträger. Vielfach wird in der Literatur davon ausgegangen, dass der CDM einen Beitrag zum internationalen Technologietransfer leistet (Murphy et al. 2013; Seres et al. 2009; Gandenberger et al. 2015).

Da durch eine angemessene technische Behandlung organischer Abfälle nicht nur klimaschädliche Methanemissionen vermieden, sondern auch Bio- bzw. Deponiegas als alternativer Energieträger gewonnen wird, spielen Projekte aus dem Abfallbereich auch im Kontext des CDM eine bedeutende Rolle – von gegenwärtig 8475 in der CDM-Pipeline gelisteten Projekten stammen 1714 aus den Bereichen „landfill gas“ und „methane avoidance“ (UNEP/DTU CDM-Pipeline, Stand 1.7.2016).

Abbildung 8: Struktur der Gastgeberländer von CDM-Projekten im Abfallbereich, basierend auf der Anzahl an Projekten



Datenquellen: UNEP/DTU CDM Pipeline

Die in Abbildung 8 dargestellte Struktur der Gastgeberländer von CDM-Projekten im Abfallbereich zeigt, dass neben China auch viele andere Schwellenländer CDM-Projekte beheimaten und voraussichtlich von dem damit verbundenen Technologietransfer profitieren. Die Struktur ist damit im Abfallbereich deutlich diversifizierter als im CDM-Sektor insgesamt, der stark auf die Länder China und Indien konzentriert ist. Allerdings muss auch bei diesem Transferkanal festgestellt werden, dass die „least developed countries“ nur sehr wenige CDM-Projekte beheimaten und somit kaum vom internationalen Technologietransfer profitieren. Die Rolle Deutschlands als Technologiegeber kann basierend auf den vorhandenen Daten leider nicht näher untersucht werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Als treibende Kraft für den internationalen Technologietransfer wurde weiter oben die Diskrepanz zwischen den auf wenige Industrieländer konzentrierten technologischen Kompetenzen zur Umsetzung innovativer Lösungen im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft und der für viele Entwicklungs- und Schwellenländer drängenden Problematik eines starken Anstiegs des Ressourcenverbrauchs angesehen.

Ein besonders dramatisches Beispiel ist die Entwicklung in der Volksrepublik China, deren DMC pro Kopf von 4,4 t im Jahr 1990 auf 18,2 t im Jahr 2011 angestiegen ist und deren absoluter DMC mit knapp 22,5 Mrd. t bereits im Jahr 2010 weit über dem der USA (6,5 Mrd. t) lag. Zwar ist es China in den letzten 20 Jahren gelungen, seine Innovationskapazitäten stark auszubauen und einen Anteil von knapp 5 % an den weltweiten Patentanmeldungen zu erreichen. Pro Kopf betrachtet ist das Verhältnis zwischen dem enormen ökologischen Problemdruck und der lokalen technologischen Lösungskompetenz in China nach wie vor deutlich ungünstiger als in den hochentwickelten Industrieländern. Neben China gibt es zudem weitere Schwellenländer, die aller Voraussicht nach zukünftig vor ähnlichen Herausforderungen stehen werden. Vor diesem Hintergrund kann der internationale Transfer bestehender technologischer Lösungen sowie der weitere Aufbau von lokalen Lösungskompetenzen im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft ein wichtiger Baustein zur Überwindung der mit dem steigenden Ressourcenverbrauch einhergehenden ökologischen und sozialen Probleme sein.

Mit Blick auf die in dieser Kurzanalyse näher untersuchten Transferkanäle zeigt sich, dass die deutschen Technologieexporte in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen sind und dass die steigende Nachfrage Chinas, Russlands und der Türkei hieran einen wichtigen Anteil hatte. Internationale F&E-Kooperationen sind für Deutschland ebenfalls zunehmend wichtiger geworden, allerdings kooperieren deutsche Wissenschaftler in erster Linie mit ihren Kollegen aus anderen hoch entwickelten Ländern. Wenn man von China absieht, scheinen deutsche F&E-Kooperationen Vertretern aus Schwellenländern immer noch ein relativ seltenes Phänomen zu sein. Ein deutlich stärker diversifiziertes Bild zeigt sich bei den CDM-Projekten: Neben China sind zahlreiche weitere Schwellenländer aus Asien und Südamerika als wichtige Gastgeberländer von CDM-Projekten im Abfallbereich aktiv und profitieren hierbei vom Transfer von technologischer Hardware und Wissen aus dem Ausland. Ein weiterer Befund, der sich aus der Analyse der drei Transferkanäle ergibt, ist, dass die am wenigsten entwickelten Länder bisher kaum vom internationalen Technologietransfer profitieren.

Um den internationalen Technologietransfer im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft zu intensivieren, können sowohl auf Seiten der Technologiegeber- als auch der Technologienehmerländer entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

Geberländer

Politische Maßnahmen der Technologiegeberländer könnten entlang der folgenden drei Stoßrichtungen entwickelt werden:

- **Forschungs- und Technologiepolitik:** In den staatlichen Innovationsförderprogrammen sollten die spezifischen Anforderungen und Bedürfnisse der Schwellen- und Entwicklungsländer zunächst genauer analysiert und dann im Zuge des Innovationsprozesses stärker berücksichtigt werden. In Entwicklungsländern werden häufig einfache, robuste und kostengünstige technologische Lösungen benötigt, die nicht ohne Weiteres mit dem klassischen High-Tech-Innovationsparadigma der Industrieländer kompatibel sind. Vor diesem Hintergrund erscheinen gezielte Programme zur Förderung sogenannter „frugaler“ Innovationen erforderlich.
- **Insgesamt sollte die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit den Schwellen- und Entwicklungsländern auf breiter Basis intensiviert werden.** Da die am wenigsten entwickelten Länder

bisher kaum vom internationalen Technologietransfer profitieren, sollten Mechanismen oder Programme entwickelt werden, die die besondere Situation dieser Länder in spezifischer Weise berücksichtigen und gezielte Anreize für private Akteure setzen, sich in Entwicklungsländern zu engagieren.

- Intensivierung der internationalen EZ im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft: Die EZ der entwickelten Industrieländer kann frühzeitig einen Beitrag zum Aufbau von Kompetenzen im Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft in den Schwellen- und Entwicklungsländern leisten und beim Aufbau geeigneter Strukturen beratend unterstützen.
- Verstärkte Information, Beratung und Vernetzung der Akteure im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft: Das deutsche Exportnetzwerk German ReTech Partnership ist ein gutes Beispiel für die Vernetzung exportorientierter Unternehmen in Deutschland. Durch die Informations- und Beratungsleistung des Netzwerks können Informationsdefizite über Auslandsmärkte überwunden und Risiken bei der Markterschließung speziell für KMU reduziert werden. Darüber hinaus ist die German ReTech Partnership für Interessenten aus dem Ausland Anlaufstelle hinsichtlich Information über deutsche Entsorgungs- und Recyclingtechnologie, Kontaktvermittlung und Unterstützung bei der Weiterentwicklung einer geordneten umwelt- und ressourcenschonenden Abfallwirtschaft.

Empfängerländer

Im Rahmen der Diskussion um die Beschleunigung des internationalen Transfers von Klimaschutztechnologien wurden transparente und zeitlich stabile staatliche Initiativen der Empfängerländer zur Schaffung bzw. Erhöhung der Nachfrage als wichtigste Treiber identifiziert. Weitere wichtige Aspekte sind der Abbau von Handels- und Investitionshemmnissen bzw. die Schaffung eines „level playing fields“ für einheimische und ausländische Unternehmen, was häufig aber nicht im Einklang mit dem Bestreben vieler Schwellenländern steht, die eigene industrielle Entwicklung voranzutreiben und die noch im Entstehen befindende Industrie vor dem internationalen Wettbewerb zu schützen (Gallagher 2014; Lewis 2013).

Für die Anpassung von Technologien aus dem Ausland sowie die eigenständige Entwicklung von Innovationen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft müssen die nationalen Innovationssysteme entsprechend ausgebaut werden. Für die Klimatechnologien wurde der Vorschlag gemacht, in den Entwicklungsländern spezifische Institutionen einzurichten, die sich dem Aufbau und der Entwicklung klimarelevanter Innovationssysteme widmen und die entsprechenden Transformationsprozesse koordinieren und vorantreiben (Ockwell und Byrne 2015). Dieser Vorschlag könnte auch für die Abfall- und Kreislaufwirtschaft geprüft werden.

6 Quellenverzeichnis

- Altenburg, Tilman; Schmitz, Hubert; Stamm, Andreas (2008): Breakthrough? China's and India's Transition from Production to Innovation. In: *World Development* 36 (2), S. 325–344.
- Chaminade, C.; Lundvall, B.-A.; Vang, J.; Joseph, K. J. (2009): Designing innovation policies for development: towards a systemic experimentation-based approach. In: B.-A. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade und J. Vang (Hg.): *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries. Building Domestic Capabilities in a Global Setting*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, S. 360–379.
- Damijan, Joze P.; Knell, Mark; Majcen, Boris; Rojec, Matija (2003): Technology transfer through FDI in top-10 transition countries: How important are direct effects, horizontal and vertical spillovers? Online verfügbar unter <http://141.213.232.243/handle/2027.42/39934>.
- EPO (2015): EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT). European Patent Office. Online verfügbar unter <http://www.epo.org/searching/subscription/raw/product-14-24.html>.
- Gallagher, Kelly Sims (2014): *The Globalization of Clean Energy Technology: Lessons from China*: MIT Press.
- Gandenberger, Carsten; Bodenheimer, Miriam; Schleich, Joachim; Orzanna, Robert; Macht, Lioba (2015): Factors driving international technology transfer. Empirical insights from a CDM project survey. In: *Climate Policy*, S. 1–20. DOI: 10.1080/14693062.2015.1069176.
- Keller, Wolfgang (2004): International Technology Diffusion. In: *Journal of Economic Literature* XLII, S. 752–782
- Lewis, Joanna I. (2013): *Green Innovation in China: China's Wind Power Industry and the Global Transition to a Low-Carbon Economy*: Columbia University Press.
- Murphy, Kevin; Kirkman, Grant A.; Seres, Stephen; Haites, Erik (2013): Technology transfer in the CDM: an updated analysis. In: *Climate Policy*, S. 1–19. DOI: 10.1080/14693062.2013.812719.
- Nagaoka, Sadao; Motohashi, Kazuyuki; Goto, Akira (2010): Patent Statistics as an Innovation Indicator. In: Bronwyn H. Hall und N. Rosenberg (Hg.): *Handbook of the Economics of Innovation*, Bd. 2, Amsterdam: Elsevier, S. 1083–1127.
- Neuhäusler, Peter; Rothengatter, O.; Frietsch, Rainer (2015): *Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2014*. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI (Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 5-2015).
- Ockwell, David; Byrne, Rob (2015): Improving technology transfer through national systems of innovation. Climate relevant innovation-system builders (CRIBs). In: *Climate Policy*, S. 1–19. DOI: 10.1080/14693062.2015.1052958.
- Ockwell, David G.; Mallett, Alexandra (Hg.) (2012): *Low-carbon technology transfer. From rhetoric to reality*. London, New York, NY: Routledge.
- OECD.Stat (2016): Environment Database - Material resources. Online verfügbar unter http://stats.oecd.org/oecdstat_metadata/showmetadata.ashx?dataset=material_resources, zuletzt geprüft am 26.07.2016.
- Sartorius, C.; Gandenberger, C. (2016): Entwicklung der Innovationsdynamik bei Ressourceneffizienztechnologien, <http://www.umweltbundesamt.de/dokument/christian-sartorius-carsten-gandenberger-fraunhofer>.
- Seres, Stephen; Haites, Erik; Murphy, Kevin (2009): Analysis of technology transfer in CDM projects: An update. In: *Energy Policy* 37 (11), S. 4919–4926.
- Stürmer, Martin; Hagen, Jürgen von (2012): Der Einfluss des Wirtschaftswachstums aufstrebender Industrienationen auf die Märkte mineralischer Rohstoffe. Stand: April 2012. Berlin: Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (DERA-Rohstoffinformationen, 11).
- Walz, R.; Ostertag, K.; Doll, C.; Eichhammer, W.; Frietsch, R.; Hlfrich, N. et al. (2008): *Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- World Bank (2008): *Global Economic Prospects. Technology Diffusion in the Developing World*. Hg. v. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, DC.