Rat für NACHHALTIGE Entwicklung

Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung

Forschungs- und Technologiekompetenz für eine Nachhaltige Entwicklung in den BRICS Staaten

Studie des Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung für den Rat für Nachhaltige Entwicklung

Rainer Walz
Katrin Ostertag
Wolfgang Eichhammer
Nele Glienke
Arlette Jappe-Heinze
Wilhelm Mannsbart
Jan Peuckert

Rainer Walz
Katrin Ostertag
Wolfgang Eichhammer
Nele Glienke
Arlette Jappe-Heinze
Wilhelm Mannsbart
Jan Peuckert

Forschungs- und Technologiekompetenz für eine Nachhaltige Entwicklung in den BRICS-Staaten

unter Mitarbeit von A. Enzmann, R. Frietsch, N. Helfrich, F. Marscheider-Weidemann, J. Rager, C. Sartorius, M. Strauch, Fraunhofer ISI sowie

Fraunhofer Representative Office Beijing;
Tsinghua University, Dep. of Env. Science and Engineering;
The Energy and Resources Institute TERI (Delhi);
Prof. V. Gorokhov, Deutsch-Russ. Kolleg, Univ. Karlsruhe;
Deutsch-Brasilianische Auslandshandelskammer;
Global Research Alliance (GRA), Pretoria

Karlsruhe, Mai 2008

Vorwort

Nachhaltige Entwicklung ist eine wachsende Herausforderung für die Wissenschaft. Sie steht in der Verantwortung, uns über Art und Ausmaß von globalen Problemen des Klimas, der Umwelt, der Energieversorgung und der sozialen Dimension von „Entwicklung“ aufzuklären. An sie wird auch der Anspruch gestellt, lokal wirksame Lösungen für globale gesellschaftliche Probleme hoher Komplexität zu entwickeln. Ergebnisse von Forschung und Wissenschaft haben wesentlich dazu beigetragen, dass unsere Wege in die Zukunft - Beispiel Klimawandel – im Sinne von Szenarien vorhersagbar geworden sind. Analysen wie die des Weltklimarates (IPCC) oder des Stern-Reports zu den zukünftig zu erwartenden Kosten des Klimawandels führen uns deutlich Chancen und Möglichkeiten vor Augen, um eine Trendwende zu erzielen - ebenso wie die Konsequenzen unseres Nicht-Handelns.

Um aus Daten, Modellen und Messungen die Grundlagen für eine informierte Debatte zu machen, bedarf es eines roten Fadens. Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung ist nötig, um die richtigen Entscheidungen in einem unsicheren und auf die Zukunft hin ausgerichteten Feld zu treffen. Welches sind die Technologielinien, in die zu investieren ist? Wo ergeben sich neue, bislang unbekannte und unerforschte Felder? Ein Beispiel: Kann uns die Wissenschaft einen Weg aufzeigen, CO2 nicht mehr als Abfall anzusehen, sondern als Rohstoff zu nutzen? Wissenschaft ist die Arbeit an der Utopie.

Angesichts der vielen offenen Fragen, Risiken, Chancen, Anforderungen und Entscheidungen, die zu treffen sind: Unbestritten ist der Umstand, dass der notwendige Umbau unserer Gesellschaft ohne

- technologische und soziale Innovationen,
- das Denken in Prozessen und institutionellen Entwicklungen,
- die Integration von Lösungen aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft

nicht gelingen wird.

Die Lasten, die die Modernisierung Umwelt und Gesellschaft auferlegt, stellen nicht nur Herausforderungen für hochindustrialisierte Länder, die um die Entkoppelung des Umwelt- und Ressourcenverbrauchs von ökonomischen Prozessen bemüht sind. Längst schon erzeugen Wachstumsökonomien mit wirtschaftlichen Zuwächsen von mehr als 8% im Jahr gravierende und dramatische Schäden an der Umwelt und im sozialen Zusammenhalt von Gesellschaften, die einen großen Teil der Wohlfahrts-wirkungen auffressen. Ressourcenverknappung und steigende Rohstoffpreise sind ebenso die Folge wie der Verlust an Biodiversität. Um eine globale Trendwende zur

nachhaltigen Entwicklung zu erzielen, kommt dem Aufbau von Forschungs- und Wissenskapazitäten zur Nachhaltigkeit in der Gestaltung unserer Verflechtungen mit Entwicklungs- und Schwellenländern eine fundamentale Rolle zu.

Vor diesem Hintergrund hatte der Rat für Nachhaltige Entwicklung bereits 2005, gemeinsam mit der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, einen Dialog über Nachhaltigkeit und Wachstum mit fünf großen Schwellen- und Transformationsländern durchgeführt. Im Ergebnis hat der Nachhaltigkeitsrat der Bundesregierung empfohlen, solcherart Dialoginitiativen mehr Raum in der nationalen Nachhaltigkeitspolitik zu geben. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat diese Empfehlung aufgegriffen und führt in Kooperation mit dem Deutschen Institut für Entwicklungspolitik (DIE) ein Dialog-Projekt unter dem Titel „Dialogue 4S: Sustainable Solutions - Science for Sustainability - Internationaler Dialog des BMBF zur Nachhaltigkeitsforschung“, fort. Damit soll auch die thematische Einengung und Fokussierung der deutschen Technologie- und Forschungskompetenz beim Thema Nachhaltigkeit aufgebrochen werden.

Als erste Grundlage und zugleich Anschub für diesen Forschungsdialog hat der Rat für Nachhaltige Entwicklung im Vorfeld des Projektes eine vergleichende Studie zur Analyse der technologischen Leistungsfähigkeit und wissenschaftlichen Kompetenz in den Ländern Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika (BRICS) und Deutschland beim Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG ISI) in Auftrag gegeben, deren Ergebnis nun vorliegt. Sechs ausgewählte Themenfelder der Nachhaltigkeit sind einer kritischen Bestandsaufnahme unterzogen, und um die Perspektive bestehender Kooperationserfahrungen deutscher Unternehmen in den BRICS Staaten ergänzt worden. Die Studie stellt erstmalig die Forschungskompetenz Deutschlands auf den Prüfstand der globalen Verantwortung.

Es liegt in der Verantwortung Deutschlands, den wirtschaftlichen Aufbau in Entwicklungs- und Schwellenländern durch den Zugang zu Wissen und technologischen Lösungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung mit zu gestalten. Der Bedarf an Forschungsergebnissen zur Nachhaltigkeit wird zunehmend von der Nachfrage aus den Zukunftsmärkten dieser Länder bestimmt. Die internationale Ausrichtung der Forschungslandschaft und die Begegnung unterschiedlicher kultureller Systeme, Erfahrungen und Zugänge zu Wissens- und Technologieentwicklung stellen letztlich selbst eine Quelle für die Entwicklung von Innovationen dar.

Der Rat bedankt sich bei all jenen, die diese Studie durch ihre Beiträge, Diskussionen und ihre Zusammenarbeit erst ermöglicht haben. Der Dank gilt vor allem auch den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in den Partnerländern, wie den privat-

wirtschaftlichen Experten global tätiger deutscher Unternehmen. Den Autorinnen und Autoren des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung spricht der Rat für ihre fundierte und breite Analyse der Forschungs- und Innovationssysteme seine besondere Anerkennung aus.

Für den Rat für Nachhaltige Entwicklung

Dr. Günther Bachmann, Generalsekretär

Executive Summary

Vor dem Hintergrund der rasanten Entwicklung der schnell wachsenden Ökonomien, wird die Herausforderung einer nachhaltigen Entwicklung aus globaler Perspektive zunehmend dringlicher. Berücksichtigt man ferner die starken und zunehmenden Verflechtungen zwischen vielen Transformations- und Schwellenländern und Deutschland stellt sich die Frage, wie diese Verflechtungen gestaltet werden können, damit sie die globale Nachhaltigkeit fördern. Auch im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der European Research Area hebt die EU die Zielsetzung hervor, durch eine verstärkte Science and Technology (S&T) Kooperation mit den schnellwachsenden Ökonomien zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen. Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung in Zusammenarbeit mit dem Rat für Nachhaltige Entwicklung eine Initiative mit dem Titel „Sustainability Solutions through Research in Brazil, Russia, India, China, South Africa plus Germany“ ins Leben gerufen. In diesem Kontext wird in der vorliegenden Studie die Forschungs- und Technologiekompetenz in den BRICS-Ländern und Deutschland in sechs ausgewählten Themenfeldern der Nachhaltigkeit ermittelt:

1. Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien als zwei zentrale – z. T. konkurrierende – Technologielinien im Bereich des Energieangebots
2. Gebäudeeffizienz
3. Wasserver- und Abwasserentsorgungssysteme
4. Materialeffizienz
5. Verkehrsinfrastruktur und Mobilität sowie
6. Beschleunigung von Diffusions- und Innovationsprozessen in den 5 vorgenannten Technologiefeldern als Querschnittsthema

Der **Aufbau der Studie** folgt einem „Systems of Sustainability Innovations“ Ansatz. Er rückt die Beziehungen zwischen allgemeinen Rahmenbedingungen, Forschungssystem und technologischer Leistungsfähigkeit, sowie die Bedingungen für Technologiediffusion und Kooperationen in den Vordergrund. Auch verdichtet sich mehr und mehr die Erkenntnis, dass im Rahmen der Aufholprozesse die Absorption von entwickelten Techniken und die Herausbildung der Fähigkeiten zur Weiterentwicklung dieser Techniken und ihrer internationalen Vermarktung eng miteinander verwoben sind und keine getrennten Phänomene darstellen. Folgende Fragestellungen werden untersucht:

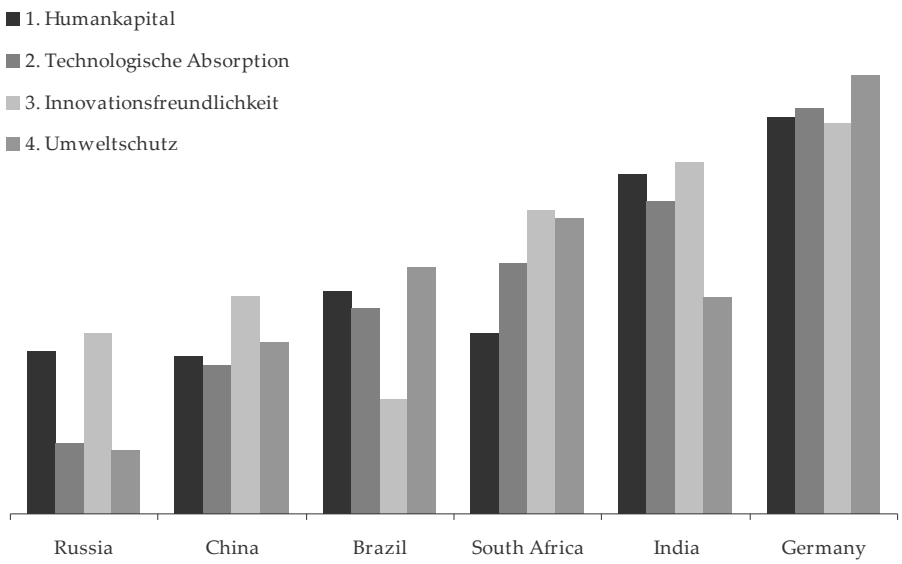
- Skizzierung der allgemeinen Rahmenbedingungen in den Ländern hinsichtlich der Aufnahmebereitschaft von neuen Technologien und der Durchführung von Innovationstätigkeiten.

- Analyse der Forschungsinstitutionen und –schwerpunkte in den sechs angesprochenen Nachhaltigkeitsbereichen in den BRICS-Ländern sowie statistische Auswertung der deutschen Forschungsaktivitäten.
- Analyse der (technologischen) Leistungsfähigkeit in den angesprochenen Nachhaltigkeitsbereichen mittels Innovationsindikatoren.
- Analyse der Kooperationserfahrungen deutscher Unternehmen, um die in den stärker indikatorengestützten Analysen herausgearbeiteten Aussagen aus Akteurssicht zu ergänzen.

Erste Hinweise zu den **allgemeinen Innovationsbedingungen** geben die Angaben zur quantitativen Innovationskapazität. Der Umfang der nationalen FuE-Ausgaben, der sektorale Anteil von FuE-Ausgaben aus der Wirtschaft oder die Anzahl der Wissenschaftler ist in China wesentlich höher als in den übrigen BRICS-Ländern. Bei den spezifischen Werten liegen die BRICS-Länder auf einem ähnlichen Niveau, allerdings fällt Indien hier deutlich ab. Gemessen an dem zentralen Indikator der F&E-Intensität besteht aber noch ein deutlicher Abstand der BRICS-Länder zu den OECD-Ländern.

Die Analyse der allgemeinen Rahmenbedingungen setzt auch an den **Umfrageergebnissen** des International Institutes for Management Development (IMD) und des World Economic Forum (WEF) an. Die Indikatoren werden jeweils in die vier Bereiche Humankapital, Technologische Absorption, Innovationsfreundlichkeit und Bedeutung des Umweltschutzes gebündelt. Deutschland besitzt bei allen vier untersuchten Faktoren die besten allgemeinen Rahmenbedingungen für (nachhaltige) Innovationen. Indien und Südafrika werden als diejenigen BRICS-Länder mit den besten Voraussetzungen eingestuft. In Indien ist jedoch der Umweltschutz nicht besonders ausgeprägt, in Südafrika liegt das größte Problem in der Verfügbarkeit des Humankapitals. Brasilien und China bilden das untere Mittelfeld. In Brasilien sind starke Defizite beim Faktor Innovationsfreundlichkeit, insbesondere bei der Gründungsregulierung, auffällig. Chinas Probleme sind nicht auf einen einzigen Einflussfaktor zu beschränken. Die allgemeinen Rahmenbedingungen werden für Russland als am ungünstigsten eingeschätzt.

Abbildung 1 : Ergebnis der Umfragen zu den allgemeinen Innovationsbedingungen in den BRICS+G-Ländern



Obwohl der Anteil der BRICS-Länder an den konsolidierten deutschen **Direktinvestitionen** noch gering ist, dürften sie mit ihren großen Binnenmarktpotenzialen und gesamtwirtschaftlichen Wachstumschancen in immer stärkerem Umfang bevorzugte Standorte für Neuinvestitionen deutscher Unternehmen werden. Hierfür sprechen die hohe Attraktivität dieser Länder in den entsprechenden Umfragen, ihre bereits realisierte Bedeutung bei den weltweiten und die zunehmenden Anteile an den jährlichen deutschen Direktinvestitionen. In den einzelnen BRICS-Ländern sind dabei jeweils andere Aspekte von besonderer Relevanz:

- Im Falle von Brasilien liegen besondere Stärken im Rohstoff- und Agrarbereich, die zu neuen Direktinvestitionen führen und die lange etablierten Beteiligungen – etwa im Automobilbereich - ergänzen.
- In der Russischen Föderation ist die Energie- und Rohstoffbasis zentrale Basis für Aktivitäten von Direktinvestitionen.
- In Indien ist vor allem der Dienstleistungssektor sehr attraktiv, auch über IT-Services hinaus. Die indische Industrie ist momentan noch in einer Aufbauphase.
- China hat, trotz vieler Risikofaktoren, eine klare Spitzenposition bei den Zuflüssen aus aller Welt, wobei der Schwerpunkt im industriellen Bereich liegt. Dies entspricht einer – oftmals als verlängerte Werkbank bezeichneten – Strategie, zügig in China Produktionskapazitäten aufzubauen, um damit sowohl komparative Kostenvorteile als auch Zugang zu einem enormen und schnell expandierenden Binnenmarkt zu gewinnen.

- In Südafrika hat der Fahrzeugbau an Bedeutung gewonnen, wobei ausländische Direktinvestitionen eine wichtige Rolle gespielt haben.

In keinem der fünf Länder ist die **Forschungs- und Innovationspolitik** speziell darauf ausgerichtet, Umwelt- und Ressourcenverbrauch vom wirtschaftlichen Entwicklungsprozess zu entkoppeln. Das vorrangige Ziel in allen BRICS-Ländern ist die Förderung der Innovationstätigkeit im Unternehmenssektor. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist die Nachhaltigkeitsforschung in der Science and Technology (S&T) Politik der betrachteten Länder nicht institutionell ausdifferenziert, das heißt, sie stellt kein eigenes Feld der Forschungsförderung dar sondern wird allenfalls durch allgemeine forschungs- und innovationspolitische Maßnahmen mit abgedeckt. Häufig ist die Durchführung von angewandter FuE direkt mit staatlichen Investitionsmaßnahmen gekoppelt, vor allem bei Infrastrukturinvestitionen im Energie-, Wasser- und Verkehrsbereich.

Belastbare Zahlen zu Förderschwerpunkten innerhalb der Themenfelder, die sich über die fünf Länder hinweg vergleichen ließen, liegen nicht vor. Basierend auf den qualitativen Einschätzungen der befragten Experten sind die folgenden nationalen Stärken hervorzuheben:

1. Brasilien: Erneuerbare Energien aus Biomasse, mit Abstand gefolgt von FuE zum Gewässermanagement.
2. Russland: Effizientere Konversion von Primärenergie, sowie FuE zu Wasserstofftechnologien.
3. Indien: Diffusion von dezentralen, erneuerbaren Energieträgern; Nachhaltigkeit und Armutsbekämpfung.
4. China: Ausbau erneuerbarer Energien; Effizienzstandards bei Gebäuden; Forschungsaktivitäten im Verkehrsbereich, aber ohne klaren Bezug zu ökologischen Themen.
5. Südafrika: FuE zum Gewässermanagement, geplant sind außerdem erhebliche Aktivitäten im Bereich des öffentlichen Schienenverkehrs.

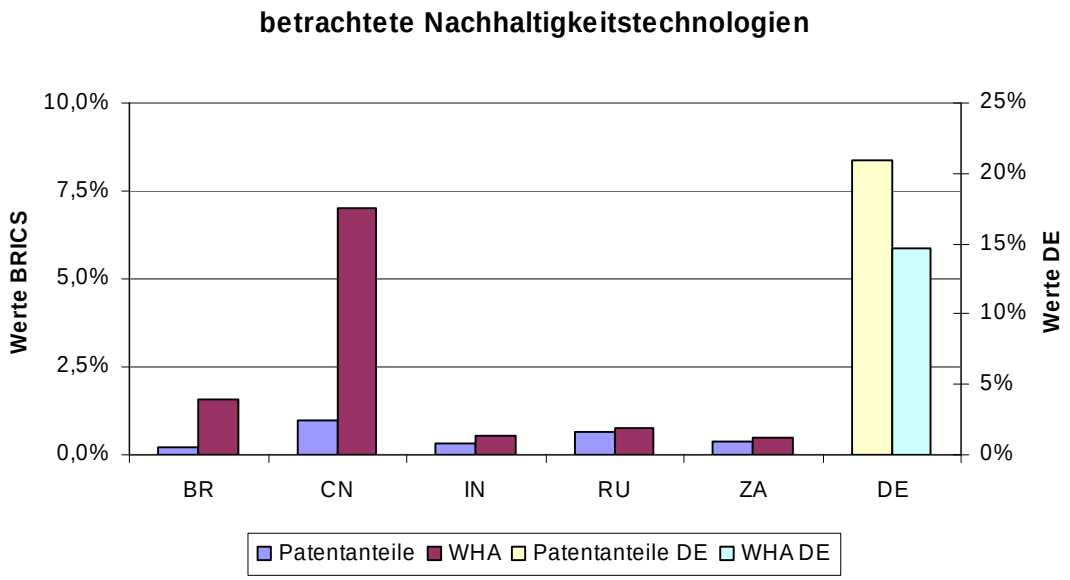
In allen BRICS-Ländern, außer China, stellt der Mangel an wissenschaftlichem Nachwuchs ein entscheidendes Hemmnis für die Kapazitätsentwicklung in der Nachhaltigkeitsforschung und generell in der öffentlichen Forschung dar. Gerade vor dem Hintergrund eines starken Wirtschaftswachstums und damit verbundener Karrierechancen im Privatsektor gilt eine wissenschaftliche Karriere in diesen Ländern als vergleichsweise wenig attraktiv. Gleichzeitig fehlt bei den einheimischen Unternehmen die Absorptionsfähigkeit für hochqualifizierte Absolventen.

Die **technologische Leistungsfähigkeit der BRICS+G-Länder** wird mit Hilfe von

Patent- und Außenhandelsindikatoren untersucht. Einerseits wird damit ein in der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit bewährtes methodisches Vorgehen gewählt. Andererseits richtet sich das Augenmerk erstmals auf nachhaltigkeitsrelevante Technologien in außerhalb der OECD liegenden Wirtschaftsräumen. Daher waren verschiedene methodische Weiterentwicklungen erforderlich. So mussten die für die Nachhaltigkeitsbereiche relevanten Technologien in der Patent- und Außenhandelsklassifikation jeweils abgegrenzt werden. Um der internationalen Fragestellung gerecht zu werden, konzentrieren sich die Datenrecherchen auf transnationale Patentanmeldungen und den – alle Länder umfassenden – Welthandel. Die starke Stellung Deutschlands wird allein schon dadurch deutlich, dass 20 % der internationalen Patente und 15 % der Weltexporte an den betrachteten nachhaltigkeitsrelevanten Technologien aus Deutschland stammen. Dies verdeutlicht das enorme Potenzial und gleichzeitig die globale Verantwortung Deutschlands, Wissen und Technologien für eine nachhaltige Entwicklung global bereitzustellen.

Die Anteile der BRICS-Länder an den identifizierten Patenten für die Nachhaltigkeitstechnologien liegen zwischen wenigen Promille bis 1 % für China. China weist unter den BRICS-Ländern die höchsten Exporte von nachhaltigkeitsrelevanten Technologien auf, gefolgt von Brasilien. Die im Verhältnis zu den Patentanteilen deutlich höheren Welthandelsanteile in beiden Ländern verdeutlichen, dass beide Länder durchaus außenhandelsorientiert agieren, allerdings mit einer bisher noch unterdurchschnittlichen Wissensbasis. Die Charakterisierung beider Länder als „verlängerte Werkbank“ (China) bzw. „Ressourcenlieferant“ (Brasilien) gilt in gewisser Weise also auch für die nachhaltigkeitsrelevanten Technologien. Bei den absoluten Werten fällt die – im Verhältnis zur Einwohnerzahl – relativ geringe internationale Bedeutung Indiens verglichen mit den anderen BRICS-Ländern auf. Hier dokumentiert sich der insgesamt doch noch erhebliche Abstand im wirtschaftlichen Entwicklungsprozess, den Indien gegenüber den anderen BRICS-Ländern gegenwärtig noch aufweist.

Abbildung 2: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten für die Summe der 5 betrachteten Nachhaltigkeitsfelder



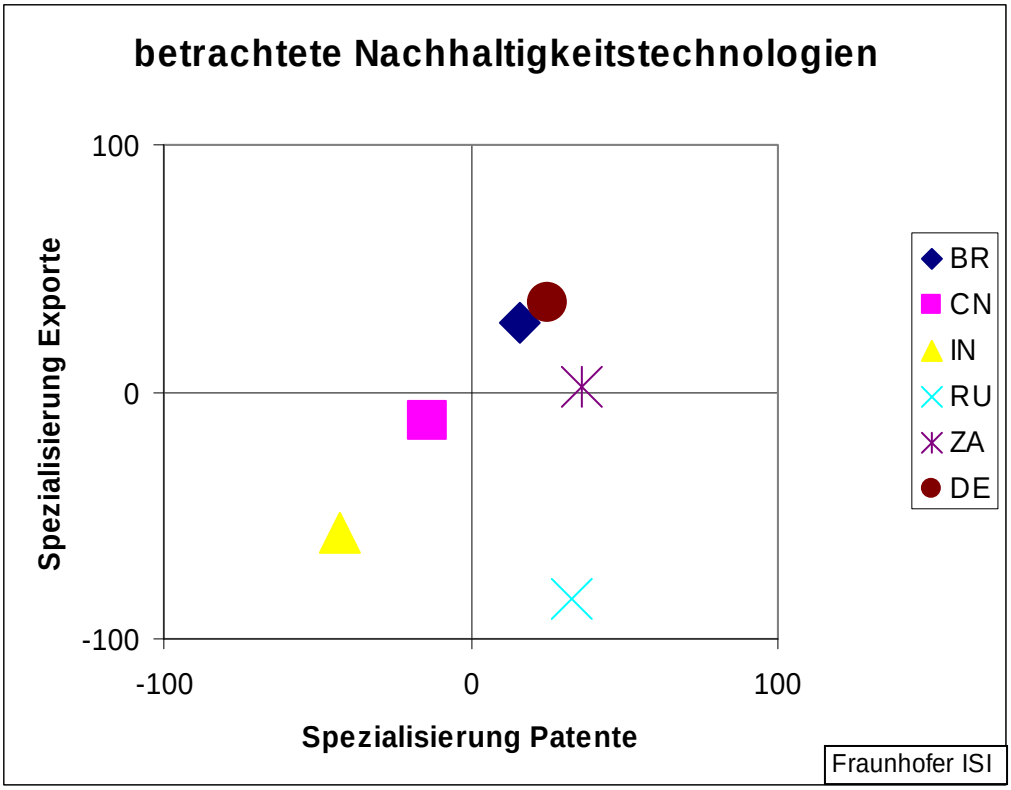
Die Bedeutung der Nachhaltigkeitstechnologien innerhalb der einzelnen Länder zeigt sich auch im **Spezialisierungsprofil**. Es gibt für jedes Land die technologische Leistungsfähigkeit der Nachhaltigkeitstechnologien verglichen mit dem Durchschnitt aller Technologien an. Positive Werte signalisieren eine überdurchschnittliche, negative Werte eine unterdurchschnittliche Aktivität des Landes bei den nachhaltigkeitsrelevanten Technologien. Im Ergebnis zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Ländern:

- In Brasilien bilden die Nachhaltigkeitstechnologien einen Schwerpunkt in der technologischen Leistungsfähigkeit.
- Russland weist zwar Wissenskompetenzen auf, aber erhebliche Schwächen bei der Umsetzung in international konkurrenzfähige Technologien.
- In Indien spielen die Nachhaltigkeitstechnologien insgesamt eine unterdurchschnittliche Rolle.
- In China spielen die Nachhaltigkeitstechnologien insgesamt eine fast durchschnittliche Rolle.
- In Südafrika bilden die Nachhaltigkeitstechnologien einen Schwerpunkt in der Wissenskompetenz, die aber insgesamt nur durchschnittlich in international konkurrenzfähige Produkte umgesetzt werden.

- Deutschland ist nicht nur absolut ein zentraler Player bei den Nachhaltigkeitstechnologien, sie sind sogar – verglichen mit den anderen Bereichen – geradezu ein Schwerpunkt der technologischen Leistungsfähigkeit.

Während Deutschland bei allen betrachteten Bereichen eine überdurchschnittliche Spezialisierung erreicht, verdecken diese aggregierten Werte, dass in den BRICS-Ländern zum Teil ganz erhebliche Unterschiede zwischen den fünf technologischen Nachhaltigkeitsbereichen auftreten. So gibt es z. T. klare Schwerpunkte in der Kompetenzbildung in den einzelnen Ländern. Brasilien spezialisiert sich v. a. bei den nachwachsenden Rohstoffen, Südafrika v. a. in den Bereichen Materialeffizienz und Mobilitätstechnologien. In China fällt die Leistungsfähigkeit im Gebäudebereich und bei den Mobilitätstechnologien überdurchschnittlich aus. Andererseits weisen die BRICS-Länder auch z. T. ähnliche Muster auf. Bei den Wassertechnologien bestehen hohe Patentaktivitäten. Aber noch immer besteht eine erhebliche Abhängigkeit von Importen zur Abdeckung der inländischen Nachfrage. Auch bei den Energiequellen ergibt sich ein ähnliches Muster hinsichtlich der Bedeutung von Technologieimporten für die BRICS-Länder. Insofern dürften diese beiden Bereiche gegenwärtig noch am ehesten dem klassischen Bild des Technologietransfers entsprechen, bei denen Deutschland als Wissens- und Technologielieferant und die BRICS-Länder als Technologieempfänger auftreten. Allerdings zeigt die Entwicklung der Patentaktivitäten – insbesondere in China und abgeschwächt auch in Indien – in jüngster Zeit eine massive Tendenz nach oben. Insofern erscheint es durchaus realistisch, dass in absehbarer Zeit die BRICS-Länder auch in diesem Segment verstärkt in die Technologieentwicklung einsteigen.

Abbildung 3: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder für die Summe der 5 betrachteten Nachhaltigkeitsfelder



Die Leistungsfähigkeit bei der Beschleunigung von Diffusions- und Innovationsprozessen wurde mit Hilfe einer **Publikationsrecherche** der sozialwissenschaftlich geprägten Nachhaltigkeitsforschung sowie mit Hilfe von Fallstudien und Interviews untersucht. Bei der Publikationsrecherche zeigte sich für Südafrika eine überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit. Alle anderen untersuchten Länder – auch Deutschland – sind in diesem Feld hingegen nur unterdurchschnittlich aktiv.

Die **Interviews** mit Unternehmen und anderen Institutionen fokussieren Mechanismen, die dazu beitragen können, Diffusions- und Innovationsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit zu beschleunigen. Regulierung hat sich fast durchweg als notwendige Rahmenbedingung zur Herausbildung einer marktkräftigen Nachfrage herausgestellt. Über die jeweiligen nationalen Regulierungskontexte hinaus ist insbesondere die Bedeutung der Regularien führender Industrieländer in den BRICS-Ländern bemerkenswert. Das Beispiel wasserbasierter Lackiersysteme zeigt, dass deutsche Automobilhersteller in ihren ausländischen Niederlassungen die deutsche Gesetzgebung anwenden, sofern nicht lokale Vorschriften strenger sind. Internationale Ausstrahleffekte kommen zudem dadurch zustande, dass exportierende Unternehmen aus den BRICS-Ländern im Rahmen des Supply Chain Management den – unter Umständen auch gesetzlichen -

Anforderungen ihrer ausländischen Kunden unterliegen. Insgesamt ist eine Globalisierung auf der Ebene der Entstehung und Wirkung umweltrelevanter Gesetzeswerke zu beobachten, die auch auf die Strategiebildung deutscher Unternehmen rückwirkt. Dies verweist auf die Notwendigkeit, aber auch die Chancen, die in der internationalen Kooperation bei der Entwicklung und Vereinheitlichung von Regulierung liegen können.

Neben diesen öffentlich geprägten Beschleunigungsmechanismen gibt es einen eher marktlich geprägten „Türöffner“ für deutsche Unternehmen in den BRICS-Ländern. Ausrüster folgen ihren deutschen Kunden, die sich in BRICS niederlassen. Die Interviews gaben Hinweise dafür, dass ähnliche Mechanismen auch vor dem Hintergrund der zunehmenden Süd-Süd-Verflechtungen zu entsprechenden Akteurskonstellationen zwischen den BRICS-Ländern führen können.

Eine Beschleunigung von Innovations- und Diffusionsprozessen erfordert den Abbau zahlreicher Hemmnisse. In mehreren Fällen wurde deutlich, dass hier das unternehmensexterne Umfeld eine besonders wichtige Rolle spielt. Dies betrifft zunächst die Wertschöpfungskette, d. h. das Netzwerk aus Vorlieferanten, Dienstleistern und Kunden, in das ein Unternehmen eingebettet ist. Fehlen hier einzelne Produkte oder Akteure, stehen damit zum Teil notwendige komplementäre Inputs zur Anwendung einer Technologie nicht zur Verfügung. Soweit sich die Gewährleistung dieses passenden Umfelds politisch steuern lässt, wird dieser Aufgabe den Interviewaussagen zufolge in den BRICS-Ländern oft nicht die notwendige Bedeutung beigemessen. So kommt es zu Situationen, in der – teilweise durch öffentlich forcierte Nachfrage – bestimmte Produkte auf dem Markt sind, aber wegen mangelnder Einbettung in das Gesamtsystem nur in beschränktem Maß positive Umwelteffekte erzielt werden.

Die Befragten berichten weiter von Mentalitätsunterschieden als Hürde in der Kooperation zwischen BRICS und Deutschland. Diese treten insbesondere bei Fragen der Organisation und Qualitätssicherung sowie bei der Umsetzung gesetzlicher Umweltvorschriften zu Tage. Allgemein wird ein nur schwach ausgebildetes Umweltbewusstsein festgestellt. Schließlich wünschen sich die Befragten ein verstärktes Engagement deutscher Botschaften bzw. der deutschen Politik bei der Kontaktvermittlung, der Unterstützung beim Aufbau lokaler Netzwerke und dem Einrichten von Plattformen für Produktpräsentationen (z. B. Messen), zumal in diesem Bereich verstärkte Aktivitäten aus konkurrienden Ländern wahrgenommen werden.

Insgesamt verdeutlichen die **Ergebnisse** eine hervorragende Ausgangsposition Deutschlands als potenzieller Technologielieferant in Kooperationen mit den BRICS-

Ländern. In den BRICS-Ländern bilden die betrachteten Nachhaltigkeitsbereiche zwar keine Schlüsselbereiche der nationalen Kompetenzen und Entwicklungsstrategien, es gibt aber zahlreiche Anknüpfungspunkte und erhebliche Dynamik im Aufbau absorptiver Kapazitäten. Allerdings stehen alle BRICS-Länder vor der Herausforderung, dass potenzielle Kompetenz allein noch keine Umweltverbesserung und starke Stellung im Außenhandel garantiert. Im Unterschied zu Deutschland ist die Leistungsfähigkeit innerhalb der BRICS-Länder deutlich heterogener ausgeprägt und es bestehen z. T. Disparitäten in den Kompetenzen zwischen den unterschiedlichen Elementen des Innovationssystems. Die Herausbildung eines konsistenten Kompetenzprofils gehört damit zu den vordringlichen Aufgaben in den BRICS-Ländern.

Eine politische **Unterstützung der Kooperationsbemühungen** sollte die unterschiedlichen Kooperationskonstellationen und die jeweiligen Strategien der beteiligten Akteure berücksichtigen. In den Bereichen, in denen die Kompetenz der BRICS-Länder sehr schwach ausgeprägt ist, ist oftmals die Nachfrage nach derartigen Technologien ein Engpassfaktor. Die Politik könnte den Erfahrungsaustausch über die Gestaltung umweltpolitischer Maßnahmen sowie den Aufbau absorptiver Kapazitäten unterstützen. Kooperationen finden vielfach in Bereichen statt, in denen der Kompetenzaufbau in den BRICS-Ländern noch im Gang ist, aber bereits zu erheblichen Kapazitätssteigerungen geführt hat. Gerade bei kleineren und mittleren Unternehmen besteht dann vielfach Unsicherheit über die Art und Weise, wie unter diesen Bedingungen der Schutz des geistigen Eigentums bei Kooperationen am besten gewährleistet werden kann. Eine intensivierte Hilfestellung und Beratung über die Gefahren, aber auch die durchaus bestehenden Möglichkeiten, die eigenen Rechte erfolgreich durchzusetzen, wäre hier hilfreich. Weitere Ansatzpunkte für Politikmaßnahmen betreffen die Kooperation im Bereich der Politikformulierung. Wichtige Ansatzpunkte sind ein Erfahrungsaustausch darüber, wie in den einzelnen Ländern die Nachhaltigkeitsthemen in die Gestaltung der Forschungsprioritäten eingehen. Ein weiteres Thema ist die Koordination der einzelnen Politikfelder, da die systematische Stärkung der für eine nachhaltige Entwicklung zentralen Forschungs- und Technologiekompetenz Gegenstand mehrerer Politikfelder ist. Aus strategischer Sicht ist schließlich zu bedenken, dass die Politikgestaltung eines derart komplexen Bereichs ein Monitoring über die jeweiligen Stärken und Schwächen und ihre Veränderungen benötigt. Es sollte daher analysiert werden, welche periodisch wiederkehrenden Informationsanforderungen für eine systematische Politikgestaltung zur Stärkung der Forschungs- und Technologiekompetenz für eine Nachhaltige Entwicklung erforderlich sind.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Executive Summary i

1 Einleitung 1

1.1 Zielsetzung und Aufgabenstellung 1

1.2 Konzeptioneller Hintergrund und Aufbau des Berichts 3

2 Rahmenbedingungen 8

2.1 Basisdaten zur Innovationskapazität 8

2.2 Analyse des regulativen Regimes 11

2.2.1 Vorgehensweise 11

2.2.2 Humankapital 12

2.2.3 Technologische Absorption 14

2.2.4 Innovationsfreundlichkeit 15

2.2.5 Stellenwert des Umweltschutzes 17

2.2.6 Fazit 19

2.3 Direktinvestitionen 21

2.3.1 Globale Direktinvestitionen 21

2.3.2 Direktinvestitionen deutscher Unternehmen in den BRICS-Staaten 24

2.3.3 Fazit 26

3 Forschungsprogramme 28

3.1 Forschungsprogramme in den BRICS-Ländern 28

3.1.1 Methodisches Vorgehen 28

3.1.2 BRICS-Länderprofile im Überblick 30

3.1.2.1 Brasilien 30

3.1.2.2 Russland 32

3.1.2.3 Indien ... 33
3.1.2.4 China ... 35
3.1.2.5 Südafrika ... 37
3.1.3 Fazit ... 38
3.2 Nachhaltigkeitsforschung in Deutschland ... 39
3.2.1 Datenbasis und Analysemethoden ... 40
3.2.2 Forschungsaktivitäten in den ausgewählten Themenfeldern ... 42
3.2.3 Schwerpunkte innerhalb der Themenfelder ... 46

4 Leistungsfähigkeit in den ausgewählten Nachhaltigkeitsbereichen ... 51
4.1 Technologische Nachhaltigkeitsbereiche ... 51
4.1.1 Vorgehensweise ... 51
4.1.2 Erneuerbare Energien und CCS ... 56
4.1.3 Gebäudeeffizienz ... 62
4.1.4 Wasserver- und Abwasserentsorgung ... 67
4.1.5 Materialeffizienz ... 72
4.1.6 Verkehrsinfrastruktur und Mobilität ... 77
4.1.7 Zusammenfassender Überblick über alle betrachteten Technologiebereiche ... 83
4.2 Leistungsfähigkeit in der nichttechnischen Nachhaltigkeitsforschung ... 86

5 Analyse der Diffusions- und Innovationsprozesse ... 93
5.1 Zielsetzung und Vorgehensweise ... 93
5.2 Ergebnisse nach Themenfeldern ... 95
5.2.1 Erneuerbare Energien und CCS ... 95
5.2.1.1 Marktpotenziale in BRICS ... 95
5.2.1.2 Marktakteure ... 98
5.2.1.3 Wissensbasis ... 99
5.2.1.4 Erfahrungen in Deutschland ... 100

5.2.1.5 Die Rolle des CDM für Erneuerbare Energien in BRICS.....101
5.2.1.6 Fazit 102
5.2.2 Gebäudeeffizienz 102
5.2.2.1 Marktpotenziale und Hemmnisse für energieeffizientes Bauen.....103
5.2.2.2 Treiber der Nachfrage 105
5.2.2.3 Marktakteure 106
5.2.2.4 Fazit 107
5.2.3 Wasserver- und Abwasserentsorgung 108
5.2.3.1 Rahmenbedingungen in BRICS 108
5.2.3.2 Kunden in BRICS 109
5.2.3.3 Andere Marktakteure in BRICS 111
5.2.3.4 Erfahrungen in Deutschland und Ausblick auf BRICS.....111
5.2.3.5 Fazit 112
5.2.4 Materialeffizienz 112
5.2.4.1 Treiber und Hemmnisse der Nachfrage in BRICS nach wasserlackbasierten Lackiersystemen in der Automobilindustrie.....113
5.2.4.2 Akteursstrukturen bei wasserlackbasierten Lackiersystemen 113
5.2.4.3 Verwertung von Shredderrückständen in Deutschland 114
5.2.4.4 Verwertung von Shredderrückständen in BRICS 115
5.2.4.5 Fazit 116
5.2.5 Mobilität und Logistik.....117
5.2.5.1 Nachfrage nach synthetischen Biokraftstoffen in BRICS 118
5.2.5.2 Kooperationen zwischen Deutschland und den BRICS-Ländern zur Herstellung synthetischer Biokraftstoffe.....119
5.2.5.3 Verbreitung synthetischer Biokraftstoffe in Deutschland 121
5.2.5.4 Regulierung und Nachfrage nach emissionsarmen Lkw 122
5.2.5.5 Angebots- und Zulieferstruktur für emissionsarme Lkw 124
5.2.5.6 Nachfrage nach Schienenverkehrssystemen in China.....125
5.2.5.7 Hemmnisse für Kooperationen in China am Beispiel von Schienenverkehrssystemen 126

5.2.5.8 Nachfrage und Angebot CO_2-freier Logistikdienstleistungen ... 127
5.2.5.9 Fazit ... 129
5.3 Themenfeldübergreifende Ergebnisse ... 130
5.3.1 Finanzierung ... 130
5.3.2 Der Clean Development Mechanism (CDM) ... 134
5.3.3 Das UN Cleaner Production Programme ... 137
5.4 Fazit aus den Interviewergebnissen ... 140

6 Gesamtfazit und Schlussfolgerungen ... 143
6.1 Brasilien ... 143
6.2 Russland ... 146
6.3 Indien ... 148
6.4 China ... 151
6.5 Südafrika ... 155
6.6 Deutschland ... 158
6.7 Schlussfolgerungen für Kooperationen ... 160

7 Literatur ... 164

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Schema des „Systems of Sustainability Innovation“ Ansatzes 6

Abbildung 2-1: Teilbereichsprofile und Gesamtranking des Faktors Humankapital 13

Abbildung 2-2: Teilbereichsprofile und Gesamtranking des Faktors Technologische Absorption 15

Abbildung 2-3: Teilbereichsprofile und Gesamtranking des Faktors Innovationsfreundlichkeit 17

Abbildung 2-4: Indikatoren und Gesamtranking des Faktors Umweltschutz 18

Abbildung 2-5: Transfer von Nachhaltigkeitsinnovationen 19

Abbildung 2-6: Jährliche Direktinvestitionen und kumulierte Bestände der BRICS-Staaten* im Jahr 2005 (Mio. US-$) 22

Abbildung 3-1: Empfängergruppen der Projektförderung nach Themenfeldern, 2003-2005 45

Abbildung 4-1: Anteile der BRICS+G-Länder an den internationalen Patenten und den Weltexporten von Industriewaren 55

Abbildung 4-2: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Erneuerbare Energien und CCS“ 58

Abbildung 4-3: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich Erneuerbare Energien und CCS 59

Abbildung 4-4: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Erneuerbare Energien und CCS" an andere BRICS+G-Länder in % 62

Abbildung 4-5: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Energieeffiziente Gebäude“ 64

Abbildung 4-6: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich energieeffiziente Gebäude 65

Abbildung 4-7: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Gebäudeeffizienz" an andere BRICS+G-Länder in % 66

Abbildung 4-8: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Wasser“ 69

Abbildung 4-9: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich Wasser 70

Abbildung 4-10: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Wasser" an andere BRICS+G-Länder in % 71

Abbildung 4-11: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Materialeffizienz“ 74

Abbildung 4-12: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich Materialeffizienz..... 74

Abbildung 4-13: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Materialeffizienz" an andere BRICS+G-Länder in % 76

Abbildung 4-14: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Mobilität“..... 79

Abbildung 4-15: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich „Mobilität“..... 80

Abbildung 4-16: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Mobilität" an andere BRICS+G-Länder in % 82

Abbildung 4-17: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten für die Summe der 5 betrachteten Nachhaltigkeitsfelder 85

Abbildung 4-18: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder für die Summe der 5 betrachteten Nachhaltigkeitsfelder..... 85

Abbildung 4-19: Publikationszahlen in sechs Feldern der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, 2001-2005 90

Abbildung 4-20: Spezialisierung der BRICS+G-Länder auf Publikationen der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, 2001-2005 92

Abbildung 6-1: Spezialisierung Brasiliens in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern 144

Abbildung 6-2: Spezialisierung Russlands in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern 147

Abbildung 6-3: Spezialisierung Indiens in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern 150

Abbildung 6-4: Spezialisierung Chinas in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern 153

Abbildung 6-5: Spezialisierung Südafrikas in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern 157

Abbildung 6-6: Spezialisierung Deutschlands in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern 159

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Basisdaten zur Innovationskapazität in den BRICS+G-Ländern, 2004 10

Tabelle 2-2: Stärken und Schwächen der schnell wachsenden Ökonomien* 20

Tabelle 2-3: Deutsche Direktinvestitionen in BRICS-Staaten im Verarbeitenden Ge-werbe; in Mio. € (Summe 2003 bis 2005) 26

Tabelle 3-1: Forschungsvorhaben in Ufordat nach Technologiebereichen und Anteile ausgewählter Förderinstitutionen, 2003-2005 43

Tabelle 3-2: Fördermittel in Foekat für Projekte mit Laufzeitbeginn 2003-2005 (FuE-Ausgaben) 44

Tabelle 3-3: Forschungsvorhaben je Technologiefeld in Ufordat, 2003-2005 48

Tabelle 3-4: Förderschwerpunkte nach Technologiefeldern, Foekat 2003-2005 49

Tabelle 4-1: Publikationen der BRICS+G-Länder 2003 und 1993 88

Tabelle 4-2: Nachhaltigkeitsthemen in der sozialwissenschaftlichen Forschung in BRICS+G-Ländern 89

Tabelle 5–1: Potenziale für Erneuerbare Energien 96

Tabelle 5-2: Abgasnormen für Lkw in BRICS+D 123

Anhang

A Anhang 170

A.1 Anhang zu Abschnitt 2.2 170
A.2 Anhang zu Abschnitt 2.3 175
A.3 Sustainability Research in the BRICS-Countries: Individual Country Profiles 177
A.3.1 Brazil 177
A.3.1.1 The Brazilian innovation system 177
A.3.1.2 Core themes of sustainability research in Brazil 180
A.3.1.3 Research funding agencies 184
A.3.1.4 Leading research organisations 187
A.3.2 Russia 189
A.3.2.1 The Russian innovation system 189
A.3.2.2 Core themes of sustainability research in the Russian Federation 192
A.3.2.3 Research funding agencies 193
A.3.2.4 Leading research organisations 197
A.3.3 India 199
A.3.3.1 The Indian innovation system 199
A.3.3.2 Core themes of sustainability research in India 201
A.3.3.3 Research funding agencies 204
A.3.3.4 Leading research organisations 208
A.3.3.5 Importance of R&D for sustainability – expert views 210
A.3.4 China 214
A.3.4.1 The Chinese innovation system 214
A.3.4.2 Core themes of sustainability research in China 216
A.3.4.3 Research funding agencies 218
A.3.4.4 Leading research organisations 221
A.3.5 South Africa 223
A.3.5.1 The South African innovation system 223

A.3.5.2 Core themes of sustainability research in South Africa 226
A.3.5.3 Research funding agencies.....230
A.3.5.4 Leading research organisations 233
A.3.6 References.....235
A.3.7 Contributing Experts.....237
A.3.7.1 Brazil 237
A.3.7.2 Russia 238
A.3.7.3 India 240
A.3.7.4 China.....242
A.3.7.5 South Africa 243
A.4 Anhang zu Abschnitt 4.1 245
A.5 Anhang zu Kapitel 4.2 255
A.6 Anhang zu Kapitel 5 256
A.6.1 Übersicht wichtiger Gesprächspunkte mit Unternehmen und Experten.....256
A.6.2 Übersicht der befragten Akteure und der betrachteten Innovationen 257

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Vor dem Hintergrund der rasanten Entwicklung der schnell wachsenden Ökonomien wird die Herausforderung einer nachhaltigen Entwicklung aus globaler Perspektive zunehmend dringlicher. Dabei stellt sich die Frage, wie wirtschaftliches Wachstum in Transformations- und Schwellenländern so gestaltet werden kann, dass es die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen hinsichtlich der ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Dimension nicht untergräbt. Gleichzeitig stellt die Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung auch an Industrieländer wie Deutschland hohe Anforderungen. Deutschland entwickelt deshalb seine Forschungs- und Wissenschaftskompetenz in eine Richtung, die wichtige Beiträge zu globalen Ressourcenfragen und zur Nachhaltigkeit leistet. Berücksichtigt man ferner die starken und zunehmenden Verflechtungen zwischen vielen Transformations- und Schwellenländern und Deutschland stellt sich die Frage, wie diese Verflechtungen gestaltet werden können, damit sie die globale Nachhaltigkeit fördern. Gleichzeitig hebt auch die EU (2007) in ihrem Grünbuch zur Weiterentwicklung der European Research Area die Zielsetzung hervor, durch eine verstärkte Science and Technology (S&T) Kooperation mit den schnellwachsenden Ökonomien zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung in Zusammenarbeit mit dem Rat für Nachhaltige Entwicklung eine Initiative mit dem Titel „Sustainability Solutions through Research in Brazil, Russia, India, China, South Africa plus Germany“ ins Leben gerufen. Ziel der Initiative ist es, Erfahrungen über Nachhaltigkeitsstrategien und Nachhaltigkeitsforschung zwischen den beteiligten Ländern auszutauschen, um dadurch Potenziale und Ergebnisse der Nachhaltigkeitsforschung noch effizienter nutzen zu können.

Ziel dieser Studie ist es, die Forschungs- und Technologiekompetenz in den BRICS-Ländern und Deutschland zu sechs ausgewählten Themenfeldern der Nachhaltigkeit,

1. Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien als zwei zentrale – z. T. konkurrierende – Technologielinien im Bereich des Energieangebots
2. Gebäude/Gebäudeeffizienz als wichtigen Teilbereich der Energieeffizienz
3. Wasserver- und Abwasserentsorgungssysteme
4. Materialeffizienz
5. Verkehrsinfrastruktur und Mobilität sowie
6. Beschleunigung von Diffusions- und Innovationsprozessen in den 5 vorgenannten Technologiefeldern als Querschnittsthema

zu ermitteln. Hierdurch soll eine Grundlage geschaffen werden, auf die bei der Identifizierung und Umsetzung von (Kooperations)potenzialen zur Steigerung des gegenseitigen Wissens- und Technologietransfers zwischen den BRICS-Staaten und Deutschland zurückgegriffen werden kann. Dazu werden die Spezialisierungsmuster der Länder und die Betrachtung bisheriger Kooperationserfahrungen gegenübergestellt.

Aus dieser Zielsetzung folgen Aufgabenstellungen in den folgenden vier Bereichen:

- Skizzierung der allgemeinen Rahmenbedingungen in den Ländern hinsichtlich der Aufnahmebereitschaft von neuen Technologien und der Durchführung von Innovationstätigkeiten.
- Analyse der Forschungsinstitutionen und –schwerpunkte in den sechs angesprochenen Nachhaltigkeitsbereichen in den BRICS-Ländern sowie statistische Auswertung der deutschen Forschungsaktivitäten.
- Analyse der (technologischen) Leistungsfähigkeit in den angesprochenen Nachhaltigkeitsbereichen.
- Auswertung von Kooperationserfahrungen deutscher Unternehmen mit den BRICS-Ländern in den angesprochenen Nachhaltigkeitsbereichen.

Bei der Analyse der Forschungsinstitutionen und –schwerpunkte in den sechs angesprochenen Nachhaltigkeitsbereichen in den BRICS-Ländern wurde mit einer Reihe von Forschungsinstitutionen in den BRICS-Ländern kooperiert. Des Weiteren wurde der in diesem Zusammenhang entwickelte Fragebogen an eine Reihe von Institutionen und Einzelpersonen gesandt, um die Einschätzungen zu diesem Bereich auf ein breites Fundament zu stellen. An dieser Stelle möchten wir uns für die Mithilfe dieser Personen bedanken. Die Analyse zu den Direktinvestitionen wurde durch eine Sonderauswertung, die uns von der Bundesbank freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde, ermöglicht. Unser besonderer Dank gilt darüber hinaus den 27 Unternehmen und Institutionen, die sich im Zusammenhang mit der Bearbeitung des vierten Aufgabenkomplexes zu einem Interview bereiterklärt haben. Sie alle haben mit ihren wertvollen Informationen maßgeblich zum Gelingen dieser Studie beigetragen.

Die Gliederung des Abschlussberichts folgt im Wesentlichen den oben skizzierten Aufgabenkomplexen. Zum besseren Verständnis der Verschränkung der Fragestellungen miteinander wird diesen Kapiteln eine kurze Skizzierung des konzeptionellen Rahmens vorangestellt, der als Heuristik für die hier angesprochenen Fragestellungen dient und die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Kapiteln herstellt. Um die Lesbarkeit des Berichtes zu verbessern, werden zahlreiche empirische Einzeldetails in den Anhang verlagert und die Darstellung im Textteil auf die wesentlichen Erkenntnisse fokussiert.

1.2 Konzeptioneller Hintergrund und Aufbau des Berichts

Die Umweltprobleme in den schnell wachsenden Ökonomien verschärfen sich und globale Umweltprobleme können ohne rechtzeitiges Handeln in diesen Ländern nicht eingedämmt werden. Damit gewinnt eine möglichst frühzeitige Verankerung des Nachhaltigkeitsgedankens im wirtschaftlichen Entwicklungsprozess enorme Bedeutung. Für den Entwicklungsprozess der schnell wachsenden Ökonomien wird die Hoffnung geäußert, globale Zielsetzungen wie die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen oder die Verbesserung der Wasserinfrastruktur durch Wissenstransfer und Technologiekooperationen erreichen zu können. Konzeptionell kommt dies dem umweltökonomischen Konzept des "Tunneling through the Environmental Kuznets Curve" gleich (vgl. Munashinghe 1999; Walz/Kuhlmann 2005).

Bei der Beurteilung der Potenziale des Wissenstransfers und der technologischen Kooperationsmöglichkeiten rücken Fragen der Wissensbasiertheit der Technologien und die Unterschiede in der Wissensbasis zwischen den Ländern als wichtige Faktoren in den Vordergrund. Seit Ende der 1980er ist die wichtige Rolle ergänzender Fähigkeiten unter Schlagworten wie der Social oder Absorptive Capacity (Abramovitz 1986; Cohen/Levinthal 1990) Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Die Ergebnisse der stärker betriebswirtschaftlich orientierten Knowledge Management Forschung (vgl. z. B. Nonaka/Takeuchi 1995; Hipp 2000) sowie der Forschung zu wirtschaftlichen Aufholprozessen (vgl. z. B. Nelson 2004; Fagerberg/Godinho 2005) haben die Bedeutung der Absorptionsfähigkeit noch weiter verstärkt. Zugleich wird darauf hingewiesen, dass das Messen der Absorptionsfähigkeit ein stets nur ansatzweise lösbares Problem bleibt, da sich zahlreiche Einflussgrößen nur schwerlich quantifizieren lassen. Neben den wissens- und technologiebasierten Faktoren sind Offenheit gegenüber neuen Lösungen, komplementäre Branchencluster und die Verfügbarkeit von user-producer Interaktionen, die schnelle Lernprozesse begünstigen, wichtige Faktoren (vgl. Fagerberg 1995). Mehr und mehr verdichtet sich die Erkenntnis, dass im Rahmen der Aufholprozesse die Absorption von entwickelten Techniken und die Herausbildung der Fähigkeiten zur Weiterentwicklung dieser Techniken und ihrer internationalen Vermarktung eng miteinander verwoben sind (Nelson 2005). Die Generierung von Wissen, das für technische Weiterentwicklungen von Produkten genutzt werden kann, und Erfolge im internationalen Wettbewerb werden damit zugleich zu einem Gradmesser der Absorptionsfähigkeit, zumal sie auch indirekt auf Offenheit gegenüber neuen Lösungen und internationalen Entwicklungen schließen lassen.

Die politische Förderung des Wissenstransfers und von Technologiekooperationen muss im Interesse der beteiligten politischen Institutionen liegen. Für die sich im

wirtschaftlichen Aufholprozess befindlichen Länder sind hier Verminderung der Umweltbelastungen und Technologieverfügbarkeit beim Aufbau moderner Infrastruktursysteme wichtige Motive. Für außenhandelsorientierte Länder spielt auch die Bedeutung von Nachhaltigkeitsinnovationen als Wirtschaftsfaktor eine Rolle. Die Ziele der EU-Nachhaltigkeitsstrategie, die High-Tech-Strategie der Bundesregierung oder die Initiativen des BMU hinsichtlich einer "ökologischen Industriepolitik" beruhen alle auf der Logik von first mover advantages: Eine forcierte (nationale) Strategie im entsprechenden Technologie- und Politikfeld führt nach dieser Argumentation dazu, dass sich die Vorreiter-Länder frühzeitig auf die Bereitstellung der hierzu erforderlichen Güter spezialisieren. Bei einer nachfolgenden Ausweitung der internationalen Nachfrage nach diesen Gütern sind diese Länder dann aufgrund ihrer frühzeitigen Spezialisierung und des erreichten Innovationsvorsprungs in der Lage, sich im internationalen Wettbewerb durchzusetzen.

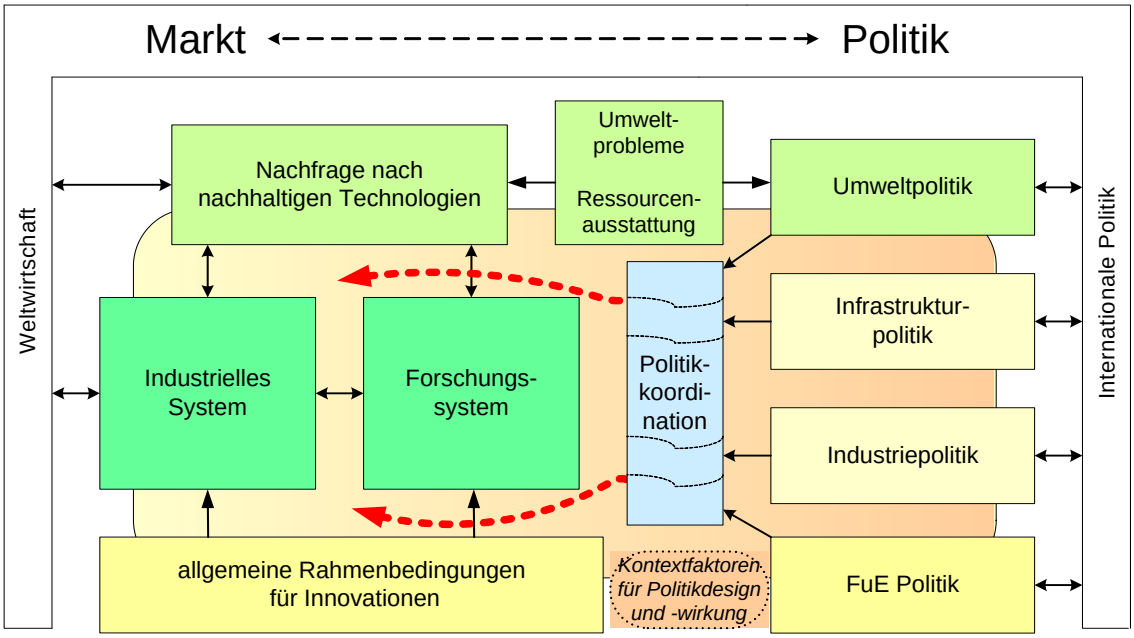
Für die Realisierung derartiger first mover advantages ist es erforderlich, dass die heimischen Anbieter dauerhafte Wettbewerbsvorteile bei den entsprechenden Techniken aufweisen. Hier spielen die Bedingungen für die Etablierung sogenannter Vorreitermärkte (lead markets) eine wichtige Rolle. Unter den Bedingungen der Globalisierung sind die Etablierung schwer transferierbarer Leistungsverbünde, die aus Kombinationen von technologischer Leistungsfähigkeit mit einer gegenüber Innovationen aufgeschlossenen und frühzeitige Lerneffekte begünstigenden Nachfrage und ihrer Integration in ausdifferenzierte Produktionsstrukturen bestehen, entscheidende Voraussetzungen für den Erfolg eines nationalen Innovationssystems (vgl. Meyer-Krahmer 2004, Beise/Rennings 2005, Walz 2005; Jacob et al. 2005, Walz 2006). Neben den marktbedingten Faktoren und einer passfähigen Regulierung sind die technologische Leistungsfähigkeit der betrachteten Technologien und komplementärer Branchencluster zentrale Bedingungen.

Die Diskussion um die Etablierung von Vorreitermärkten konzentrierte sich bisher vor allem auf die etablierten Industrieländer. In jüngster Zeit wird aber auch verstärkt ein Erstarken der schnell wachsenden Ökonomien bei den technologischen Fähigkeiten festgestellt: "Das Teilnehmerfeld im internationalen Innovationswettbewerb rekrutiert sich seit einem Jahrzehnt nicht mehr nur aus den industrialisierten westlichen Ländern, sondern ist durch die Integration der europäischen Peripherie sowie der asiatischen Aufholländer einschließlich China und Indien kräftig ausgeweitet worden" (TLF 2006, S. 48). Damit werden sie aber zunehmend selbst in die Lage versetzt, eine Vorreitermarkt-Stellung aufzubauen. Im Zusammenhang mit der Integration von Nachhaltigkeitsinnovationen in die wirtschaftlichen Aufholprozesse stellen Walz/Meyer-Krahmer (2003) die These auf, dass die schnell wachsenden Ökonomien gerade bei Nachhaltigkeitsinnovationen ein besonders hohes Potenzial aufweisen könnten, um

Vorreitermärkte zu etablieren. Hintergrund hierfür sind eine höhere Bedeutung regulatorisch bedingter Nachfrage sowie geringere Pfadabhängigkeiten, da sich die Strukturen noch nicht so verfestigt haben wie in lange industrialisierten Ländern. Mit der Etablierung von Vorreitermärkten für Nachhaltigkeitsinnovationen in den BRICS-Ländern würde sich das Interesse der bisherigen importierenden Länder an der Vornahme von Nachhaltigkeitsinnovationen dramatisch ändern: Sie würden nun nicht nur zu einem Bestandteil der technologischen Modernisierung und dem Aufbau der heimischen Infrastruktur werden, sondern Gegenstand einer weltmarktorientierten Exportstrategie und erhielten damit einen enormen Bedeutungszuwachs im Rahmen der Aufholstrategie der entsprechenden Länder.

Für beide Strategien – Wissenstransfer und Etablierung von Vorreitermarktpositionen – ist es erforderlich, dass entsprechende Kompetenzen aufgebaut werden und ein gut funktionierendes Innovationssystem etabliert wird. Damit gewinnt die Heuristik des Innovationssystems, das die neuere Innovationsforschung zur Erklärung der Innovationstätigkeit heranzieht (vgl. z. B. Carlsson et al. 2002; Lundvall et al. 2002, Edquist 2005), auch Relevanz für die Analyse von Nachhaltigkeitsinnovationen in Aufholprozessen. Neuere Ausprägungen des "Systems of Innovation Ansatzes" betonen eine disaggregierte Analyse auf sektoraler oder technologischer Ebene (Malerba 2005) sowie die Beachtung der Erfolgsfaktoren eines Innovationssystems, die eine vergleichende Systematisierung zwischen den Ländern erleichtern können (Smits/Kuhlmann 2004; Hekkert et al. 2006). Zentrale Aussage dieser Konzeption ist, dass das Hervorbringen und die Diffusion neuer Lösungen wesentlich vom Zusammenspiel der unterschiedlichen Akteure des Innovationsprozesses abhängen (s. Abbildung 1-1). Im Rahmen dieser Heuristik können auch weiche Kontextfaktoren (z. B. situative Handlungsbedingungen für Politikdesign und -wirkungen) und Aspekte einer nachfrageorientierten Innovationspolitik (ISI 2006) analysiert werden.

Abbildung 1-1: Schema des „Systems of Sustainability Innovation“ Ansatzes



Für die nachfolgende Analyse der sechs Nachhaltigkeitsbereiche – Erneuerbare Energien und Carbon Capture and Storage (CCS), Energieeffizienz in Gebäuden, Materialeffizienz, Verkehr/Mobilität, Wasserver- und Abwasserentsorgungssysteme sowie Beschleunigung von Diffusions- und Innovationsprozessen – in den BRICS+G-Staaten ist folgendes festzuhalten:

- Die allgemeinen Rahmenbedingungen für Innovationen beeinflussen auch die Vornahme von Nachhaltigkeitsinnovationen. Neben der Verfügbarkeit von Humankapital und anderen Aspekten der Wissenbasis spielen hier auch Themen wie die Bedeutung der Umweltregulierung im Sinne einer nachfrageorientierten Innovationspolitik eine Rolle. Hinzu kommen Themen wie die Aufgeschlossenheit gegenüber Neuem, die in weiterem Sinne der sozialen Absorptionsfähigkeit zugeordnet werden können. Auch werden Wissenbasis und Technologieverfügbarkeit sehr stark durch ausländische Direktinvestitionen beeinflusst. Diese Themen werden in Kapitel 2 behandelt.
- Das Forschungssystem und die FuE-Politiken in den entsprechenden Nachhaltigkeitsbereichen sind wichtige Bestandteile des "Systems of Sustainability Innovations" in den untersuchten Ländern. Ihnen kommt die Funktion zu, eine entsprechende Wissensbasis in den Ländern aufzubauen und kontinuierlich weiter zu verbessern. Dieser Themenkomplex steht im Vordergrund von Kapitel 3.
- Der Aufbau einer technologischen Kompetenz in den betrachteten Nachhaltigkeitsbereichen ist ein zentraler Indikator sowohl für die Absorptionsfähigkeit von Nachhaltigkeitstechnologien als auch die Ausgangssituation hinsichtlich des Aufbaus von Vorreitermarktstellungen. Darüber hinaus signalisieren insbesondere

internationale Patente und Erfolge im Außenhandel, inwieweit ein Land im entsprechenden Technologiefeld bereits in der Lage ist, sich international zu öffnen. Diese Themen werden in Abschnitt 4.1 behandelt.

- Das sechste ausgewählte Themenfeld der Nachhaltigkeit handelt von der Beschleunigung von Diffusions- und Innovationsprozessen als Querschnittsfragestellung. Die Verbreitung von Nachhaltigkeitsinnovationen hängt in hohem Maß von politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Entsprechend untersucht die sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung die Institutionen und Akteurskonstellationen, die zu nachhaltiger Entwicklung beitragen oder diese behindern, sowie den Umgang von Gesellschaften mit Umweltrisiken. Dieses stärker sozialwissenschaftlich geprägte Feld kann auch als Aktivität interpretiert werden, die Absorptionsfähigkeit neuer Technologien im eigenen Land zu erhöhen. Daher wird in Ergänzung der Untersuchung der Leistungsfähigkeit bei den technisch definierten Nachhaltigkeitsfeldern die Leistungsfähigkeit in der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung mit Hilfe einer Publikationsanalyse analysiert (Abschnitt 4.2).
- Der Analyse der Kooperationserfahrungen deutscher Unternehmen kommt die Aufgabe zu, die in den stärker indikatorengestützten Analysen herausgearbeiteten Aussagen aus Akteurssicht zu ergänzen. Aufgrund der unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen und der viel disaggregierteren Analyseebene muss diese "korrespondierende Sichtweise" notwendigerweise immer kursorisch bleiben und kann nicht statistisch repräsentativ werden. Andererseits bietet sie die Möglichkeit, alle angesprochenen Einflussfaktoren in ihrem Zusammenspiel zu erfassen und zumindest punktuell qualitative Einschätzungen zur Funktionsweise der Innovationssysteme zu erhalten. Sie bietet somit einen geeigneten Ansatzpunkt, um über die sich auf messbares konzentrierende Sichtweise der indikatorgestützten Analysen hinauszugehen. Die Ergebnisse aus diesem methodischen Ansatzpunkt bilden den Gegenstand von Kapitel 5.
- Die in den Kapiteln 2 bis 5 vorgestellten Arbeiten analysieren die Kompetenzen und Leistungsfähigkeit für eine nachhaltige Entwicklung in den untersuchten Ländern aus jeweils unterschiedlichem Blickwinkel. In Kapitel 6 wird ein Gesamtfazit gezogen, bei dem für die einzelnen Länder die unterschiedlichen Analyseebenen integriert und Ansatzpunkte für Kooperationen herausgearbeitet werden.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Basisdaten zur Innovationskapazität

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über grundlegende Indikatoren zur Innovationskapazität der BRICS-Länder gegeben. Diese Informationen dienen einem möglichst aktuellen Vergleich der fünf Länder hinsichtlich des nationalen FuE-Aufkommens (Gross Expenditure on R&D (GERD)), seiner Finanzierungsquellen nach Hauptsektoren (Staat, Unternehmenssektor, Ausland), der FuE-Intensität der Volkswirtschaft (GERD als prozentualer Anteil am Bruttoinlandsprodukt BIP), der Anzahl von FuE-Beschäftigten und Wissenschaftlern sowie hinsichtlich der international sichtbaren wissenschaftlichen Publikationen. Die Auswahl der Indikatoren orientiert sich am S&T-Berichtssystem der OECD. Für Brasilien und Indien wurden entsprechende nationale Quellen herangezogen. Zum Vergleich sind auch jeweils die Werte für Deutschland angeführt.

Vom absoluten Niveau der FuE ist China eindeutig das dominierende BRICS-Land. Die FuE-Ausgaben belaufen sich auf ein Vielfaches des Niveaus, das in den anderen BRICS-Ländern erreicht wird. Betrachtet man die spezifischen Werte, zeigt sich allerdings ein differenziertes Bild. Die FuE-Intensität ist in China und Russland am höchsten und übersteigt die der anderen drei BRICS-Länder in etwa um 50 %. Dies ist auf die Entwicklung seit Mitte der 1990er zurückzuführen. Während sich die FuE-Intensität in China und Russland in etwa verdoppelte, waren in Indien und Brasilien nur moderate Anstiege zu verzeichnen. Dennoch sind auch die führenden BRICS-Länder noch ein erhebliches Stück vom Niveau der Industrieländer entfernt. So beträgt die FuE-Intensität in Deutschland noch immer in etwa das Doppelte von der in China.

Bezüglich der Finanzierungsquellen der FuE-Aufwendungen weisen China und Südafrika die größten Ähnlichkeiten mit den Industriestaaten auf. In beiden dieser BRICS-Länder finanziert der private Sektor, ähnlich wie in Deutschland, den größten Teil der FuE. In Brasilien und Russland stellt der Staat zwar die bedeutendste Finanzierungsquelle dar, allerdings gibt es ebenfalls einen beträchtlichen Anteil privater FuE-Ausgaben. Demgegenüber sind die FuE-Aktivitäten in Indien noch immer weitgehend durch den Staat allein dominiert.

Bezüglich der Wissenschaftlerdichte erreicht Russland in etwa den deutschen Indikatorwert und liegt damit sehr deutlich vor China. Es folgen – wiederum mit deutlichem Abstand – die anderen BRICS-Länder, wobei Indien das Schlusslicht bildet. Der Vorsprung Russlands relativiert sich allerdings, wenn man russische Quellen zur Anzahl hochqualifizierter Wissenschaftler berücksichtigt (Goskomstat). Gemessen an

der Zahl der Veröffentlichungen pro Wissenschaftler ergibt sich die höchste Veröffentlichungshäufigkeit für Südafrika und Indien – beide kommen hier auf Werte, die mit denen in Deutschland vergleichbar sind, während China und Russland weit abgeschlagen hinten liegen. Diese gegenläufigen Effekte führen dazu, dass – mit Ausnahme von Russland - die Publikationsintensität in den BRICS-Ländern dann doch vergleichsweise ähnlich ausfällt. Zwar liegt Russland hier noch deutlich vorne, allerdings hat sich der Abstand in den letzten Jahren deutlich verringert und insbesondere China hat ganz erhebliche Zuwächse in diesem Bereich realisiert.

Insgesamt ist festzuhalten, dass vom Niveau her China eindeutig die größte Innovationskapazität unter den BRICS-Ländern aufweist. Gegenüber Indien ist dies vor allem auf ein höheres Pro-Kopf-Einkommen mit gleichzeitig höherer Forschungsintensität pro Einheit BIP zurückzuführen. Verglichen mit den anderen BRICS-Ländern weist China zwar einerseits ähnliche strukturelle Größen der Innovationskapazität auf, andererseits zugleich aber auch seit Anfang der 1990er Jahre die dynamischste Entwicklung der Innovationskapazität (Krawczyk et al. 2007), so dass es sich nicht lediglich um einen Größeneffekt Chinas handelt. Trotz aller erzielten Erfolge im Aufholprozess sind die BRICS-Länder hinsichtlich ihrer spezifischen Innovationskapazität aber noch deutlich von den Strukturen entfernt, die in den führenden Industriestaaten bestehen, insbesondere hinsichtlich der Größenordnung der FuE-Intensität.

Tabelle 2-1: Basisdaten zur Innovationskapazität in den BRICS+G-Ländern, 2004

	Brasilien	Russland	Indien	China	Südafrika	Deutschland
Bevölkerung 1000	183.913	143.850	1.079.721	1.296.157	45.509	82.501
BIP (Mio. laufende Preise US-$)	603.973	581.447	691.163	1.931.710	212.777	2.458.889
GERD (Mio. KKP $)	13.494	16.669,7	21.708,7	93.992	4.029,7	59.115
GERD pro Kopf (KKP $)	73,4	115,9	20,1	72,5	88,5	716,5
FuE-Intensität (GERD/ BIP in %)	0,83	1,15	0,78[a]	1,23	0,87	2,49
GERD nach Finanzierungsquelle						
GERD Unternehmens-sektor (%)	39,9	31,1**	19,8	65,7	54,8	67,1
GERD Staat (%)	57,9	60,6	75,3	26,6	34	30,4
GERD Ausland (%)	kA	7,6	kA	1,3	10,9	2,3
FuE-Beschäftigte (Vollzeitäquivalent)	157.595	951.569	296.300[b] (Pers.)	1.152.617	29.080	472.533[a]
Wissenschaftler (Vollzeitäquivalent)	84.979	477.647***	93.800[b] (Pers.)	926.252	14.131	268.942[a]
Wissenschaftlerinten-sität (Pers./Mrd. $ BIP)	141	821****	136	479	66	109
Wissenschaftlerdichte (Pers./1000 Bev.)	0,46	3,32****	0,09	0,71	0,31	3,26
Publikationen im SCI [a]	8.684	15.782	12.774	29.186	2.364	44.305
Anteil an SCI-Publika-tionen weltweit (%)[a]	1,24	2,26	1,83	4,18	0,34	6.34
Publikationsintensität (Publ./Mrd. $ BIP)	14	27	18	15	11	18
Publikationshäufigkeit (Publ./Wissensch.)	0,10	0,03****	0,14	0,03	0,17	0,16

a = 2003; b = 2000;

Quellen: OECD Main Science and Technology Indicators 2006; World Development Indicators, Worldbank 2006; Science Citation Index (SCI): US National Science Board: Science & Engineering Indicators 2006 (fraktionierte Zuordnung von Artikeln zu Ländern). Brasilien: Federal Ministry of Science and Technology MCT. Indien: NSTMIS Department of S&T, Government of India.

** Beinhaltet Mittel des Unternehmenssektors und nicht-budgetäre öffentliche Mittel.

*** Goskomstat nennt eine geringere Zahl von Wissenschaftlern: 409300 in 2003, von diesen sind nur 102451 (25 %) hochqualifizierte Wissenschaftler, d. h. Promotionskandidaten oder promoviert (zitiert nach OECD, 2005: 33).

**** Die hohe Wissenschaftlerdichte Russlands relativiert sich, wenn man die Zahl von Goskomstat zur Zahl hochqualifizierter Wissenschaftler (Fussnote ***) berücksichtigt; gleichzeitig steigt dann die Publikationshäufigkeit je Wissenschaftler an.

2.2 Analyse des regulativen Regimes

2.2.1 Vorgehensweise

Das regulative Regime hat in vielfältiger Weise Einfluss auf die Innovationsfähigkeit und –bereitschaft von Gesellschaften. Mit dem Humankapital, den Voraussetzungen für die technologische Absorption und der Innovationsfreundlichkeit werden im Folgenden Rahmenbedingungen betrachtet, die auf die nationale Innovationsfähigkeit als Ganzes einwirken. Des Weiteren wird mit der gesellschaftlichen Verankerung des Umweltschutzes ein Einflussfaktor betrachtet, der sich spezifisch auf Nachhaltigkeitsinnovationen in den untersuchten Technologiefeldern bezieht. Folgende Aspekte bilden den Hintergrund für die Betrachtung dieser vier Einflussfaktoren:

- Innovationen lassen sich nur dann umsetzen, wenn innerhalb der Unternehmen gut ausgebildete Arbeitskräfte neue Erkenntnisse aufgreifen und in innovative Produkte und Dienstleistungen überführen können. Aber auch die absorptive Kapazität einer nationalen Wirtschaft für die Integration fremder ausländischer Innovationen setzt eine solide Wissensbasis voraus, die das Verständnis und die Anpassung der neuen Technologien an die spezifischen Bedürfnisse des Landes ermöglicht.
- Der Transfer und die Diffusion von Innovationen hängen von der technologischen Absorptionsfähigkeit der Unternehmen ab. Wichtige Aspekte sind hier die Teilbereiche Vernetzung der Unternehmen, Durchführung eigener Forschung und Entwicklung in den Unternehmen und Aggressivität bei der Absorption fremder Technologien.
- Der Staat kann über eine innovationsfreundliche Regulierung den Technologieaustausch mit dem Ausland fördern. Welche Regulierungen jedoch Innovationen fördern, wird mitunter sehr kontrovers diskutiert. Einige Voraussetzungen sind jedoch unumstritten. Der Zugang zu entsprechenden Finanzierungsmöglichkeiten beispielsweise ist für die Markteinführung von Innovationen unabdinglich. Ferner müssen im Kontext des „Systems of Innovation Ansatzes“ nicht nur die angebotsseitigen Regulierungen berücksichtigt werden sondern auch solche, die sich auf die Nachfrage beziehen. Deshalb wird auch die Nachfrageseite als Teilbereich des Faktors Innovationsfreundlichkeit untersucht.
- Die Untersuchung des Umweltschutzes in Wirtschaft und Politik eines Landes basiert auf der Annahme, dass dessen starke Verankerung die Transferierbarkeit von Innovationen in den untersuchten Umwelttechnologiefeldern positiv beeinflusst.

Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen die mit diesem methodischen Vorgehen verbundenen Schwierigkeiten jeweils mitbedacht werden. Die Analyse stützt sich auf die vom World Competitiveness Center des International Institutes for Management Development (IMD) und im Rahmen des Global Competitiveness Report 2006-2007 des World Economic Forum (WEF) veröffentlichten Indikatoren zur wirtschaftlichen

Wettbewerbsfähigkeit. Diese bestehen zu einem überwiegenden Teil aus in Umfragen erhobenen subjektiven Einschätzungen von internationalen Wirtschaftsexperten und Industrieverbänden. Die Ergebnisse werden damit jeweils durch spezifische Fragestellungen und die Auswahl der Befragten entscheidend mitgeprägt. So können in den Daten auch politische Bewertungen der befragenden Organisationen mitschwingen. Dies ist insbesondere bei der Beurteilung regulativer Eingriffe von Bedeutung. Hinzu kommt, dass die Einschätzungen auch einen unterschiedlichen gesellschaftlichen Erfahrungshintergrund der Befragten eher unreflektiert wiedergeben. Sogar bei den wenigen harten Daten sind mitunter erhebliche Differenzen zwischen beiden Erhebungen festzustellen, die wahrscheinlich auf unterschiedliche Messkonzepte zurückzuführen sind.

Um die Daten unterschiedlicher Herkunft vergleichbar zu machen, werden sie auf eine einheitliche Skala zwischen 1 und 7 transformiert. Bei impliziter Unterstellung von Gleichrangigkeit der Einzelindikatoren, werden in zwei Stufen jeweils die Mittelwerte thematischer Gruppen der skalierten Indikatoren gebildet. Die Einzelindikatoren werden auf diese Weise zunächst zu Teilbereichsindikatoren zusammengefasst. Im Anhang ist die genaue Zusammensetzung der Teilbereichsindikatoren erklärt. Die Ergebnisse werden in einem Spinnendiagramm dargestellt, wobei ein Profilausschlag in dem äußeren Bereich des Diagramms eine hoch einzuschätzende Leistungsfähigkeit des Landes in dem jeweiligen Teilbereich verdeutlicht. Über die Aggregation der Teilbereichsindikatoren ergibt sich das im Balkendiagramm dargestellte Gesamtranking für jeden der vier Einflussfaktoren.

Das gewählte Vorgehen ermöglicht einerseits einen übersichtlichen Ländervergleich der Rahmenbedingungen für jeden Faktor und erlaubt andererseits eine präzisere Analyse der nationalen Stärken und Schwächen auf untergeordneten Teilbereichsebenen.

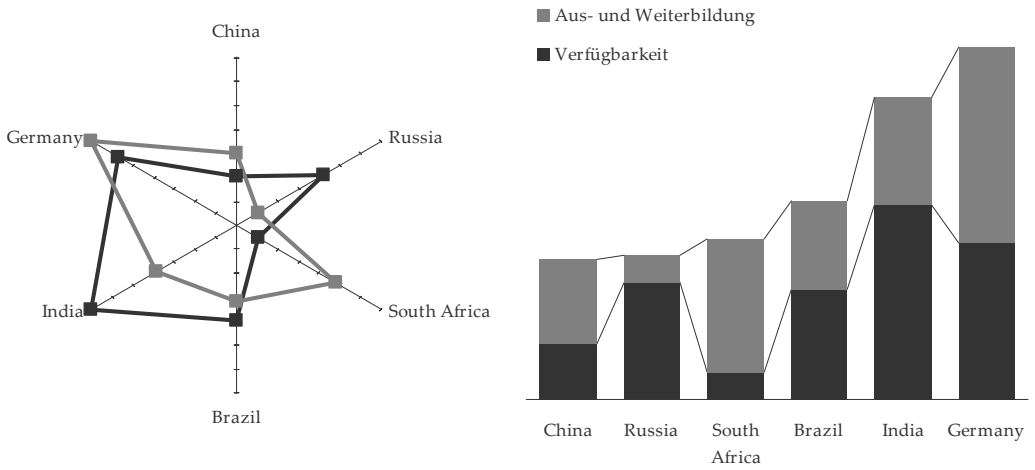
2.2.2 Humankapital

Für die Beurteilung des Humankapitals werden folgende zwei Teilbereiche analysiert:

- **Verfügbarkeit von Humankapital:** Die Verfügbarkeit von Humankapital ist nicht nur Voraussetzung für Innovationsaktivitäten, sondern auch für eine erfolgreiche Integration fremder Technologien. Verschiedene Einschätzungen zur Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften, insbesondere von Ingenieuren und Wissenschaftlern, dienen hierfür als Indikatoren.

- **Bereitschaft der Unternehmen zur Investition in Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter:** Insbesondere bei Technologien mit hohem Anteil an implizitem Wissen ist auch eine langfristige Bindung der Mitarbeiter und eine aktive Aus- und Weiterbildung zur Wissensakkumulation erforderlich. Als Indikatoren werden hierzu Umfrageergebnisse zum Ausmaß von Weiterbildung in den Unternehmen und zur Verfügbarkeit entsprechender Dienstleistungen verwendet.

Abbildung 2-1: Teilbereichsprofile und Gesamtranking des Faktors Humankapital



Bei den Einzelindikatoren zur Verfügbarkeit von Ingenieuren, Wissenschaftlern und qualifizierten Arbeitskräften kommen die befragten Experten zum Ergebnis, dass die Verfügbarkeit von Humankapital in Indien den Anforderungen der Wirtschaft am besten genügt. Deutschland liegt in diesem Teilbereich, insbesondere aufgrund schlechterer Verfügbarkeit von Ingenieuren, hinter Indien. In Südafrika wird die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften als besonders problematisch eingeschätzt. Die Befragungsergebnisse zur Verfügbarkeit von Humankapital relativieren in gewisser Weise die Ergebnisse aus Abschnitt 2.1. Obwohl dort für China eine relativ hohe und für Indien eine geringe Wissenschaftlerdichte ausgewiesen werden, scheint das Arbeitsangebot in China den Anforderungen des Marktes aus Sicht der Wirtschaftsexperten wesentlich schlechter zu genügen. Das mag zum einen auf Unterschiede im Nachfrageniveau oder auf Qualitätsunterschiede bei der Ausbildung zurückzuführen sein. Andererseits könnten Sprachbarrieren die Zahl qualifizierter Arbeitskräfte einschränken.

Die Aus- und Weiterbildung der Arbeitskräfte ist, gemessen an den Umfrageergebnissen zum Umfang der Weiterbildungsmaßnahmen durch die Unternehmen und zum Angebot an entsprechenden Dienstleistungen, in den schnell wachsenden Ökonomien bei weitem nicht so stark ausgeprägt wie in Deutschland. Südafrika liegt in

diesem Bereich an zweiter Stelle hinter Deutschland und gleicht darüber im Hinblick auf das Gesamtranking des Faktors Humankapital den starken Mangel an qualifizierten Arbeitskräften aus. Russland verliert dagegen gerade in diesem Teilbereich an Boden.

Insgesamt rangiert Deutschland beim Faktor Humankapital vor Indien. Brasilien, Südafrika, China und schließlich Russland folgen trotz völlig unterschiedlicher Problemlagen mit relativ großem Abstand auf diese beiden Länder.

2.2.3 Technologische Absorption

Für die Beurteilung der Absorptionsfähigkeit werden folgende Teilbereiche betrachtet:

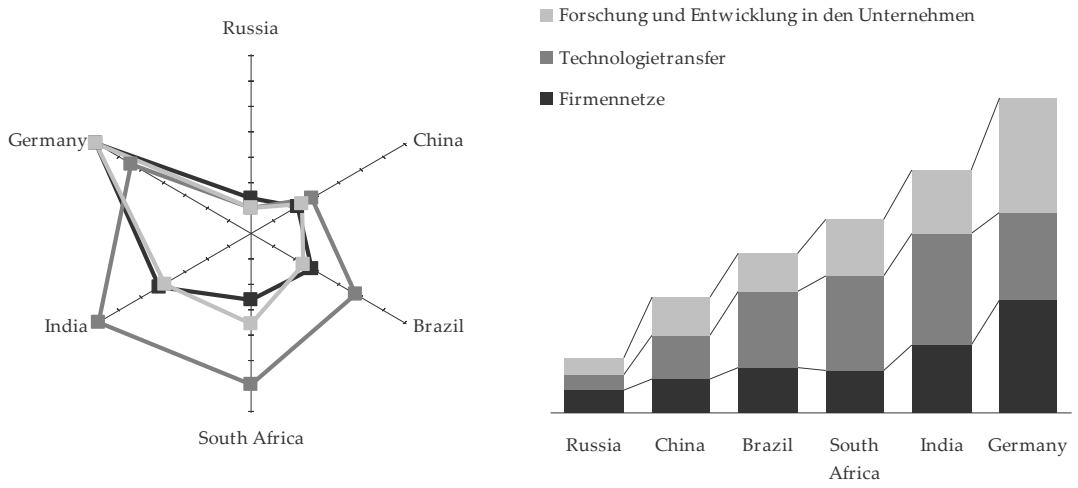
- **Firmennetze:** Die Bildung von Unternehmenskooperationen fördert die technologische Diffusion. Das Vorhandensein nationaler Zulieferer deutet auf die Existenz von Unternehmensclustern hin, die z. B. aufgrund intensiver user-producer-Beziehungen und Transaktionskostenreduktionen den Technologietransfer potenziell erleichtern.
- **Technologietransfer:** Einschätzungen zur Bedeutung von Foreign Direct Investments (FDI) und Lizenzierungen bei der Aneignung neuer Technologien, sowie zur Fähigkeit und Aggressivität der Unternehmen bei der Absorption fremder Technologien, werden als Indikatoren für die Bereitschaft der Wirtschaft zum Technologietransfer interpretiert.
- **Forschung und Entwicklung in Unternehmen:** Eigene Forschung und Entwicklung begünstigen die erfolgreiche Integration fremder Technologien. Einerseits werden dadurch die absorptiven Kapazitäten gestärkt, indem das Verständnis und die Fähigkeiten zur Adaption der Technologien an die lokalen Bedürfnisse gesteigert werden, andererseits wächst auch die Verhandlungsmacht bei der Bemühung um ausländische Lizenzen, wenn glaubhaft mit einer alternativen Eigenentwicklung gedroht werden kann.

Die Indikatoren deuten auf eine relativ schwache Vernetzung der Unternehmen in Russland, China und Brasilien hin. Indien und Südafrika führen in diesem Bereich die BRICS-Länder an, der Unterschied zur deutschen Wirtschaft ist jedoch gravierend. Die breite Vernetzung seiner Akteure gehört wohl zu den besonderen Stärken der Innovationslandschaft Deutschlands.

Technologietransfer als Quelle neuer Technologien spielt in Indien, Südafrika und Brasilien offenbar eine bedeutendere Rolle als in China und insbesondere in Russland. Es erscheint plausibel, dass diese Form der Technologieaneignung in Deutschland weniger ausgeprägt ist, da hier zugleich hohe nationale Kompetenz in der Technologieentwicklung besteht.

Auch im Bereich unternehmensinterner FuE liegen alle schnell wachsenden Ökonomien weit hinter deutschem Niveau zurück, sowohl was die Experteneinschätzung der Innovationskapazität und FuE-Ausgaben der Unternehmen als auch was die Frage nach gesetzlicher Förderung von Entwicklung und Anwendung neuer Technologien betrifft. Indien führt darin die BRICS-Länder an, während Russland das Schlusslicht bildet.

Abbildung 2-2: Teilbereichsprofile und Gesamtranking des Faktors Technologische Absorption



Beim Faktor Technologische Absorption ist damit der Vorsprung Deutschlands, insbesondere aufgrund der hohen Vernetzung und ausgeprägter unternehmensinterner FuE, relativ deutlich. Indien schneidet in der Gruppe der BRICS-Länder am besten ab, wobei die höhere Bewertung des Technologietransfers hervorzuheben ist. Danach folgen in gleichmäßigen Abständen Südafrika, Brasilien und China. Russland ist in allen Teilbereichen und damit auch insgesamt deutlich abgeschlagen.

2.2.4 Innovationsfreundlichkeit

Zur Beurteilung der Innovationsfreundlichkeit der Rahmenbedingungen werden folgende Teilbereiche untersucht:

- **Gründungsregulierung:** Die Erleichterung von Unternehmensgründungen fördert tendenziell auch die Einführung und Diffusion von Innovationen. Zur Beurteilung des Gründungsaufwands werden einerseits unterschiedliche harte Daten zu Dauer und Anzahl der Zulassungsprozeduren und andererseits Umfrageergebnisse zur Gründungsfreundlichkeit der staatlichen Regulierung berücksichtigt.

- **Innovationsfinanzierung:** Die Einführung von Innovationen ist mit Kapitalbedarf und z. T. hohem Risiko behaftet. Der Zugang zu entsprechenden Finanzierungsmöglichkeiten fördert deshalb den Einsatz neuer Technologien. Zur Beurteilung werden Aussagen zum Zugang zu Risikokapital, Umfrageergebnissen zur allgemeinen Finanzierungssituation für Innovationen sowie zum Zugang zu Krediten herangezogen.
- **Innovationsfreundliche Nachfrage:** Besondere Bedeutung für den Erfolg von Innovationen am Markt hat die Anspruchshaltung der potenziellen Käufer. Ein hoher Grad an Informiertheit der Käufer sowie Kaufentscheidungen, die über den Produktpreis hinaus Leistungsmerkmale und Innovativität eines Produkts berücksichtigen, fördern den Absatz und damit die Diffusion von Innovationen. Mit dem öffentlichen Beschaffungswesen ist dem Staat ein Mittel gegeben, die Nachfrage positiv zu beeinflussen. Daher werden die Experteneinschätzungen über die Bedeutung von Qualität und Innovationsgrad als Entscheidungskriterium bei öffentlichen Beschaffungen herangezogen. Anspruchsvolle Standards sollten Innovationen befördern, obwohl diese Wirkung nicht unumstritten ist.

Brasilien liegt bei der Gründungsregulierung hinter allen anderen Ländern weit zurück. Während Gründungen in Russland besonders unbürokratisch und der gesetzliche Rahmen in Indien und China besonders gründungsfreundlich erscheinen, liegt Deutschland, aufgrund einer relativ schlechten Bewertung des letzteren, in der IMD-Umfrage lediglich an vierter Stelle.

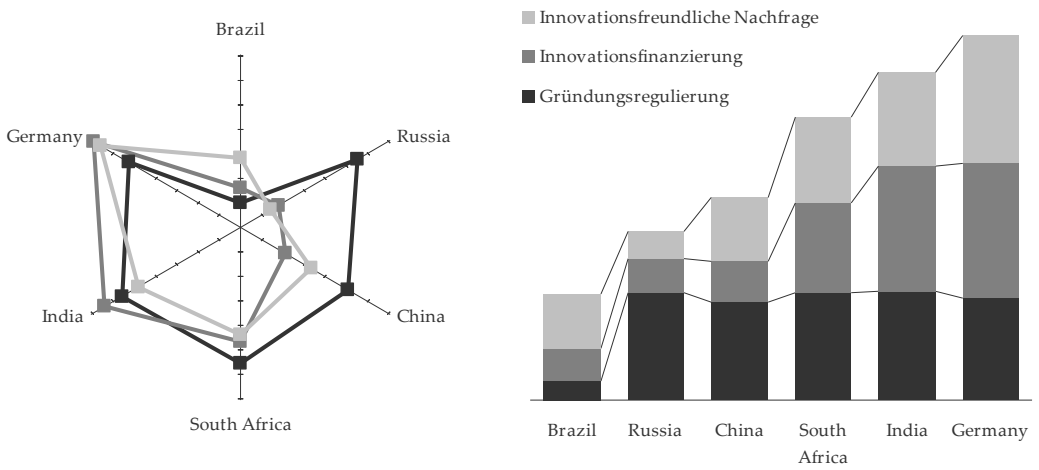
Bei der Innovationsfinanzierung führt Deutschland knapp vor Indien. China, Russland und Brasilien belegen auf etwa gleichem Niveau die hinteren Plätze, wobei in China trotz sehr schlechten Zugangs zu Krediten und Risikokapital die allgemeine Innovationsfinanzierung in der IMD-Umfrage als recht gut eingeschätzt wird.

Deutschland besitzt die höchste Qualität der privaten und staatlichen Nachfrage sowie die anspruchsvollsten Standards und liegt deshalb an erster Stelle im Teilbereich der innovationsfreundlichen Nachfrage. Regulative Standards sind in allen anderen Ländern deutlich weniger anspruchsvoll. Der Einfluss der technologischen Regulierung auf die Innovationen wird in Indien, China und Südafrika in der IMD-Umfrage als innovationsfreundlicher als in Deutschland eingeschätzt. Bei der Beurteilung dieser Befragungsergebnisse ist zu bedenken, dass hohe regulative Standards von Verfechtern einer freien Marktwirtschaft mitunter als innovationshemmend eingestuft werden. Entsprechend gleicht China, dessen regulative Standards am niedrigsten sind, über den IMD-Indikator seine schlechten Werte bei privatem Käuferverhalten und Standards etwas aus. Russland liegt im Teilbereich innovationsfreundliche Nachfrage deutlich an letzter Stelle.

Insgesamt werden für Deutschland die innovationsfreundlichsten Rahmenbedingungen ausgewiesen. Der Unterschied zu Indien und Südafrika ist jedoch nicht so deutlich wie bei anderen Faktoren. Russland und China folgen mit einem größeren Abstand. Die Rahmenbedingungen in Brasilien sind Innovationen offenbar am wenigsten förderlich.

Aufgrund divergierender Auffassungen über die Wirkung bestimmter regulativer Eingriffe, die sich zwingend auch in den Umfrageergebnissen widerspiegeln, ist das Gesamtranking im Bereich Innovationsfreundlichkeit in hohem Grade von der Auswahl und Gewichtung der zugrunde liegenden Einzelindikatoren abhängig. Das Zugrunde legen von Indikatoren unterschiedlicher Herkunft bei Gleichgewichtung führt zu einer Nivellierung der Unterschiede zu Lasten deutlicherer nationaler Unterschiede.

Abbildung 2-3: Teilbereichsprofile und Gesamtranking des Faktors Innovationsfreundlichkeit



2.2.5 Stellenwert des Umweltschutzes

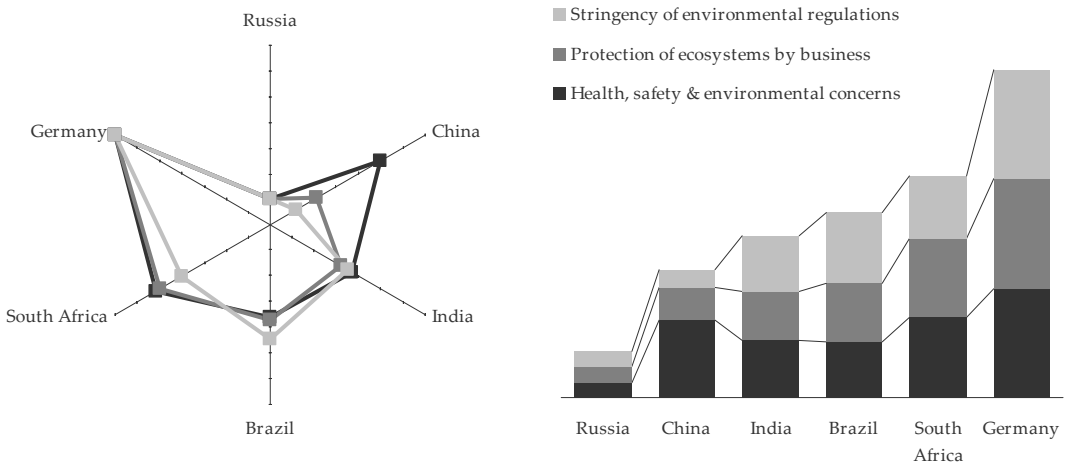
Als Annäherung an die Frage der gesellschaftlichen Verankerung des Umweltschutzgedankens wurden Einzelindikatoren zu folgenden Teilaspekten untersucht:

- **Umweltschutz in den Unternehmen:** Hier wird auf Expertenmeinungen zur Frage zurückgegriffen, ob Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltaspekten durch die Unternehmen in geeigneter Weise begegnet wird und wie häufig Maßnahmen zum Schutz der Umwelt durch die Wirtschaft ergriffen werden.
- **Staatliche Umweltregulierung:** Über die Strenge der Umweltregulierung wird der staatliche Druck auf die Wirtschaft zur Adoption von nachhaltigen Technologien erhöht. Dieser Indikator wird ebenfalls durch subjektive Umfrageergebnisse gebildet, wobei nicht nachvollziehbar ist, inwieweit sich die Antworten lediglich auf die Gesetzeslage oder auch die Umsetzung der Umweltgesetzgebung beziehen.

Südafrika ist laut IMD-Umfrage neben Deutschland das Land, in dem die Unternehmen Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltaspekten offenbar den größten Stellenwert beimessen. Brasilien, Indien und China bewegen sich im Mittelfeld. Trotz vergleichbarer Fragestellung liegen die Angaben zu China bei IMD und WEF weit auseinander. Laut Umfrage des WEF sind in China Umweltschutzmaßnahmen der Unternehmen eher selten. Die IMD-Umfrage bescheinigt hingegen chinesischen Unternehmensführungen eine (eher) adäquate Berücksichtigung von Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltaspekten. Beiden Umfragen zufolge haben Umweltschutzaspekte in russischen Unternehmen den geringsten Stellenwert.

Im Bereich Strenge der Umweltregulierung führt Brasilien die BRICS-Länder an, gefolgt von Südafrika und Indien. In Russland und China wird die Umweltregulierung als sehr lax eingestuft, insbesondere im Vergleich zu Deutschland, das mit Abstand die strengste Umweltregulierung aufweist.

Abbildung 2-4: Indikatoren und Gesamtranking des Faktors Umweltschutz

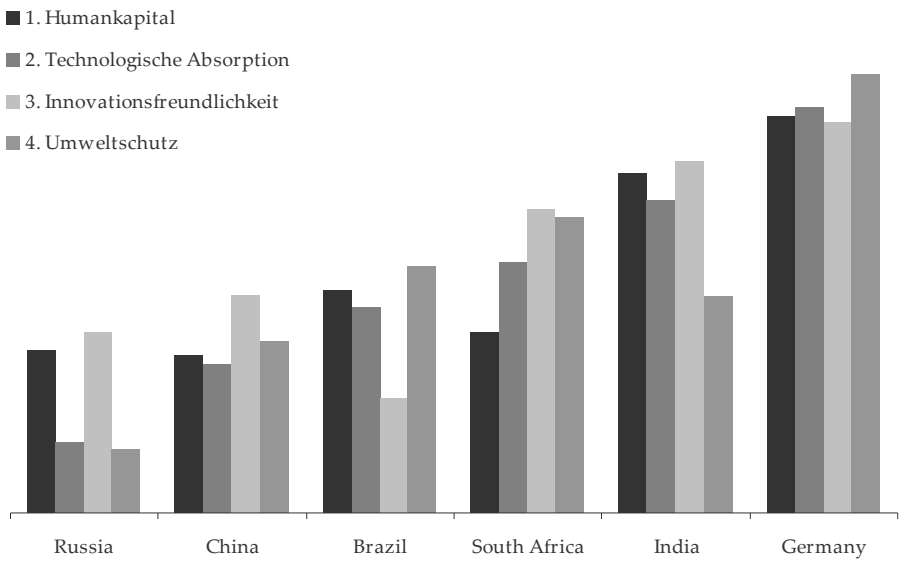


Insgesamt liegt Deutschland beim Faktor Umweltschutz mit großem Abstand vor Südafrika, das die BRICS-Länder anführt. Dieser eklatante Unterschied rührt wesentlich aus der größeren Strenge der Umweltregulierung in Deutschland her. In Russland besitzt der Umweltschutz offenbar eine deutlich geringere Bedeutung als in allen anderen untersuchten Ländern.

2.2.6 Fazit

Deutschland besitzt damit bei allen vier untersuchten Faktoren die besten allgemeinen Rahmenbedingungen für (nachhaltige) Innovationen. Der deutlichste Vorsprung ist beim Umweltschutz zu erkennen. Bei Humankapital und Innovationsfreundlichkeit stehen die Rahmenbedingungen in Indien den deutschen nicht viel nach.

Abbildung 2-5: Transfer von Nachhaltigkeitsinnovationen



Indien und Südafrika sind hervorzuheben als diejenigen BRICS-Länder mit den besten Voraussetzungen für einen Innovationstransfer. In Indien ist jedoch der Umweltschutz nicht besonders ausgeprägt. Eine strengere Umweltregulierung könnte hier die Rahmenbedingungen für Nachhaltigkeitsinnovationen deutlich verbessern. In Südafrika liegt das größte Problem in der Verfügbarkeit des Humankapitals, dem Umweltschutz wird dagegen die höchste Bedeutung unter den BRICS-Ländern zugesprochen. Eine konsequente Verbesserung des Bildungs- und Ausbildungssystems verspricht hier die größten Erfolge.

Brasilien und China bilden das untere Mittelfeld. In Brasilien sind starke Defizite beim Faktor Innovationsfreundlichkeit, insbesondere bei der Gründungsregulierung, auffällig. Schnellere und unbürokratische Zulassungsverfahren für Unternehmensgründungen könnten die Rahmenbedingungen für den Transfer von Nachhaltigkeitsinnovationen deutlich verbessern. Chinas Probleme sind nicht auf einen einzigen Einflussfaktor zu beschränken: Beim Humankapital ist es die Verfügbarkeit, beim Technologietransfer die relativ schlechte Vernetzung und mangelnde FuE- sowie Innovationskapazitäten

der Unternehmen, bei der Innovationsfreundlichkeit sind Defizite beim Zugang zu Krediten und Risikokapital und bei der privaten Nachfragequalität auszumachen, während eine laxe Umweltregulierung die Bedeutung von Nachhaltigkeitsinnovationen begrenzt.

Russlands allgemeine Rahmenbedingungen für den Transfer von Nachhaltigkeitsinnovationen sind die schlechtesten aller hier betrachteten Länder. Lediglich bei den Faktoren Humankapital, allerdings nur aufgrund des (noch) vorhandenen Stocks qualifizierter Arbeitskräfte, Wissenschaftler und Ingenieure sowie beim Faktor Innovationsfreundlichkeit, aufgrund eines geringen Gründungsaufwands in Bezug auf Gründungsdauer und Anzahl der Zulassungsprozeduren, kann Russland mit den anderen BRICS-Ländern mithalten. Die größten Verbesserungspotenziale bestehen in einer Stärkung der absorptiven Kapazitäten und der gesellschaftlichen Verankerung des Umweltschutzes.

Die Analyse zeigt somit sehr unterschiedliche nationale Voraussetzungen für einen erfolgreichen Innovationstransfer im Nachhaltigkeitsbereich. Stärken und Schwächen jedes nationalen Innovationssystems sollten bei der Gestaltung einer effektiven Kooperationspolitik berücksichtigt werden. Einschränkend ist nochmals darauf hinzuweisen, dass diese Ergebnisse auf Expertenbefragungen beruhen, bei denen Auswahl und unterschiedliche konzeptionelle Grundlagen – z. B. hinsichtlich der Wirkungsrichtung von Regulierungen – das Ergebnis beeinflussen.

Tabelle 2-2: Stärken und Schwächen der schnell wachsenden Ökonomien*

Land	Humankapital	Technologische Absorption	Innovations-freundlichkeit	Umweltschutz
Indien	+	+	+	(-)
Südafrika	(-)	(o)	+	+
Brasilien	(o)	(o)	-	+
China	-	(o)	(+)	(o)
Russland	(+)	-	(+)	-

*Klammern kennzeichnen relative Stärken (+) bzw. Schwächen (-) oder Durchschnittlichkeit (o) in Bezug auf die eigene Leistungsfähigkeit

2.3 Direktinvestitionen

Durch Direktinvestitionen wird die Integration neuer Technologien ermöglicht. Sie bilden eine wichtige Quelle der technologischen Absorption. Eine Reihe Direktinvestoren streben bei ihren Unternehmensaktivitäten im Ausland an, eine nachhaltige Entwicklung voranzubringen.[1] Daher wird zunächst eine Betrachtung der Entwicklung von Direktinvestitionen (Foreign Direct Investments (FDI) als "outflows", Abflüsse und "inflows", Zuflüsse) in den BRICS-Länder durchgeführt. Im Hinblick auf die Verflechtungen der BRICS-Länder mit Deutschland wird dann die Entwicklung der deutschen Direktinvestitionsbeziehungen mit den BRICS-Ländern aufgezeigt. Dabei werden die Ströme zwischen Deutschland und den BRICS-Ländern betrachtet und sektorale Schwerpunkte ermittelt.

2.3.1 Globale Direktinvestitionen

Aus dem "World Investment Report 2006" der UN-Handels- und Entwicklungsorganisation UNCTAD (2006) über die 2005 weltweit getätigten FDI (inkl. Übernahmen und Fusionen, M&A, Merger & Acquisition) geht hervor, dass bei den globalen **Zuflüssen** an Direktinvestitionen (inflows) in die BRICS-Staaten die Volksrepublik (VR) China (ohne Hongkong) weit vor Brasilien und der Russischen Föderation liegt. Indien und Südafrika haben demgegenüber bisher die geringsten Zuflüsse realisiert. Auch bei den **Beständen** (inward stocks) lag China 2005 vor Brasilien und der Russischen Föderation. Der Bestandswert für Südafrika ist momentan noch deutlich höher als für Indien.

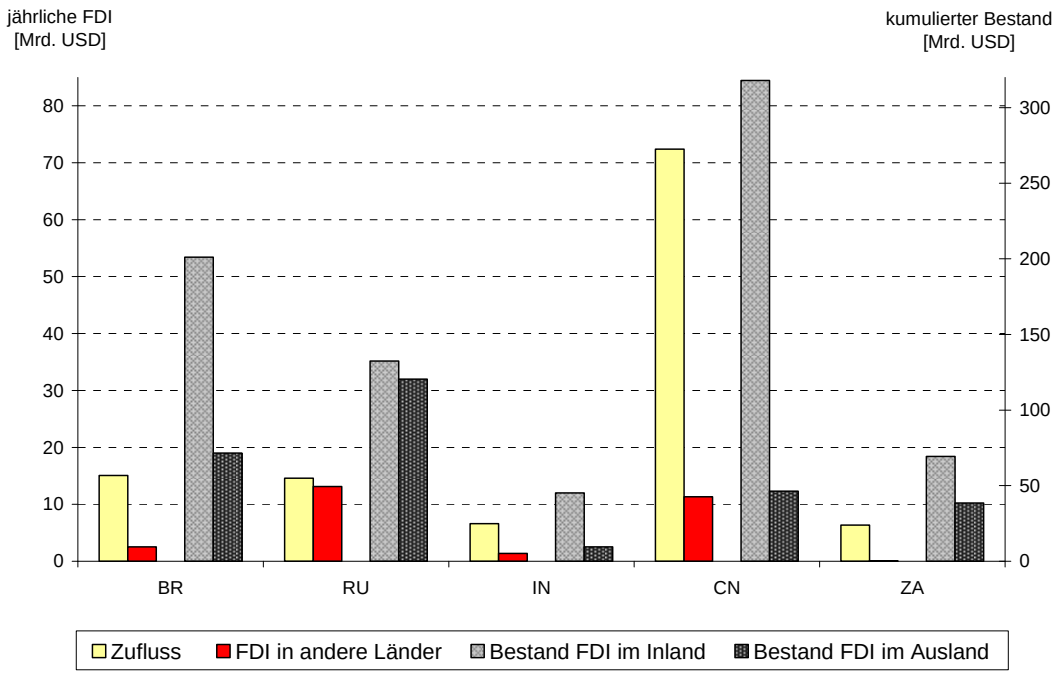
Die hohen Zuflüsse nach China entsprechen auch der Beurteilung des "FDI Confidence Index Ende 2005" (A.T. Kearney 2006), bei dem China Rang 1 der attraktivsten Standorte im Wettbewerb um internationale Direktinvestitionen einnimmt. Andererseits wurde in Abschnitt 2.2 herausgearbeitet, dass China bezüglich der Rahmenbedingungen weniger vorteilhaft abschneidet. Die hohe Attraktivität für Direktinvestitionen dürfte daher maßgeblich durch andere Faktoren bestimmt sein. Anzuführen sind die hohe Bedeutung Chinas als Binnenmarkt und die aktive chinesische Politik, die sich z. B. in hohen Importzöllen und Vorschriften zur Bereiligung chinesischer Unternehmen äußert. Zusätzlich spielt auch die Strategie internationaler Unternehmen eine Rolle, durch Produktionsverlagerungen komparative

---

1 In Deutschland sind z. B. aktuell 24 multinational tätige Unternehmen und Organisationen Mitglied im Econsense Forum Nachaltige Entwicklung der Deutschen Industrie. Vgl. auch die Ausführungen in Kapitel 5 zur Übernahme von deutschen Umweltstandards in ausländischen Produktionsstätten.

Kostenvorteile zu erreichen, um die preisliche Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Indien belegt Rang 2 im FDI Confidence Index, was sich aber noch nicht in den aktuell umgesetzten FDI widerspiegelt. Obwohl noch keine vollständige Öffnung aller Branchen für Direktinvestitionen erfolgt ist, wird bereits für das Finanzjahr 2006/2007 ein deutlicher Anstieg erwartet (bfai 2006b). Russland und Brasilien belegen die Ränge 6 und 7, Südafrika liegt nicht im Feld der besten 25 Länder. Zum Vergleich ist festzuhalten, dass die USA auf Rang 3 und Deutschland auf Rang 9 liegen.

Abbildung 2-6: Jährliche Direktinvestitionen und kumulierte Bestände der BRICS-Staaten* im Jahr 2005 (Mio. US-$)



Quelle: Daten von UNCTAD 2006
* China ohne Hongkong

Bei den globalen **FDI-Abflüssen** (outflows), d.h. den Direktinvestitionen aus den BRICS-Staaten in anderen Ländern, weisen 2005 die Russische Föderation und die VR China die höchsten Beträge auf. Dagegen sind die durch Unternehmen aus Brasilien, Indien und Südafrika durchgeführten Direktinvestitionen deutlich geringer (Abbildung 2-6). Bei den **Bestandswerten** liegt 2005 die Russische Föderation deutlich vorn, gefolgt von Brasilien und der VR China.

Der größte Teil der gesamten globalen Direktinvestitionen entfiel im Jahr 2005 auf den Bereich Dienstleistungen (Beispiele: Finanzsektor, Handel, Telekommunikation, Real Estate/Immobilienbereich, neuerdings: eher renditeorientierte "private equity/hedge

fund investments"). Mit Ausnahme des Bereichs "resource-based manufacturing" ist der Anteil der Industrie insgesamt gegenüber 2004 zurückgegangen. Der primäre Sektor (vor allem die Petroleumwirtschaft) ist weiterhin im Blickfeld. Transnationale Transaktionen wurden zwar meist von privaten Unternehmen unternommen, allerdings treten immer mehr auch Staatsunternehmen als Investor im Ausland auf – z. B. aus China.

In den BRICS-Ländern, wo sich in der letzten Dekade die Aktivitäten intensiviert haben, existieren unterschiedliche Voraussetzungen als Anreiz für Direktinvestitionen:

- In Brasilien hat der Agrar- und Rohstoffsektor eine hohe Bedeutung,
- Russland profitiert von seinen Rohstoffen/Energiequellen (Engagement internationaler Öl- und Gaskonzerne),
- Indien setzt auf wissensbasierte Dienstleistungsbereiche (z. B. Offshoring-Dienstleistungen im IT-Bereich),
- die Volksrepublik China hat bereits eine breite industrielle Basis (starkes Interesse an "more advanced technologies"), und
- Südafrika führt die Rangliste der FDI inflows in Afrika an; Schwerpunkte sind die Verkehrstechnologien, insbesondere der Automobilsektor (UNCTAD 2006).

Bei den Direktinvestitionen werden die Aktivitäten zwischen den sich entwickelnden Ökonomien zunehmend bedeutsam. Mit über 334 Mrd. US-$ konnten 2005 diese Staaten einen Rekordwert an Zuflüssen verbuchen, haben aber auch als Investoren eine zunehmende Bedeutung gewonnen (rd. 117 Mrd. US $), hauptsächlich zur Rohstoffsicherung. Die Kapitalströme in die Entwicklungsländer stammen zu rund 70 % aus Asien, wo sich die Zahl der multinationalen Unternehmen in der letzten Dekade deutlich vergrößert hat (Rabe 2006), so dass viele neue Weltkonzerne aus diesen Ländern kommen (Müller 2006).

Innerhalb dieser Ländergruppe haben vor allem die chinesischen Investitionen und diplomatischen Aktivitäten in Südamerika, Asien und Afrika in der Vergangenheit deutlich zugenommen. Es haben sich starke Firmengruppen gebildet, die mit staatlicher Unterstützung versuchen, sich durch grenzüberschreitende Unternehmenskäufe auf dem Weltmarkt zu behaupten ("Going Global-Strategie" UNCTAD 2006). Chinas Direktinvestitionen in Afrika 2006 werden auf 6,6 Mrd. US-$ geschätzt. Betroffen sind Öl- und Rohstoffprojekte oder auch Komplettlösungen für Infrastrukturvorhaben (Drechsler, Hoffbauer 2007).

Auch indische und brasilianische Unternehmen entwickeln Expansionsdrang (Beispiele: Stahlbranche). Südafrika verfolgt eine vertiefte Zusammenarbeit sowohl mit Brasilien und Indien als auch mit China (Auswärtiges Amt 2006c). In Brasilien besteht

noch ein riesiger Investitionsbedarf in die Infrastruktur des Landes. Zukünftig dürften auch dort bereits vorhandene Wirtschaftsbeziehungen zu anderen BRICS-Ländern an Bedeutung gewinnen. Im Falle der Russischen Föderation werden zwar ausländische Direktinvestitionen in "strategischen Branchen" (z. B. Energie) erschwert, andererseits ist aber eine stärkere internationale Verflechtung großer Konzerne absehbar (Handelsblatt, 31.01.07).

2.3.2 Direktinvestitionen deutscher Unternehmen in den BRICS-Staaten

Der Anteil der BRICS-Länder an den **konsolidierten deutschen FDI** im Ausland ist seit 2002 von 2,8 % auf 3,5 % (2004: 23,6 Mrd. €) gewachsen. In absoluten Werten ergibt sich ein Anstieg um rund 29 %, wobei das Beteiligungskapital in diesem Zeitraum in Russland, Südafrika und China überdurchschnittlich zugenommen hat. In der Rangfolge der Länder-Anteile der deutschen Direktinvestitionen in den BRICS-Staaten liegt China (ohne Hongkong) 2004 mit 36 % deutlich vorne. Es folgen Brasilien mit knapp 25 %, wo der Schwerpunkt der Direktinvestitionen vor 2002 lag, sowie Russland und Südafrika mit 16 % bzw. rund 15 %. Mit einem Anteil von derzeit weniger als 9 % zeigt sich ein Nachholbedarf für Indien.

Die **deutsche Direktinvestitionen** in die BRICS-Staaten betrug 2005 4,5 Mrd. Euro und belief sich auf etwa 13 % der gesamten deutschen Direktinvestionen. Dieser Wert liegt deutlich über dem für die konsolidierten Anteile, was die zunehmende Bedeutung der BRICS-Staaten für deutsche Direktinvestitionen verdeutlicht. Vor allem die Transaktionen in die Volksrepublik China sind 2005 stark angestiegen. Daneben zeigt sich, dass auch Indien für deutsche Direktinvestitionen interessanter wird. Brasilien hat als Adressat noch eine weitaus größere Bedeutung als Südafrika. Im Falle der Russischen Föderation wurde 2003 bis 2005 das deutsche Beteiligungskapital durch hohe Liquidationswerte beeinflusst.

Von den insgesamt rund 345 Mrd. Euro **konsolidierten ausländischen Direktinvestitionen in Deutschland** entfiel 2004 der größte Anteil auf die EU-Partnerländer (242 Mrd. Euro) und die Staaten Nordamerikas (52,5 Mrd. Euro). Der Anteil der BRICS-Staaten lag bei knapp 1 %. Nach einzelnen Kapitalgeberländern liegt dabei Südafrika (1 Mrd. Euro) vor Russland (0,9 Mrd. Euro), mit weitem Abstand folgen China (0,2 Mrd. Euro), Brasilien (0,1 Mrd. Euro) und Indien (< 0,1 Mrd. Euro).

Die wichtigsten Transferstaaten der ausländischen Direktinvestitionen in Deutschland waren 2005 die EU-Staaten, die Schweiz und die Republik Korea. Die Summe der Transaktionen aus den BRICS-Staaten waren wie in den Vorjahren insgesamt nur

relativ klein (2004: 0,37 Mrd. €, 2005: 0,12 Mrd. €). Angesichts der Tatsache, dass die Zahl multinationaler Unternehmen in diesen Staaten wächst, ist aber in den nächsten Jahren mit einem deutlichen Anstieg der Aktivitäten zu rechnen (siehe UNCTAD 2006).

Von der Deutschen Bundesbank wurde für dieses Projekt eine **sektorale Sonderauswertung** der Direktinvestitionen aus der Zahlungsbilanzstatistik 2002 bis 2005 zwischen Deutschland und den BRICS-Staaten durchgeführt.[2] Schwerpunkte der Auswertung sind das verarbeitende Gewerbe, die Energie- und Wasserversorgung, die Bauwirtschaft, der Handel und der Sektor Verkehr. Nicht berücksichtigt sind das Kredit- und Versicherungsgewerbe, die Bereiche "Grundstücke, Wohnungswesen, Vermietungen, Dienstleistungen" sowie öffentliche und private Haushalte und sonstige Dienstleistungen.

Im **Verarbeitenden Gewerbe** lag der Gesamtwert der deutschen Direktinvestitionen im Ausland 2005 nach den Statistiken der Deutschen Bundesbank bei rund 3 Mrd. Euro. Als Summe für die BRICS-Staaten ergaben sich über 2,5 Mrd. Euro (Summe 2003 bis 2005: 4,7 Mrd. Euro). Damit liegt die Bedeutung der BRICS-Länder bei den Direktinvestitionen des Verarbeitenden Gewerbes viel höher als im Durchschnitt aller Direktinvestitionen. Hauptzielländer waren China (Schwerpunkte: Fahrzeugbau, chemische Industrie und Maschinenbau) und Brasilien (Fahrzeugbau und Gummi- und Kunststoffwaren). Damit entfallen allein auf diese beiden Länder Direktinvestitionen in Höhe von fast 4 Mrd. Euro (s. Tabelle 2-3)

Nennenswerte Direktinvestitionen im Fahrzeugbau wurden auch in der Russischen Föderation getätigt. Für den dortigen Standort sowie den Standort Indien sind 2006 von deutschen Herstellern Investitionsbeschlüsse für Montagewerke erfolgt. In Südafrika überwogen zwar im Jahr 2005 die Rückführungen von FDI aus dem Verarbeitenden Gewerbe, dies scheint aber kein durchgängiger Effekt zu sein, wie ein Vergleich mit den Vorjahren zeigte. Zentraler industrieller Sektor für Transaktionen nach Südafrika ist die Automobilbranche, neben einer Reihe internationaler Produzenten sind hier auch deutsche Automobilhersteller engagiert. In den letzten Jahren hat sich auch eine Reihe von Automobilzulieferfirmen angesiedelt. Zwischen 1995 und 2005 hat sich die PKW-Produktion insgesamt deutlich erhöht und einige der dort präsenten Hersteller haben eine zukünftig stärkere Exportorientierung für ihre Modelle in Richtung Europa, Nordamerika und Asien angekündigt (UNCTAD 2006). Die anderen Branchen in Südafrika sind nicht im Fokus deutscher Direktinvestitionen. Dort sind im Durchschnitt der letzen 3 Jahre sogar Rückführungen zu beobachten.

---

2 Hierbei werden reinvestierte Gewinne nicht berücksichtigt; siehe Anhang zu Definitionen, methodische Anmerkungen und ausführliche Darstellung sowie Deutsche Bundesbank 2006.

Das von der Deutschen Bundesbank ausgewiesene Engagement der deutschen Wirtschaft in den BRICS-Staaten war in den Bereichen Energie- und Wasserversorgung sowie im Bausektor und im Sektor Verkehrsinfrastruktur (erfasst sind die Kategorien Landverkehr/Transport in Rohrleitungen, Schifffahrt und Luftfahrt) 2004 und 2005 nur gering. Die Direktinvestitionen im Handel haben sich vor allem auf die Volksrepublik China konzentriert. Im Jahr 2004 hat hierbei auch noch Brasilien eine Rolle gespielt.

Tabelle 2-3: Deutsche Direktinvestitionen in BRICS-Staaten im Verarbeitenden Gewerbe; in Mio. € (Summe 2003 bis 2005)

Stand: Mai 2006, (ohne reinvestierte Gewinne)	Summe BRICS-Staaten	Brasilien	Russ. Föderation	Indien	China (ohne Hongkong)	Südafrika
Verarbeitendes Gewerbe	4732	1312	509	209	2673	29
darunter ausgewählte Branchen:						
- Fahrzeugbau	1950	931	142	-16[R]	792	101
- Maschinenbau	557	52	58	77	358	12
- Chemische Ind.	767	47	150	34	587	-51[R]
- Gummi-, Kunststoffwaren	247	143	57	0	55	-8[R]
- Sonstige	1211	139	102	114	881	-25[R]
Anmerkung: R = Rückführungen (Auflösung bestehender deutscher Direktinvestitionen übersteigt neue Direktinvestitionen)						

Quelle: Deutsche Bundesbank 2006, 2006b

2.3.3 Fazit

Obwohl der Anteil der BRICS-Länder an den konsolidierten deutschen Direktinvestitionen noch gering ist, dürften sie mit ihren großen Binnenmarktpotenzialen und gesamtwirtschaftlichen Wachstumschancen in immer stärkerem Umfang bevorzugte Standorte für Neuinvestitionen deutscher Unternehmen werden. Hierfür sprechen sowohl die hohe Attraktivität dieser Länder in den entsprechenden Umfragen und ihre bereits realisierte Bedeutung bei den weltweiten Direktinvestitionen als auch die zunehmenden Anteile an den jährlichen deutschen Direktinvestitionen. In den einzelnen BRICS-Ländern sind dabei jeweils andere Aspekte von besonderer Relevanz:

- China hat, trotz vieler Risikofaktoren, eine klare Spitzenposition bei den Zuflüssen aus aller Welt, wobei der Schwerpunkt im industriellen Bereich liegt (AHK/GIC 2006). Dies entspricht einer – oftmals als verlängerte Werkbank bezeichneten – Strategie, zügig in China Produktionskapazitäten aufzubauen, um damit sowohl komparative Kostenvorteile als auch Zugang zu einem enormen und schnell

expandierendem Binnenmarkt zu gewinnen. Mit dem gleichzeitig erfolgendem technologischen Upgrading im Inland und der Herausbildung von Großunternehmen treten andererseits immer häufiger auch Unternehmen aus der VR China als Investoren auf ausländischen Märkten auf, oftmals im Zusammenhang mit der Sicherung des Zugangs zu Rohstoffen (bfai 2006a).

- Während der Dienstleistungssektor in China noch unterentwickelt ist, ist vor allem dieser Bereich in Indien sehr attraktiv, auch über IT-Services hinaus. Die indische Industrie ist momentan noch in einer Aufbauphase. Beim Niveau der bisherigen ausländischen Direktinvestitionen ist sicherlich zu bedenken, dass Indien hier über viele Jahre hinweg eher restriktive Positionen vertreten hat.
- Im Falle von Brasilien liegen besondere Stärken im Rohstoff- und Agrarbereich, die zu neuen Direktinvestitionen führen und die lange etablierten Beteiligungen – etwa im Automobilbereich - ergänzen.
- In der Russischen Föderation ist die Energie- und Rohstoffbasis zentrale Basis für Aktivitäten von Direktinvestitionen.
- In Südafrika hat der Fahrzeugbau an Bedeutung gewonnen, wobei große ausländische Unternehmen eine wichtige Rolle gespielt haben.

Bei den Direktinvestitionen in die BRICS-Staaten dominiert das verarbeitende Gewerbe (Fahrzeugbau und Chemie), während Bereiche wie Energie- und Wasserversorgung, Bauwesen oder Verkehr bisher keine Rolle spielen. Eine stärkere Orientierung in Richtung Nachhaltigkeit erfordert in den nächsten Jahren hohe Investitionen (z. B. in China). Vor allem im Umwelt- und Energiesektor werden gute Chancen für ausländische Unternehmen gesehen. Umgekehrt war bisher der Anteil der BRICS-Staaten bei den ausländischen Direktinvestitionen in Deutschland nur gering. Aktuelle Beispiele im Stahlsektor und bei Windkraftanlagen zeigen aber auf, dass in Zukunft auch mit einer stärkeren Aktivität von Unternehmen aus den BRICS-Staaten gerechnet werden kann.

3 Forschungsprogramme

3.1 Forschungsprogramme in den BRICS-Ländern

3.1.1 Methodisches Vorgehen

Die Einsatzbedingungen für nachhaltige Technologien und ihre Weiterentwicklungsmöglichkeiten hängen stark von der Leistungsfähigkeit des Forschungssystems ab. Für jedes BRICS-Land wurde daher ein "Länderprofil Nachhaltigkeitsforschung" erstellt, das, bezogen auf die sechs ausgewählten Themenfelder, die folgenden Fragen untersucht:

1. Welchen Stellenwert haben Themen der Nachhaltigkeitsforschung im Rahmen der nationalen Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik?
2. Welche nationalen Agenturen (z. B. Ministerien, Stiftungen) fördern FuE in den sechs Themenfeldern und in welcher finanziellen Größenordnung?
3. Welchen Universitäten und Forschungseinrichtungen wird eine führende Stellung innerhalb ihres Landes zugeschrieben?

Mit der Analyse von "Forschungsprogrammen" ist zunächst die direkte staatliche Forschungsförderung gemeint, d. h. es werden in erster Linie solche Institutionen berücksichtigt, die Fördermittel in Form von FuE-Projekten, Zuschüssen oder Stipendien direkt an Förderempfänger aus Wissenschaft und Unternehmen vergeben. Allerdings macht die institutionelle Forschungsförderung, d. h. die staatliche Finanzierung von Universitäten und Forschungseinrichtungen, üblicherweise einen weitaus größeren Anteil an der nationalen Forschungsförderung aus als die direkte FuE-Förderung. Aus diesem Grund wurden Informationen zu den führenden Forschungseinrichtungen einbezogen. Unberücksichtigt bleiben indirekte Förderinstrumente, wie z. B. die FuE-Förderung durch steuerliche Vergünstigungen. Sie sind allerdings in der Regel nicht auf einzelne FuE-Themenfelder zugeschnitten, sondern zielen auf unternehmerische Innovationsaktivität, unabhängig von der Branchenzugehörigkeit, so dass in diesem Bereich keine spezifischen Effekte auf die Nachhaltigkeitsbereiche zu erwarten sind.

Nur wenige FuE-Fördermaßnahmen in den BRICS-Ländern wurden speziell für Probleme der Nachhaltigkeitsforschung entwickelt. Zu den Ausnahmen gehören beispielsweise die südafrikanische Wasserforschungskommission oder die sektoralen FuE-Fonds im Energie-, Wasser- und Transportsektor in Brasilien. Meistens sind die Nachhaltigkeitsthemen in allgemeine, Technologie unabhängige Fördermaßnahmen integriert.

Bei der Analyse wurde großer Wert auf alle verfügbaren Informationen gelegt, die finanzielle Größenordnungen und Schwerpunkte von FuE-Fördermaßnahmen erkennen lassen. Allerdings werden Angaben zu finanziellen Förderschwerpunkten meist nur auf einer sehr aggregierten Ebene dokumentiert und veröffentlicht. Daher sind nur in wenigen Fällen Aussagen auf der disaggregierten Ebene der einzelnen Themenfelder möglich.

Die Länderprofile leisten eine aktuelle Übersicht über Akteure, Forschungsthemen und Forschungsbedarfe der Nachhaltigkeitsforschung in den BRICS-Ländern. Eine derartige Analyse ist bislang nicht verfügbar. Damit liefern sie wertvolle Hinweise auf die Anschlussfähigkeit und Relevanz von Forschungsergebnissen aus Deutschland und können so als Ausgangspunkt für weitergehende Aktivitäten dienen.

Die Nachhaltigkeitsforschung in den BRICS-Ländern wurde auf der Basis von drei verschiedenen Informationsquellen analysiert:

- Auswertung aktueller Literatur, d. h. wissenschaftlicher Veröffentlichungen und vor allem "grauer" Literatur zur Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik in den einzelnen BRICS-Ländern.
- Auswertung von Statistiken zu Wissenschaft und Technologie (S&T-Statistiken) aus internationalen (OECD) und nationalen Quellen (nationale Ministerien).
- Erhebung von Experteneinschätzungen in jedem BRICS-Land.

Während Literatur und S&T-Statistiken Hintergrundinformationen zur nationalen Innovationspolitik enthalten, bieten diese Quellen bislang wenig systematische Informationen zur Nachhaltigkeitsforschung. Aus diesem Grund bildet die Kooperation mit Experten in den BRICS-Ländern das Kernstück der Untersuchung.

Die Kooperationspartner für jedes BRICS-Land wurden teils durch bestehende Kontakte gewonnen, teils auf Basis von Recherchen bei einschlägigen nationalen Forschungseinrichtungen identifiziert und angesprochen. Auch mit den deutschen Botschaften in den BRICS-Ländern wurde entsprechender Kontakt aufgenommen. Die meisten Kooperationspartner sind Wissenschaftler aus den BRICS-Ländern mit Expertise in den technologischen Themenfeldern dieser Studie. Eine vollständige Liste der Experten findet sich im Anhang.

Zur Strukturierung der Informationserhebung wurde ein offener Fragebogen auf deutsch und auf englisch formuliert und im Oktober und November 2006 zusammen mit einer Projektbeschreibung und einer Beschreibung der Themenfelder an die Experten versendet. Ein Beispiel des Fragebogens findet sich im Anhang.

Teilweise wurden die Fragebögen von einzelnen Wissenschaftlern beantwortet, teilweise wurden Expertisen durch unsere Hauptansprechpartner zusammengestellt und integrieren bereits Einschätzungen einer ganzen Gruppe von Experten. Insgesamt sind in Anhang A.3.7 die etwa 100 Personen genannt, die Informationen und Einschätzungen zu den Expertisen beigetragen haben.

Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität der eingegangenen Informationen stellt die Auswertung und Synthese einen eigenen Arbeitsschritt dar. Die Ergebnisse der Länderanalyse wurden pro Land in einem ca. 10-seitigen "Länderprofil Nachhaltigkeitsforschung" zusammengestellt, das in vier Abschnitte gegliedert ist:

1. Hintergrundinformationen zum nationalen Innovationssystem
2. Kernthemen der Nachhaltigkeitsforschung (nach Themenfeldern)
3. Nationale FuE-Förderagenturen und -Programme
4. Die wichtigsten nationalen Forschungseinrichtungen (nach Themenfeldern)

Die ausführlichen Länderprofile wurden bereits auf Englisch verfasst, damit sie zugleich als Grundlage für die Rückkopplung und Kommunikation der Ergebnisse in die jeweiligen Länder dienen können (s. Anhang A.3).

3.1.2 BRICS-Länderprofile im Überblick

Im Folgenden werden die wichtigsten Befunde der Länderprofile zur Nachhaltigkeitsforschung für jedes BRICS-Land zusammengefasst und die Bedeutung der einzelnen Nachhaltigkeitsbereiche innerhalb des jeweiligen Forschungssystems herausgearbeitet. Die ausführlichen Länderprofile finden sich im Anhang. Dort sind auch die Namen und Institutionen der beteiligten Länderexperten aufgeführt, sowie ein Beispiel des Fragebogens für die Länderexperten.

3.1.2.1 Brasilien

Die brasilianische Forschung weist ein ausgeprägtes Spezialisierungsmuster auf, das sich von den Schwerpunkten in traditionellen Industrieländern deutlich unterscheidet: Über 70 % aller wissenschaftlichen Veröffentlichungen lassen sich den drei großen Gebieten Agrarwissenschaften, Biowissenschaften, Medizin- und Gesundheitswissenschaften zuordnen. Weitere 11 % sind "Exakte Wissenschaften und Geowissenschaften", aber nur 9 % Ingenieurwissenschaften. Seit den 1980er Jahren wird die Hochschulausbildung in Brasilien stark ausgebaut, aber nur ein kleiner Anteil der hochqualifizierten Wissenschaftler ist bisher in Unternehmen beschäftigt.

Um eine stabilere Finanzierung von FuE zu gewährleisten, wurde in Brasilien seit 2001 das Instrument der "Sektorenfonds" eingeführt. Die Sektorenfonds speisen sich aus speziellen Steuern auf technologieintensive Branchen und Rohstoffindustrien, die ausschließlich verwendet werden, um wiederum sektorbezogen FuE zu fördern. Sie tragen einen erheblichen Anteil zur gesamten staatlichen FuE-Finanzierung bei. Die Schwerpunkte und Prioritäten der Forschungsförderung werden für jeden Fonds einzeln vom brasilianischen Wissenschafts- und Technologieministerium (MCT) in Kooperation mit Behörden des betreffenden Sektors und Forschungsförderagenturen bestimmt.

Für die Themenfelder der vorliegenden Studie sind insbesondere die Sektorenfonds im Energie-, Wasser- und Verkehrsbereich von Interesse: CT-Energ (FuE im Energiesektor, besonders Energieeffizienz des Endverbrauchs), CT-Hidro (FuE zu Wasserressourcen und Gewässermanagement), CT-Aero (FuE in der Luftfahrt), CT-Aquaviário (FuE zu Wasserverkehr und Wasserstraßen), CT-Transport (FuE in Verkehrsinfrastruktur und Logistik). Das Institut "Centro de Gestão e Estudos Estratégicos" (CGEE) hat im Auftrag des Ministeriums MCT Studien zum FuE-Bedarf in den Bereichen Energie und Wasserressourcen vorgelegt.

Hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Nachhaltigkeitsbereiche ergibt sich folgendes Bild:

- *Themenfeld (1) Erneuerbare Energien*: Biomasse ist das herausragende FuE-Thema in Brasilien, u. a. die Züchtung von neuen Zuckerrohrsorten für die Ethanolproduktion, Ethanolproduktion von zellulosehaltiger Biomasse und die Vergasung von Zuckerrohr zur Energieerzeugung mit Gasturbinen. Weitere Themen sind Wasserkraft, Solarstrom und Windkraft.
- *Themenfeld (2) Energieeffizienz in Gebäuden*: Im Rahmen des föderalen Energiespar-Programms PROCEL-EDIFICA besteht ein Forschungsverbund des nationalen Energieunternehmens Eletrobrás mit führenden brasilianischen Universitäten zum Thema "Thermischer Komfort und Energieeffizienz" (z. B. Passivkühlung).
- *Themenfeld (3) Wasserver- und Abwasserentsorgung*: Die Rahmenplanung für den Sektorenfond CT-Hidro sieht u. a. die folgenden FuE-Prioritäten vor: (a) Integriertes Wassermanagement in Städten, (b) Kenntnis der wichtigsten brasilianischen Wasserökosysteme in Bezug auf nachhaltige Entwicklung, (c) Wasserwirtschaft in Flusseinzugsgebieten: Institutionelle und technische Lösungen, (d) Klima- und Umweltvariabilitäten und deren Prognose in Gewässersystemen, (e) moderne Ausrüstung zum Monitoring des Zustands von Gewässersystemen. Eine der großen Herausforderungen verbunden mit der rapiden Urbanisierung sind Flutereignisse in Städten, damit zusammenhängend der Ausbau des Abwassersystems und der Abfallentsorgung. Der Entwicklungsbedarf bei der Wasserversorgung wurde laut CGEE in Studien der letzten Jahre eingehend dokumentiert.

- *Themenfeld (5) Mobilität und Logistik:* Die hohe Bedeutung des Themenfelds 5 lässt sich bereits aus der Tatsache ablesen, dass drei sektorale FuE-Fonds eingerichtet wurden. Luftfahrt ist eine international anerkannte FuE-Kompetenz Brasiliens mit Embraer als nationalem Champion. Eine ausgeprägte Nachhaltigkeitsorientierung der brasilianischen Verkehrsforschung ist nach vorliegenden Informationen nicht erkennbar; im Vordergrund stehen der Ausbau der Infrastruktur, moderne Verkehrsinformations- und Logistiksysteme und die Steigerung der Verkehrssicherheit.

3.1.2.2 Russland

Forschungs- und Innovationspolitik ist in Russland bisher kein eigenständiges, kohärentes Politikfeld. Das Forschungssystem ist durch eine starke Fragmentierung und Überlappung ohne Synergien zwischen unterschiedlichen Ministerien und Forschungseinrichtungen geprägt (OECD, 2001, 2005). Eine Integration von Nachhaltigkeitszielen in die Technologie- und Innovationspolitik ist bislang kaum festzustellen. Auf nationaler Ebene wird die Mittelallokation für technologische FuE hauptsächlich durch das Ministerium für wirtschaftliche Entwicklung und Handel bestimmt. Das riesige Ministerium für Industrie und Energie, das praktisch für die gesamte militärische und zivile Industrie zuständig ist, hat eine Energiestrategie für Russland bis 2020 entwickelt und verfügt auch über ein internes Institut für energiestrategische Fragen.

Das Länderprofil im Anhang enthält eine Übersicht über föderale Zielprogramme in Russland in den fünf ausgewählten Themenfeldern. Danach sind die größten Investitionssummen bis 2010 in den Programmen "Energieeffiziente Wirtschaft" (16 Mrd. US-$) und "Modernisierung des Transportsystems" (12 Mrd. US-$) vorgesehen, wobei die Finanzmittel überwiegend von den russischen Regionalverwaltungen aufgebracht werden. Deutlich kleinere Programme existieren in den Bereichen "Ökologie und Naturressourcen" (u. a. Schutz des Baikalsees und Wiederbelebung der Wolga), "Energieeffiziente Gebäude" und "Wasserressourcen". Alle bisher genannten Programme sind allerdings Investitionsprogramme, bei denen FuE-Aufwendungen quantitativ nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Für das wichtigste föderale FuE-Programm wurden acht strategisch bedeutsame Technologiefelder identifiziert und von Präsident Putin als "Prioritäten in Wissenschaft und Technologie" verabschiedet. Einen direkten Bezug zu den Themenfeldern dieser Studie haben darunter die beiden Prioritätsfelder "Energietechnologie und Energieeffizienz" sowie "Verkehrs-, Luft- und Raumfahrtsysteme"; im Übrigen stehen Verteidigungs- und Sicherheitsforschung, Hochtechnologien und Rohstoffausbeutung im Vordergrund der nationalen FuE-Strategie.

Hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Nachhaltigkeitsbereiche ergibt sich folgendes Bild:

- *Themenfeld (1) Erneuerbare Energien*: Das Themenfeld ist eine Priorität der nationalen FuE-Strategie. Nach Darstellung der beteiligten russischen Experten sind die Effizienz der Energieerzeugung (Konversion von Primärenergie) und die Entwicklung kleinerer Wasserkraftwerke unter den vorrangigen Forschungsthemen. Auch die Entwicklung von Wasserstofftechnologie und Brennstoffzellen knüpfen an bestehende Kompetenzfelder der russischen Forschung an, wie u. a. die "Fuel cell targeted initiative" im International Science and Technology Centre (ISTC) deutlich macht. Das ISTC ist ein internationales Non-Proliferationsprogramm.
- *Themenfeld (2) Energieeffizienz in Gebäuden*: Die Effizienz der Wärmeversorgung in Russland ist das Thema in einem von 12 innovationspolitischen "Megaprojekten", die die russische Regierung im Jahr 2002 vergeben hatte, um den Wissenstransfer aus öffentlichen Forschungseinrichtungen zu beschleunigen. Das Projektvolumen soll insgesamt 1,8 Mrd. RUB betragen.
- *Themenfeld (3) Wasserver- und Abwasserentsorgung*: Das Themenfeld gewinnt aufgrund zunehmender Wasserverschmutzung derzeit an Bedeutung.
- *Themenfeld (4) Materialeffizienz:* Das Föderale Zentrum für Geoökologische Systeme entwickelt derzeit eine staatliche Abfalldatenbank als Teil eines Abfallkatasters, sowie Politikempfehlungen zu Abfallgebühren. Eines der 12 FuE-Megaprojekte aus dem Jahr 2002 behandelt die "Steigerung der Effektivität der Behandlung von feststofflichen Abfällen" (427,5 Mio. RUB).
- *Themenfeld (5) Mobilität und Logistik:* Priorität der nationalen FuE-Strategie ist die Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur für den Automobilverkehr, besonders in den Agglomerationen Moskau und St. Petersburg.
- *Themenfeld (6) Sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen:* In diesem Feld gibt es in Russland bisher kaum international sichtbare Forschung (siehe 4.2).

3.1.2.3 Indien

Die indische Forschung wird überwiegend vom öffentlichen Sektor bestimmt und ist daher stark an staatlichen Zielen ausgerichtet. Über 43 % der gesamten nationalen FuE-Aufwendungen entfielen 2002 auf vier Ministerien bzw. Behörden in den Bereichen Verteidigung, Weltraum, Landwirtschaft und Atomenergie. Dagegen stammen weniger als 20 % der FuE-Aufwendungen aus dem Unternehmenssektor. Für die Themenfelder der vorliegenden Studie ist vor allem das Department of Science & Technology (DST) zu nennen, als Ministerium zuständig für die zivile Wissenschafts- und Technologiepolitik, sowie der Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), die größte indische Forschungsorganisation. Internationale Geldgeber spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für nachhaltigkeitsbezogene FuE (z. B. Weltbank, UNDP, USAID, GTZ).

In Indien gibt es ein eigenes Ministerium für erneuerbare Energien (MNES). Allerdings fördert das MNES kaum FuE, sondern ist hauptsächlich für die Diffusion von erneuerbaren Energien zuständig. Die übergeordneten Ziele der indischen Politik in diesem Bereich sind eine Grundversorgung mit Energie durch erneuerbare Energieträger und die dezentrale Energieversorgung in ländlichen und städtischen Gebieten. Das Ministerium hat das Ziel verabschiedet, 10 % der zusätzlichen Kapazität in ganz Indien bis 2012 aus netzverbundenen erneuerbaren Quellen bereitzustellen. Über die kommenden zwei Jahrzehnte wird ein Anstieg des Energiebedarfs um das 3,5-fache vorhergesagt.

Hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Nachhaltigkeitsbereiche ergibt sich folgendes Bild:

- *Themenfeld (1) Erneuerbare Energien*: Nach Einschätzung der Experten verfügt Indien bereits über eine beachtliche Kapazität, was Herstellung von Energiesystemen, qualifizierte Arbeitskräfte und FuE betrifft. Ein wesentliches Ziel bei der nationalen Technologieentwicklung und Adaptation besteht darin, die Kosten erneuerbarer Energieträger zu senken. Neben der Windkraft ist ein in den letzten Jahren zunehmend als wichtig erkanntes FuE-Thema die Steigerung von Effizienz und Umweltverträglichkeit bei der energetischen Nutzung von Biomasse. Denn die Verbrennung von Biomasse macht in Indien einen hohen Anteil am Primärenergieverbrauch von Privathaushalten aus.
- *Themenfeld (2) Energieeffizienz in Gebäuden*: Im Vordergrund steht die Entwicklung und Diffusion von Standards und Best Practices (Gebäude-Codes, Energieaudits, Simulationssoftware) sowie die Qualifizierung von Personal zur Ausführung und Überwachung entsprechender Maßnahmen. Wichtige Forschungsthemen sind nach Einschätzung der Experten außerdem die Entwicklung von neuen Baumaterialen und Simulationsmodellen, die besser an die architektonischen und klimatischen Bedingungen in Indien angepasst sind.
- *Themenfeld (3) Wasserver- und Abwasserentsorgung*: Vorrangiges Ziel ist der Zugang zu sauberem Trinkwasser für alle Bürger. FuE-Bedarfe bestehen in den Bereichen Wasserqualität/Abwasserreinigung und -entsorgung; Materialien und Tunnelbau-Technologien im Wasserbau; Erhöhung der Wassereffizienz in allen Sektoren, einschließlich der Diffusion wassereffizienter Techniken in der Landwirtschaft; Regenwasserbewirtschaftung auf dem Land, aber vor allem in einigen großen Städten; Entwicklung einer Hochwasserstrategie in gefährdeten Flussgebieten; nachhaltige, dezentrale Wasserversorgungssysteme.
- *Themenfeld (4) Materialeffizienz:* Ein Beispiel ist die Verwendung von Flugasche zur Herstellung von Steinen und Zement für die Bauindustrie; Alteisen, Papier und Textilien werden recycliert. Verschiedene Industrien verwenden Abfälle aus der Landwirtschaft als Brennstoff. FuE-Bedarf besteht u. a. bei der Entsorgung und

Verwertung von elektronischen Geräten und Abfällen und zur Verwendung von weiteren Recyclingprodukten im Bausektor.

- *Themenfeld (5) Mobilität und Logistik:* Die indischen Experten betonen die Dringlichkeit der Entwicklung eines nachhaltigen Transportsystems. Aufgrund von Wirtschaftsentwicklung und Urbanisierung steigt das Transportaufkommen in allen Modalitäten, einschließlich des nicht motorisierten Transportes, stark an. Systematische FuE-Anstrengungen in diese Richtung gibt es nach Darstellung der Experten jedoch bislang noch nicht. In einigen Städten mit starker Luftverschmutzung wird Erdgas (Compressed Natural Gas CNG/ Liquefied Natural Gas (LNG)) als Brennstoff eingesetzt.
- *Themenfeld (6) Sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen:* Eines der wichtigsten Hemmnisse für die Diffusion von Nachhaltigkeitsinnovationen ist der verbreitete Mangel an hochqualifizierten Arbeitskräften. Daneben betonen die Experten den Zusammenhang von Nachhaltigkeit und Armutsbekämpfung, bspw. durch Mikrokredite, die Förderung von "kleinen" Innovationen und der unternehmerischen Selbständigkeit von Frauen.

3.1.2.4 China

Von allen fünf BRICS-Ländern hat China bei Weitem das größte nationale Innovationssystem und die höchste Wachstumsdynamik des FuE-Aufkommens. In China arbeiten zehnmal so viele Wissenschaftler wie in Indien oder Brasilien und doppelt so viele wie in Russland. In den letzten Jahren hat die FuE-Aktivität des Unternehmenssektors stark zugenommen und liegt inzwischen bei zwei Dritteln des nationalen FuE-Aufkommens. Mit der "Nationalen Richtlinie für die mittel- und langfristige Entwicklungsplanung in Forschung und Technologie (2006-2020)" verfolgt die chinesische Regierung das erklärte Ziel, bis zum Jahr 2020 in den Rang der innovationsbasierten Ökonomien aufzuschließen. Allerdings konzentriert sich bislang der ganz überwiegende Teil der FuE-Aktivität auf die experimentelle Entwicklung; Grundlagenforschung ist nur sehr schwach vertreten.

Die wichtigsten nationalen Programme zur Förderung von FuE sind das sogenannte "Nationale Grundlagenforschungsprogramm (973)", das Hochtechnologie-FuE-Programm (863)" und das "Nationale Schlüsseltechnologien-Programm", die im Anhang näher beschrieben werden. Die National Natural Science Foundation of China (NSFC) wurde nach dem Vorbild der amerikanischen NSF gegründet, um naturwissenschaftliche Forschung, basierend auf Peer-Review, zu fördern.

Hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Nachhaltigkeitsbereiche ergibt sich folgendes Bild:

- *Themenfeld (1) Erneuerbare Energien*: Die chinesische Regierung plant, den Anteil erneuerbarer Energien bis 2020 auf 15 % des Primärenergieverbrauchs anzuheben. Das Erneuerbare Energien Gesetz von 2006 verpflichtet Netzbetreiber, Strom aus EE zu beziehen und bietet finanzielle Anreize für Entwicklungsvorhaben in diesem Gebiet. Erneuerbare Energien werden durch die beiden wichtigsten staatlichen FuE-Programme, das Nationale Grundlagenforschungsprogramm (973) und das Hochtechnologie-FuE-Programm (863) gefördert, sowie durch die National Natural Science Foundation (NSFC). Im Fokus der FuE-Förderung stehen Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Brennstoffzellen, Geothermie und Wellenkraft.
- *Themenfeld (2) Energieeffizienz in Gebäuden*: Zentrale Heiz- und Kühlsysteme spielen eine wichtige Rolle in Chinas Städten. Die Nationale Entwicklungs- und Reformkommission hat in ihrem "Mittel- und langfristigen Plan zur Energieeinsparung" der Energieeffizienz in Gebäuden einen zentralen Stellenwert zugemessen. Neben zahlreichen großen Demonstrationsvorhaben werden die Baustandards schrittweise angehoben. Internationale Kooperationen wurden initiiert, u. a. mit der deutschen Bundesregierung (Verkehrsministerium).
- *Themenfeld (3) Wasserver- und Abwasserentsorgung*: Wassermangel wird in China inzwischen als das drängendste Umweltproblem wahrgenommen. An Chinas Ostküste werden derzeit eine große Zahl von Kläranlagen gebaut und geplant. Erhebliche FuE-Anstrengungen sind mit Planung und Bau des 2002 begonnenen, größten Wassertransferprojekts verbunden, bei dem der Yangtze Fluss mit der Stadt Beijing verbunden wird. Die wichtigsten Forschungsfelder im Wasserbereich sind Wasserversorgung, Abwasserbehandlung, Wasserver- und Abwasserentsorgung in Städten sowie Abfallentsorgung. Das Thema Ressourceneffizienz gewinnt erst in letzter Zeit an Bedeutung. FuE-Förderung im Wasserbereich ist Gegenstand des Nationalen Grundlagenforschungsprogramm (973), der National Natural Science Foundation (NSFC), und des FuE-Programms "Nationale Schlüsseltechnologien".
- *Themenfeld (4) Materialeffizienz:* FuE zu Kreislaufwirtschaft und Recycling, bspw. Wiederverwertung von Metallen, werden durch das Nationale Grundlagenforschungsprogramm (973) und die National Natural Science Foundation (NSFC) gefördert. Die sachgerechte Entsorgung von Industrieabfällen ist ein ungelöstes Umweltproblem.
- *Themenfeld (5) Mobilität und Logistik:* In den nächsten 20 Jahren werden die Weichen für die zukünftige chinesische Verkehrsinfrastruktur gestellt. Verkehrsinfrastruktur und Logistik ist daher ein vorrangiges Forschungsfeld des Hochtechnologie-FuE-Programms (863), was auch FuE zur Energieeffizienz von Fahrzeugen, alternativen Kraftstoffen und Emissionsreduktion beinhaltet.
- *Themenfeld (6) Sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen:* Es bestehen Forschungsaktivitäten zur quantitativen Performance des chinesischen Innovationssystems, zur Umweltökonomie und zur Integration von Umweltplanung in die Stadtplanung. Ein aktuelles Thema ist auch die "sozialistische" Bau- und Raumplanung in ländlichen Gebieten.

3.1.2.5 Südafrika

Nach dem Ende des Apartheit-Regimes haben in der Forschungs- und Technologiepolitik Südafrikas beachtliche institutionelle Reformen stattgefunden. Die Innovationspolitik orientiert sich heute am Konzept des nationalen Innovationssystems. Ein wichtiger Bestandteil der Reformpolitik ist die Entwicklung neuer Missionen für die Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik. Als strategische FuE-Gebiete wurden Biotechnologie, neue Produktionstechnologien, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie ressourcenbasierte Industrien (einschließlich Landwirtschaft und Energie) definiert. Infolge der Neuausrichtung gibt es eine Vielzahl politischer Strategiepapiere, darunter die Nationale FuE-Strategie (DST, 2002), sowie Strategien für die Gewässerpolitik und Verkehrspolitik.

Die wichtigsten Forschungsfördereinrichtungen in Südafrika sind die National Research Foundation und der Nationale Innovationsfond, der die Innovationsfähigkeit der Wirtschaft fördert. Darüber hinaus gibt es eine eigene Förderagentur im Wassersektor. Die Wasserforschungskommission hat das Mandat, FuE und den Aufbau von FuE-Kapazität für eine nachhaltige Wasserwirtschaft zu fördern. Der Nationale Innovationsfond fördert FuE in allen fünf technologischen Themenfeldern.

Hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Nachhaltigkeitsbereiche ergibt sich folgendes Bild:

- *Themenfeld (1) Erneuerbare Energien*: Die Regierung plant, 10.000 GWh erneuerbare Energien bis 2013 zu installieren, hauptsächlich mittels Biomasse, Wind, Solarenergie und kleiner Wasserkraft. Technologien, die aufgrund des erreichten Vermarktungsstadiums und der Ressourcenverfügbarkeit dabei zuerst zum Einsatz kommen, sind Zuckerrohrbagasse, Deponiegas, Mini-Wasserkraftwerke und Solarenergie für die Warmwasserversorgung von Geschäfts- und Wohngebäuden.
- *Themenfeld (2) Energieeffizienz in Gebäuden*: In Südafrika wurde 2005 eine Energieeffizienz-Strategie verabschiedet, die Gebäudeeffizienz einschließt. Für Geschäftsgebäude wurde das Ziel von 15 % Reduktion des Energieverbrauchs bis 2015 festgelegt, für Wohngebäude entsprechend 10 %.
- *Themenfeld (3) Wasserver- und Abwasserentsorgung*: Die Wasserforschungskommission (WRC) fördert FuE in vier "strategischen Schlüsselgebieten": Management von Wasserressourcen (30 % der Mittel in 2006), Gewässerökosysteme (12 %), Wasserverwendung und Abwasserbehandlung (33 %), Wassernutzung in der Landwirtschaft (19 %). Darüber hinaus besteht eine Initiative des Ministeriums für Wasserangelegenheiten und Forstwirtschaft zur Koordinierung von FuE-Anstrengungen zum Grundwasserschutz, an der Bergbau-Unternehmen, Industrievertreter und Forschungsorganisationen beteiligt sind.

- *Themenfeld (4) Materialeffizienz:* Produktionstechnologie ist eine der neuen Technologie-Missionen der südafrikanischen Innovationspolitik. Dies beinhaltet u. a. die Förderung eines National Cleaner Production Centers (NCPC), das sich an kleine und mittlere Unternehmen richtet. Abfallverwertung findet bislang hauptsächlich durch kleine Unternehmen statt, aber es gibt Sammelsysteme für Metall und Papier. FuE-Aktivitäten bestehen auch im Bereich der Mineralien-Rückgewinnung aus Deponien.
- *Themenfeld (5) Mobilität und Logistik:* Öffentliche Verkehrssysteme sind unterentwickelt, so dass der motorisierte Personenverkehr auf Autos beschränkt ist, vor allem in reichen Stadtgebieten. Die Angebote an öffentlichen Verkehrsmitteln für die Landbevölkerung sind nicht ausreichend und der Güterverkehr ist auf die Straße konzentriert. Die Nationale Verkehrsstrategie (2006-11) sieht daher u. a. erhebliche Neuinvestitionen in den Bau von Schienenverkehrsinfrastruktur vor.
- *Themenfeld (6) Sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen:* Eines von acht "Fokusgebieten" der Nationalen Forschungsstiftung (NRF) ist das Thema "Nachhaltiger Lebensunterhalt und Armutsbekämpfung". Dies beinhaltet unter anderem Forschung zur Gemeinde-basierten (community-based) Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen. Die nationale FuE-Strategie hebt die Bedeutung von sozialwissenschaftlicher Forschung für Kapazitätsaufbau und Entwicklung der Innovationsfähigkeit hervor.

3.1.3 Fazit

In keinem der fünf Länder ist die Innovationspolitik speziell darauf ausgerichtet, Umwelt- und Ressourcenverbrauch vom wirtschaftlichen Entwicklungsprozess zu entkoppeln. Das vorrangige Ziel in allen BRICS-Ländern ist die Förderung der Innovationstätigkeit im Unternehmenssektor. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist die Nachhaltigkeitsforschung in der S&T-Politik der betrachteten Länder nicht institutionell ausdifferenziert, das heißt, sie stellt kein eigenes Feld der Forschungsförderung dar sondern wird allenfalls durch allgemeine forschungs- und innovationspolitische Maßnahmen mit abgedeckt. Häufig ist die Durchführung von angewandter FuE direkt mit staatlichen Investitionsmaßnahmen gekoppelt, vor allem bei Infrastrukturinvestitionen im Energie-, Wasser- und Verkehrsbereich.

China spielt in einer anderen Liga als die übrigen BRICS-Länder, was den Umfang der nationalen FuE-Ausgaben, den sektoralen Anteil von FuE-Ausgaben aus der Wirtschaft und die Anzahl der Wissenschaftler angeht. Entsprechend bewegen sich auch die FuE-Aktivitäten in den Themenfeldern quantitativ auf höherem Niveau, vor allem in den Feldern Erneuerbare Energien, Energieeffizienz in Gebäuden und Mobilität/Logistik. Dennoch gibt es in China bislang nur wenig international wettbewerbsfähige Grundlagenforschung.

Belastbare Zahlen zu Förderschwerpunkten innerhalb der Themenfelder, die sich über die fünf Länder hinweg vergleichen ließen, liegen nicht vor und sind angesichts der institutionellen Strukturen auch nicht zu erwarten. Basierend auf den qualitativen Einschätzungen der Experten sind die folgenden nationalen Stärken hervorzuheben:

1. Brasilien: Erneuerbare Energien aus Biomasse, mit Abstand gefolgt von FuE zum Gewässermanagement.
2. Russland: Effizientere Konversion von Primärenergie, sowie FuE zu Wasserstofftechnologien.
3. Indien: Diffusion von dezentralen, erneuerbaren Energieträgern; Nachhaltigkeit und Armutsbekämpfung (Feld 6).
4. China: Ausbau erneuerbarer Energien bis 2020 gesetzlich vorgegeben, daher Forschungsschwerpunkte bei Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Brennstoffzellen. Staatliche Anhebung der Effizienzstandards bei Gebäuden. Forschungsaktivität im Verkehrsbereich. Gefahr der Beeinträchtigung der wissenschaftlichen Kapazitätsentwicklung durch von oben vorgegebene Konzentration auf wenige nationale FuE-Prioritäten.
5. Südafrika: FuE zum Gewässermanagement, geplant sind außerdem erhebliche Neu-Investitionen in den öffentlichen Schienenverkehr.

In allen BRICS-Ländern, außer China, stellt der Mangel an wissenschaftlichem Nachwuchs ein entscheidendes Hemmnis für die Kapazitätsentwicklung in der Nachhaltigkeitsforschung und generell in der öffentlichen Forschung dar. Gerade vor dem Hintergrund eines starken Wirtschaftswachstums und damit verbundener Karrierechancen im Privatsektor gilt eine wissenschaftliche Karriere in diesen Ländern als vergleichsweise wenig attraktiv. Gleichzeitig fehlt bei den einheimischen Unternehmen die Absorptionsfähigkeit für hochqualifizierte Absolventen.

3.2 Nachhaltigkeitsforschung in Deutschland

Der vorliegende Abschnitt stellt eine Untersuchung der deutschen Forschungskompetenzen in den sechs Themenfeldern der Nachhaltigkeit dar. Die Analyse stützt sich auf Auswertungen der Umweltforschungsdatenbank des Umweltbundesamtes (Ufordat) sowie der Datenbank Förderkatalog des BMBF (Foekat). Ufordat beschreibt umweltbezogene Forschungsvorhaben im deutschsprachigen Raum, Foekat enthält Informationen zur Projektförderung des BMBF und teilweise des BMWi und des BMU. Die Analyse von laufenden Forschungsvorhaben und Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE-Ausgaben) bezieht sich auf die Input-Seite des Forschungs- und Innovationsprozesses, während in den darauffolgenden Kapiteln intermediäre bzw. Output-Indikatoren wie Patente und Außenhandelsdaten betrachtet werden.

Die Mehrzahl der hier betrachteten Forschungsvorhaben wird ganz oder teilweise mit staatlichen Mitteln gefördert. Mit der Konzentration auf staatlich geförderte FuE bildet die Studie nur einen Ausschnitt der Forschungskompetenzen in Deutschland ab, auch wenn ein hoher Anteil der betrachteten Vorhaben von Unternehmen durchgeführt wird. 2004 wurden in Deutschland insgesamt 55,4 Mrd. € für FuE ausgegeben, davon 69 % durch die Wirtschaft und 30 % durch Gebietskörperschaften (Bufo, 2006). Allerdings ist davon auszugehen, dass die Quote staatlicher FuE-Ausgaben bei der Entwicklung von Umwelttechnologien höher ausfällt als im Durchschnitt aller Technologiefelder. Eine wichtige Rolle des Staates bei der umweltbezogenen Forschung lässt sich nicht nur aus der Vorsorgefunktion des Staates beim Umweltschutz ableiten. Die Steigerung der Umwelteffizienz wirtschaftlicher Prozesse ist ein zukunftsweisendes Element der technologischen Leistungsfähigkeit. Doch aufgrund des verbreiteten Marktversagens bei der Preisbildung von Umweltressourcen sind die Anreize für Unternehmen, in umwelttechnologische FuE zu investieren, häufig nicht hinreichend.

Forschungsvorhaben bilden die Aktivität von Forschungsorganisationen und Unternehmen ab und eignen sich daher gut als Indikator für deren aktuelle Kompetenzen und thematische Interessen. Allerdings stellt die projektförmige Forschungsförderung nur einen Teil der gesamten staatlichen FuE-Ausgaben dar. Insgesamt investierte der Bund 2005 9 Mrd. € in FuE, davon 3,46 Mrd € (38 %) in die institutionelle Forschungsförderung (Bufo, 2006). Im Jahr 2005 hatte die Projektförderung des BMBF mit 1,92 Mrd. € einen Anteil von 25 % an den FuE-Ausgaben des BMBF. Grundlagenforschung, die in Organisationen mit einem hohen Anteil institutioneller Förderung durchgeführt wird, wie z. B. den Instituten der Max-Planck-Gesellschaft oder den Helmholtz-Zentren, wird durch den Indikator "Forschungsvorhaben" nicht vollständig abgebildet. Die Ergänzung der FuE-Ausgaben um Output-Indikatoren wie die in Kapitel 4 dargestellten Patentanmeldungen ist daher besonders wichtig.

3.2.1 Datenbasis und Analysemethoden

Für die Analyse der deutschen Forschungsförderung wurden die Umweltforschungsdatenbank Ufordat des Umweltbundesamtes und der Förderkatalog Foekat des BMBF herangezogen. Beide Datenquellen weisen eine hohe Überschneidung auf, sind aber nicht deckungsgleich. Foekat enthält Informationen zu Projektfördermaßnahmen, FuE-Aufträgen und Studien des BMBF und in einzelnen Bereichen auch zur Projektförderung des BMWi und des BMU. Ufordat beschreibt umweltbezogene Forschungsvorhaben im gesamten deutschsprachigen Raum und enthält auch Vorhaben, die von weiteren Institutionen gefördert werden, wie z. B. der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, der EU Kommission oder Landesministerien. Der Vorteil von Ufordat besteht

somit in der Breite der Datenerfassung. Ein Nachteil der Datenbank Ufordat ist, dass nur für einen Teil der Vorhaben auch Angaben zum finanziellen Projektvolumen verfügbar sind. Aus diesem Grund werden Vergleiche zum Fördervolumen auf der Basis von Foekat vorgenommen.

Die Analyse bezieht sich auf sechs ausgewählte Themenfelder der Nachhaltigkeit und differenziert darüber hinaus für jedes Themenfeld mehrere Subfelder. Aus methodischen Gründen wurde die Definition dieser Technologiefelder für beide Datenbanken separat vorgenommen. Bei Ufordat basiert die Felddefinition auf einem datenbankeigenen Klassifikationssystem und einem Thesaurus von vorgegebenen Schlagworten (Deskriptoren). Jedes Unterfeld wurde durch eine geeignete Kombination von Klassen und Deskriptoren abgegrenzt und jedes Themenfeld ist durch eine Kombination von Unterfeldern beschrieben. Eine vollständige Liste der Unterfelder in Ufordat findet sich in Tabelle 3-3. Im Fall des Förderkatalogs Foekat basiert die Felddefinition auf der Leistungsplan-Systematik (LP) des BMBF. Jedes Unterfeld wurde durch eine geeignete Kombination von LP-Klassen abgegrenzt und mit anderen Unterfeldern zu einem Themenfeld zusammengefasst. Die vollständige Liste der Unterfelder in Foekat einschließlich der zugehörigen LP-Ziffern ist in Tabelle 3-4 dargestellt. Bei der Abgrenzung über Schlagworte in Ufordat entsteht eine teilweise Überlappung der Unterfelder, weil dieselben Schlagworte in unterschiedlichen Verwendungskontexten auftreten. Im Gegensatz dazu ist die Felddefinition in Foekat überschneidungsfrei.

Die meisten Themenfelder lassen sich mit dieser Vorgehensweise gut abbilden, lediglich beim Themenfeld "Materialeffizienz" bestehen inhaltliche Abgrenzungsschwierigkeiten. Materialeffizienz ist ein Kernkonzept der Forschung für Nachhaltigkeit, aber kein einheitliches Technologiefeld. Innovationen und Forschungsdurchbrüche zur Erhöhung der Materialeffizienz können mit unterschiedlichen Technologien realisiert werden und in den verschiedensten produkt- oder produktionsprozessorientierten Forschungsfeldern auftreten. In Ufordat unterscheiden wir die drei Unterfelder "Recycling", "nachwachsende Rohstoffe" und "materialeffiziente Produktionsverfahren und Produkte". In Foekat basiert die vorliegende Definition von Materialeffizienz hauptsächlich auf den LP-Klassen F280 "Integrierter Umweltschutz in Branchen", dazu kommen Kategorien wie Leichtbau, Bionik und "technologische Schlüsselinnovationen für den Systemwandel". Auf diese Weise wird ein wesentlicher Teil der Materialeffizienz-Projekte in Deutschland erfasst, einzelne relevante Projekte können aber auch in anderen Förderbereichen auftreten, wie z. B. in der Mikrosystemtechnik oder der Werkstoffforschung, ohne dass diese Kategorien insgesamt dem Bereich Materialeffizienz zuzuordnen wären.

Verglichen mit dem Foekat bietet die Datenbank Ufordat zwar eine breitere Basis zur Erfassung der sozio-ökonomischen Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen. Dennoch ist auch hier eine genaue Eingrenzung der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung nicht möglich. Zur Operationalisierung der Fragestellung werden daher die beiden Unterkategorien "Umweltinnovationsforschung" und "Umweltpolitische Instrumente" herangezogen, die in der Ufordat auf der Basis von Schlagworten unterschieden werden können. Dagegen konzentriert sich die im Foekat als "sozio-ökonomisch" erfasste Forschungsförderung im Betrachtungszeitraum ganz überwiegend auf die in der LP-Kategorie F150 "Querschnittsaufgaben zu Forschung für Nachhaltigkeit" erfassten Aktivitäten (Tabelle 3-4).

Die Analyse der Forschungsmittel in Foekat basiert auf einem Querschnitt aller Forschungsvorhaben, die in den Jahren 2003-2005 begonnen wurden. Projekte, die zwar im Betrachtungszeitraum noch durchgeführt werden, aber vor Anfang 2003 begonnen wurden, werden nicht berücksichtigt. Umgekehrt reichen die Laufzeiten der erfassten Projekte häufig über das Ende des Jahres 2005 hinaus. Im folgenden Abschnitt werden zunächst die sechs übergeordneten Themenfelder der Nachhaltigkeit verglichen. Dabei werden die Anzahl der Forschungsvorhaben, die Anteile unterschiedlicher Förderinstitutionen, das Volumen der Forschungsförderung und die Verteilung der Fördermittel auf Gruppen von Zuwendungsempfängern dargestellt. Im darauffolgenden Abschnitt wird die Verteilung von Forschungsvorhaben bzw. Fördermitteln auf die Unterfelder aller sechs Bereiche dargestellt. Auf dieser Basis lassen sich Schlussfolgerungen über aktuelle Schwerpunkte der öffentlich finanzierten Nachhaltigkeitsforschung in Deutschland ziehen.

3.2.2 Forschungsaktivitäten in den ausgewählten Themenfeldern

Tabelle 3-1 vergleicht die sechs übergeordneten Themenfelder hinsichtlich der Anzahl der Forschungsvorhaben in Ufordat sowie dem Anteil ausgewählter Förderinstitutionen. Insgesamt wurden 1764 Vorhaben mit Vorhabenbeginn im Zeitraum 2003-2005 erfasst, an denen Zuwendungsempfänger aus Deutschland beteiligt sind. Die größten Themenfelder sind die Felder "Wasserver- und Abwasserentsorgung" mit 31 % und "Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien" mit 25 % der Vorhaben. Die Felder "Materialeffizienz" und "Mobilität und Logistik" kommen jeweils auf 21 %, 9 % entfallen auf "Energieeffizienz in Gebäuden" und 7 % auf "sozioökonomische Forschung". Manche Vorhaben lassen sich mehreren Bereichen zuordnen, so dass die Summe aller Felder größer als 100 % ist.

Rund zwei Drittel der Ufordat-Vorhaben werden von den drei Bundesministerien BMBF, BMU und BMWi gefördert, mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten. In den

Bereichen Wasser und Materialeffizienz konzentrieren sich die Forschungsvorhaben stärker auf das BMBF, während das BMU eine wichtige Rolle bei der Forschung zu erneuerbaren Energien spielt. Die Schwerpunkte des BMWi liegen dagegen in den Bereichen Mobilität/Logistik und Energieeffizienz in Gebäuden. Eine wichtige Förderinstitution ist auch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) mit 17 % der erfassten Vorhaben insgesamt. Dagegen spielt die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) mit 3 % der Vorhaben eine untergeordnete Rolle, was vor allem auf die Anwendungsorientierung der erfassten Technologiebereiche zurückzuführen ist. Durchschnittlich 28 % der Vorhaben werden von anderen als den vorgenannten Institutionen gefördert, darunter Landesministerien.

Tabelle 3-1: Forschungsvorhaben in Ufordat nach Technologiebereichen und Anteile ausgewählter Förderinstitutionen, 2003-2005

		Anteil ausgewählter Förderinstitutionen an allen Vorhaben (%)							
Technologiebereich	Vorhaben	Σ	BMBF	BMU	BMWi	DBU	DFG	EU	Übrige
Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien[3]	444	100	22	36	5	15	2	3	17
Energieeffizienz in Gebäuden	166	100	18	8	27	30	0	2	15
Wasserver- und Abwasserentsorgung	554	100	43	4	2	14	3	4	29
Materialeffizienz	372	100	37	11	3	17	2	6	24
Mobilität und Logistik	387	100	28	11	15	9	2	6	28
Sozio-ökon. Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen	132	100	24	38	3	2	2	5	27
Gesamt (6 Themenfelder)	**1764**	100	37	19	8	17	3	5	28

Quelle: Ufordat, Erhebung Fraunhofer ISI, Datenbank-Host STN.

Ein Vergleich der Vorhabenanzahl erlaubt noch keine Aussage über die finanziellen Schwerpunkte der Forschungsförderung, weil die Projektbudgets variieren. Die Datenbank Ufordat enthält nur bei einem Teil der Vorhaben Angaben zum Projektvolumen und wird daher durch Daten zu FuE-Ausgaben aus Foekat ergänzt. Tabelle 3-2 stellt Schwerpunkte der Forschungsförderung im Vergleich der sechs Themenfelder dar. Die Definition der Themenfelder basiert auf der Leistungsplansystematik des BMBF. Im Betrachtungszeitraum 2003-2005 wurden Projekte mit einem Gesamtvolumen von

3 Von den insgesamt 444 Vorhaben lassen sich 52 (12 %) dem Themenfeld "Carbon-Sequestration" zuordnen, die übrigen untersuchen erneuerbare Energien.

535 Mio. € in allen sechs Bereichen begonnen. Von der Größenordnung her entspricht dies 9,4 % der Projektförderung des BMBF im gleichen Zeitraum. Mit deutlichem Abstand an der Spitze steht der Bereich "Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien" mit einem Anteil von 46,3 %, überwiegend vergeben durch das BMU, gefolgt von "Mobilität und Logistik" mit 21 %, mit Zuwendungsgeber BMWi. Auf das Feld "sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen" entfallen lediglich 2 % der Mittel.

Tabelle 3-2: Fördermittel in Foekat für Projekte mit Laufzeitbeginn 2003-2005 (FuE-Ausgaben)

Technologiebereich	FuE-Ausgaben Mio €	Anteil FuE-Ausgaben (%)	Projekte Anzahl**	Anteil Projekte (%)	Ø Projektvolumen** 1000 €
Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien	247,75	46,3	291	26,2	851
Energieeffizienz in Gebäuden	41,25	7,7	102	9,2	404
Wasserver- und Abwasserentsorgung	64,41	12,0	254	22,8	254
Materialeffizienz	57,27	10,7	209	18,8	274
Mobilität und Logistik	111,60	20,9	243	21,9	459
Sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen	12,79	2,4	13	1,2	984
Gesamt	535,06	100	1112	100	481

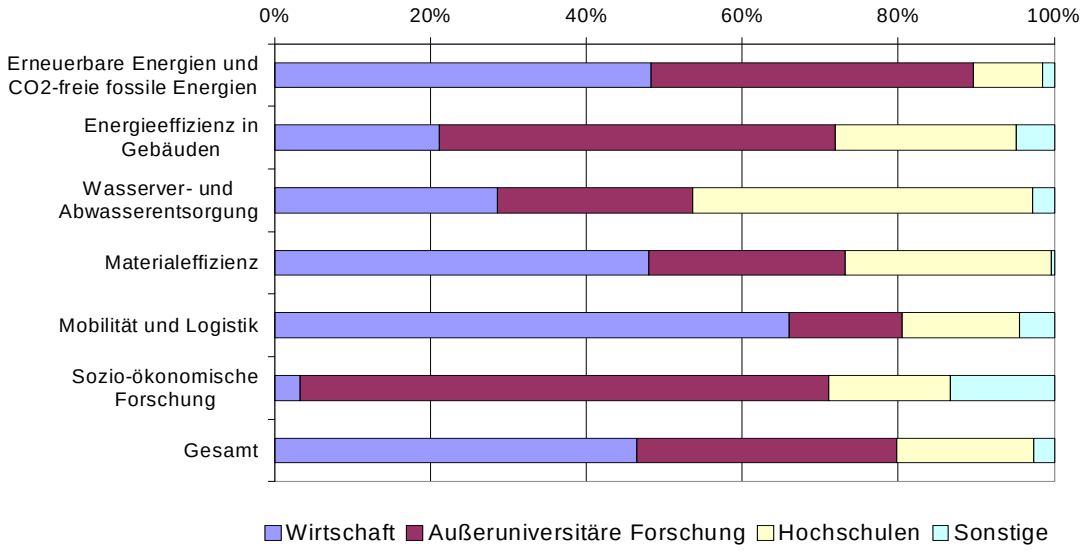
Quelle: Förderkatalog des BMBF, Erhebung Fraunhofer ISI; http://oas2.ip.kp.dlr.de/foekat/foekat/foekat.

** Bei den einzelnen Projekten handelt es sich oft um Teilprojekte größerer Verbundvorhaben. Die Angaben zum durchschnittlichen Projektvolumen beziehen sich in diesen Fällen auf die Zuwendung an einzelne Forschungsorganisationen oder Unternehmen (einzelne Zuwendungsempfänger).

Abbildung 3-1 vergleicht den Anteil unterschiedlicher Zuwendungsempfänger an den Technologiebereichen, unterschieden nach den Empfängergruppen Wirtschaft, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Hochschulen (Universitäten und Fachhochschulen) und sonstige (z. B. Verbände). Die Analyse zeigt, welche Akteure innerhalb des Innovationssystems über die Kompetenzen in der Nachhaltigkeitsforschung verfügen. Folgende Aspekte sind hervorzuheben:

- Auffallend ist der eher geringe Anteil der Hochschulen mit nur 17,5 % der gesamten Projektförderung; eine gewichtigere Rolle spielen die Hochschulen lediglich im Feld der Wasserver- und Abwasserentsorgung.
- Der Anteil der Projektförderung an Unternehmen schwankt erheblich; er ist im Bereich Mobilität und Logistik am höchsten, gefolgt von den Bereichen Erneuerbare Energien und Materialeffizienz. Diese Schwankungen spiegeln unterschiedliche Schwerpunkte bei den förderpolitischen Instrumenten wieder (z. B. Verbundförderinstrumente).

Abbildung 3-1: Empfängergruppen der Projektförderung nach Themenfeldern, 2003-2005



Quelle: Förderkatalog des BMBF, Erhebung Fraunhofer ISI.

Die institutionelle Differenzierung der Forschungslandschaft in Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen spielt – auch jenseits der Projektförderung – für die zukünftige Entwicklung der Forschungskompetenz in Deutschland eine bedeutende Rolle. Denn die Ausbildung des Forschungsnachwuchses findet in Deutschland überwiegend an Universitäten statt, aber die Universitäten verfügen im Vergleich zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen heute über eine wesentlich schlechtere Ausstattung an Forschungsmitteln (Heinze, Kuhlmann 2006). Darüber hinaus ist der außeruniversitäre Forschungssektor in Organisationen mit unterschiedlichen Organisationsmodellen, Leistungsanreizen und Aufgabenprofilen differenziert (Helmholtz-Zentren, Institute der Fraunhofer Gesellschaft, Max-Planck-Gesellschaft und Leibniz-Gemeinschaft). Viele Themengebiete der Umweltforschung sind heute an den ursprünglich als Kernforschungseinrichtungen gegründeten Helmholtz-Zentren verankert (z. B. UFZ in Leipzig-Halle, Forschungszentrum Karlsruhe, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg). Allerdings erlaubt die vorliegende Auswertung keine differenzierten Aussagen für die unterschiedlichen Organisationen der außeruniversitären Forschung.

3.2.3 Schwerpunkte innerhalb der Themenfelder

Die folgenden Tabellen beschreiben die Schwerpunkte der projektbezogenen Forschungsförderung innerhalb der sechs Themenfelder. Tabelle 3-3 stellt die Anzahl von Forschungsvorhaben nach Unterfeldern dar, basierend auf Recherchen in Ufordat. Tabelle 3-4 enthält Informationen zum Fördervolumen je Technologiefeld, sowie graphische Darstellungen des Anteils am Gesamtvolumen des jeweiligen Themenfelds. Aus methodischen Gründen sind die Unterfelder in Ufordat und Foekat nicht identisch definiert, beide Definitionen dienen als komplementäre Beschreibungen.

Gemessen in absoluten Häufigkeiten lassen sich die folgenden Schwerpunkte bei den begonnenen Forschungsvorhaben feststellen: Im Feld (1) "Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien" werden die meisten Vorhaben zu Fragen der Photovoltaik und Windenergie durchgeführt. Die Sequestrierung von CO_2 im Untersuchungszeitraum macht knapp 12 % der Vorhaben aus, das Finanzierungsvolumen für dieses Themenfeld steigert sich jedoch in 2006. Im Feld (2) "Energieeffizienz in Gebäuden" liegt der Schwerpunkt auf der Forschung zu Heizsystemen (vor allem Heizungsanlagen und Wärmepumpen), gefolgt von Raumklimatisierung. Im Feld (3) "Wasserver- und Abwasserentsorgung" ist der Hochwasserschutz das häufigste Forschungsfeld (30,5 % der Vorhaben), gefolgt von den Themenfeldern Wasserver- und Abwasserentsorgung (beide Felder weisen Überschneidungen auf) und dezentralem Wassermanagement. Im Feld (4) "Materialeffizienz" sind die Forschungsvorhaben gleichmäßig verteilt über die drei Unterkategorien Recycling, nachwachsende Rohstoffe (vor allem Holz, gefolgt von Raps) und materialeffiziente Produktionsverfahren und Produkte (vor allem Vorhaben zu umweltfreundlichen Produkten, integrierter Umweltschutztechnik und Ökobilanzierung). Im Feld (5) "Mobilität und Logistik" sind Emissionsminderung und Fahrzeuge die häufigsten Unterfelder, gefolgt von Fragen der Infrastruktur (vor allem Straßen und Straßenbau). Bei den Alternativen Kraftstoffen sind Erdgas und Elektromotoren die häufigsten Stichworte. Im Feld (6) "Sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen" zeigt sich, dass vor allem zu umweltpolitischen Instrumenten, aber auch zur Umweltinnovationsforschung eine Reihe von Vorhaben durchgeführt werden.

Beim Vergleich der absoluten Häufigkeiten in Tabelle 3-3 ist zu berücksichtigen, dass sich die durchschnittlichen Projektvolumina je nach Bereich deutlich unterscheiden können. Beispielsweise sind die Projekte im Wasserbereich im Durchschnitt deutlich kleiner als im Bereich der Erneuerbaren Energien (vgl. Tabelle 3-2 letzte Spalte). Daher stellt die Differenzierung der Themenfelder nach dem Förderkatalog eine wichtige ergänzende Informationsquelle dar. Ein auffallender Befund in Tabelle 3-4 ist die Konzentration der Fördermittel - in allen sechs Themenfeldern entfallen über die

Hälfte bis zwei Drittel der Fördermittel auf zwei bis drei Unterfelder. In einer rein quantitativen Analyse stellen diese Technologiefelder somit die Schwerpunkte der projektbezogenen Forschungsförderung im Betrachtungszeitraum dar.

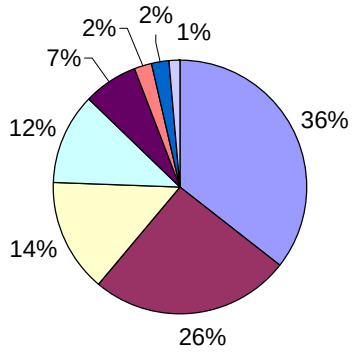
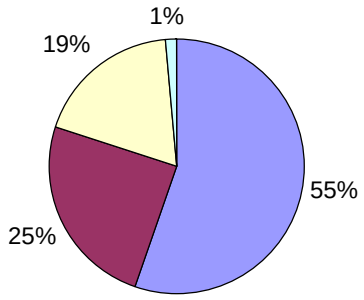
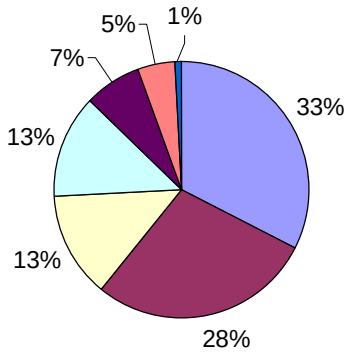
Die Konzentration der Förderung auf Schwerpunktbereiche wird auch am Anteil der Top 6 am gesamten untersuchten Fördervolumen der 44 untersuchten Subfelder deutlich: Er beläuft sich auf gut 50 % (277,9 Mio. €). Diese Top 6 stammen alle aus den beiden Bereichen Erneuerbare Energien (Photovoltaik, Brennstoffzellen, Wind, Geothermie) und Verkehr/Mobilität (Antriebe (Luftfahrt), bodengebundene Verkehrssysteme). Dies verdeutlicht die hohe aktuelle Bedeutung dieser beiden Felder innerhalb der deutschen FuE-Projektförderung. Zum Vergleich: Im selben Zeitraum investierte das BMBF insgesamt 98,6 Mio. € in die nukleare Energieforschung (ohne Beseitigung kerntechnischer Anlagen) und 346,2 Mio. € für Kernfusionsforschung.

Tabelle 3-3: Forschungsvorhaben je Technologiefeld in Ufordat, 2003-2005

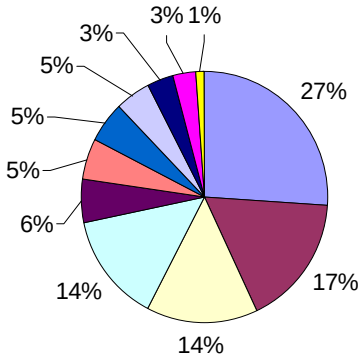
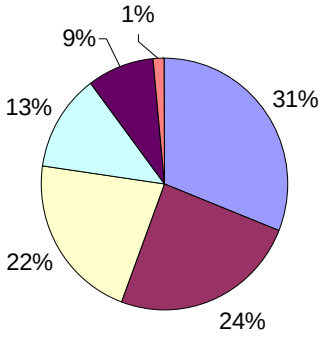
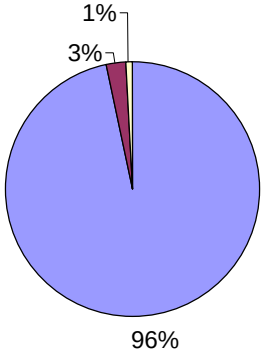
Technologiefeld	**Anzahl**	**Anteil %**
Photovoltaik (einschl. thermische Solarenergie)	154	34,7
Windenergie	107	24,1
Wasserkraft	18	4,1
Biomasse	79	17,8
Geothermie	42	9,5
CO_2-freie fossile Energien	52	11,7
Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien	**444**	**100**
Gebäudehülle	32	19,3
Heizsysteme	98	59,0
Raumklimatisierung	49	29,5
Beleuchtung	5	3,0
Mess-, Steuer-, Regel-Technik in Gebäuden	24	14,5
Energieeffizienz in Gebäuden	**166**	**100**
Wasserversorgung	153	27,6
Abwasserentsorgung	125	22,6
Dezentrales Wassermanagement	134	24,2
Effizienz der Wassernutzung	29	5,2
Wassernutzung in der Landwirtschaft	26	4,7
Hochwasserschutz	169	30,5
Wasserver- und Abwasserentsorgung	**554**	**100**
Recycling	138	37,1
Nachwachsende Rohstoffe	122	32,8
Materialeffiziente Produktionsverfahren und Produkte	140	37,6
Materialeffizienz	**372**	**100**
Fahrzeuge (Straße, Schiene, Luftverkehr, Wasser)	118	30,5
Antriebe	62	16,0
Infrastruktur (Straße, Schiene, Flughäfen, Wasserstraßen)	106	27,4
Emissionsminderung (Abgase und Lärm)	122	31,5
Alternative Kraftstoffe	60	15,5
Mobilität und Logistik	**387**	**100**
Umweltinnovationsforschung	51	38,6
Umweltpolitische Instrumente	81	61,4
Sozio-ökonomische Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen	**132**	**100**
Themenfelder gesamt	**1764**	
Deutschland insgesamt	**4434**	

Quelle: Ufordat, Erhebung Fraunhofer ISI, Datenbank-Host STN.

Tabelle 3-4: Förderschwerpunkte nach Technologiefeldern, Foekat 2003-2005

LP-Ziffer	Technologiefeld	Mio €	Anteile am Technologiebereich (absteigende Reihenfolge wie links)
Erneuerbare Energien und CO_2-freie fossile Energien			
E210	Photovoltaik	88,1	
E22231	Brennstoffzellen - Entwicklung	63,4	
E212	Windenergie	35,9	
E216	Geothermie	28,7	
E214	Solarnutzung in südlichen Klima-bedingungen	17,2	
E217	Querschnittsaktivitäten Erneuerbarer Energien	5,5	
O12080	Geotechnol. zur CO_2-Transformation	5,5	
E22232	Brennstoffzellen - Demonstration	3,3	
Summe		**247,7**	
Energieeffizienz in Gebäuden			
E243	Solaroptimiertes Bauen	22,8	
E241	Rationelle Energieverwendung und Solarenergienutzung in Haushalt und Kleinverbrauch	10,1	
E244	Energieoptimierte Verbesserung der Bausubstanz	7,7	
F21040	Bedürfnisfeld Freizeit/Wohnen	0,6	
Summe		**41,2**	
Wasserver- und Abwasserentsorgung			
F12025	Dezentrale Wasserver- und Abwasserentsorgung	20,8	
F12013	Gewässerschutztechnologien	18,3	
F13030	Kommunales Abwasser	8,6	
F13010	Wasserversorgung	8,4	
F13060	Analytik - Sensoren, Messverfahren und Modelle	4,5	
F12022	Entwicklung nachhaltiger Wassertechnologien	3,0	
F13040	Industrielles Abwasser	0,6	
F13020	Wasserwiederverwendung	0,1	
F12020	Nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wasser	0,0	
F13050	Klärschlamm	0,0	
Summe		**64,4**	

Quelle: Förderkatalog des BMBF, Erhebung Fraunhofer ISI.

LP-Ziffer	Technologiefeld	Mio €	Anteile am Technologiebereich (absteigende Reihenfolge wie links)
Materialeffizienz			
F23010	Technologische Schlüsselinnovationen für den Systemwandel	14,8	
F28050	Integrierter Umweltschutz (IU) metallerzeugende und metallverarbeitende Industrie	9,6	
L12110	Leichtbau	8,2	
F28030	IU Chemie und Kunststoffe	8,1	
F28060	IU Elektro-/Elektronikindustrie	3,2	
K01510	Nachhaltige Bioproduktion	3,0	
F28040	IU Textil- und Lederindustrie	3,0	
F28083	IU Verpackungsindustrie	2,7	
F28085	IU in weiteren Branchen/Themenfeldern	1,8	
F28020	IU Landwirtschaft und Ernährung	1,7	
F28070	IU Baugewerbe, Glas- und Keramikindustrie	0,7	
F28010	IU Holzwirtschaft und Möbelindustrie	0,3	
K01610	Bionik	0,1	
Summe		**57,3**	
Mobilität und Logistik			
M01040	Umweltschonender Antrieb (Luftfahrt)	34,8	
N010	Bodengebundene integrierte Verkehrssysteme	27,2	
N030	Güterverkehr	24,2	
N040	Umwelt- und Ressourcenschonung	14,1	
N020	Personenverkehr	9,9	
N060	Mobilität und Verkehr besser verstehen	1,4	
Summe		**111,6**	
Sozio-ökon. Forschung zu Nachhaltigkeitsinnovationen			
F150	Querschnittsaufgaben zu Forschung für Nachhaltigkeit	12,4	
F240	Geschäftsmodelle für eine nachhaltige Marktwirtschaft	0,3	
F270	Grundlagen und Rahmenbedingungen für nachhaltiges Wirtschaften	0,1	
Summe		**12,8**	
Gesamt		**535,1**	

4 Leistungsfähigkeit in den ausgewählten Nachhaltigkeitsbereichen

4.1 Technologische Nachhaltigkeitsbereiche

4.1.1 Vorgehensweise

Mit der technologischen Leistungsfähigkeit ist ein Konstrukt angesprochen, das nicht direkt messbar ist. Damit wird es erforderlich, Indikatoren zu finden, die es zumindest annäherungsweise beschreiben. Dabei hat sich eine Systematik durchgesetzt, die Indikatoren aus den verschiedenen Teilbereichen des Innovationsprozesses herausgreift (vgl. Grupp 1997). In diesem Abschnitt werden einmal Patente als FuE-Ertrags- oder intermediäre Indikatoren, die das direkte Ergebnis des FuE-Prozesses beschreiben sollen, herangezogen. Sie gelten zugleich als Frühindikator für die zukünftige technische Entwicklung. Zum anderen werden außenhandelsbezogene Indikatoren erstellt, die zu den Fortschritts- oder Outputindikatoren gehören. Sie zielen stärker auf die Anwendung und die Diffusion der Technologien auf FuE-intensiven Gütermärkten ab.

Die nachhaltigkeitsrelevanten Technologien werden zwar ebenfalls mit dem Ziel eingesetzt, die Umweltbelastung zu verringern und weisen damit einerseits eine Affinität zu den traditionellen Umwelttechnologien auf. Andererseits gehen sie über die klassische Abgrenzung von Umwelttechnologien weit hinaus, die sich in der Vergangenheit stark an end-of-pipe Strategien ausgerichtet haben und die bisherigen Arbeiten zur Erfassung von Umweltschutzaktivitäten dominierten. Bei den hier betrachteten Nachhaltigkeitsbereichen stehen die Infrastrukturbereiche Energie, Wasser und Verkehr sowie Effizienzstrategien beim Energieverbrauch der Gebäude und dem Materialverbrauch im Vordergrund. Sie sind Gegenstand einer Modernisierungsstrategie, bei denen Umweltschutz und ökonomische Nachhaltigkeit zwei Seiten der gleichen Technologie sind. Im Unterschied zu den traditionellen Umwelttechnologien hat sich für die hier im Vordergrund stehenden nachhaltigkeitsrelevanten Technologien noch keine international vergleichbare Konvention herausgebildet, mit Hilfe derer die Technologien abgegrenzt und in den Patent- und Wirtschaftsstatistiken klassifiziert werden könnten. Daher war es jeweils erforderlich, eine speziell auf die Datenlage zugeschnittene Abgrenzung zu finden, wobei teilweise an Arbeiten im Rahmen der Studie „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ (DIW/ISIIRoland Berger 2007) angeknüpft werden konnte. Methodisch wird, wie bei den bisherigen Ansätzen, an einen produktionswirtschaftlichen Ansatz angeknüpft, bei der die nachhaltigkeitsrelevanten Technologien die Güter umfassen, die ihrer Art nach dem

Umweltschutz und der Modernisierung der angesprochenen Themenbereiche dienen könnten bzw. sich auf ein ähnlich gelagertes technologisches Wissen beziehen. Bei diesem Potenzialansatz steht also nicht die tatsächlich realisierte Anwendung für den Umweltschutz, sondern die technologische Leistungsfähigkeit, die für umweltfreundliche Produktionsprozesse und Produkte in den ausgewählten Feldern mobilisiert werden könnte, im Vordergrund.[4]

In empirischen Untersuchungen besteht immer das Problem, den Gegenstandsbereich empirisch abzugrenzen und die für das Erkenntnisinteresse geeigneten Messkonzepte und Datenbasen heranzuziehen. Zentrales Erkenntnisinteresse der vorliegenden Studie ist die technologische Leistungsfähigkeit der BRICS-Länder in den fünf ausgewählten Nachhaltigkeitsbereichen. Hierbei kann teilweise auf Erfahrungen aufgebaut werden, die in bisherigen Studien gesammelt wurden:

- Im Rahmen der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands (TLF) wurden traditionelle end-of-pipe geprägte Umweltschutzbereiche mit Fokus auf Deutschland und die OECD-Länder betrachtet.
- Im Rahmen der Studie von Legler et al. (2006) erfolgte eine Ergänzung der traditionellen end-of-pipe geprägten Umweltschutzbereiche um erneuerbare Energien und wenige ausgewählte Energieeffizienztechnologien; der Fokus lag auf dem Außenhandel Deutschlands und der OECD-Länder.
- Im Rahmen der Studie „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Weiterführende Analysen zu Innovationen (DIW/ISI/Roland Berger 2007) erfolgte eine Betrachtung von vier ausgewählten Nachhaltigkeitsbereichen (erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Verkehr und Wasser); der Fokus bei den Innovationsindikatoren lag auf Deutschland, ohne internationale Vergleiche.

Mit der hier vorliegenden Studie rückt damit erstmals die Leistungsfähigkeit in den BRICS-Staaten in den Fokus des Interesses. Die Ausrichtung der Analyse auf die BRICS-Länder erfordert einerseits eine stärkere Berücksichtigung von Patentanmeldungen die nicht nur auf den Europäischen Markt abzielen und andererseits eine Fokussierung auf den Außenhandel von Nicht-OECD-Ländern. Dies machte daher auch Modifikationen in der Vorgehensweise gegenüber den in den oben erwähnten Studien verwendeten Messkonzepten erforderlich:

- Die Patentrecherchen knüpfen vorrangig bei den Patentanmeldungen am World Patent Office (WO-Patent) und damit den internationalen Patenten an. Damit wird eine Methode zur Abbildung der internationalen Patente herangezogen, die nicht auf

4 Vergleiche zum Potenzialansatz Legler et al. 2006, S. 19-22. Bei einigen nachhaltigeitsrelevanten Technologien ist es daher besonders erforderlich, die Umweltentlastungseffekte eines verstärkten Einsatzes der Technologien zu hinterfragen. Beispiele hierfür sind z. B. die Antriebstechnologien oder der Einsatz von Biokraftstoffen der ersten Generation.

einzelne Märkte wie Europa abzielt sondern einen stärker transnationalen Charakter aufweist. Die dermaßen identifizierten Patente der BRICS-Länder zeigen also das Segment auf, in dem die Patentanmelder bereits eine breite internationale Perspektive einnehmen. Als Beobachtungszeitraum wurden die Jahre 2000-2004 gewählt, so dass eine statistisch zuverlässigere höhere Grundgesamtheit erreicht wird, bei der zufällige Schwankungen in einzelnen Jahren ausgeglichen werden. In Sensitivitätsanalysen wurden zudem die verfügbaren Daten zu nationalen Patenten der BRICS-Länder analysiert, um eventuell bestehende Verzerrungen durch eine Konzentration auf internationale Patente berücksichtigen zu können. Diese Daten sind aber nur für Brasilien, Russland und China elektronisch vollständig verfügbar. In den Fällen, in denen gravierende Abweichungen im Muster der nationalen Patentaktivität von dem der internationalen Patentanmeldungen ersichtlich sind, wird dies jeweils bei der Interpretation im Text angemerkt.

- Bei den Außenhandelsdaten wird die Datenbank „UN-COMTRADE“ herangezogen, die nicht auf den Handel mit OECD-Ländern beschränkt ist, sondern auch Süd-Süd Handelsbeziehungen miterfasst. Im Unterschied zu anderen Analysen bezieht sich der Welthandel also nicht nur auf Außenhandelsströme, bei denen OECD-Staaten beteiligt sind, sondern umfasst die ganze Welt. Zudem wurde die Klassifikation der Technologien entsprechend dem Harmonized System (HS) 2002 aufgebaut. Diese Außenhandelsklassifikation erlaubt gegenüber älteren, bei internationalen Vergleichen üblichen Klassifikationen (Standard International Trade Classification (SITC)) eine tiefere und daher zielgenauere Disaggregation.[5] Dennoch sind auch bei dieser Außenhandelsklassifikation zahlreiche Limitationen in der Technologieschärfe zu berücksichtigen, die die Verwendung des oben skizzierten Potenzialansatzes unabdingbar machen. Die Angaben beziehen sich jeweils auf das Jahr 2005.

Sowohl für die Patentanmeldungen als auch den Außenhandel werden die Anteile der betrachteten Länder an der Weltaktivität verwendet:

- Es werden die internationalen Patentanmeldungen recherchiert und die Anteile der BRICS-Länder und Deutschlands hieran berechnet.
- Im Bereich des Außenhandels werden die Welthandelsanteile gebildet, d. h. die Anteile der Exporte der jeweiligen Länder an den Weltexporten.

Sowohl die Patentanteile als auch die Welthandelsanteile werden durch die Größe und das allgemeine Entwicklungsmuster des Landes beeinflusst. Zusätzlich ist es daher üblich, Spezialisierungskennziffern zu bilden. Sie geben an, welchen Stellenwert die besonders interessierenden Technologien und Waren im Verhältnis zum Durchschnitt

---

5 Allerdings ist die HS 2002 noch immer stärker aggregiert als die deutsche Außenhandelsklassifikation, die allerdings nur zur Analyse deutscher Außenhandelsströme herangezogen werden kann.

aller Technologien und Waren innerhalb des betrachteten Landes aufweisen. Positive Spezialisierungskennziffern zeigen an, dass die Kompetenzen des Landes in diesem Bereich relativ zum Durchschnitt aller Technologien und Güter überdurchschnittlich gut sind. Diese Spezialisierungskennziffern werden sowohl für die Patente als auch den Außenhandel gebildet. Sie werden jeweils so genormt, dass die Indikatoren zwischen -100 (extrem ungünstige Spezialisierung) und + 100 (extrem hohe Spezialisierung) liegen, wobei ein Wert von 0 einer durchschnittlichen Spezialisierung entspricht:[6]

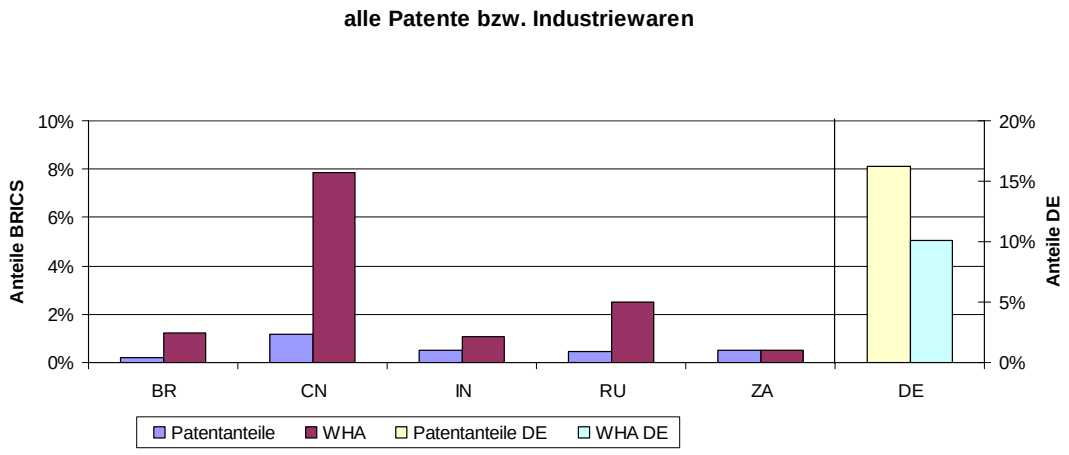
- Bei den Patenten wird der relative Patentanteil (RPA) berechnet, bei dem der Patentanteil des betrachteten Landes bei der Nachhaltigkeitstechnologie mit den Patentanteilen des Landes bei allen Technologien verglichen wird. Ist der Patentanteil für den Nachhaltigkeitsbereich überdurchschnittlich hoch, dann nimmt der RPA einen positiven Wert an. Dies bedeutet, dass innerhalb des betreffenden Landes überproportional viel in den Nachhaltigkeitsbereichen patentiert wird und daher – verglichen mit den anderen Technologiebereichen - überdurchschnittliche nationale Kenntnisse bestehen.
- Beim Außenhandel wird der RCA („Revealed Comparative Advantage“) gebildet, der neben den Exporten auch die Importe mitberücksichtigt und insofern als umfassender Indikator der Außenhandelsposition gilt. Er gibt an, inwieweit die Ausfuhr-Einfuhr-Relation eines Landes bei den betrachteten Nachhaltigkeitstechnologien von der Ausfuhr-Einfuhr-Relation des Landes bei allen Industriewaren abweicht. Positive Vorzeichen weisen auf komparative Vorteile, also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition der betrachteten Nachhaltigkeitstechnologien im betrachteten Land hin. Der RCA ist allerdings dann schwierig zu interpretieren, wenn Sonderfaktoren auf die Importe einwirken, die nicht die eigentliche Leistungsfähigkeit betreffen. Beispiele hierfür sind ein Importsog aufgrund eines plötzlichen, über die inländischen Kapazitäten hinausgehenden Nachfrageschubs oder extrem geringe Importe aufgrund von Importrestriktionen. Daher wird auch der relative Welthandelsanteil (RWA) gebildet, der die Importseite vernachlässigt. Positive Werte zeigen hier an, dass der Welthandelsanteil des betrachteten Landes bei dem jeweiligen Gut über dem durchschnittlichen Welthandelsanteil des Landes liegt. In der Darstellung im Bericht wird vorrangig der RWA dargestellt, im Anhang finden sich auch Angaben zum RCA. Auf Fälle, in denen es zu gravierenden Abweichungen des RWA vom RCA kommt, wird im Text eingegangen.

---

6 Zur Methode vgl. Grupp, Schmoch (1992). In der Literatur wird bei den Außenhandelsindikatoren z. T. auf eine Normierung der Spezialisierungsindikatoren in das Intervall -100 bis +100 verzichtet (vgl. z. B. Legler et al. 2006 und Krawcyzk et al. 2007), was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse – zusätzlich zu anderen klassifikations- und datenbedingten Unterschieden - zusätzlich erschwert. Eine derartige Vorgehensweise weist u.a. den Nachteil auf, dass sie einen Vergleich der Spezialisierung im Außenhandel mit der Spezialisierung bei den Patenten erschwert.

Zur besseren Einordnung der in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführten Ergebnisse zu den Nachhaltigkeitsbereichen werden an dieser Stelle die Anteile der BRICS-Länder und Deutschlands an allen internationalen Patentanmeldungen und am Weltaußenhandel bei allen Industriegütern aufgeführt. Sie bilden den Benchmark für die Beurteilung, ob sich in den jeweiligen Ländern eine Spezialisierung auf die betrachteten Nachhaltigkeitsbereiche herausgebildet hat oder nicht. Gleichzeitig verdeutlichen diese Ergebnisse bereits die Unterschiede im absoluten Niveau der Leistungsfähigkeit zwischen den Ländern. Bezogen auf die Gesamtheit aller in der Datenbank erfassten Patente weisen die BRICS-Länder einen Anteil von 2,7 % auf. Deutschland allein kommt hier auf 17 %. Der Welthandelsanteil Deutschlands an allen Weltexporten beträgt etwa 10 % - hier ist Deutschland Weltspitzenreiter vor den USA (9,4 %) und China (7,9 %). Aufgrund dieser unterschiedlichen Größenordnungen sind die Patent- und Welthandelsanteile Deutschlands in Abbildung 4-1 auf einer separaten Achse abzulesen.

Abbildung 4-1: Anteile der BRICS+G-Länder an den internationalen Patenten und den Weltexporten von Industriewaren



Bei diesen Größen ist eine erhebliche Dynamik im Zeitablauf zu verzeichnen. Parallel zur zunehmenden Anerkennung der WTO-Regeln zum Intellectual Property Regime der WTO – so hat z. B. China Anfang des Jahrhunderts das TRIPS-Abkommen unterschrieben - hat sich auch die Anzahl der Patentanmeldungen erhöht. Sie haben sich innerhalb von fünf Jahren in Indien und China in etwa verfünffacht, während sie in Deutschland und Russland im gleichen Zeitraum um ein Drittel stiegen. In Brasilien und Südafrika betrug die Steigerung in diesem Zeitraum in etwa 50 %. Die Welthandelsanteile der BRICS+G-Länder blieben für Südafrika im Wesentlichen gleich, nahmen für Deutschland und Brasilien leicht zu und erreichten insbesondere für Russland, Indien und China erhebliche Anteilsteigerungen.

Mit diesen Indikatoren ergibt sich ein differenziertes Bild über die technologische Leistungsfähigkeit. Dabei muss immer bedacht werden, dass ein einzelner Indikatorenwert allein nur eine eingeschränkte Aussagekraft hat. So lassen sich z. B. aus einem Vergleich der Spezialisierungsmuster allein keine vergleichenden Aussagen über die absolute Kompetenz von Ländern gewinnen, hierzu ist jeweils auch die Kenntnis der absoluten Größen im Sinne der Patent- und Welthandelsanteile erforderlich. Wichtig ist auch, welche Trends hinter den Indikatorenwerten liegen und welches Muster sich aus der Gesamtschau der Indikatorenwerte ergibt, insbesondere ob sich Stärken und Schwächen bei den Forschungsergebnissen (Patenten) und den wirtschaftlichen Realisierungen (Außenhandel) entsprechen oder gegenläufige Entwicklungen vorliegen.

4.1.2 Erneuerbare Energien und CCS

Nach Analysen der Internationalen Energieagentur IEA (World Energy Outlook 2006) wird die Nachfrage nach Primärenergie in ihrer Referenzentwicklung zwischen 2003 und 2030 um mehr als 50 % wachsen. Während fossile Energieträger mit 1,4 % im Durchschnitt wachsen, erreichen erneuerbare Energien mehr als 6 % Wachstum, allerdings von einem deutlich niedrigeren Niveau aus. Mehr als zwei Drittel des Anstiegs wird außerhalb der traditionellen Industrieländer stattfinden und 2030 wird die Hälfte der Primärenergienachfrage aus Ländern wie China, Indien und Brasilien kommen. Fossile Brennstoffe dominieren nach wie vor die Nachfrage (81 % der Primärenergienachfrage wird in 2030 von fossilen Quellen gedeckt, mehr als im Jahr 2003). In Folge der starken Nachfrage nach Primärenergie werden die CO_2-Emissionen um 52 % ansteigen und den Treibhauseffekt weiter antreiben. Der Anteil der Kohle wird hierbei leicht von 24 auf 23 % zurückgehen; absolut steigt aber der Kohleeinsatz um 44 % an. China und Indien, beides Länder mit großen Kohlevorkommen, sind für zwei Drittel dieses Anstiegs verantwortlich, der vor allem durch die Stromerzeugung in diesen Ländern getrieben wird. Nach Schätzungen der IEA müssen bis 2030 daher 17.000 Milliarden US $ in den Energiesektor investiert werden, die Hälfte davon in den Entwicklungsländern und emerging economies. Diese Entwicklung bietet – neben der Reduzierung der Nachfrage – vor allem den Erneuerbaren Energien eine Chance, deren Markt sich im Vergleich zu heute mehr als verfünffacht haben wird. Auch kurz- bis mittelfristig gehen Herstellerunternehmen von deutlich steigenden Marktpotenzialen aus (DIW/ISI/Roland Berger 2007). Hierbei zeichnet sich bereits heute ab, dass auch die BRICS-Länder Indien (Windanlagen), China (Solaranlagen) und Brasilien (Nutzung von Biotreibstoffen) als Produktionsstätten eine wichtige Bedeutung haben könnten. Nichtsdestotrotz stellt sich wegen des hohen Anteils der fossilen Brennstoffe und insbesondere der Kohle in der

Stromerzeugung bis 2030 die Frage, wie der CO_2-Ausstoß von fossilen Quellen deutlich durch CO_2-Abscheidung und –Speicherung (CCS) reduziert werden kann. Nicht übersehen werden darf das Spannungsfeld zwischen den erneuerbaren Energien und CCS, da beide Technologielinien um wichtige zukünftige Märkte im Bereich der Energieversorgung konkurrieren.

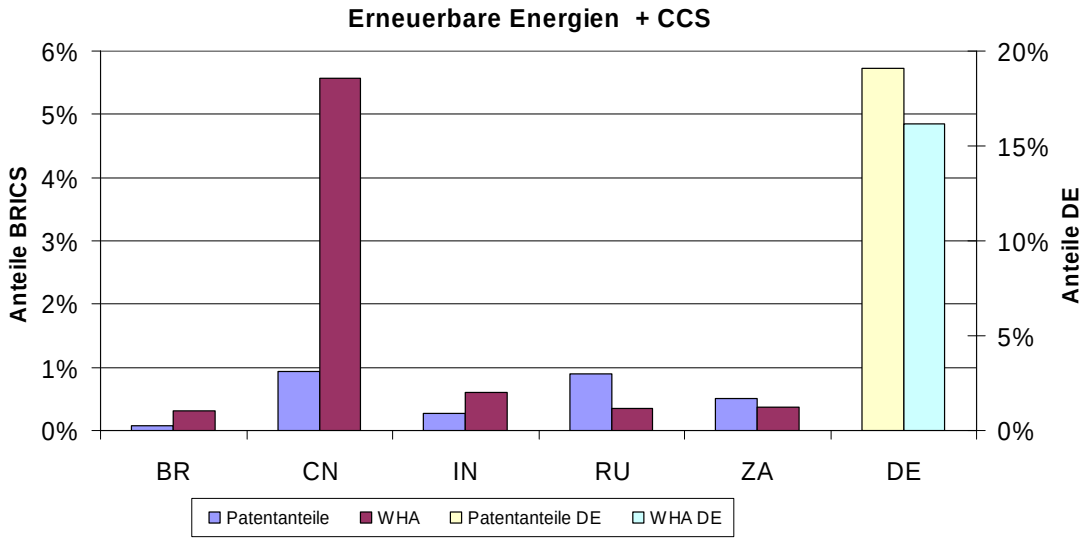
Im Einzelnen werden im Bereich Erneuerbare Energien und CCS die folgenden Technologielinien betrachtet:

- **Erneuerbare Energien**: Hier wurden PV-Anlagen, solarthermische Anlagen (inklusive solarthermische Stromerzeugung und solare Wasserbehandlung), Windkraftanlagen sowie Wasserkraftanlagen (inkl. Wellen- und Gezeitenkraft) untersucht.
- **CO_2-Abscheidung und –Speicherung (Carbon Capture and Storage CCS)**: Betrachtet werden Technologien der CO_2-Abscheidung vor oder nach dem Verbrennungsprozess (pre- und post-combustion) sowie der Verbrennung mit Sauerstoff (oxy-fuel), welche die CO_2-Konzentration im Abgas erhöht (keine Stickstoffanteile) und damit andere Abscheidungskonzepte ermöglicht. Wichtige Technologielinien in diesem Zusammenhang sind Kohle- und Biomassevergasung, Gasreinigung und Shiftreaktion/Wassergasreaktion (einschließlich geeigneter Katalysatoren) sowie Modifikationen im Kraftwerksbereich, vor allem bei Gasturbinen oder im Bereich des Kesselbaus.

Der Anteil der BRICS-Länder an den weltweiten Patenten liegt im Handlungsfeld Erneuerbare Energien und CCS zusammen etwas unter 3 %. Im Vergleich zu Deutschland (19 %) liegt dieser Anteil damit um einen Faktor 7 niedriger. Zu den Ländern mit den größten Anteilen unter den BRICS-Ländern gehören China und Russland, gefolgt von Indien und Südafrika. Brasilien hat einen sehr geringen Anteil an den weltweiten Patenten.

Beim Außenhandel erreichen die BRICS-Länder zusammen einen Welthandelsanteil von knapp 7 % (Deutschland: knapp 15 %). China hält unter den BRICS-Ländern mit etwa 5,5 % die Spitze, in weitem Abstand gefolgt von Indien mit 0,6 %. Aus diesem Vergleich der absoluten Patente und Exporte werden die außerordentlichen Kompetenzen Deutschlands bei den hier betrachteten Technologien deutlich.

Abbildung 4-2: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Erneuerbare Energien und CCS“

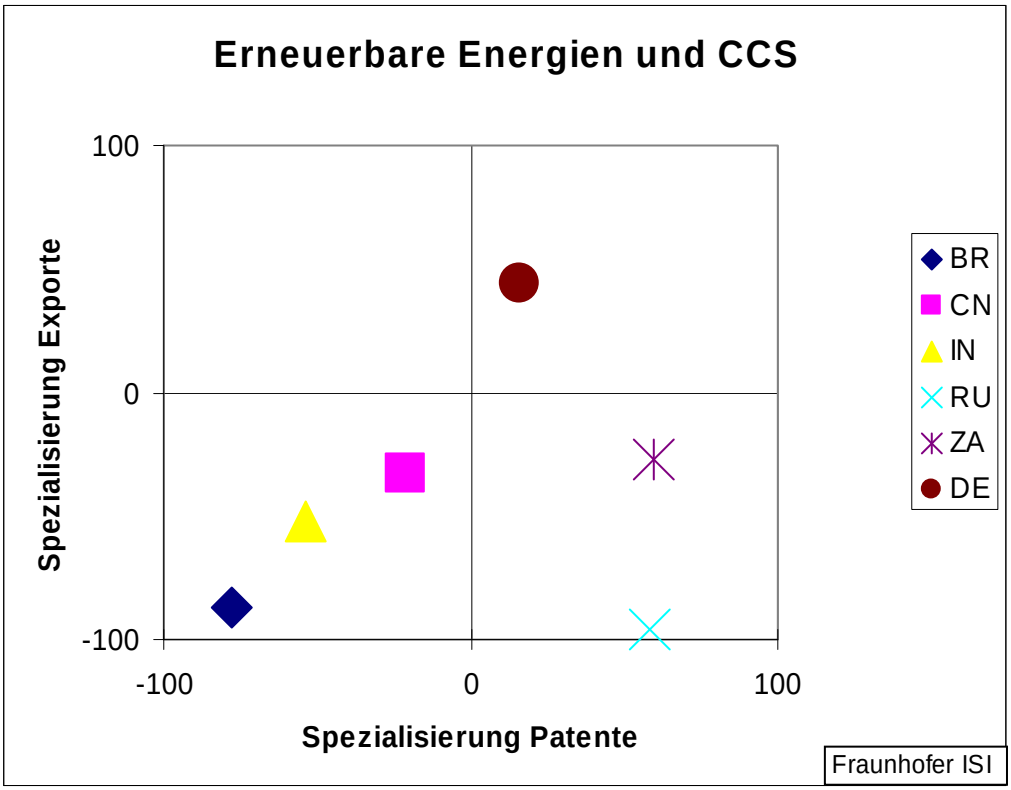


Die Spezialisierungen im Patent- und Außenhandelsbereich werden in Abbildung 4-3 in Form eines multidimensionalen Mapping dargestellt. Länder mit positiver Spezialisierung in beiden Bereichen sind im Quadranten oben rechts dargestellt. Sind hingegen die Spezialisierungen in beiden Bereichen unterdurchschnittlich, befindet sich das Land im Quadranten unten links nahe dem Koordinatenursprung. Bei positiver Patent- und negativer Außenhandelsspezialisierung wird ein Land hingegen unten rechts, bei negativen Patent- und positiver Außenhandelsspezialisierung oben links angesiedelt. Diese Darstellung weist den Vorteil auf, das Länder mit ähnlicher Spezialisierungsstruktur auch grafisch nahe beieinander liegen, so dass ein Vergleich zwischen den Ländern „auf den ersten Blick“ möglich wird.

Nur Russland und Südafrika weisen unter den BRICS-Ländern, ähnlich wie Deutschland, eine positive Patentspezialisierung auf. Für Indien, China und Brasilien ist festzuhalten, dass die betrachteten Technologien nicht zu den Kompetenzschwerpunkten zählen. Allerdings weisen erneuerbare Energien und CCS eine etwas höhere Bedeutung innerhalb des chinesischen bzw. brasilianischen Patentamts auf, was die unterdurchschnittliche Patentaktivität etwas relativiert. Im zeitlichen Verlauf zeigt sich zusätzlich bei China, dass sich die Spezialisierung zum Positiven hin entwickelt. Für die BRICS-Staaten ist eine unterdurchschnittliche Exportsituation festzuhalten, während Deutschland insgesamt überproportional viel exportiert. Hier ist aber speziell bei Deutschland in der Interpretation Vorsicht angebracht, weil die eigentlich gute Exportsituation durch eine noch stärkere Importdynamik überlagert wird (vgl. die

technologiespezifischen Ausführungen hierzu weiter unten), so dass sich für den RCA-Indikator eine unterdurchschnittliche Außenhandelsposition ergibt. Ein ähnlicher, allerdings weniger durchschlagender Effekt ergibt sich für China. Hier dürfte für die erheblichen Importe der massive Aufbau der Energiekapazitäten eine wesentliche Rolle spielen. Umgekehrt kann bei Indien festgehalten werden, dass hier die Importe vergleichsweise gering ausfallen. Im Vergleich zu China dürften hier die Bestrebungen nach nationalen Energielösungen noch stärker ausgeprägt sein.

Abbildung 4-3: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich Erneuerbare Energien und CCS



Hinter diesen aggregierten Zahlen verbergen sich z. T. allerdings deutliche Unterschiede zwischen den Technologien:

- Brasilien weist überdurchschnittliche Kompetenzen im Bereich der Wasserkraft auf, was angesichts des extrem hohen Anteils dieses Energieträgers (über 80 %) an der gesamten Elektrizitätserzeugung nicht verwunderlich erscheint. Im Bereich der Windenenergie wird eine durchschnittliche Patentspezialisierung erreicht; die zahlreichen hervorragenden Windstandorte in Brasilien haben also zwar zu ersten nationalen Aktivitäten, aber noch zu keiner überdurchschnittlichen Kompetenzbildung geführt. Bei allen übrigen betrachteten Technologien dieses Handlungsfelds zeigen die Indikatoren unterdurchschnittliche Spezialisierungen an.

- China weist ebenfalls bei der Wasserkraft sowie bei der Solarthermie überdurchschnittliche Kompetenzen auf. Bemerkenswert ist der Bereich der Solarzellen: Bei leicht positiver Patentspezialisierung hat China hier einen Exportanteil von knapp 10 % erreicht, importiert aber – wie bei den anderen hier betrachteten Technologien - gleichzeitig viele dieser Güter. In diesem Technologiebereich hat sich China sicherlich im Welthandel etabliert, wenn auch eher im Bereich der niedrigpreisigen Solarzellen mit geringerer Qualität. Trotz der intensiven Diskussion und den – bei den prognostizierten Zubauten an Kohlekraftwerken - enormen Potenzialen von CCS sind hier bisher noch keine verstärkten Kompetenzen Chinas erkennbar.
- Im Patentbereich ist Indien, ähnlich wie China bei der Wasserkraft und der Solarthermie, überdurchschnittlich aktiv. Erstmals wurde im Jahr 2005 auch eine deutliche Außenhandelsspezialisierung bei Windkraftanlagen erreicht, bei der der zunehmend international agierende Hersteller Suzlon sicherlich eine wichtige Rolle spielte.
- Die Kompetenzen Russlands sind in den Bereichen Solarthermie, Windkraft und CCS überdurchschnittlich. Bei letzterem schlagen die langjährigen Erfahrungen Russlands im Bereich der Kohlevergasung zu Buche. Allerdings können die Exportaktivitäten in diesen Bereichen bei weitem nicht das – durch Öl- und Gasexporte dominierte - durchschnittliche Niveau erreichen.
- Solarthermie, Wasserkraft und CCS bilden ebenfalls Kompetenzschwerpunkte in Südafrika. Letzteres ist wiederum vor allem auf die heimischen Kohlevorräte und die Kompetenzen bei der Kohlevergasung zurückzuführen, die aus Autarkiegründen bereits zu Zeiten der Apartheid vorangetriebenen worden waren.
- In Deutschland gehören fast alle Bereiche der erneuerbaren Energien zu den Bereichen mit einer überdurchschnittlichen Spezialisierung bei den Patenten. Die Ausnahme bildet die Photovoltaik – hier liegt der Patentanteil Deutschlands bei etwa 15 % verglichen mit etwa 30 % des Spitzenreiters Japan. Gleichzeitig ist die Außenhandelsspezialisierung Deutschlands – gemessen am RCA - bei den Solarzellen deutlich negativ ausgeprägt, hier besteht ein erheblicher Importüberschuss. Auch eine Betrachtung der Exportseite zeigt eine – wenn auch weniger deutliche – negative Spezialisierung an. Dieses Ergebnis muss jedoch vorsichtig interpretiert werden: Zwar weist die Photovoltaik bisher noch eine unterdurchschnittliche Spezialisierung auf, gleichzeitig muss aber die durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) hervorgerufene enorme Steigerung der Inlandsnachfrage und der damit einhergehende, aber zeitlich nachlaufende Aufbau von Produktionskapazitäten beachtet werden. Bisher war die Expansion der Inlandsnachfrage so stark, dass sowohl die Produktion der deutschen Unternehmen stärker ins Inland gelenkt als auch zusätzliche Importe von außen nach Deutschland gezogen wurden. Die Situation ähnelt hier der der Windkraft, bei der Deutschland in der Vergangenheit ebenfalls negative Spezialisierungen aufwies, inzwischen aber mit der parallelen Expansion des Marktes und der inländischen Produktionskapazitäten mit Export- und Patentanteilen von jeweils über 30 % zum Welt-

marktführer aufgerückt ist. Bei Berücksichtigung dieser Sonderfaktoren ist die Perspektive der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Anbieter im Bereich Erneuerbarer Energien daher sehr gut. In Deutschland gehören CCS-Technologien zu den Bereichen mit einer überdurchschnittlichen Patentspezialisierung. Auch die Außenhandelsspezialisierung ist in Deutschland in diesem Bereich positiv. Deutschland hat hier klare Spezialisierungsvorteile.

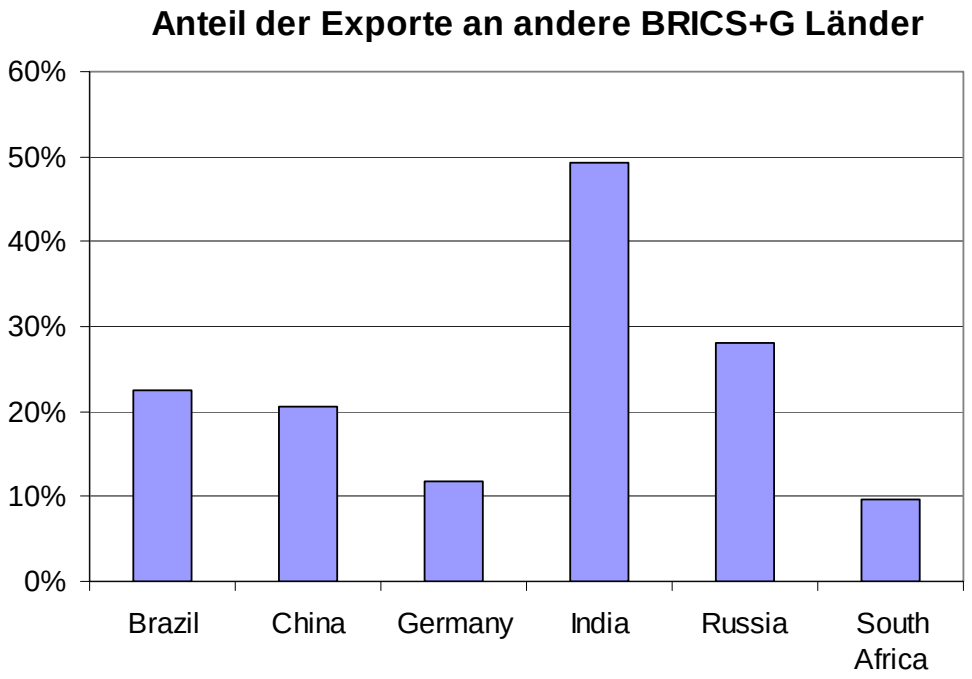
Insgesamt zeigt sich damit, dass die BRICS-Länder bei der Wasserkraft, die eine eher traditionelle Technologie darstellt und seit längerem bereits in diesen Ländern eingesetzt wird, und bei der Solarthermie, die von den betrachteten Technologien den geringsten Technologiegehalt aufweist, besonders stark sind. Hinzu kommen einzelne Bereiche, insbesondere Solarzellen in China, Windkraft in Indien sowie CCS in Südafrika und Russland.

Mit Hilfe der Außenhandelsstatistik kann für jedes BRICS+G-Land auch der Anteil errechnet werden, der von den gesamten Exporten des Landes im Handlungsfeld auf Exporte in die jeweils anderen BRICS+G-Länder entfällt. Je höher dieser Wert ausfällt, desto wichtiger ist die BRICS+G-Ländergruppe als Zielmarkt für das entsprechende Land. Aus der Berechnung ergibt sich, dass von allen Exporten Indiens im Handlungsbereich "Erneuerbare Energien und CCS" ca. 50 % in die anderen BRICS+G-Länder exportiert werden. Auch für Russland, China und Brasilien liegt der Anteil zwischen 20 und 30 %. Wichtigstes Abnehmerland für Indien und China ist jeweils Deutschland. Für Russland und Brasilien ist darüber hinaus China ein zentraler Exportmarkt.

Die Bedeutung der einzelnen Technologien für den Handel zwischen den BRICS+G-Ländern ist für die einzelnen Länder unterschiedlich. Folgende Schwerpunkte lassen sich für die einzelnen Länder festhalten:

- Brasilien: Wasserturbinen nach China;
- Russland: Wasserkraft und Kraftwerksteile, Indien und China sind jeweils wichtige Abnehmer;
- Indien: Solarzellen, v. a. nach Deutschland;
- China: Solarzellen nach Deutschland, auch Kraftwerkstechnologien nach Indien;
- Südafrika: Wasserkraft, gefolgt von Kraftwerkstechnologien, aber auf vergleichsweise geringem Niveau;
- Deutschland: Kraftwerkstechnologien (insbesondere nach China) und Wasserturbinen, wobei alle Länder beteiligt sind.

Abbildung 4-4: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Erneuerbare Energien und CCS" an andere BRICS+G-Länder in %



Insgesamt zeigt sich, dass im Handel zwischen den BRICS+G-Ländern die traditionelleren Technologien im Kraftwerksbereich und bei der Wasserkraft überwiegen, sowie Exporte von Solarzellen nach Deutschland. Solarthermische Anlagen - eine technologische Stärke der BRICS-Länder – werden hingegen eher in Nicht-BRICS+G-Länder exportiert. Ähnliches gilt für Windkraftanlagen aus Deutschland, hier spielen BRICS-Länder bisher eine untergeordnete Rolle als Exportmarkt. Bei den erheblichen Ausbauplänen an Erneuerbaren Energien und dem erheblichen Potenzial an CCS, insbesondere bei den Kohleausbauländern Indien und China, kann dieser Bereich sicherlich als ein wesentlicher angesehen werden, bei dem Deutschland durch intensive Kooperationen in Zukunft seiner globalen Verantwortung gerecht werden kann.

4.1.3 Gebäudeeffizienz

Weltweit haben Gebäude heute, einschließlich ihrer Infrastruktur und den in ihnen genutzten Elektrogeräten, einen Anteil am Endenergiebedarf von 39 % mit leicht rückläufiger Tendenz bis 2030 (IEA World Energy Outlook 2006). Absolut gesehen stellt dies aber immer noch eine 50 %ige Zunahme des Energieverbrauchs in Wohngebäuden und kommerziellen Gebäuden dar. Das Marktpotenzial im Bereich der energe-

tischen Gebäudeeffizienz wird als hoch eingeschätzt. Für die deutschen Hersteller stellt Westeuropa den wichtigsten Markt dar, gefolgt von Osteuropa und Russland (DIW/ISI/Berger 2007).

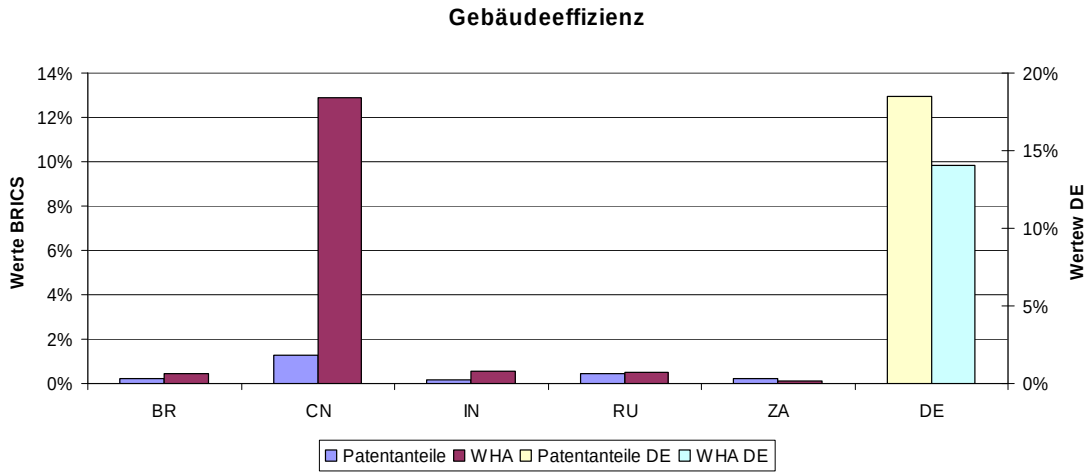
Wegen der häufig milderen Klimazonen liegt der Anteil am Endenergieverbrauch in Entwicklungsländern etwas niedriger als im Weltdurchschnitt. Die BRICS-Länder weisen allerdings eine deutliche Spreizung der Klimazonen, sogar innerhalb eines Landes wie in China, auf: In nördlichen Landesteilen herrschen Klimaverhältnisse wie in Finnland, während im Süden des Landes subtropische und tropische Einflüsse das Klima prägen. Allerdings nimmt auch in Ländern mit heißen Klimazonen der Energieverbrauch in Gebäuden durch die zunehmende Klimatisierung der Gebäude zu. Dadurch steigt gerade der Stromverbrauch, der primärenergetisch besonders stark zu Buche schlägt. Häufig verbrauchen schlecht isolierte (und schlecht beschattete) klimatisierte Gebäude in heißen Zonen genauso viel oder mehr Energie wie gut isolierte Gebäude in kalten Klimazonen.

Im Einzelnen werden im Bereich energieeffiziente Gebäude die folgenden Technologielinien betrachtet:

- **Gebäudetechnik**: Effiziente Gebäudetechnik, Isolierglas, effiziente Heizsysteme, Wärmepumpen. Anlagen zur Raumklimatisierung, Beleuchtung und Gebäudeautomatisierung.
- **Effiziente Elektrogeräte** mit der Summe der gängigen Massengeräte in Haushalten.

Der Anteil der BRICS-Länder an den weltweiten Patenten liegt im Handlungsfeld Gebäudeeffizienz zusammen etwas über 2 %. Im Vergleich dazu liegt Deutschlands Anteil in diesem Bereich bei 18 %. China liegt von allen BRICS-Ländern bei den Patenten bei weitem an der Spitze. Russland folgt mit einem deutlich geringeren Anteil. Die Anteile der übrigen BRICS-Länder liegen bei 0,25 % oder darunter. Beim Außenhandel stellt sich für die BRICS-Länder ein Welthandelsanteil von etwa 14 % ein, genauso viel wie für Deutschland. Der größte Anteil bei den BRICS-Ländern entfällt bei weitem auf China. Brasilien, Indien und Russland folgen mit weitem Abstand mit Welthandelsanteilen in diesem Bereich von jeweils unter einem halben Prozent.

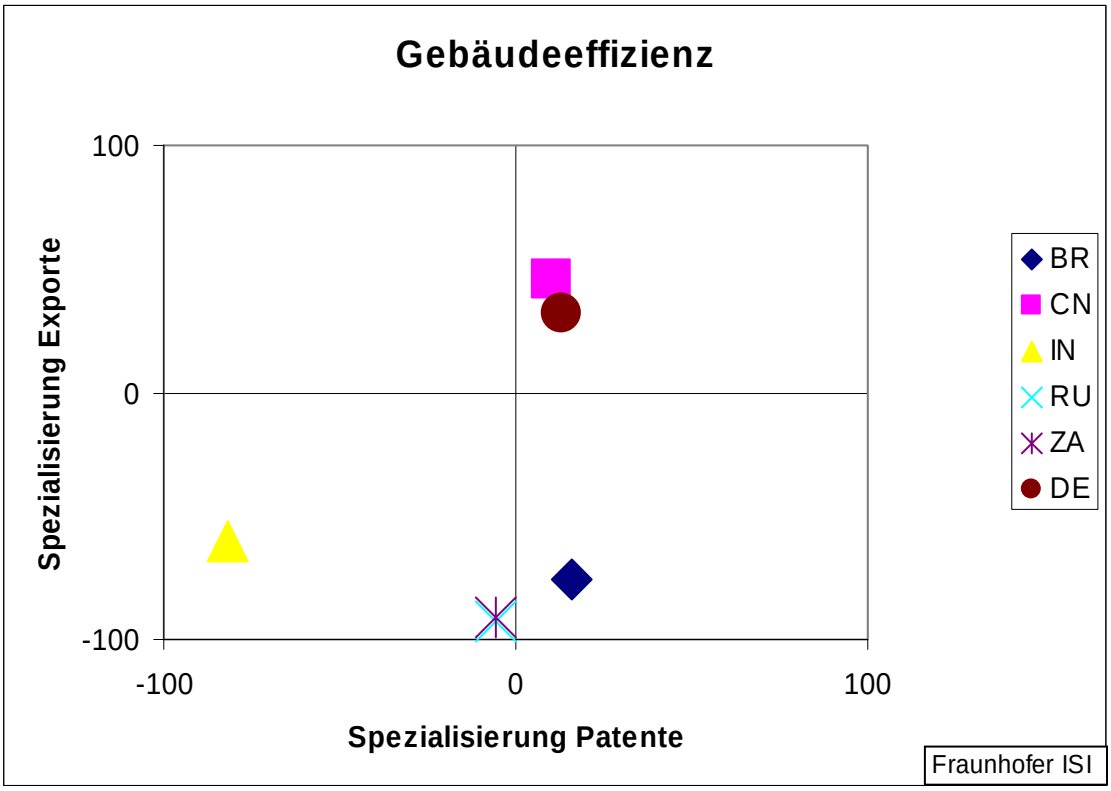
Abbildung 4-5: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Energieeffiziente Gebäude“



Die Spezialisierungen im Patent- und Außenhandelsbereich werden in Abbildung 4-6 in Form eines multidimensionalen Mapping dargestellt. Es fällt auf, dass China und Deutschland einerseits und Brasilien, Russland und Südafrika andererseits ähnliche Spezialisierungsmuster aufweisen. Deutschland und China schneiden beide beim Außenhandel deutlich überdurchschnittlich und bei den Patenten etwas überdurchschnittlich ab, wobei die Spezialisierung bei den nationalen Patenten in China sogar noch etwas stärker ausgeprägt ist. Wie aus den oben beschrieben Patentanteilen deutlich wird, steckt hinter der gleichen Patentspezialisierung allerdings ein unterschiedliches Niveau mit einer deutlich höheren absoluten Patentaktivität in Deutschland. Dies deutet darauf hin, dass Deutschland seine Außenhandelserfolge eher im qualitativ hochwertigen und hochpreisigen Segment mit entsprechend hoher Energieeffizienz erzielt, während China stärker im durch Preiswettbewerb gekennzeichneten Marktsegment erfolgreich ist. Insgesamt legt dies die Interpretation nahe, dass China erhebliche Kompetenzen für eine nachhaltigere Gestaltung des Gebäudebereichs mobilisieren könnte, gleichzeitig aber noch ein erheblicher Schritt vom Potenzial zur tatsächlichen Anwendung bei der Steigerung der Gebäudeeffizienz getan werden muss. Allerdings sind die nationalen Patentaktivitäten in China noch stärker ausgeprägt als die internationalen. Dies deutet darauf hin, dass China gerade in diesem Bereich bereits erhebliche Anstrengungen zur Ausweitung der Wissensbasis unternimmt. Für Brasilien, Russland und Südafrika gilt insgesamt, dass sie im Gebäudebereich eine eher unterdurchschnittliche Leistungsfähigkeit aufweisen. Zwar ist die Patentspezialisierung durchschnittlich, so dass durchaus an Wissen angeknüpft werden könnte, jedoch gehören die betrachteten Technologien eher zu den schwächsten im Außenhandelsbereich. In Indien ist die – mit den indischen Durch-

schnittswerten verglichene - technologische Wissensbasis sehr schwach ausgeprägt, gleichzeitig wird eine unterdurchschnittliche Exportspezialisierung erreicht.

Abbildung 4-6: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich energieeffiziente Gebäude



In den einzelnen Segmenten des Bereichs der Gebäudeeffizienz gibt es zwar weniger in Deutschland, aber bei den einzelnen BRICS-Ländern einige Unterschiede:

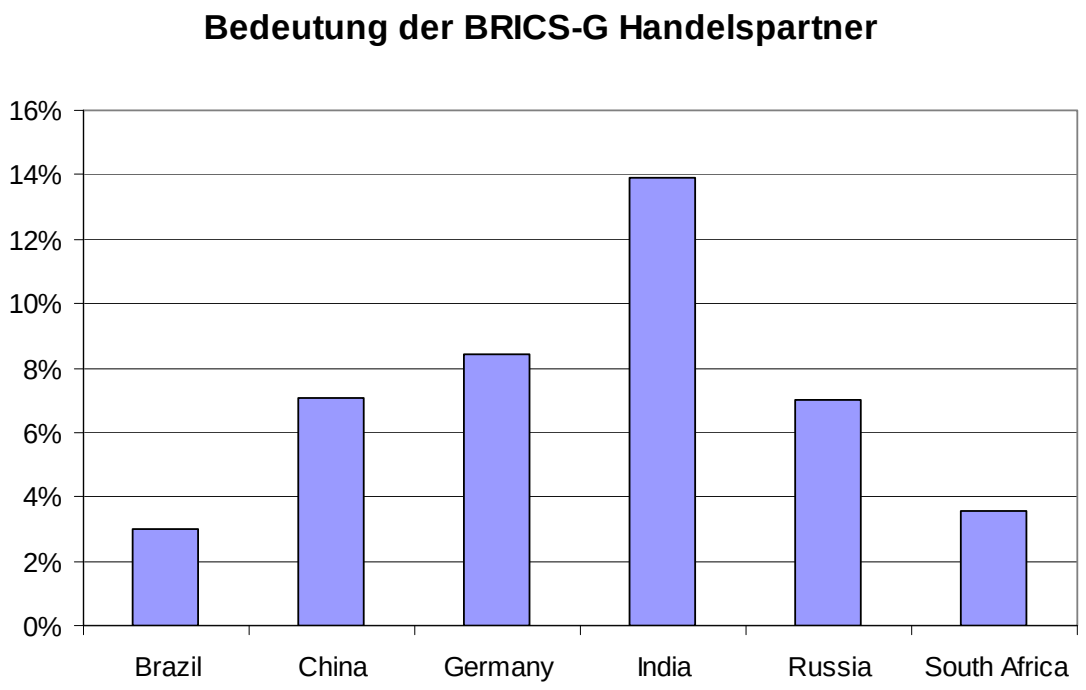
- In Brasilien ist die Gebäudetechnik sowohl hinsichtlich Patenten als auch im Außenhandel stärker als die energieeffizienten Geräte.
- Eine positive Patentspezialisierung deutet für Russland auf höhere Kompetenz bei den energieeffizienten Geräten als bei der Gebäudetechnik hin.
- Indien weist bei den energieeffizienten Geräten eine nahezu durchschnittliche Spezialisierung auf, ist dagegen vor allem bei der Gebäudetechnik sehr unterdurchschnittlich aufgestellt.
- In China weisen die Geräte eine stärkere Patent- aber gleichzeitig schwächere Außenhandelsposition auf als die Gebäudetechnik. Insbesondere die Klimatisierungstechniken tragen hier zu den Exporterfolgen bei, zum Teil wird den chinesischen Herstellern bereits eine Strategie des Verdrängungswettbewerbs durch Niedrigpreise nachgesagt. Wie die Interviewergebnisse in Kapitel 5 zeigen,

muss der Beitrag der chinesichen Erzeugnisse zu einem effizienten Umgang mit Energie allerdings sehr hinterfragt werden. Damit dürfte die oben skizzierte Forderung, die Kompetenzen stärker für eine Steigerung der Gebäudeeffizienz auch einzusetzen, besonders bei der Gebäudetechnik zutreffen.

- In Südafrika ist die Kompetenz in der Gebäudetechnik nahezu durchschnittlich und damit viel stärker als bei den sehr schwach ausgeprägten energieeffizienten Geräten.

Auf Handelspartner aus den BRICS+G-Ländern entfallen zwischen 3 und 14 % der Exporte. Für Indien sind die BRICS+G-Länder noch am wichtigsten, allerdings auf niedrigem Bedeutungsniveau. Für Südafrika und Brasilien spielen sie eine sehr untergeordnete Rolle.

Abbildung 4-7: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Gebäudeeffizienz" an andere BRICS+G-Länder in %



Der Handel zwischen den BRICS+G-Ländern ist vor allem durch den Austausch elektrotechnischer Erzeugnisse zur rationellen Energieverwendung gekennzeichnet. Bei den anderen Technologien sind noch Exporte von Erzeugnissen zur Wärmeisolation aus Deutschland und China nach Russland, sowie von Heizanlagen aus Deutschland nach Russland zu erwähnen. Geräte zur Klimatisierung, ein wichtiges Exportgut von China unter den betrachteten Gütern, spielt hingegen im Handel zwischen den BRICS-Ländern nur eine untergeordnete Rolle.

4.1.4 Wasserver- und Abwasserentsorgung

Bei keinem der betrachteten BRICS-Länder handelt es sich um ein überwiegend arides Land. Dennoch gibt es im Norden Indiens und Südafrikas sowie im Westen Chinas trockene Regionen, in denen die Bevölkerung u. U. auch unter einem absoluten Wassermangel leidet. Für die Charakterisierung der Ausgangslage zentral ist, dass das Wasser oftmals reichlich, aber über das Jahr gesehen ungleichmäßig zur Verfügung steht und dass vorhandene Wasserquellen durch hohe Bevölkerungsdichte besonders in Agglomerationen und unkontrollierte wirtschaftliche Aktivitäten im Zusammenhang mit Rohstoffgewinnung, Gewerbe und Kleinindustrie so verschmutzt werden, dass sie als Trinkwasser nicht mehr ohne Weiteres genutzt werden können. Neben der Förderung von Rohwasser mit Hilfe von Brunnen und der Reinigung verschiedener Wasserressourcen (z. B. Oberflächenwässer) mit Hilfe von Filtern, ist daher die Reduktion der Emissionen in die Gewässer von höchster Bedeutung. Selbst in Städten, die über eine Kanalisation verfügen, ist diese oft in schlechtem Zustand, hinsichtlich Kapazität und Einzugsgebiet nicht ausreichend und die Abwässer werden teilweise ohne Aufbereitung in vorhandene Vorfluter geleitet. Als zusätzlich problematisch erweisen sich vor allem in Brasilien, China und teilweise auch in Indien jährlich wiederkehrende Hochwasser, die jede konventionelle, zentrale Abwasserinfrastruktur außer Funktion setzen. Zur Wasserverschmutzung kommt als weiterer Punkt die weit verbreitete Wasserverschwendung hinzu, die auf fehlende Technik, aber auch auf mangelhafte Anreizstrukturen (d. h. niedrige Wasserpreise) zurückzuführen ist.

Dem Einsatz von Wassertechnologien wird zukünftig eine steigende Bedeutung zukommen. Dies liegt in einer Kombination von sich kumulierenden Reinvestitionsbedarf in den Ländern mit etablierter Wasserinfrastruktur und zusätzlichem Bedarf aus den Ländern, die sich in einem rapiden wirtschaftlichen Entwicklungsprozess befinden. Nach Auswertungen von Wirtschaftsberatungsunternehmen wird mit Wachstumsraten des Marktpotenzials bis 10 %/a gerechnet (vgl. DIW/ISI/Berger 2007).

Im Einzelnen werden folgende Technologielinien betrachtet:

- Die **Wasserversorgung** umfasst sowohl die Förderung und Aufbereitung von Rohwasser (einschließlich Meerwasser) als auch dessen Verteilung an private und gewerbliche Verbraucher. Wichtige Technologielinien sind physikalisch-chemische Verfahren sowie – insbesondere im Hinblick auf eine dezentrale Wasserversorgung und die Schließung von Wasserkreisläufen – membrangebundene Filtertechnologien zur Wasseraufbereitung. Weitere Aspekte sind Bau und Instandhaltungsverfahren von Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastrukturen bis hin zu Pumpen, Schiebern, Wasserrohren und Wasserbehältern.
- Die **Abwasserentsorgung** umfasst sowohl die Ableitung des Abwassers vom Ort seiner Entstehung als auch seine Reinigung. Abwasserreinigungsverfahren als

Kernelement der Abwasserentsorgung zielen auf die Reinigung von Wasser mit Hilfe mechanischer, chemischer und biologischer Prozesse ab, die im Konzept der Kläranlage integriert und an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden. Ebenfalls einbezogen wurden dezentrale Ansätze wie Kleinkläranlagen ggf. in Kombination mit Membranfiltration. Abwasserrohre und Abwasserpumpen sowie die Entsorgung des anfallenden Klärschlamms fallen auch in diesen Bereich.

- Die Steigerung der **Wasserverbrauchseffizienz** ist ein entscheidendes Element eines pro-aktiven Wassermanagements, das die Herausforderung der Versorgung mit ausreichenden Mengen Wassers hoher Qualität nicht allein auf die Angebotsseite beschränkt. Im Haushaltsbereich spielen neben Hausgeräten (Waschmaschinen und Geschirrspüler) vor allem verbrauchsarme Armaturen eine wichtige Rolle. Im Bereich der Landwirtschaft sind effiziente Bewässerungstechnologien von besonderer Bedeutung.
- Die im Zuge einer zu erwartenden Klimaverschiebung vermutlich häufiger auftretenden Extremwetterereignisse stellen zunehmende Anforderungen an das Management aller Bestandteile der Wasserinfrastruktur. Berücksichtigt wurden Verfahren des baulichen **Hochwasserschutzes** als auch Instrumente zur Messung von Flüssigkeits-(Regenwasser-)ständen und -flüssen sowie der Übermittlung und Verarbeitung der gewonnenen Daten.

Der Anteil der BRICS-Länder an den weltweiten Patenten liegt bei den nachhaltigen Wassertechnologien zusammen bei knapp 3 % und beträgt damit weniger als ein Fünftel der jährlichen Patente aus Deutschland. China hält mit 1 % den größten Anteil unter den BRICS-Ländern. Indien, Russland und Südafrika folgen mit jeweils etwa einem halben Prozent, Brasilien kommt auf 0,3 %. Allerdings verändert sich die Situation im Zeitablauf: Während Russland Patentanteile verloren hat, ist bei China, Indien und Brasilien ein erheblicher Bedeutungszuwachs zu verzeichnen.

Beim Außenhandel deutet ein Welthandelsanteil von etwa 8,5 % auf eine größere Bedeutung der BRICS-Länder hin. Der größte Anteil entfällt mit knapp 8 % auf China, die übrigen Länder weisen einen Anteil von gut 0,5 % auf. Hierbei ist es in China kontinuierlich zu einem Anstieg des Welthandelsanteils in den letzten 10 Jahren gekommen, während der Anteil bei den übrigen BRICS-Ländern in etwa konstant geblieben ist.

Die Auswertung der Spezialisierungsmuster zeigt eine Dreiteilung auf. Außer China weisen alle anderen BRICS-Länder eine überdurchschnittliche Spezialisierung bei den Patenten bei gleichzeitiger unterdurchschnittlicher Exportspezialisierung auf. Dies spricht dafür, dass die zunehmende Bedeutung der Thematik in diesen Ländern erkannt wird. Allerdings erfolgt noch keine genügende Umsetzung der Wissenskompetenzen in wettbewerbsfähige Produktions- und Verfahrenstechnik, so dass keine Ausdehnung auf internationale Märkte erfolgt ist sondern im Gegenteil nach wie vor

erhebliche Teile der benötigten Technologien importiert werden. Für China ergibt sich eine weitgehend durchschnittliche Spezialisierung. Die steigenden Patentzahlen vermitteln den Eindruck, dass China hier begonnen hat, sich aus dem Status der „verlängerten Werkbank“ wegzubewegen, wofür auch eine überproportionale nationale Patentaktivität spricht. Für Deutschland ergibt sich eindeutig eine positive Spezialisierung, gerade auch beim Export. Hier haben sich die zahlreichen Komponentenhersteller aus Deutschland bisher trotz des Fehlens eines Systemführers aus der deutschen Wasserwirtschaft durchzusetzen vermocht und ihre langjährigen heimischen Erfahrungen mit Wassertechnologien auch international vermarktet.

Abbildung 4-8: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Wasser“

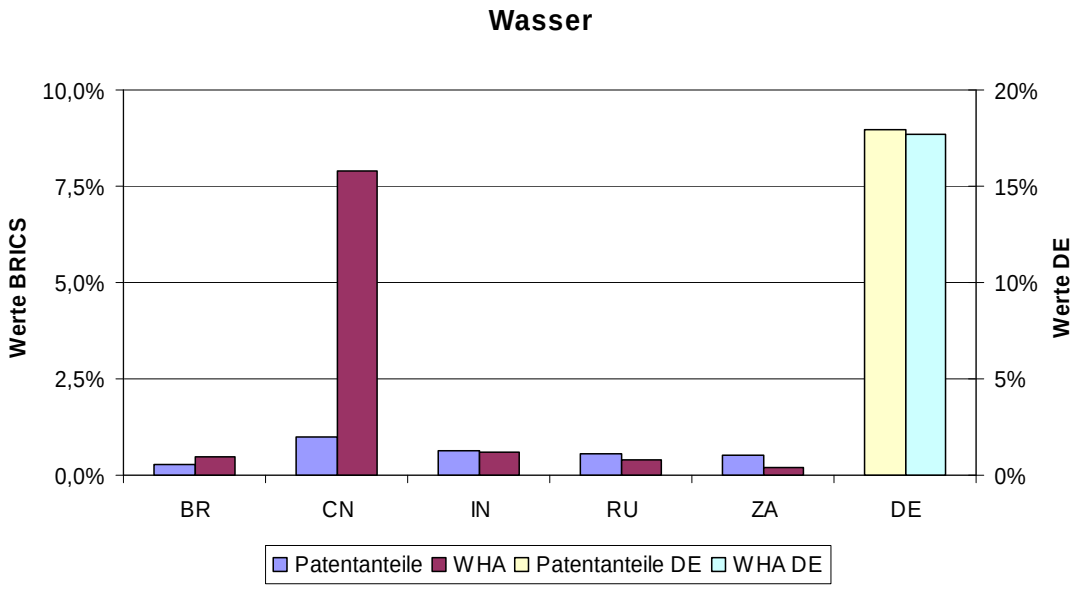
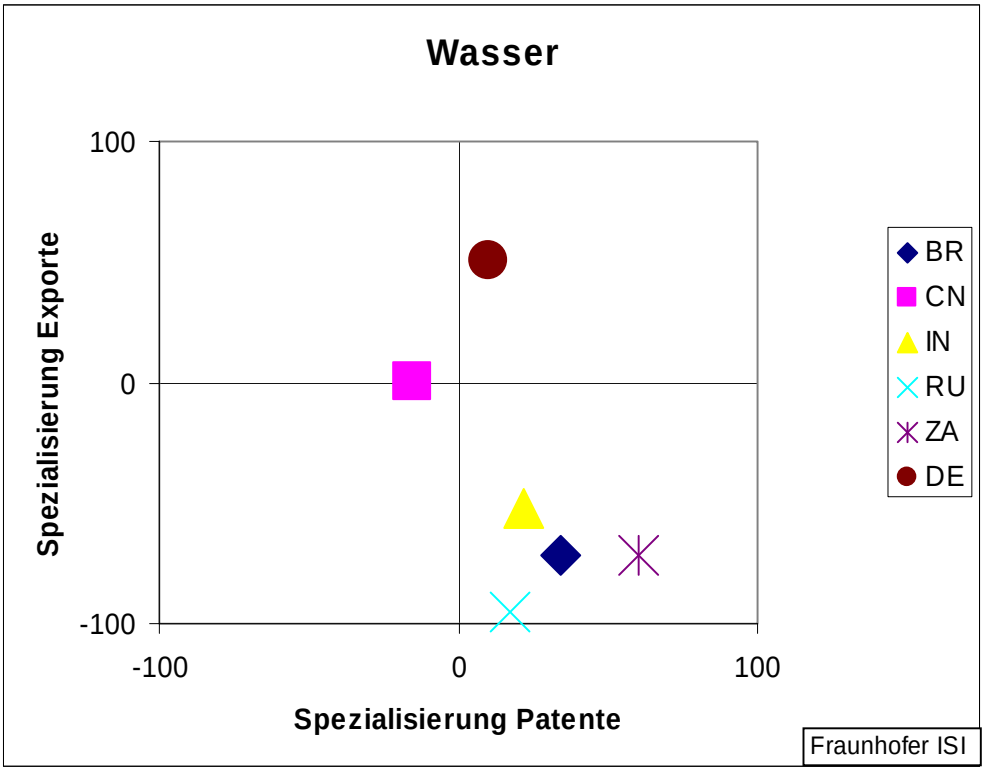


Abbildung 4-9: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich Wasser



Für die einzelnen Länder ergeben sich folgende Stärken und Schwächen innerhalb der betrachteten Wassertechnologien:

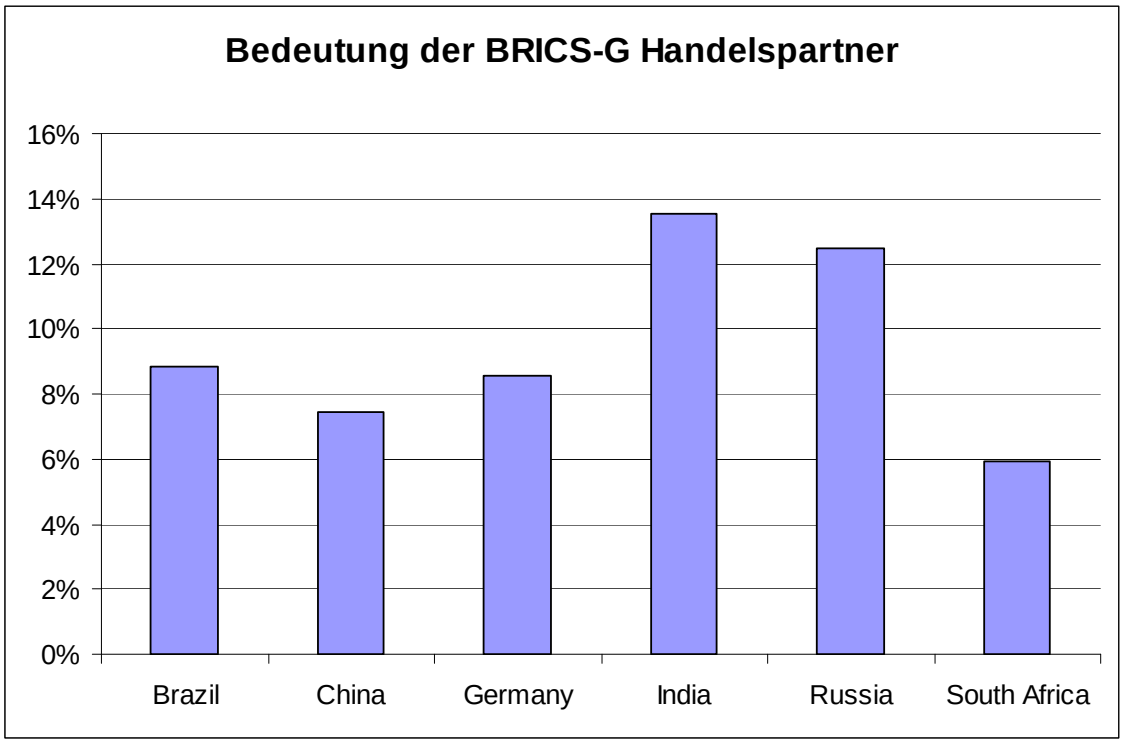
- Brasilien ist im Segment der Wasserver- und -entsorgung etwas stärker aufgestellt als bei der Wassernutzungseffizienz und dem etwas abfallenden Hochwasserschutz.
- Die überdurchschnittlichen Patentaktivitäten sind in Russland lediglich auf die Segmente Wasserversorgung und Hochwasserschutz zurückzuführen. Die schwache Außenhandelsposition kennzeichnet alle Segmente der Wassertechnologien.
- Indien ist ebenfalls im Segment der Wasserver- und -entsorgung stärker aufgestellt als im Hochwasserschutz, der etwas abfällt. Innerhalb der Wasserversorgung ist insbesondere das Teilsegment der Meerwasserentsalzung hervorzuheben. Hier realisiert Indien - im Unterschied zu allen anderen Wassertechnologien – sogar überdurchschnittliche Exporterfolge.
- China ist zwar im Wasserbereich insgesamt vergleichsweise durchschnittlich aktiv, aber der Hochwasserschutz fällt hier aus dem Rahmen. Einerseits ist er ein sehr überdurchschnittliches Feld für Patentaktivitäten, andererseits ist China gerade in diesem Feld relativ schwach im Außenhandel. Dieses Muster ist vereinbar mit einer hohen Bedeutung des Themas im Inland, bei der die Wissenskompetenzen

ausgebaut und die Marktstrategien zunächst auf das Inland und weniger das Ausland ausgerichtet werden.

- In Südafrika sind die Patentaktivitäten in der Abwasserentsorgung und Wasserversorgung deutlich überdurchschnittlich ausgeprägt. Innerhalb dieses Segments sind die Wasseraufbereitungstechnologien hervorzuheben, bei denen Südafrika als einzigen Teilbereich innerhalb der Wassertechnologien sogar überdurchschnittliche Exportanteile erwirtschaftet.
- In Deutschland sind die deutlich überdurchschnittlichen Aktivitäten vergleichsweise homogen auf die einzelnen Teilsegmente verteilt. Lediglich die Patentaktivitäten bei den Wasserversorgungstechnologien fallen gegenüber den anderen drei Segmenten etwas ab.

Auf Handelspartner aus den BRICS+G-Ländern entfallen zwischen 6 % der Exporte für Südafrika und 14 % für Indien. Für Brasilien, China und Südafrika ist jeweils Deutschland mit Abstand der wichtigste Exportmarkt unter den BRICS+G-Ländern, Russland und Indien exportieren hingegen mehr nach China.

Abbildung 4-10: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Wasser" an andere BRICS+G-Länder in %



Beim Handel zwischen den BRICS+G-Ländern sind Technologien zur Wasserversorgung besonders zu erwähnen, gefolgt von den Abwassertechnologien. Klare Muster hinsichtlich der Zielländer sind nicht erkennbar. Einerseits sind China und Russland wichtige Märkte für die Technologien, andererseits werden auch einzelne Komponenten von Zulieferern nach Deutschland exportiert.

4.1.5 Materialeffizienz

Effizienzanalysen und Optimierungsansätze in Unternehmen konzentrieren sich in der Regel auf den Kostenfaktor der Personalkosten. Die Bruttoproduktionskosten im verarbeitenden Gewerbe enthalten jedoch neben den Personalkosten die Kostenblöcke Material und Energie, Abschreibungen und Mieten sowie sonstige Kosten. Die Bedeutung der Materialeffizienz gelangt zunehmend in das öffentliche Bewusstsein. Im Handlungsfeld Materialeffizienz werden die Technologiesegmente „Nachwachsende Rohstoffe“, „rohstoff- und materialeffiziente Produktionsprozesse“, „rohstoff- und materialeffiziente Produkte“ sowie "Recycling" als Ansatzpunkte zur Steigerung der Materialeffizienz betrachtet. Im Handlungsfeld ist die Bedeutung der nachwachsenden Rohstoffe sowohl bei den Patenten als auch im Welthandel am größten.

- Die Nutzung **nachwachsender Rohstoffe** hat in vielen Industriebereichen eine lange Tradition. Während in der Vergangenheit häufig auf Basis nachwachsender Stoffe hergestellte Produkte durch Produkte auf fossiler Basis verdrängt wurden (z. B. Zelluloid, Linoleum), richtet sich das Augenmerk in jüngster Vergangenheit aus Rohstoff- und Abbaubarkeitserwägungen wieder verstärkt auf Produkte auf nachwachsender Basis. Anzuführen sind sowohl Chemierohstoffe (z. B. Zucker und Stärke, Öle und Fette) als auch Produkte auf Basis nachwachsender Rohstoffe (z. B. Polymere, Klebstoffe, Lacke und Baumaterialien).
- Zum Handlungsfeld der Materialeffizienz gehört auch das **Recycling**. Hierbei wurden die Segmente Erkennung, Trennung und Vereinzelung von Abfällen sowie ihre stoffliche Verwertung erfasst.
- Das Technikfeld **rohstoff- und materialeffiziente Produkte** mit dem Grundgedanken, Produkte möglichst umweltfreundlich zu gestalten, stellt eine Sammlung von verschiedenen Maßnahmen dar. Hierunter fallen sowohl Techniken wie z. B. der Leichtbau, Lebensdauerverlängerung, Faserverstärkung oder Korrosionsschutz. Des Weiteren fallen neuere Dienstleistungskonzepte (z. B. car sharing, print-on-demand) unter dieses Technikfeld. Allerdings bestehen gerade hier erhebliche Schwierigkeiten in der statistischen Erfassung.
- Auch das Technikfeld **rohstoff- und materialeffiziente Produktionsprozesse** beinhaltet verschiedene Teilaspekte wie Optimierung der Produktionsprozesse (z. B. durch die Reduzierung von Verschnitt oder durch Verbesserung bzw. Vergleichmäßigung der Qualität), eine bessere Auslastung von Geräten, Anlagen

und Spezialmaschinen oder wertschöpfungskettenübergreifende Optimierungen. Auch diese Aspekte ließen sich in den Recherchen nur teilweise analytisch erfassen.

Der Anteil aller BRICS-Länder an den weltweiten Patenten liegt im Handlungsfeld Materialeffizienz bei etwas über 4 %. Deutschland kommt in diesem Bereich auf 17 %. Die größten Anteile unter den BRICS-Ländern halten China, gefolgt von Russland und den gleichauf liegenden Ländern Indien und Brasilien. Bei den Exporten stellt sich für die BRICS-Länder ein Welthandelsanteil von knapp 7 % ein. Der größte Anteil entfällt mit gut 3 % auf China, dicht gefolgt von Brasilien mit 2 %. Deutschland kommt hier auf etwa 15 %.

Alle BRICS-Länder weisen eine positive Patentspezialisierung auf, die in Brasilien am stärksten ausgeprägt ist, aber auch in Südafrika und Russland deutlich ausfällt. Allerdings verändert sich die Situation im Zeitablauf: Während Indien und China die höchsten Patentzuwächse in den letzten Jahren aufweisen, sind sie in Russland und Südafrika am schwächsten. Bezüglich der Exporte zeigt sich eine Zweiteilung in die exportstarken Länder Brasilien und Südafrika einerseits und Indien, China und Russland andererseits. Die überdurchschnittlich hohen Patentaktivitäten dürften damit in Brasilien auch im Zusammenhang mit weiteren Exporterfolgen stehen, während sie sich in Indien und China eher durch Bemühungen zum Aufbau heimischer Produktion und Steigerung der Kompetenzen bei der Verarbeitung erklären lassen.

In Deutschland ist die Patentspezialisierung geringfügig überdurchschnittlich ausgeprägt. Die Exporte übersteigen die Importe um nahezu das Doppelte, woraus eine deutliche Spezialisierung auf die materialeffizienten Technologien resultiert.

Abbildung 4-11: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Materialeffizienz“

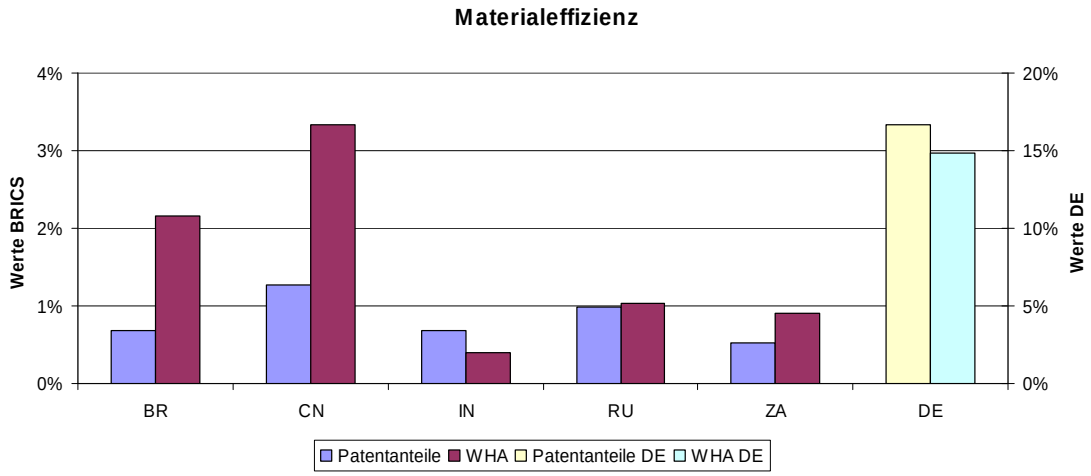
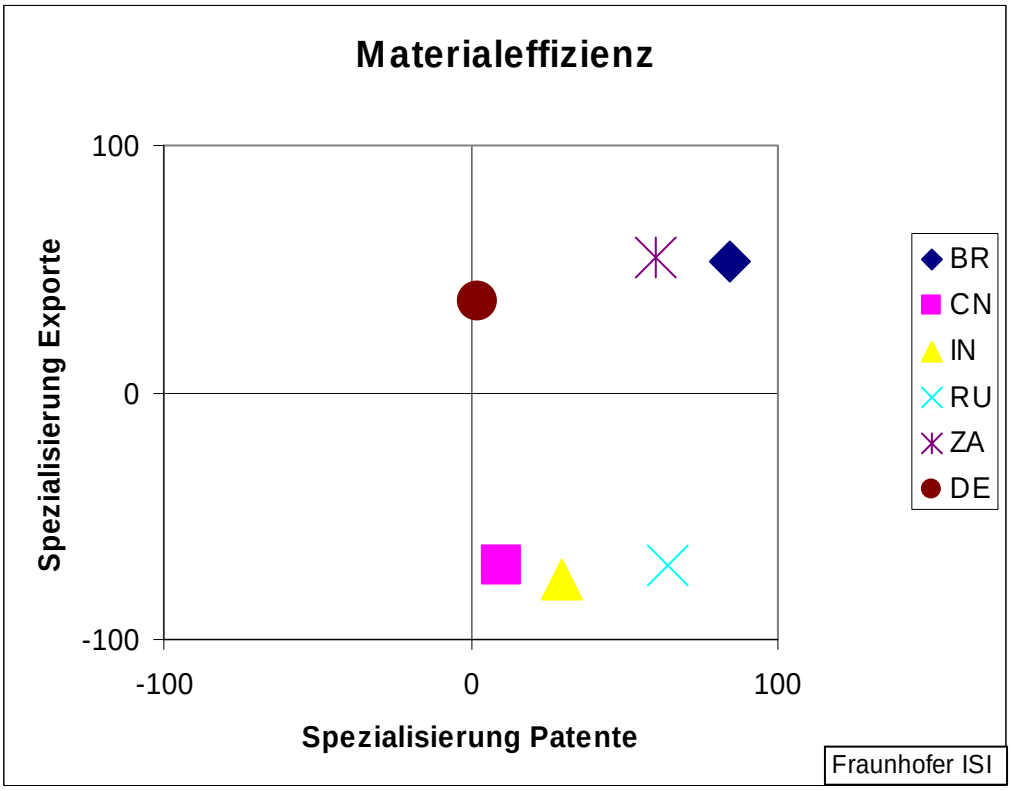


Abbildung 4-12: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich Materialeffizienz



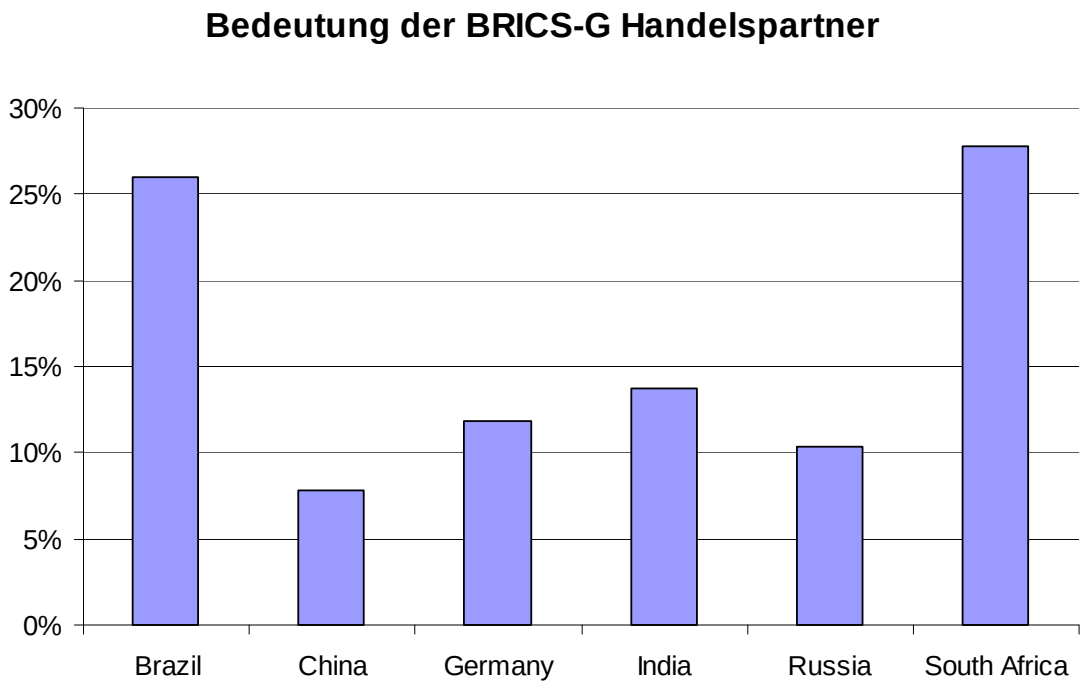
Diese aggregierten Zahlen verdecken, dass es zwischen den einzelnen Segmenten deutliche Unterschiede gibt:

- Die Aktivitäten in Brasilien werden durch die nachwachsenden Rohstoffe dominiert. Hier beträgt der Welthandelsanteil über 8 %. Die Patentspezialisierung ist ebenfalls sehr hoch. Der Abgleich mit den nationalen Patentaktivitäten verdeutlicht, dass bei den nachwachsenden Rohstoffen überproportional viele internationale Patente angemeldet werden, was die internationale Ausrichtung in diesem Feld untersteicht. Bei den anderen drei Bereichen der Materialeffizienz kommt es zu einem Auseinanderfallen von positiver Patent- und negativer Außenhandelsspezialisierung. Damit ist der Kompetenzaufbau im Inland zwar im Gange, ohne aber zu einer bedeutenden internationalen Vermarktung geführt zu haben.
- China und Indien weisen in allen untersuchten Bereichen der Materialeffizienz eine negative Außenhandelsspezialisierung auf. Bei den nachwachsenden Rohstoffen, und den rohstoff- und materialeffiziente Produkten bzw. Produktionsverfahren treten jedoch jeweils positive Patentspezialisierungen auf. Dies spricht dafür, dass in diesen Teilbereichen Bemühungen zum Aufbau einer einheimischen Wissensbasis bestehen. Beim Recycling sind die Patentaktivitäten ebenfalls unterdurchschnittlich, dies spricht dafür, dass dieser Bereich in China und Indien noch immer eher als „low tech“ Bereich operiert. Während in China allerdings die Produktionsverfahren am wenigsten schlecht abschneiden, ist dies in Indien bei den nachwachsenden Rohstoffen der Fall.
- In Russland finden in allen vier Teilbereichen der Materialeffizienz überdurchschnittliche Patentaktivitäten statt, gleichzeitig ist die Außenhandelsspezialisierung sehr negativ. Am besten schneidet noch das Recycling ab, am schwächsten die nachwachsenden Rohstoffen.
- In Südafrika gibt es eine klare Zweiteilung: Bei Recycling und nachwachsenden Rohstoffen weist das Land überdurchschnittliche Kompetenzen auf, unterdurchschnittliche hingegen bei den rohstoff- und materialeffizienten Produktionsverfahren und Produkten.
- In Deutschland gehören nachwachsende Rohstoffe weder bei den Patenten noch im Außenhandel zu den Bereichen mit einer überdurchschnittlichen Spezialisierung, zumal hier erhebliche Mengen importiert werden. Umgekehrt ist es beim Recycling: Hier lassen sich die jahrelangen politischen Bemühungen in einer überdurchschnittlichen Leistungsfähigkeit bei den Patenten wie im Außenhandel feststellen. Deutliche Spezialisierungsvorteile finden sich im Außenhandel auch bei den rohstoff- und materialeffizienten Produktionsverfahren und den Produkten.

Bezogen auf alle BRICS-Länder kann festgehalten werden, dass rohstoff- und materialeffiziente Produkte und Produktionsverfahren eher zu den schwächeren, nachwachsende Rohstoffe eher zu den stärkeren Bereichen zählen. Insbesondere Brasilien weist hier eine hervorragende Ausgangsposition auf.

Mehr als 25 % der brasilianischen und südafrikanischen Exporte entfallen auf Handelspartner in den BRICS+G-Ländern. Allerdings sind die Zielländer deutlich andere: Während für Brasilien jeweils China, Russland und mit etwas Abstand Indien die wichtigsten BRICS+G-Exportländer sind, liegt hier für Südafrika Deutschland mit großem Abstand vorne. Für die übrigen Länder liegt der entsprechende Wert etwas über bzw. unter 10 %.

Abbildung 4-13: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Materialeffizienz" an andere BRICS+G-Länder in %



Die Bedeutung der einzelnen Technologien für den Handel zwischen den BRICS+G-Ländern ist für die einzelnen Länder unterschiedlich. Folgende Schwerpunkte lassen sich für die einzelnen Länder festhalten:

- Brasilien: nachwachsende Rohstoffe, die vor allem nach Russland, Indien und China exportiert werden;
- China: leichte Schwerpunkte bei Produktionsverfahren, deren Exporte sich eher gleichmäßig auf die BRICS+G-Handelspartner verteilen;
- Indien: mengenmäßig insgesamt ein eher geringes Niveau, wobei die Exporte im Bereich nachwachsende Rohstoffe nach China etwa höher liegen;
- Russland: Exporte von Recyclingtechnologien (insbesondere zur Stofferkennung) sowie von Sekundärstahl nach China und Indien;

- Südafrika: für Recycling relevante Anlagenteile, vor allem zur Stofftrennung, die vorrangig nach Deutschland exportiert werden;
- Deutschland: Export von Anlagen zum Recycling nach China und Russland, darüber hinaus Exporte im Segment rohstoff- und materialeffiziente Produkte (v. a. für den Korrosionsschutz) nach China und Russland.

Insgesamt sind die Exporte von nachwachsenden Rohstoffen (Brasilien), Recyclingtechnologien (Deutschland, Südafrika) sowie z. T. Sekundärwerkstoffe wichtige Exportgüter; Hauptimportländer sind China, Indien und teilweise Russland.

4.1.6 Verkehrsinfrastruktur und Mobilität

Die Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse stellt auch in den BRICS-Ländern eine zentrale Herausforderung dar. Eine nachhaltige Verkehrspolitik muss sich entsprechend auf mehrere Säulen stützen: Technologische Verbesserung seitens der Antriebssysteme und Kraftstoffe einerseits und eine Verkehrsverlagerung auf umweltfreundlichere Alternativen durch verbesserte Angebote sowie ein angemessenes Management von Intermodalität der Verkehrsträger und Interoperabilität insbesondere des Schienenverkehrs. Der größte Handlungsdruck wird hierbei in der Verbesserung der Umweltbedingungen und der Reduktion von Staus in den großen und schnell wachsenden Metropolen Mittel- und Südamerikas und Asiens, sowie in der Gewährleistung ausreichender Kapazitäten und der Verbesserung der Transportsicherheit im globalen See- und Luftverkehr aufgrund der enormen Wachstumsraten gesehen. Das Marktvolumen für Mobilitätstechnologien wird auf 360 Mrd. Euro weltweit geschätzt, womit die Investition in diese Technologien durchaus erhebliche Potenziale für einen ökonomischen Erfolg birgt (vgl. DIW/ISI/Roland Berger 2007).

Für die detaillierte Analyse werden die Technologielinien im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität in fünf Technologiebereiche gruppiert:

- **Fahrzeugbau**: Leichtbau, Multifunktionalität und Attraktivität von Schienenfahrzeugen und deren weitere Kompatibilität mit dem Straßenverkehr zur leichteren Einbindung in logistische Ketten, weitere Verbesserung der Aerodynamik sowie ein allgemeines Größenwachstum der Transportgefäße.
- **Antriebstechnik und Kraftstoffe**: Hybride Antriebssysteme zur kurzfristigen Emissionsvermeidung sowie als Brückentechnologie zu rein elektrischen Antrieben, mobile Brennstoffzellen, die regenerative Erzeugung und Speicherung von Wasser-

stoff und elektrischer Energie sowie die kontinuierliche Verbesserung des Wirkungsgrades von Verbrennungsmotoren und von Düsenantrieben.[7]

- **Infrastrukturen und Verkehrssysteme**: Entflechtung von Personen- und Güterverkehr auf der Schiene, Hafenausbau, Verkehrssteuerung in Ballungsräumen sowie telematikgestütztes Informations- und Mobilitätsmanagement zur Verlagerung der Nachfrage auf umweltfreundliche Verkehrsträger.
- **Emissionsminderung**: Weiterentwicklung von Filtern und Katalysatoren und Einsatz im Bahn- und Schiffsbereich sowie Lärmminderungstechniken für alle Verkehrsträger.
- **Biokraftstoffe**: Biodiesel, Bioethanol sowie für die Herstellung von Biofuels der zweiten Generation (Biomass to Liquid (BtL)) relevante Technologien.[8] Da die internationale Außenhandelsklassifikation Biokraftstoffe noch nicht als solche ausweist, konnten hier nur Teilbereiche ausgewertet werden, die auf notwendige Technologien bzw. Vorprodukte abzielen.

Gemessen an der Entwicklung der Patentanmeldungen weisen Antriebs- und die Emissionsminderungstechnologien, alternative Kraftstoffe sowie, mit Abstrichen, der Fahrzeugbau die höchste Technologiedynamik auf. Im Gegensatz hierzu zeigen die Verkehrsinfrastrukturen eine eher konstante Patententwicklung.

Der Anteil der BRICS-Länder an den weltweiten Patenten liegt zusammen etwas über 2 % und damit bei etwa einem Zehntel der jährlichen Patente aus Deutschland allein. Die größten Anteile unter den BRICS-Ländern halten jeweils Russland und China. Beim Außenhandel stellt sich mit einem Welthandelsanteil von etwa 12 % eine größere Bedeutung der BRICS-Länder dar. Damit erreicht der Anteil der BRICS-Länder bei den identifizierten nachhaltigkeitsrelevanten Mobilitätstechnologien fast den von Deutschland, der bei knapp 13 % liegt. Der größte Anteil in den BRICS-Ländern entfällt mit über 9 % auf China, gefolgt von Brasilien mit 2 %. In beiden Ländern übersteigen die Exporte die Importe um mehr als das Doppelte.

Die Auswertung der Spezialisierungsmuster zeigt ein sehr unterschiedliches Bild. Deutschland ist im Mobilitätsbereich sowohl bei den Patentaktivitäten als auch im Außenhandel überdurchschnittlich erfolgreich. Umgekehrt ist die Situation in Indien: hier deuten unterdurchschnittliche Patent- und Außenhandelsspezialisierungen auf

---

7 Gerade bei letzteren Technologien ist das Spannungsfeld zwischen technologischer Kompetenz und tatsächlicher Verringerung der Umweltbelastung besonders stark ausgeprägt. Denn die Kompetenz führt nicht notwendigerweise zur Erreichung umweltpolitischer Ziele (z. B. der Verminderung der spezifischen CO_2-Emissionen), sondern kann auch zur Steigerung der Leistung eingesetzt werden.

8 Auch Biokraftstoffe sind nicht notwendigerweise umweltfreundlich; vgl. SRU 2007.

eine schwach ausgeprägte Leistungsfähigkeit hin. In Russland und Südafrika bestehen zwar überdurchschnittliche Kompetenzen, die aber im Außenhandel nicht durchscheinen. Hier scheinen die Aktivitäten stärker auf das Inland konzentriert zu sein und verlieren in Russland zudem an Momentum. In Brasilien und China hingegen deuten die Indikatoren auf eine unterdurchschnittliche Wissensbasis hin, die aber mit deutlichen Außenhandelserfolgen einhergeht. Insbesondere bei China sind zudem erhebliche Steigerungen der Patentaktivitäten und der Exportanteile im Zeitablauf zu vermerken.

Abbildung 4-14: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten im Bereich „Mobilität“

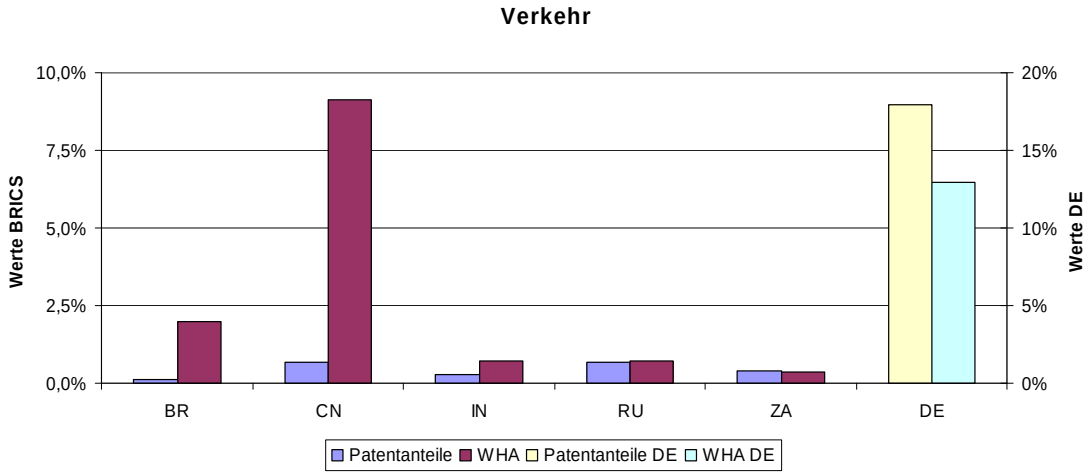
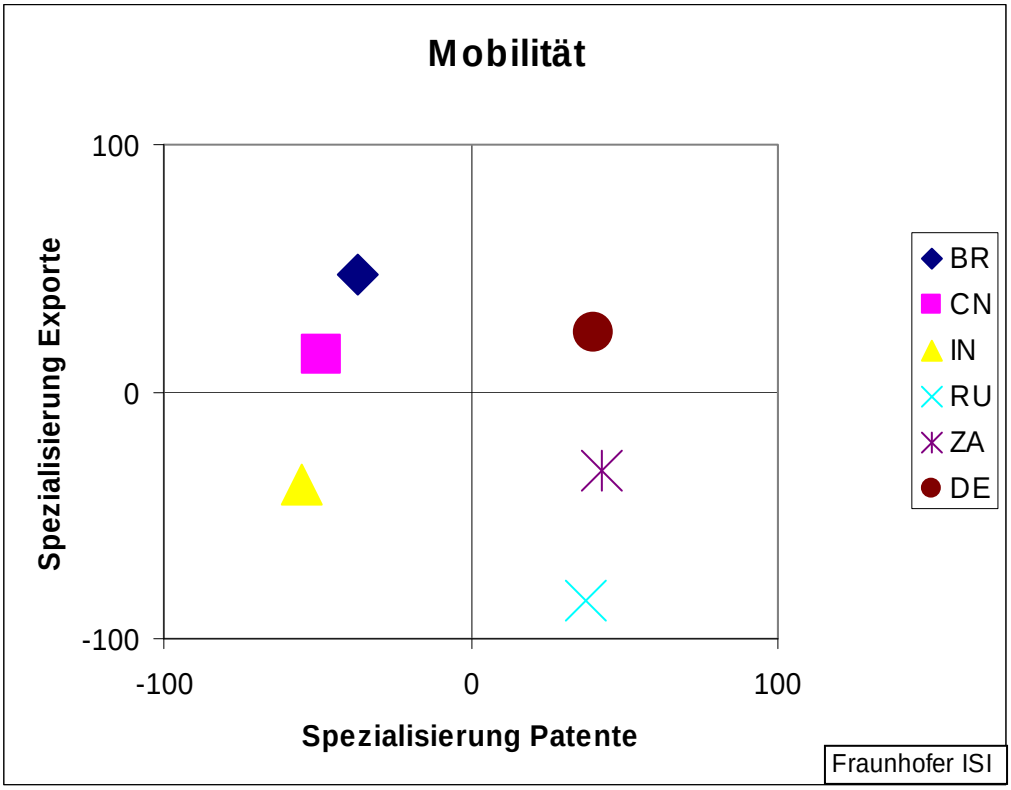


Abbildung 4-15: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder im Bereich „Mobilität“



Diese aggregierten Zahlen verdecken, dass es zwischen den einzelnen Segmenten deutliche Unterschiede gibt. Hier ist vor allem für Brasilien eine differenzierte Analyse angebracht. Brasilien weist vor allem im Bereich der Biokraftstoffe der ersten Generation eine ganz erhebliche Leistungsfähigkeit auf und nimmt mit über 10 % Exportanteil hier eine international bedeutsame Stellung ein. Allerdings deutet die Patentspezialisierung, bei der die insgesamt leicht unterdurchschnittliche Spezialisierung auf die Schwäche bei den Biokraftstoffen der zweiten Generation (BtL) zurückzuführen ist, darauf hin, dass Brasilien verstärkt Anstrengungen zur Absicherung der erreichten Position vornehmen muss. Eine überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit weist Brasilien auch bei der Fahrzeugtechnik auf, insbesondere beim Außenhandel. Hier besteht neben großen internationalen Automobilherstellern mit Embraer auch ein nationaler Champion im Luftfahrtbereich. Ganz anders die Situation bei der Emissionsminderung: hier weist Brasilien eine unterdurchschnittliche Leistungsfähigkeit auf. In diesen Ergebnissen schlagen sich einmal die Unternehmensstrategien ausländischer Fahrzeughersteller nieder, die seit langem in Brasilien auch für den Export in weitere Länder produzieren, aber nach wie vor erhebliche Teile der Wissensbasis nicht in Brasilien hervorbringen sondern international akquirieren. Zum anderen wird auch deutlich, dass in Brasilien die bestehenden Kompetenzen im Verkehrsbereich noch systematischer auf die Realisierung umweltfreundlicher Lösungen angewandt werden müssen.

Für die anderen Länder sind folgende Ergebnisse festzuhalten:

- Die Patentaktivitäten in China lassen keine nennenswerten Spezialisierungsvorteile in den Patentaktivitäten erkennen. Andererseits ist China im Außenhandel vor allem in der Fahrzeugtechnik (auch bei Schienenfahrzeugen) hoch spezialisiert. Hier scheint China als „verlängerte Werkbank“ zu fungieren, in der es – unter Beteiligung zahlreicher ausländischer Direktinvestitionen – zwar zu einem Produktionsaufbau für den Weltmarkt gekommen ist, nicht aber zu einem Aufbau einer komplementären Wissensbasis gleichen Ausmaßes. Allerdings deuten die stark wachsenden Patentaktivitäten auf die Bestrebungen Chinas hin, genau dies in die Wege zu leiten.
- Mit wenigen Ausnahmen (Biokraftstoffe) gehören die nachhaltigkeitsrelevanten Mobilitätstechnologien nicht zu den Bereichen, auf die sich Indien spezialisiert. Zwar wird in Indien ebenfalls eine heimische Automobilindustrie aufgebaut, diese ist aber eher inlandsorientiert und muss sich weniger an den für den Außenhandel maßgeblichen internationalen Technologiestandards orientieren.
- Für Russland ergibt sich im Mobilitätsbereich zwar eine überdurchschnittliche Patent- aber unterdurchschnittliche Außenhandelsspezialisierung. Im Bereich der Biokraftstoffe ist die überdurchschnittliche Patentsituation im Zusammenhang mit den Kompetenzen in der Kohlevergasung zu sehen, die auch für die Biokraftstoffe der zweiten Generation (BtL) relevant sind. Unterdurchschnittlich ausgeprägt sind die Kompetenzen im Bereich der Emissionsminderung
- In Südafrika haben die Kompetenzen im Zusammenhang mit der Kohlevergasung auch zu einer guten Ausgangslage für BTL-Technologien geführt, zumal hier mit Sasol auch ein international aktives Unternehmen tätig ist. Unterdurchschnittlich ausgeprägt sind andererseits die Aktivitäten im Bereich der traditionellen Emissionsminderung.
- Deutschland ist in den meisten Segmenten der nachhaltigkeitsrelevanten Mobilitätstechnologien gut aufgestellt. Besonders überdurchschnittlich sind die Kompetenzen bei den Verbrennungsmotoren sowie im Bereich der Schienenfahrzeuge und Schieneninfrastruktur. Aber auch bei den Technologien zur traditionellen Emissionsminderung weist Deutschland überdurchschnittliche Patent- und Außenhandelsaktivitäten auf. Innerhalb der Biokraftstoffe wird eine weniger günstige Leistungsfähigkeit bei Ethanol durch eine bessere Ausgangsposition bei den zukunftsträchtigen Kraftstoffen der zweiten Generation ausgeglichen.

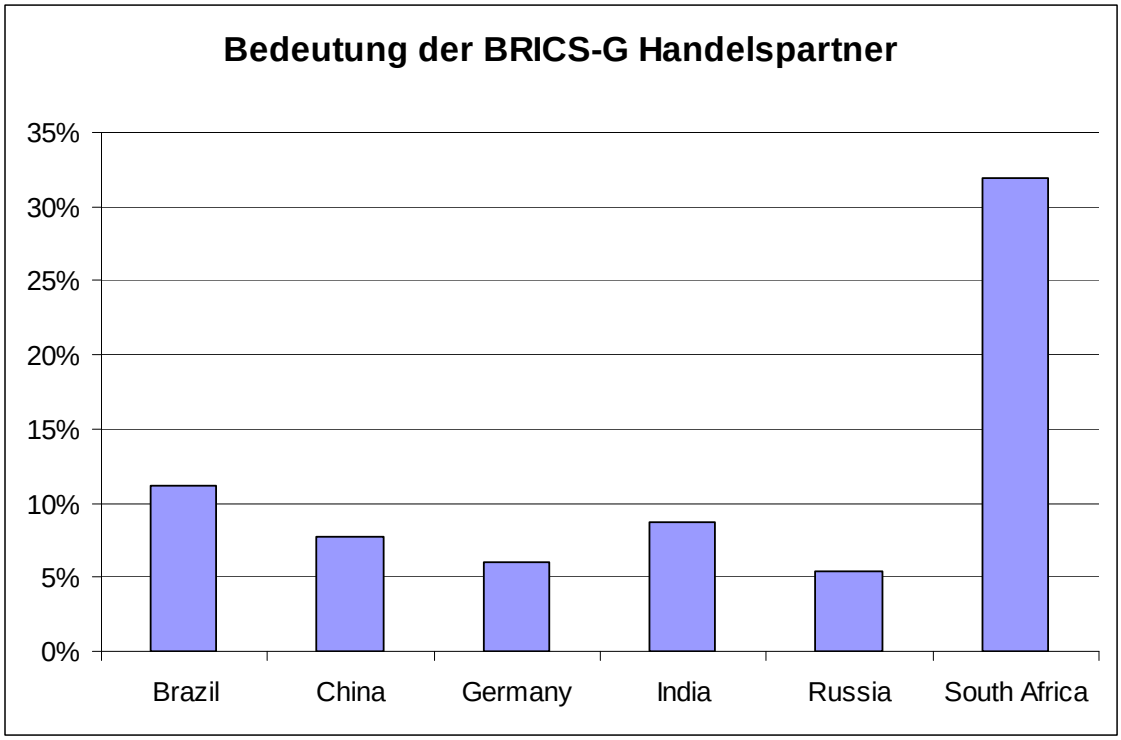
Bezogen auf alle BRICS-Länder kann damit festgehalten werden, dass die Emissionsreduktion zu den schwächeren und die Biokraftstoffe zu den stärkeren Bereichen zählen. In Deutschland bilden Mobilitätstechniken allgemein einen Schwerpunkt der technologischen Leistungsfähigkeit, wobei die komparativen Vorteile eher komplementär zu den BRICS-Ländern sind. Allgemein gilt allerdings, dass gerade im Mobilitätsbereich ein erhebliches Spannungsfeld zwischen technologischer Kompetenz und Umweltentlastung besteht. Eine hohe technologische Kompetenz führt hier nicht automatisch zu umweltfreundlicheren Lösungen.

Auf Handelspartner aus den BRICS+G-Ländern entfallen für Südafrika mehr als 30 % der Exporte. Der weitaus größte Teil hiervon entfällt auf Deutschland. Für die anderen BRICS-Länder sind andere Exportmärkte von größerer Bedeutung, hier liegen die entsprechenden Werte lediglich zwischen 5 und 10 % der Exporte.

Innerhalb des Handels zwischen den BRICS+G-Ländern zeichnen sich folgende Schwerpunkte ab:

- Brasilien: Export von Antriebstechnologien, hauptsächlich nach Deutschland, sowie von erfassbaren Vorprodukten für Biokraftstoffe;
- Russland: insgesamt geringere Bedeutung, keine klare Schwerpunktbildung bei den Technologien (allerdings kaum Emissionsminderungstechnologien), Zielländer sind hauptsächlich China und Indien;
- Indien: insgesamt geringere Bedeutung, am stärksten vertreten sind Antriebe und Fahrzeugtechnik, ohne dass sich klare Länderschwerpunkte abzeichnen;
- China: Fahrzeugtechnik und –design, hauptsächlich nach Deutschland;
- Südafrika: Antriebstechnologien v. a. nach Deutschland;
- Deutschland: Antriebstechnologien, größter Abnehmer innerhalb der BRICS-Länder ist mit großem Abstand China.

Abbildung 4-16: Anteil der Exporte der BRICS+G-Länder im Handlungsfeld "Mobilität" an andere BRICS+G-Länder in %



4.1.7 Zusammenfassender Überblick über alle betrachteten Technologiebereiche

In diesem Abschnitt wird die Leistungsfähigkeit der untersuchten Länder für die Gesamtheit der betrachteten Technologien analysiert. Die starke Stellung Deutschlands wird allein schon dadurch deutlich, dass 20 % der internationalen Patente und 15 % der Weltexporte an den betrachteten Nachhaltigkeitstechnologien aus Deutschland stammen. Dies verdeutlicht das enorme Potenzial und gleichzeitig die globale Verantwortung Deutschlands, Technologien für eine nachhaltige Entwicklung global bereitzustellen.

Die Anteile der BRICS-Länder an den Patenten liegen zwischen wenigen Promille bis 1 % für China. China weist unter den BRICS-Ländern die höchsten Exporte von nachhaltigkeitsrelevanten Technologien auf, gefolgt von Brasilien. Die im Verhältnis zu den Patentanteilen deutlich erhöhten Welthandelsanteile in beiden Ländern verdeutlichen, dass beide Länder durchaus außenhandelsorientiert agieren, allerdings mit einer bisher noch unterdurchschnittlichen Wissensbasis. Die Charakterisierung beider Länder als „verlängerte Werkbank“ bzw. Ressourcenlieferant (Brasilien) gilt in gewisser Weise also auch für die betrachteten nachhaltigkeitsrelevanten Technologien. Bei den absoluten Werten fällt die – im Verhältnis zur Einwohnerzahl – relativ geringe internationale Bedeutung Indiens verglichen mit den anderen BRICS-Ländern auf. Hier dokumentiert sich der insgesamt erhebliche Abstand im wirtschaftlichen Entwicklungsprozess, den Indien gegenüber den anderen BRICS-Ländern gegenwärtig noch aufweist.

Die Bedeutung der betrachteten Nachhaltigkeitstechnologien innerhalb der einzelnen Länder zeigt sich auch im Spezialisierungsprofil. Es zeigt für jedes Land die technologische Leistungsfähigkeit der Nachhaltigkeitstechnologien verglichen mit dem Durchschnitt aller Technologien auf. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede:

- In Brasilien bilden die Nachhaltigkeitstechnologien einen Schwerpunkt in der technologischen Leistungsfähigkeit.
- Russland weist zwar Wissenskompetenzen auf, aber erhebliche Schwächen bei der Umsetzung in international konkurrenzfähige Technologien.
- In Indien spielen die Nachhaltigkeitstechnologien insgesamt eine unterdurchschnittliche Rolle.
- In China spielen die Nachhaltigkeitstechnologien insgesamt eine fast durchschnittliche Rolle.
- In Südafrika bilden die Nachhaltigkeitstechnologien einen Schwerpunkt in der Wissenskompetenz, die aber insgesamt nur durchschnittlich in international konkurrenzfähige Produkte umgesetzt wurden.

- Deutschland ist nicht nur absolut ein zentraler Player bei den Nachhaltigkeitstechnologien, sie sind sogar – verglichen mit den anderen Bereichen – geradezu ein Schwerpunkt seiner technologischen Leistungsfähigkeit.

Während Deutschland bei allen betrachteten Bereichen eine überdurchschnittliche Spezialisierung erreicht, verdecken diese aggregierten Werte, dass es in den BRICS-Ländern zum Teil ganz erhebliche Unterschiede zwischen den fünf technologischen Nachhaltigkeitsbereichen gibt. So gibt es z. T. klare Schwerpunkte in der Kompetenzbildung in den einzelnen Ländern. So spezialisieren sich Brasilien (v. a. bei den nachwachsenden Rohstoffen) und Südafrika v. a. in den Bereichen Materialeffizienz und Mobilitätstechnologien. In China fällt die Leistungsfähigkeit im Gebäudebereich und bei den Mobilitätstechnologien überdurchschnittlich aus. Andererseits weisen die BRICS-Länder auch z. T. ähnliche Muster auf, z. B. bei den Wassertechnologien, bei denen hohe Patentaktivitäten bestehen, aber immer noch eine erhebliche Abhängigkeit von Importen zur Abdeckung der inländischen Nachfrage. Auch bei den Energiequellen ergibt sich ein ähnliches Muster hinsichtlich der Bedeutung von Technologieimporten für die BRICS-Länder. Insofern dürften diese beiden Bereiche gegenwärtig noch am ehesten dem klassischen Bild des Technologietransfers entsprechen, bei dem Deutschland als Technologiegeber und die BRICS-Länder als Technologieempfänger auftreten. Allerdings zeigt die Entwicklung der Patentaktivitäten – insbesondere in China und abgeschwächt auch in Indien – in jüngster Zeit eine massive Tendenz nach oben. Insofern erscheint es durchaus realistisch, dass in absehbarer Zeit die BRICS-Länder auch in diesem Segment verstärkt in die Technologieentwicklung einsteigen.

Abbildung 4-17: Anteile der BRICS+G-Länder an den Weltexporten und den internationalen Patenten für die Summe der 5 betrachteten Nachhaltigkeitsfelder

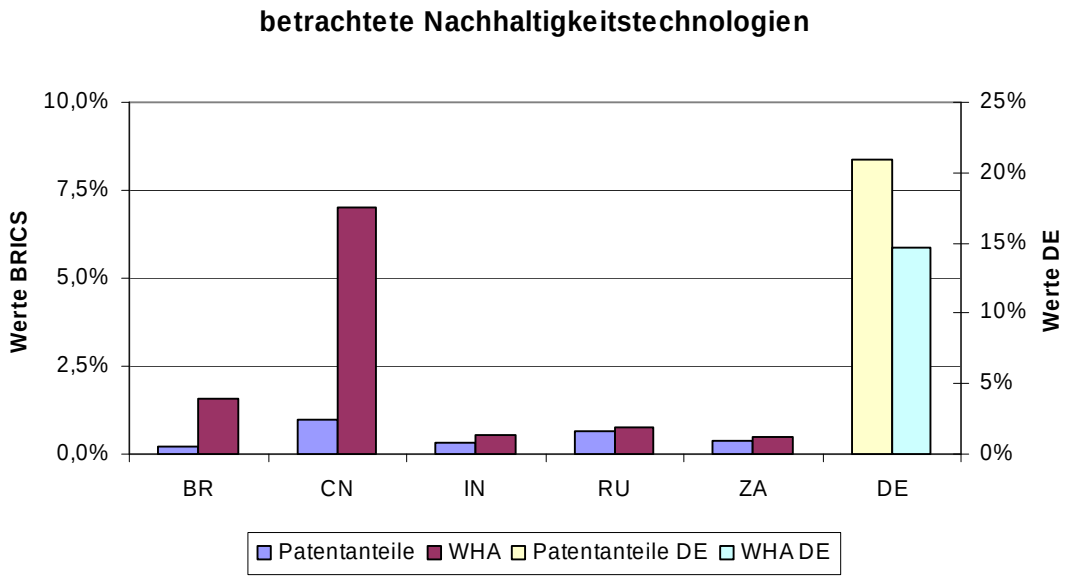
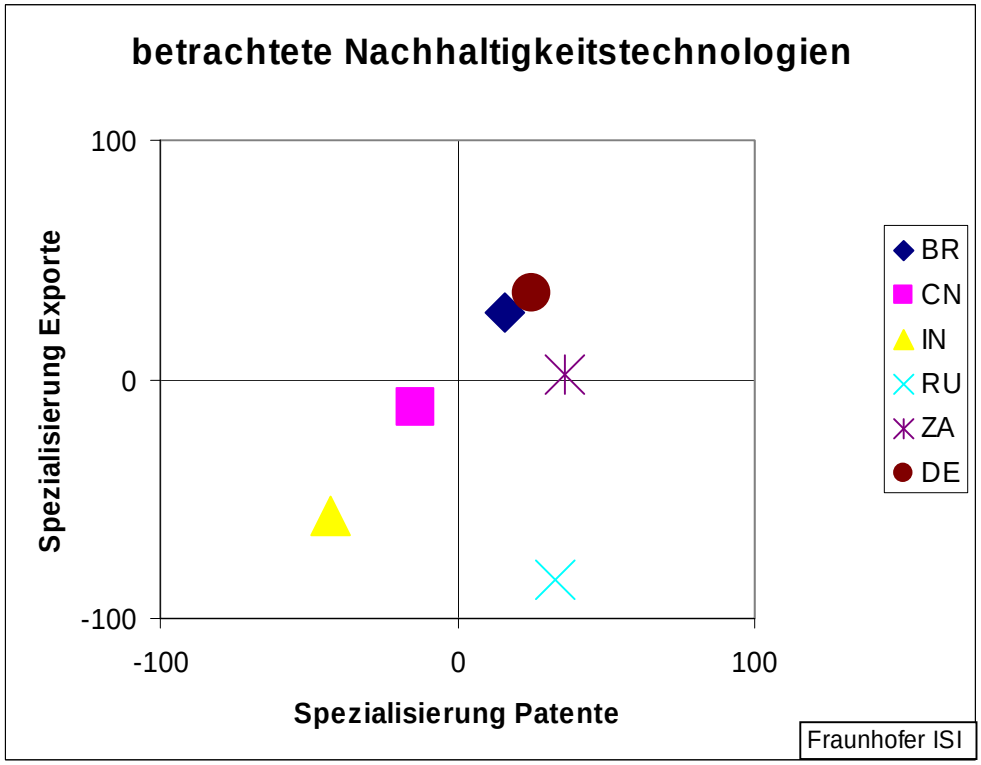


Abbildung 4-18: Spezialisierungsmuster der BRICS+G-Länder für die Summe der 5 betrachteten Nachhaltigkeitsfelder



4.2 Leistungsfähigkeit in der nichttechnischen Nachhaltigkeitsforschung

Technologien, welche die Effizienz des Umweltverbrauchs erhöhen, schaffen zusätzlichen Spielraum für wirtschaftliches Wachstum bei begrenzten Umweltressourcen. Allerdings zeigt die bisherige Forschung, dass die Verbreitung von Nachhaltigkeitsinnovationen in hohem Maß von politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen abhängt. Zu den wichtigsten Rahmenbedingungen gehört eine strategische Ausrichtung der Umwelt-Innovationspolitik mit ehrgeizigen, aber für die Politikadressaten (Unternehmen und Verbraucher) langfristig kalkulierbaren Zielvorgaben und stabilen Rahmenbedingungen (vgl. z. B. Klemmer et al. 1999 oder Jänicke/Jacob 2006). Entsprechend untersucht die politologische und ökonomische Umweltinnovationsforschung die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für die Entstehung und Verbreitung von Umweltinnovationen. Allgemeiner untersucht sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung die Institutionen und Akteurskonstellationen, die zu nachhaltiger Entwicklung beitragen oder diese behindern, sowie den Umgang von Gesellschaften mit Umweltrisiken.

Im vorliegenden Kapitel wird die Leistungsfähigkeit der BRICS+G-Länder in der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung untersucht. Die Analyse beinhaltet einen bibliometrischen Vergleich des nationalen Publikationsaufkommens. Innerhalb des Themenfeldes "sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung" wurden für diese Untersuchung sechs Wissenschaftsfelder definiert: (1) Umwelt und Gesellschaft, (2) Umweltökonomie, (3) Energiepolitik, (4) Umweltpolitik (außer Energie), (5) Urbanisierung und Umweltplanung, (6) Umweltbewusstsein. Angesichts der insgesamt schmalen Datengrundlage zur sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung wäre eine ausschließliche Fokussierung auf die Gebiete der Umweltinnovations- und Diffusionsforschung zu eng für den beabsichtigten Ländervergleich.

Die Felddefinition orientiert sich an der Verfügbarkeit von internationalen Fachzeitschriften, die ausdrücklich auf bestimmte Nachhaltigkeitsthemen spezialisiert sind. Das Feld "Umwelt und Gesellschaft" ist durch eine umfassende, multidisziplinäre Perspektive gekennzeichnet, wie sie z. B. im Titel der Zeitschrift "Gaia – Ecological Perspectives for Science and Society" zum Ausdruck kommt. Die Felder "Energiepolitik" und "Urbanisierung und Umweltplanung" sind international besonders wichtigen Politikfeldern gewidmet, während die Felder "Umweltökonomie" und "Umweltpolitik" einer disziplinären Unterscheidung folgen. Das Feld "Umweltbewusstsein" beinhaltet Forschungen zu Umweltpsychologie, Umweltethik und sozialem Wertewandel.

Die bibliometrische Analyse stützt sich auf die Publikationsdatenbanken des Institut for Scientific Information, insbesondere den Social Science Citation Index (SSCI). Die Feldabgrenzung erfolgt durch eine Auswahl von relevanten Fachzeitschriften. Der SSCI enthält ca. 1.700 Zeitschriften aus ca. 50 sozialwissenschaftlichen Disziplinen und Forschungsfeldern. Einige geeignete Zeitschriften wurden auch aus dem Science Citation Index Expanded (SCI) ergänzt. Der SCI ist eine multidisziplinäre Datenbank mit ca. 5.900 naturwissenschaftlichen und technischen Fachzeitschriften. Insgesamt wurden 46 Zeitschriften in die Recherche einbezogen, von denen 37 Zeitschriften Publikationen nach den Suchkriterien enthielten. Berücksichtigt werden alle Publikationen des Typs wissenschaftlicher Artikel, Buchbesprechung, Review und Editorial in diesem Zeitschriftensample im Zeitraum 2001-2005. Eine vollständige Liste der Wissenschaftsfelder und Zeitschriften findet sich im Anhang TabelleAnhang A.5-1.

Die Produktion wissenschaftlicher Publikationen ist immer noch stark auf die traditionellen Industrieländer konzentriert. Dieser Sachverhalt spiegelt sich insbesondere im SCI/SSCI wieder, weil diese Datenbanken hauptsächlich englischsprachige Zeitschriften dokumentieren. Der SCI/SSCI ist daher mehr als bloß eine neutrale Datengrundlage für den internationalen Vergleich: Er stellt als Medium für die wissenschaftliche Arbeit auch einen wichtigen Kanal für wissenschaftliche Aufmerksamkeit dar. Nicht im SCI/SSCI geführte Publikationen werden mit geringerer Wahrscheinlichkeit im Ausland wahrgenommen, jedenfalls im westlichen und englischsprachigen Ausland. Publikationen im SCI/SSCI sind somit ein strenger Maßstab für die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit, weil sie sich an ein internationales Publikum richten.

Die wissenschaftlichen Kompetenzen der BRICS+G-Länder werden durch die Fokussierung auf internationale Publikationen nicht in der Breite vollständig abgebildet. Dies gilt besonders für nicht-englischsprachige Länder, also für Deutschland ebenso wie für Brasilien, Russland und China. Beispielsweise nennt der brasilianische Nationale Rat zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik (CNPq) für die Sozialwissenschaften ca. sechsmal mehr nationale Publikationen als internationale Publikationen im Zeitraum 2000-2003 (Angaben aus der Expertise für das Länderprofil Brasilien). Gerade in anwendungsnahen Wissenschafts- und Technologiefeldern wie den hier betrachteten Nachhaltigkeitsthemen spielen nationale Zeitschriften mit sprachlich begrenzterer Reichweite erfahrungsgemäß ebenfalls eine große Rolle. Geeignete nationale Publikationsdatenbanken sind jedoch nicht verfügbar oder lassen sich nur bedingt vergleichen. Daher bleibt die Publikationsanalyse mit SCI/SSCI bei allen Einschränkungen die beste verfügbare Grundlage für vergleichende Länderanalysen.

Tabelle 4-1 zeigt das Publikationsaufkommen der BRICS+G-Länder in den Datenbanken SCI und SSCI im Zehnjahresvergleich. Die Gesamtzahl der in den beiden Datenbanken erfassten Publikationen expandierte in diesem Zeitraum um 30 %. Der relative Anteil von Deutschland und Indien blieb nahezu unverändert, während China und Brasilien starke Zuwachsraten aufwiesen und der Anteil Russlands am weltweiten Publikationsaufkommen sich deutlich verringerte. In Südafrika blieb die absolute Publikationszahl nahezu unverändert, verbunden mit einem leichten Rückgang des relativen Anteils.

Tabelle 4-2 zeigt den Anteil der Nachhaltigkeitsforschung im Verhältnis zum gesamten Publikationsaufkommen des SSCI. Die Anzahl der Artikel macht deutlich, dass Nachhaltigkeitsthemen in der international ausgerichteten sozialwissenschaftlichen Forschung der BRICS+G-Länder noch keine hohe Bedeutung haben. In Deutschland wurden in fünf Jahren insgesamt nur 503 Publikationen erfasst, 1,7 % der deutschen SSCI-Publikationen. Relativ betrachtet liegt Indien an der Spitze, wo die Nachhaltigkeitsfelder immerhin 4,2 % der SSCI-Publikationen ausmachen, das Schlusslicht bildet Russland mit nur 0,3 %. Zum Vergleich: Im SCI hatten umweltbezogene Forschungsgebiete in 2002 einen Anteil von ca. 9,3 % an allen Publikationen, wobei der Schwerpunkt auf naturwissenschaftlichen Forschungsgebieten liegt und nicht bei Umwelttechnologien (Jappe 2007). Angesichts des rapiden Umweltwandels ist eine zunehmende Bedeutung von Nachhaltigkeitsthemen aber auch in den sozialwissenschaftlichen Fächern in Zukunft sehr wahrscheinlich.

Tabelle 4-1: Publikationen der BRICS+G-Länder 2003 und 1993

	2003		1993	
	Publikationen	Anteil (%)	Publikationen	Anteil (%)
SCI+SSCI gesamt	698.726	100	540.491	100
Deutschland	44.305	6,34	34.103	6,31
Brasilien	8.684	1,24	2.885	0,53
Russland	15.782	2,26	19.659	3,64
Indien	12.774	1,83	9.763	1,81
China	29.186	4,18	7.566	1,40
Südafrika	2.364	0,34	2.377	0,44

Quelle: National Science Board (2006), Science & Engineering Indicators, at05-41.

Publikationen werden Ländern auf der Basis von Autorenadressen zugeordnet. Die Daten in dieser Tabelle sind fraktioniert, d. h. bei mehreren Adressen aus verschiedenen Ländern werden nur Anteile an Publikationen gezählt, z. B. erhält bei 3 Ländern jedes Land 1/3.

Tabelle 4-2: Nachhaltigkeitsthemen in der sozialwissenschaftlichen Forschung in BRICS+G-Ländern

2001-2005	Nationale SSCI-Publikationen gesamt	Sozialwiss. Nachhaltigkeitspublikationen	Anteil an nationalen SSCI Publikationen (%)	Anteil an sozialwiss. Nachhaltigkeitspublikationen
Deutschland	29.912	503	1,7 %	4,2 %
Brasilien	3.452	97	2,8 %	0,8 %
Russland	3.523	12	0,3 %	0,1 %
Indien	3.163	132	4,2 %	1,1 %
China	9.049	186	2,1 %	1,5 %
Südafrika	3.325	67	2,0 %	0,6 %

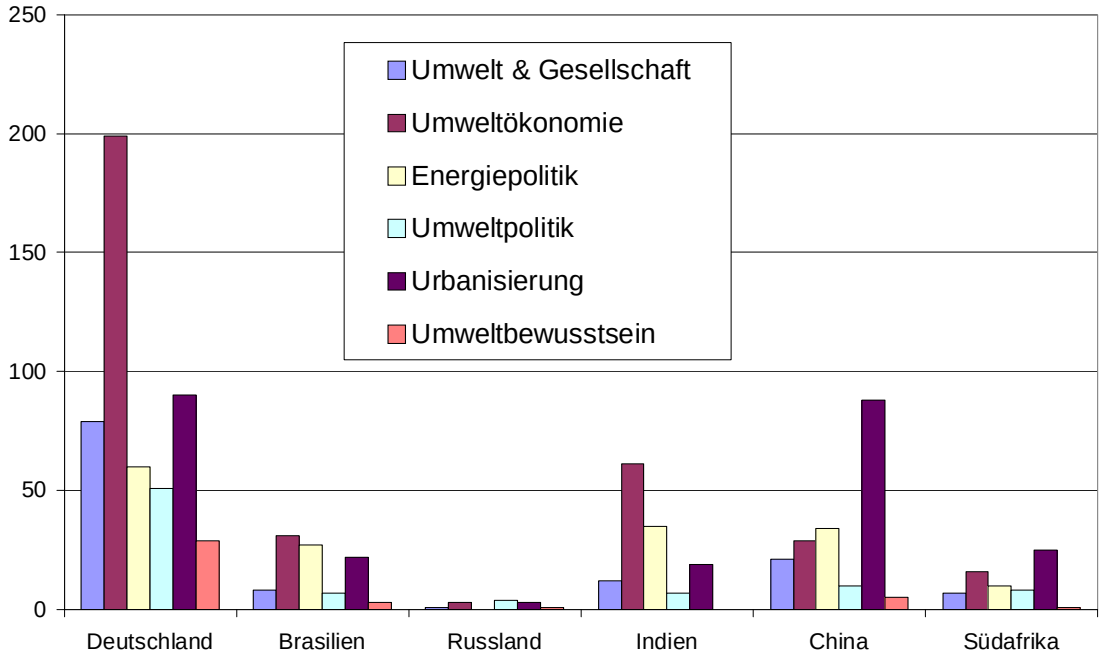
Quelle: SSCI/ SCI Web-of-Science, Recherche und Berechnung Fraunhofer ISI.

Publikationen werden Ländern auf der Basis von Autorenadressen zugeordnet. Die Daten in dieser Tabelle sind ganz gezählt, d. h. bei einem Artikel mit mehreren Adressen aus verschiedenen Ländern erhält jedes Land 1 Publikation. Die absoluten Publikationszahlen im SSCI pro Land in Tabelle 4-2 lassen sich daher nicht direkt mit den absoluten Zahlen in Tabelle 4-1vergleichen.

Insgesamt wurden für den Zeitraum 2001-2005 12.034 Publikationen im Themenfeld sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung erfasst. Rund 33 % davon entfallen auf das Forschungsfeld Urbanisierung und Umweltplanung, gefolgt von Umweltökonomie (25 %), Umwelt und Gesellschaft (15 %), Energiepolitik (11 %), Umweltpolitik (10 %) und Umweltbewusstsein (6 %).

Abbildung 4-19 zeigt die absoluten Publikationszahlen der BRICS+G-Länder in den sechs Unterfeldern. Deutschland hat insgesamt so viele Publikationen in der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung wie die übrigen fünf BRICS-Länder zusammengenommen. Gemessen am internationalen Durchschnitt ist das Feld Umweltökonomie in Deutschland stark entwickelt, ebenso in Indien. China verfügt über eine relative Spezialisierung im Feld Urbanisierung, und erreicht hier in absoluten Zahlen einen ähnlichen Publikationsoutput wie Deutschland. In Brasilien und Indien ist die Forschung zur Energiepolitik überdurchschnittlich ausgeprägt. Untersuchungen zum Umweltbewusstsein sind in den BRICS-Ländern kaum vertreten. Beim Vergleich der nichttechnischen Leistungsfähigkeit der BRICS+G-Länder gilt es zu berücksichtigen, dass die absoluten Zahlen häufig nur klein sind und daher relativ starken Schwankungen im Zeitablauf unterliegen können.

Abbildung 4-19: Publikationszahlen in sechs Feldern der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, 2001-2005



Quelle: SSCI/ SCI Web-of-Science, Recherche und Berechnung Fraunhofer ISI.

Die Analyse von SSCI und SCI Publikationen bildet die international sichtbare sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung in den BRICS+G-Ländern ab. Während heute bereits eine Reihe von wissenschaftlichen Fachzeitschriften existieren, die ausschließlich Themen der Nachhaltigkeitsforschung gewidmet sind, halten diese spezialisierten Zeitschriften doch erst einen sehr kleinen Anteil an den sozialwissenschaftlichen Publikationen im SSCI insgesamt. Dies bestätigt die Erkenntnis, dass Nachhaltigkeitsthemen nach wie vor nicht zum Kernbereich der gängigen sozialwissenschaftlichen Disziplinen Ökonomie, Politologie, Soziologie, Kulturwissenschaften etc. gerechnet werden. Angesichts des rapiden Umweltwandels ist jedoch eine zunehmende Bedeutung von Nachhaltigkeitsthemen in den Sozialwissenschaften höchstwahrscheinlich. Die hier erfassten Wissenschaftsfelder haben insgesamt noch eine geringe Bedeutung in den BRICS-Ländern, in Russland existieren fast gar keine internationalen Publikationen im gesamten sechsten Themenfeld. Relativ betrachtet sind Untersuchungen zur Urbanisierung und zu umweltökonomischen Themen in den BRICS-Ländern am wichtigsten, gefolgt von Fragen der Energiepolitik. Publikationen der Innovationsforschung im engeren Sinn sind vor allem im Feld Umweltökonomie erfasst, z. T. auch im Feld Energie- oder Umweltpolitik.

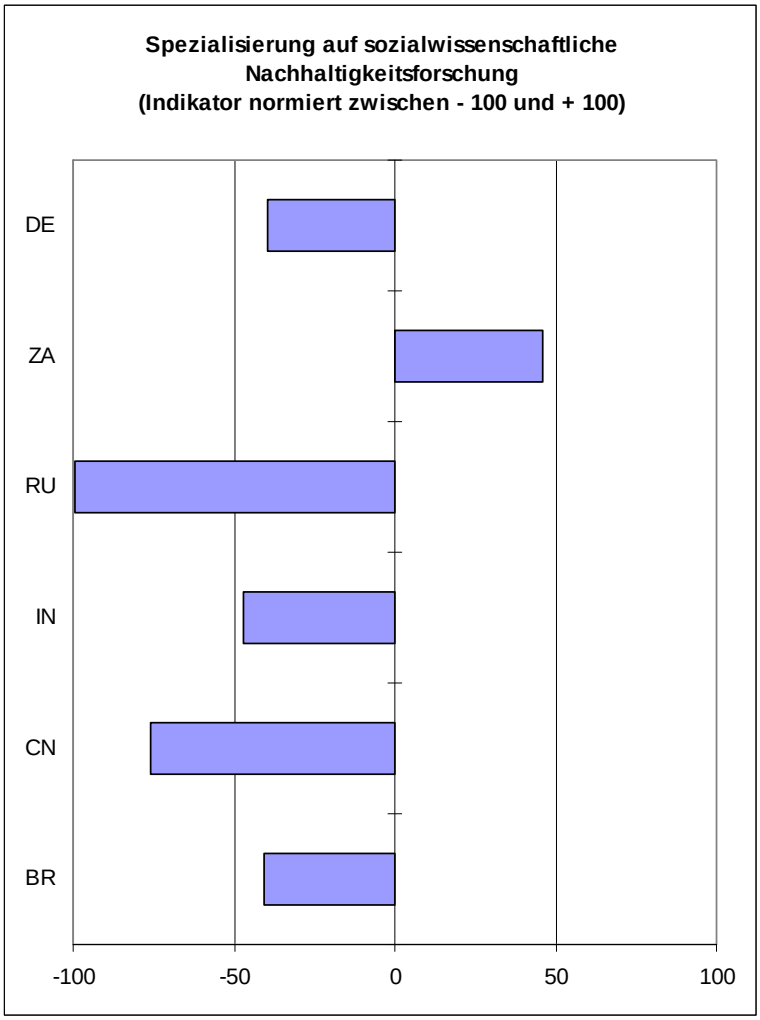
Die oben beschriebenen Einschränkungen in der Repräsentativität der Publikationszahlen, gerade hinsichtlich der Verzerrungen zwischen englischsprachigen und nicht-englischsprachigen Ländern, machen einen Ländervergleich anhand der absoluten Zahlen schwierig. So dürften die Anteile Indiens und Südafrikas an den erfassten Publikationen eher überproportional sein, da hier die nationale Wissenschaftssprache eine Publikation in den zumeist englischsprachigen SSCI-Journals einfacher erscheinen lässt als in den anderen Ländern.

Dieser sprachbedingte Bias lässt sich allerdings dadurch ausschalten, dass – in analoger Weise wie bei den Spezialisierungsindikatoren des Außenhandels (RWA) und der Patente (RPA) – die Anteile des Landes an den Nachhaltigkeitspublikationen mit den Anteilen der Publikationen des Landes an allen SSCI-Publikationen bezogen werden.[9] Dieser Indikator gibt an, ob sich das betrachtete Land überproportional (Werte größer null) oder unterproportional (Werte kleiner null) auf sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitspublikationen spezialisiert.

Abbildung 4-20 zeigt die Ergebnisse dieser Indikatorenbildung. Im südafrikanischen Forschungssystem nimmt die sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung eine überproportionale Stellung ein. Alle anderen Länder weisen eine unterdurchschnittliche Spezialisierung auf, die bei Russland und China besonders stark ausfällt. Gemessen an den internationalen Publikationen ist die sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung in diesen Ländern also schwächer ausgeprägt als der Durchschnitt aller Forschungsbereiche.

9 Der Rechenalgorithmus ist mit denen des RPA bzw. RWA identisch, so dass sich ebenfalls eine Normierung der Indikatorenwerte zwischen -100 und +100 ergibt.

Abbildung 4-20: Spezialisierung der BRICS+G-Länder auf Publikationen der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, 2001-2005



Die Bedeutung dieser Ergebnisse muss vor dem Hintergrund der Herausforderungen gesehen werden, in allen betrachteten Ländern eine Transition in Richtung Nachhaltigkeit einzuschlagen. Hierzu ist der Aufbau technologischer Kompetenzen unabdingbar – aber keine hinreichende Bedingung. Denn wie die Transitionsforschung betont, müssen technologische Pfadänderungen in das soziokulturelle System eingebettet sein, es bedarf einer Ko-Evolution von technologischen, institutionellen und sozialen Systemen (Kemp et al. 2007). Gerade die sozialwissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung beschäftigt sich mit Änderungen in den letzten beiden Systemen. Eine unterdurchschnittliche Spezialisierung in diesem Bereich, bei gleichzeitiger Spezialisierung auf die technologischen Nachhaltigkeitskompetenzen, wirft damit die Frage auf, ob in den betroffenen Ländern die Reflektion über die für eine nachhaltige Entwicklung notwendigen sozialen und institutionellen Änderungen verstärkt werden müsste.

5 Analyse der Diffusions- und Innovationsprozesse

5.1 Zielsetzung und Vorgehensweise

Die Diffusion von Nachhaltigkeitsinnovationen steht vor vielen Hindernissen, die eine Realisierung des potenziellen Beitrags der betrachteten Innovationen zur Nachhaltigkeit erschweren. Gerade im globalen Kontext werden diese Schwierigkeiten noch vervielfacht, wenn zusätzlich zu den heimischen Märkten noch neue Märkte erschlossen werden sollen. In diesem Kapitel sollen daher diesbezügliche Erfahrungen und Einschätzungen deutscher Akteure beispielhaft analysiert werden. Dies dient insbesondere der Vertiefung des sechsten Themenfelds, also der Frage nach den Mechanismen, die Diffusions- und Innovationsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit beschleunigen können. Denn hierzu tragen die größtenteils technologieorientierten statistischen Analysen weniger bei. Zudem sollen die Markt- und Kooperationserfahrungen deutscher Unternehmen in den BRICS-Ländern beleuchtet werden.

Als empirische Herangehensweise wurden qualitative Interviews gewählt[10]. Dies bietet sich an, da es sich bei den zu betrachtenden Akteuren um eine relativ kleine Gruppe handelt, die auch in großen Stichproben nur in kleiner Zahl repräsentiert sind und deren Erfahrungshintergründe mit erfasst werden sollen. Für die Interviews wurde ein Leitfaden entwickelt, der sich in vier thematische Blöcke gliedert[11]:

1. *Nachfrageseite der betrachteten Technologie in BRICS*: z. B. fördernde und hemmende Einflüsse auf die Nachfrage nach der Technologie.
2. *Angebotsseite der betrachteten Technologie in BRICS*: z. B. Herausforderungen im Supply Chain Management und wichtige Kooperationspartner vor Ort.
3. *Wissensbasis der BRICS-Geschäftsbeziehungen im Geschäftsfeld der betrachteten Technologie*: z. B. Einschätzung des Wissensvorsprungs des Unternehmens gegenüber Kunden, Lieferanten und Wettbewerbern und seiner Bedeutung für den Erfolg der Geschäftstätigkeit.
4. *Innovations-/Diffusionsbedingungen bei der betrachteten Technologie in Deutschland*: z. B. Treiber und Hindernisse im Innovations- und Diffusionsprozess; Lerneffekte für die Geschäftstätigkeit in BRICS;

Zusätzlich wurden die Akteure nach ihrer Einschätzung gefragt, wie Deutschland im gesamten Themenfeld – auch im internationalen Vergleich, u. a. mit den BRICS-

---

10 Der Begriff „qualitatives Interview“ wird hier synonym zu „Leitfadengesprächen“ benutzt. Zur Methodik vgl. z. B. Schnell et al. 1995.

11 Eine etwas detailliertere Übersicht der Gesprächspunkte findet sich im Anhang (vgl. A.4.1).

Ländern – aufgestellt ist. Diese Aussagen dienen der Verifizierung der statistisch basierten Ergebnisse zu Spezialisierungsmustern der BRICS-Länder und Deutschlands.

Interviewpartner wurden aus Unternehmen und Organisationen gewählt, die als führende Innovateure in einer relevanten Technologielinie in mindestens einem der BRICS-Länder ausgewiesen sind. Nach den zugrunde gelegten Kriterien wurden dabei insbesondere integrale Ansätze ausgewählt, die in der indikatorgestützten Analyse (vgl. Kap. 4.1) methodisch nicht berücksichtigt werden konnten. Gewählt wurden so z. B. integrale Ansätze wie Architektur und Stadtplanung im Themenfeld 2 sowie Innovationen, die mit organisatorischen Maßnahmen und neuen Geschäftsmodellen verbunden sind, wie z. B. bestimmte Logistikdienstleistungen im Themenfeld 5.

Die Konzentration auf Innovateure stützt sich auf die These, dass solche Unternehmen

- gute Kenntnisse über gesellschaftliche, marktliche und regulatorische Mechanismen besitzen, die zur Beschleunigung der Diffusions- und Innovationsprozesse beitragen,
- über Markt- und Kooperationserfahrungen in den BRICS-Ländern verfügen, und
- kompetent bei der Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit und der Spezialisierungsmuster von Deutschland und der BRICS-Länder sind.

Neben den Kriterien für einzelne Kandidaten deckt die Gesamtheit der Interviews auch die Themenfelder und Länder insgesamt ab. Besonders viele Interviewergebnisse liegen für China vor. Dies passt zu den Ergebnissen der Analyse der Direktinvestitionen (vgl. Kap. 2.3), wonach dort deutsche Unternehmen im Vergleich zu anderen BRICS-Ländern stärker engagiert sind.

Bei den themenfeldspezifischen Kandidaten wurden überwiegend Akteure der Angebotsseite der betrachteten Innovationen ausgewählt. Um auch die Nachfrageseite nach den betrachteten Technologielinien in den BRICS-Ländern zu beleuchten und Kooperationspotenziale zur Förderung innovativer Nachfrager zu eruieren, wurden Interviews zum UNIDO Cleaner Production Programme geführt. Ergänzend wurde die Querschnittsexpertise von Akteuren aus dem Finanzsektor genutzt.

Ausgehend von diesen Kriterien wurden in einem zweistufigen Prozess 27 Unternehmen und Institutionen für Interviews[12] ausgewählt, denen eine anonymisierte Auswertung zugesagt wurde. Die befragten Personen kamen zumeist aus den Bereichen Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement, Vertrieb und Marketing mit Fokus

---

12 12 Interviews erfolgten vor Ort, die übrigen telefonisch.

auf das betrachtete Land oder aus dem Bereich Forschung und Entwicklung. Bei Großunternehmen zeigte sich, dass die Länderexpertise vor allem in den Niederlassungen vor Ort angesiedelt ist. In Einzelfällen wurde dies durch telefonische Interviews mit den dortigen Niederlassungen berücksichtigt. Die Interviews wurden protokolliert, Software-gestützt[13] codiert und anonymisiert ausgewertet. Trotz der Vielzahl der Interviews erlauben die Ergebnisse angesichts der Breite der Fragestellung nur schlaglichtartige Einblicke in die konkreten Markt- und Kooperationserfahrungen. Verallgemeinerungen bedürfen der weiteren Prüfung.

Die in den Interviews besprochenen Schlüsselinnovationen und Länder sind im Anhang A.6.2 überblicksartig zusammengefasst. Dort wird auch ihr Beitrag zur Nachhaltigkeit kurz umrissen.

5.2 Ergebnisse nach Themenfeldern

5.2.1 Erneuerbare Energien und CCS

In diesem Themenfeld wurden sechs Interviews durchgeführt: Drei Gespräche liegen im Bereich der Erneuerbaren Energien (EE), eine Befragung im Bereich CCS (in Verbindung mit Biotreibstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen[14]) und ein Interview deckt beide Bereiche ab. Gesprächsschwerpunkte sind Windenergie, solare Aufwindkraftwerke, sowie die Abscheidung und Speicherung von CO_2 (Carbon Capture and Storage, CCS). Zusätzlich fanden ein Gespräch und Recherchen zu dem für die Diffusion von EE in den BRICS-Staaten wichtigem Querschnittsthema "Clean Development Mechanism" (CDM) statt.

5.2.1.1 Marktpotenziale in BRICS

Die Nachfrage nach EE ist abhängig von den natürlichen Gegebenheiten und dem entsprechenden Potenzial des jeweiligen Landes sowie von seiner Energieversorgungssituation (vgl. Tabelle 5–1). Aus Expertensicht zeigen Brasilien, Indien und China bereits verstärktes Engagement in der Nutzung von EE zur Stromerzeugung, das sie vermutlich ausweiten werden. Brasilien ist bestrebt, sich weiter von Energieimporten unabhängig zu machen. Der Markt für Windenergie verzeichnet hier ein großes Wachstum und das Land produziert Ethanol aus Biomasse für den heimischen Gebrauch und den Export. Für Indien und China wird übereinstimmend

13 Dazu wurde die Software Atlas.ti V5.0 zur qualitativen Datenanalyse verwendet.

14 Vergleiche Themenfeld Mobilität und Logistik

eine stark steigende Nachfrage nach Energie, verbunden mit einem großen Interesse an einer Diversifizierung der Energieversorgung, als Treiber für EE konstatiert. Regelmäßige Engpässe in der indischen Energieversorgung begründen die große Nachfrage nach EE-Technologien bei privaten Unternehmen. Ein großer inländischer Anbieter für Windenergie, der seine Geschäftstätigkeit international ausweitet, hat sich bereits etabliert. In China befindet sich ein Markt für Windenergie im Aufbau. Weniger starkes Interesse an EE haben nach einstimmiger Meinung Russland und Südafrika. Dort sind fossile Energieträger günstig und in ausreichendem Ausmaß vorhanden. Aktivitäten in EE würden nach Ansicht der Experten die in diesen Ländern niedrigen Strompreise erhöhen und sind daher unerwünscht. In Russland wurde im Frühjahr 2007 ein Gesetzesvorschlag zur Festlegung von Einspeisevergütungen für EE in die Duma eingebracht, der sich wesentlich am deutschen EEG orientiert und nach Experteneinschätzungen zu deutlichen Anreizwirkungen führen dürfte. Diese Bestrebungen spiegeln Russlands strategisches Interesse an der Erhöhung der Erdgasexporte durch eine Reduktion des Eigenverbrauches wider.

Tabelle 5–1: Potenziale für Erneuerbare Energien

Land	**Energieversorgung beruht auf**	**(natürliches) Potenzial für**
Brasilien	Wasserkraft	Biomasse (speziell Bagasse aus der Zuckerrohrproduktion)
		Wind
Russland	Gas	Biomasse
Indien	Kohle	Wind
		Biomasse
		Wasserkraft
China	Kohle	Wasser
		Solarthermie (in bestimmten Regionen)
		Biomasse
		Wind
Südafrika	Kohle	Solarthermie

Im Gegensatz zur Nutzung von EE sind CCS-Technologien bisher noch nicht großtechnisch verfügbar und werden nach übereinstimmender Einschätzung der Interviewpartner erst nach 2020 eine nennenswerte Marktdurchdringung in den

Industrieländern erreichen. In BRICS-Ländern mit einer kohlebasierten Energieversorgung, d. h. in Indien, China und Südafrika, und in der russischen Erdgasnutzung sehen die Experten ein großes Potenzial für den Einsatz von CCS. Europäische Anlagenbetreiber sind aufgrund zu erwartender Regelungen im Rahmen des europäischen Emissionshandels in Projekten zur Forschung und Demonstration aktiv. Hier wird bspw. das Forschungsprogramm COORETEC[15] und das in diesem Rahmen stattfindende Forschungsprojekt COORIVA genannt. Vonseiten der BRICS-Staaten sind derartige Aktivitäten nicht zu verzeichnen, dafür ist es nach einhelliger Meinung zu früh. Die BRICS-Staaten spielen nach Ansicht der Experten für die Entwicklung von CCS bisher keine Rolle.

Für beide Technologiefelder wird gesetzlichen Regelungen zur Förderung ihrer Verbreitung ein großes Gewicht eingeräumt. Einstimmig wird verlangt, dass diese dem Investor Planungs- und Investitionssicherheit geben müssen.[16] Einspeisevergütungen werden als der entscheidende Treiber für die Stromerzeugung aus EE gesehen (das deutsche EEG wird als gute Praxis genannt). Die in Brasilien und Indien bestehenden gesetzlichen Regelungen werden diesbezüglich als nicht ausreichend und die Zahlung der Vergütungen als nicht sicher eingeschätzt. In Brasilien erschwert Marktprotektionismus den Zugang zum vergleichsweise kleinen Markt für Windenergie. Bezüglich CCS wird übereinstimmend festgestellt, dass ein Preis für den Ausstoß von CO_2 die einzige Möglichkeit ist, den kommerziellen Einsatz dieser Technologie zu fördern. Als mögliche Optionen werden ein internationales Handelssystem (Beispiel EU Emissionshandelssystem), eine Steuer (Beispiel Norwegen) oder die Nutzung von Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM) bzw. die Schließung ähnlicher Abkommen nach Ende des Kyoto Protokolls genannt. Es wird als wichtig angesehen, dass die Entwicklungsländer von den Erfahrungen der Industrieländer mit gesetzlichen Regelungen profitieren.

Im Vergleich zu konventionellen Technologien verzeichnen EE und CCS erhöhte Investitionskosten, die die Nachfrage nach diesen Technologien beschränken. Im Fall der Nutzung von EE wird die Überwindung dieser Kostennachteile durch Lerneffekte erwartet. Für den Fall der Abscheidung von CO_2 werden derartige Lerneffekte erst langfristig erwartet, denn die Technologie ist großtechnisch noch nicht verfügbar. Es wird übereinstimmend erwartet, dass CCS ohne einen Preis für den Ausstoß von CO_2 keine finanziellen Anreize bieten wird, da eine Verwertung des Gases nur in geringem

15 http://www.fz-juelich.de/ptj/projekte/index.php?index=1325

16 Als Negativbeispiel wird hier die Änderung der Förderung für Biodiesel angeführt.

Ausmaß möglich ist.[17] Daher besteht die einhellige Meinung, dass in den BRICS-Staaten zunächst die Vermeidung von CO_2-Emissionen durch Effizienzsteigerungen an bestehenden und neuen Anlagen vorangetrieben werden muss. Erst nach Erschöpfung dieser Einsparungspotenziale wäre ein Einsatz von CCS technisch und volkswirtschaftlich sinnvoll. Die bis dahin erzielten Lerneffekte im Bereich EE könnten dazu führen, dass CCS in den BRICS-Staaten nicht zum Einsatz kommt.

5.2.1.2 Marktakteure

EE Projekte werden in den BRICS-Staaten hauptsächlich von einheimischen privaten Firmen und Projektentwicklern nachgefragt. Verstärkt treten internationale Akteure mit Geldanlagemotiven auf, die in private Fonds oder CDM-Projekte investieren. Als zukünftige Kunden für CCS-Technologien in den BRICS-Staaten kommen Kraftwerksbetreiber und die internationale (Petro-) Chemieindustrie in Frage. Für die Kundenakquisition werden internationale Konferenzen, Veröffentlichungen (Studien, Hausmagazin) und die aktive Teilnahme am politischen Prozess übereinstimmend als wichtig für beide Technologiefelder eingeschätzt. Firmen, die in konventionellen Technologiefeldern tätig sind, nutzen bestehende Kontakte. Das Angebot von Trainingskursen für Windenergie wird als erfolgreich für den Aufbau von Kundenkontakten angesehen. Diese werden von Energieversorgern nachgefragt, die von den neuen gesetzlichen Regelungen betroffen sind. Bemängelt wird die schlechte Vermittlung von Kontakten durch die Botschaften vor Ort. Dies erschwert den kleinen deutschen Unternehmen die Kontaktaufnahme zu internationalen Kunden, da sie keine ausreichenden (finanziellen und personellen) Kapazitäten besitzen. Die großen deutschen Anlagenhersteller sind selbst mit Niederlassungen in den BRICS-Staaten vertreten. Einige kooperieren mit einheimischen Partnern oder streben Kooperationen langfristig an.[18] Im Bereich EE beziehen sich die existierenden Kooperationen auf den Vertrieb und teilweise auf die Produktion vor Ort.

Bezüglich des Wettbewerbs dominieren im Markt für EE und CO_2-freie fossile Technologien europäische und große internationale Anlagenhersteller. Die FuE der befragten deutschen Anlagenhersteller findet für beide Technologien außerhalb der BRICS-Staaten statt, meist in Deutschland oder der EU. Ein indischer EE-Anbieter führt seine FuE-Aktivitäten in Deutschland durch. Im Bereich CCS existiert weltweit

---

17 Beispielsweise könnte die Technologie in China und Russland durch enhanced oil recovery oder coal bed methane recovery (siehe Anhang A.4.2) in sehr begrenztem Umfang auch wirtschaftlich attraktiv werden.

18 In China sind die Zusammenarbeit mit einheimischen Unternehmen und die politische Akzeptanz der Projekte von besonderer Bedeutung.

wenig technologisches Know-how. Dieses konzentriert sich in Japan, den USA und in der EU. Die deutschen Anlagenhersteller sind in deutschen und EU-weiten Forschungskooperationen tätig. Für CCS wird eine Ausweitung der FuE-Aktivitäten in die BRICS-Staaten langfristig als möglicher Schritt in Betracht gezogen.

Übereinstimmend wird festgestellt, dass die Zulieferer für den EE-Anlagenbau abhängig vom Preis und von der Komplexität der Anlagenteile gewählt werden. Die Rohstoffe und die low-cost-/low-tech-Teile werden aus den BRICS-Staaten bezogen bzw. kommen aus der eigenen Fertigung in den BRICS-Staaten. Für die Windenergie bestehen Produktionskapazitäten in Brasilien, Indien und China die teilweise aus deutschen Technologietransferprojekten entstanden sind. Die Preisvorteile der indischen Produktion gehen zu Lasten einer geringeren Qualität, die zu einem höheren Nachbesserungsaufwand führt. Südafrika ist bei der Nutzung der Sonnenenergie als einziges afrikanisches Land technisch gut aufgestellt, liegt aber in der Fertigung weit zurück. Komplexe Komponenten werden von allen EE-Anlagenherstellern global bezogen. Diese Zuliefererstruktur ist nach Meinung der Interviewpartner auch für den Bereich CCS in den BRICS-Staaten zu erwarten. Vor allem der (low-tech-) Anlagenbau würde durch einheimische Unternehmen ausgeführt werden. Komplexe Komponenten sowie die Lizenzen und das Prozessdesign müssten global bezogen werden.

5.2.1.3 Wissensbasis

Im Vergleich zu ihren Kunden, Konkurrenten und Zulieferern in BRICS besitzen die deutschen Firmen nach einstimmiger Meinung einen großen Wissensvorsprung, der die ungehinderte Ausweitung der Geschäftstätigkeit erlaubt. Deutsche Technologien zur Nutzung von EE sind in den unterschiedlichen Bereichen (wie Wind, Wasser, Sonne etc.) vorhanden und großtechnisch einsetzbar. Es besteht allerdings ein Mangel an Ingenieuren in Deutschland und teilweise in den BRICS-Staaten. Große Unternehmen haben den Vorteil, dass sie auf einen internationalen Pool an Arbeitskräften mit einem einheitlich hohen technischen Niveau zurückgreifen können.

In allen Gesprächen wird deutlich zwischen der Fähigkeit eine Anlage zu betreiben und der Weiterentwicklung der Technologie unterschieden. Grundkenntnisse im Umgang mit der Technologie müssen nach einhelliger Meinung vorhanden sein, da sonst die Kommunikation und der Betrieb der Anlagen problematisch sind. Den daraus resultierenden Schulungsaufwand in BRICS sehen kleine Unternehmen als Belastung, da dies nicht zu ihren Kernkompetenzen gehört. Große Unternehmen haben diese Dienstleistung im Fall von EE in ihr Angebot integriert. Für den CCS-Anlagenbau wird dies ebenfalls angenommen.

Nennenswerte einheimische Entwicklungskapazitäten in den BRICS-Staaten existieren nach Interviewangaben für keines der Technologiefelder. Von einer autonomen Umsetzung der Technologien sind die ansässigen Unternehmen (noch) weit entfernt. Lediglich von China wird erwartet, dass es in näherer Zukunft aufgrund des schnellen Wirtschaftswachstums eigene Entwicklungskapazitäten aufbauen wird. Das chinesische Personal ist den Erfahrungen der Befragten zufolge theoretisch gut ausgebildet, zurzeit fehlt die Projekterfahrung. Projektaktivitäten in China werden trotz der großen Nachfrage von den deutschen Anlagenbauern vorsichtig vorangetrieben, da sie Industriespionage befürchten.

5.2.1.4 Erfahrungen in Deutschland

Unbestritten resultiert die deutsche Technologieführerschaft in beiden Technologiefeldern aus der langen Tradition des Umweltschutzgedankens in Deutschland[19], der früh zu entsprechenden gesetzlichen Regelungen führte. Es wird betont, dass die erfolgreiche Anwendung der Technologie im eigenen Land und deren Darstellung nach außen wichtige Erfolgsfaktoren für die internationale Markterschließung sind. Die umfangreiche Nutzung der Windenergie in Deutschland stellt bspw. einen Wettbewerbsvorteil für die deutsche Industrie dar. Da solarthermische Kraftwerke und solare Aufwindkraftwerke in Deutschland nicht großtechnisch einsetzbar sind, wird befürchtet, dass die deutsche Technologie in diesem Bereich den Anschluss verliert. Zukünftige FuE-Aktivitäten könnten sich nach Ansicht der Interviewpartner auf einheimische Anbieter in Brasilien, Indien, China und Südafrika konzentrieren. Diese produzieren für den europäischen Markt und werden im Zuge verbesserter Rahmenbedingungen in den BRICS-Staaten den einheimischen Markt erschließen. Für alle Technologieanbieter birgt die notwendige Investition in eine Referenzanlage ein finanzielles Risiko.

Im Fall von EE wird die gesetzliche Förderung durch das EEG als entscheidender Treiber für die deutsche Technologieentwicklung gesehen. Sie führte dazu, dass innovative Unternehmen finanzielle Überschüsse erzielten, die sie in Forschungsaktivitäten einspeisten. Daraus resultierte die starke Forschungslandschaft in Deutschland. Besonders die Windenergieindustrie profitierte von diesen Entwicklungen. Sie ist Weltmarktführer und Deutschland gilt weltweit als Kompetenzzentrum. Bezüglich CCS besitzen die deutschen Anlagenhersteller das Know-how und die Technologie im Kraftwerksbau und in der Feststoffvergasung, die für den Einsatz von CCS-Technologien entscheidend sind. Deutsche Technologien könnten daher im Bereich CCS "Exportschlager des 21. Jahrhunderts" werden. Allerdings wird zu bedenken gegeben, dass

19 In diesem Zusammenhang werden ebenfalls die EU Klimaschutzziele genannt.

staatliche Fördermaßnahmen und verlässliche gesetzliche Regelungen (auch im Hinblick auf Genehmigungen) notwendig sind, um günstige Rahmenbedingungen für die Technologieentwicklung und –erprobung zu schaffen.

5.2.1.5 Die Rolle des CDM für Erneuerbare Energien in BRICS

Der "Clean Development Mechanism" (CDM) ist ein politisches Instrument, das die Diffusion sauberer Technologien in Entwicklungsländern fördert. Ein Schwerpunkt des CDM liegt im Bereich EE, weshalb an dieser Stelle seine Nutzung durch die deutsche Industrie näher beleuchtet wird.

Brasilien, Indien und China haben große Anteile an den gesamten CDM-Projekten, etwa zwei Drittel werden von einheimischen Projektentwicklern mit ihren eigenen Technologien durchgeführt. Diese sind häufig im Bereich der Stromproduktion angesiedelt, da neben dem Erlös aus den generierten Zertifikaten (Certified Emission Reduction Units, CERs) zusätzliche Erlöse über den Stromverkauf erzielt werden können. Besonders im Hinblick auf die Zusätzlichkeit von CDM-Projekten ist dieser Anreiz bedenklich (siehe hierzu Kapitel 5.3.2). Insgesamt haben deutsche Technologien in CDM Projekten nach Expertenmeinung einen Wettbewerbsvorteil, da ihre Robustheit und Belastbarkeit das Projektrisiko senken. Für Biogasprojekte besteht in Deutschland eine gute technologische Ausgangsbasis, die bisher aus Expertensicht nicht genutzt wird. Insgesamt ist die deutsche Beteiligung an CDM-Projekten sehr gering. Großbritannien, Schweden, Japan und die Schweiz sind in diesem Bereich führend.

Einheimische Industrieverbände und Banken sind bei der Suche nach Projektpartnern wichtige Kooperationspartner. Sie bieten einen guten Überblick über die Entwicklungen im Gastland und haben Zugang zu wichtigen Informationen. Aus Sicht der Experten sind Plattformen für deutsche Firmen zur Präsentation und Vermarktung ihrer Technologien in den BRICS-Staaten (wie etwa Umweltmessen und Informationsveranstaltungen von Botschaften und Außenhandelskammern) wichtig. Es wird darauf verwiesen, dass die Botschaften anderer Länder (wie z. B. Dänemark, Großbritannien und Österreich) diesbezüglich aktiver sind und dass ohne derartige Mittel der Präsentation es für deutsche Firmen schwer ist, ihre Technologien vorzustellen und CDM-Projektpartner zu finden.

5.2.1.6 Fazit

Die Interviewergebnisse zeigen, dass gesetzliche Bestimmungen zur Förderung von EE und CCS eine bedeutende Rolle spielen. Die politische Durchsetzungsfähigkeit und langfristige Planungssicherheit für den Investor sind wichtige Ausgestaltungskriterien. Die BRICS-Staaten können in Bezug auf die Instrumentengestaltung von einem Erfahrungsaustausch mit den Industrieländern profitieren. Entscheidend für den Einsatz von CCS sind internationale Regierungsabkommen, etwa im Rahmen von post Kyoto Verhandlungen. CCS könnte in den BRICS-Ländern jedoch nicht zum Einsatz kommen, wenn EE vorher durch Lerneffekte wettbewerbsfähig werden.

Deutsche Botschaften und Außenhandelskammern sind wichtige "Türöffner" für eine Ausweitung der deutschen Geschäftstätigkeiten nach BRICS. Eine Unterstützung der deutschen Unternehmen wäre z. B. durch die Bereitstellung geeigneter Plattformen zur Präsentation deutscher Technologien sowie (besonders im Rahmen von CDM) zur Suche von Projektpartnern denkbar. Referenzanlagen sind der Schlüssel für die Verbreitung bestimmter Technologien (wie Solarthermie). Ihre Umsetzung ist für deutsche Firmen problematisch, da große Finanzvolumina betroffen sind. Hier eröffnen sich Kooperationsmöglichkeiten mit Forschungsinstitutionen in den BRICS-Staaten.

In Deutschland und zunehmend in den BRICS-Staaten sind geeignete Arbeitskräfte (besonders Ingenieure) knapp. Dieser Arbeitskräftemangel könnte durch Ausbildungs- und Austauschprogramme gemindert werden.

5.2.2 Gebäudeeffizienz

In diesem Themenfeld wurden fünf Unternehmensvertreter befragt. Das Thema Gebäudeeffizienz hat aus klimatischen und wirtschaftlichen Gründen besonders in China und Russland einen hohen Stellenwert, weswegen sich die Interviews auf diese Länder konzentrieren. Schwerpunkte sind energieeffizientes Planen und Bauen, integrale Planung der urbanen Energieversorgung am Beispiel Chinas und Wissens-transfer über energieeffizientes Bauen nach Russland. Ein Ausblick auf die Situation in den anderen BRICS-Staaten kann nur in begrenztem Umfang gegeben werden.

5.2.2.1 Marktpotenziale und Hemmnisse für energieeffizientes Bauen

In China bestehen aufgrund des anhaltenden Baubooms mit zweistelligen Zuwachsraten[20] im Neubau große Energieeinsparpotenziale. Die Sanierung des Altbaus (etwa durch Dämmung) spielt eine untergeordnete Rolle. Der private Eigenheimbau existiert in China kaum. In dem hochpreisigen Segment des Neubaus agieren hauptsächlich professionelle Investoren und Projektentwickler. Sie können beim Verkauf eines Neubaus zwischen 400 und 1000 % Gewinn erzielen[21]. Den Erfahrungen der Befragten zufolge sind die professionellen Bauherren trotz dieser hohen Gewinnspannen nicht bereit, Gewinneinbußen durch Zusatzkosen für Energieeffizienzmaßnahmen zu tragen. Ihre kurzfristigen und renditeorientierten Kalkulationen führen zu Qualitätsmängeln in Bezug auf den Energieverbrauch. Es wird daher als wichtig erachtet, einen Bewusstseinswandel der Investoren hin zu einem langfristigen Werterhalt der Gebäude anzuregen. Die chinesische Regierung erarbeitet unter Beteiligung US-amerikanischer und japanischer Experten zurzeit Effizienzstandards für Gebäude. Die deutschen Erfahrungen mit dem Energieausweis werden aus Sicht eines Befragten zu wenig genutzt. Nach Meinung der Experten führt besonders der US-amerikanische Einfluss dazu, dass das Thema Energieeffizienz bei den chinesischen Gebäudestandards praktisch keine Rolle spielt. Die bestehenden chinesischen Gebäudestandards sind in sogenannten "Standarddetailbüchern" festgelegt. Diese enthalten innenpolitisch abgestimmte und einheitlich zu verwendende Baudetails, die vom Architekten zusammengefügt werden müssen. In der Umsetzung der rechtlichen Vorschriften herrschen in China erhebliche Probleme. Den ausführenden Behörden fehlt Wissen um die relevanten Vorschriften und die Gesamtzusammenhänge werden häufig außer Acht gelassen. In der Folge werden Gebäude gebaut, die die vorgeschriebenen Grenzwerte nicht einhalten. Auch westliche Anbieter erstellen teilweise Leistungen geringerer Qualität. Erschwerend kommt hinzu, dass in China eine für energieeffiziente Deckung des Raumwärmebedarfs kontraproduktive gesetzliche Regelung besteht, die das Heizen südlich des Yangtse verbietet. Im Zuge des anhaltenden Wirtschaftswachstums Chinas und der klimatischen Bedingungen in dieser Region heizen Mieter daher zunehmend ihre Räume durch die nachträgliche Installation strombetriebener Kleinanlagen. Durch diese – verglichen mit einer nicht-elektrischen Heizanlage – primärenergetisch ineffizienten Maßnahmen wird der Stromverbrauch im Wohnbereich in China vermutlich in den nächsten Jahren weiter rapide ansteigen.

---

20 Laut Deutscher Energie-Agentur wird 2015 bereits die Hälfte des Baubestands in China nach 2000 erbaut sein. (Deutsche Energie-Agentur: Energieeffizientes Bauen in China, http://www.dena.de/de/themen/international/schwerpunkt-china/projekte/projekt/bauen-in-china/, letzter Aufruf: 02.05.07).

21 Zum Vergleich: In Deutschland schätzen die Befragten die Rendite auf zwischen 5 und 15 %.

In Russland besteht ein großes Einsparpotenzial durch Energieeffizienzmaßnahmen[22], welches noch weitestgehend ungenutzt ist. Aufgrund der klimatischen Bedingungen ist das Know-how der technischen Umsetzung energieeffizienten Bauens früh entwickelt worden. Hier besteht vor allem die Notwendigkeit den Altbau zu modernisieren. Aus historischen Gründen existiert vielerorts keine einheitliche kommunale Verwaltung der Wohnblöcke. Der Wohnungsbesitz liegt bei einer großen Zahl privater Eigner ohne eine Struktur der Eigentümergemeinschaft. Die Vielzahl unterschiedlicher privater Interessen verhindert Aktivitäten im Bereich der Gebäudeeffizienz. Darüber hinaus existiert selten eine verbrauchsorientierte Abrechung für Energie, so dass sich für den Mieter kein direkter finanzieller Anreiz zum Energieeinsparen ergibt. Vielfach stellt die Finanzierung von Gebäudeeffizienzprojekten ein Problem für die Kommunen dar. Innovative Finanzierungswege, bspw. im Rahmen von JI-Projekten, werden kaum genutzt. Deutsche, nach der Wiedervereinigung gesammelte Erfahrungen, sind in diesem Zusammenhang besonders hilfreich, da in der ehemaligen DDR ähnliche Strukturen in der Wohnungsverwaltung herrschten. Die dena leitet diesen deutsch-russischen Erfahrungsaustausch maßgeblich.

Der Energieverbrauch eines Gebäudes muss mit Blick auf das Gesamtsystem analysiert werden. Beim Thema Energieeffizienz ist die Findung der optimalen Kombination mehrerer Technologieoptionen entscheidend. Dieses integrale Verständnis ist in Russland und China noch nicht vorhanden.[23] Besonders problematisch wird die bauplanerische Praxis in China bewertet. Bauprojekte werden nicht aus einer Hand geplant, stattdessen werden die Konzepte des Architekten an sogenannte Design Büros gegeben. Dieses stückwerkartige Vorgehen steht einem integralen Ansatz hinderlich entgegen.

Brasilien, Indien und Südafrika bieten für die Wärmedämmung so gut wie keinen Markt. Diese Länder spielen für die befragten Unternehmen derzeit keine strategische Rolle. Es wird explizit darauf verwiesen, dass sie aufgrund ihrer Wirtschaftsentwicklung und dem damit verbundenen hohen Rohstoffverbrauch im Bereich der Gebäudeeffizienz durchaus Potenzial haben könnten.

---

22 "Allein nach Angaben der „Energiestrategie Russlands bis zum Jahr 2020“ kann der derzeitige Energieverbrauch nahezu halbiert werden, wenn Energieressourcen effizienter genutzt werden." (Deutsche Energie-Agentur: Schwerpunkt Russland, http://www.dena.de/themen/international/schwerpunkt-russland/, letzter Aufruf: 04.05.07)

23 Es setzt sich nach Meinung der befragten Experten auch in Deutschland erst langsam durch. Deutsche Studiengänge hierzu gibt es erst seit kurzem.

5.2.2.2 Treiber der Nachfrage

Übereinstimmend heben die Befragten den deutschen rechtlichen Rahmen[24] und die Fördermaßnahmen der KfW als gute Praxis zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden und der wirtschaftlichen Anreize dafür hervor. Der Energiepreis spielt für die Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen eine wichtige Rolle. In China und Russland sind Energiepreise sehr niedrig, so dass die durch Einsparmaßnahmen erzielbaren Gewinne gering ausfallen. Zudem sind Investor und Begünstigter von Energieeffizienzmaßnahmen meist unterschiedliche Personen. In Deutschland kann dieses Dilemma durch eine höhere Kaltmiete gelöst werden. Nach Einschätzung der Experten ist dies in China und Russland nicht möglich, da die Kenntnisse der Bevölkerung über die Zusammenhänge zwischen Energieeffizienzmaßnahmen und Einsparmöglichkeiten gering sind und der erzielbare finanzielle Gewinn niedrig ausfällt. In China wirkt das Aufkommen einer breiten und politisch aktiven Mittelschicht, die zunehmend gegen die fortschreitende Umweltzerstörung opponiert, begünstigend. Im Gegensatz dazu konzentriert sich der wachsende Wohlstand in Russland auf eine dünne Oberschicht, was eine breite Bewusstseinsbildung behindert.

In China und Russland bieten Energieeffizienzmaßnahmen für den Kunden wenig direkt erkennbare wirtschaftliche Vorteile. Ihre Verbreitung muss über andere Vorteile des energieeffizienten Bauens, wie eine gesteigerte Lebensqualität, vorangetrieben werden. Energiesparendes Bauen wird in China nach Meinung der Experten immer noch in Abrede gestellt und muss durch geeignete Marketingstrategien im öffentlichen und privaten Sektor stärker vorangetrieben werden. Nach westlichen Standards geplante Gebäude stellen zwar Prestigeobjekte dar und westliche Baustandards gelten als Qualitätslabel an sich. Aber die notwendige Erfolgskontrolle der Maßnahmen unterbleibt häufig. Die Kopie der westlichen Bauweise ist Experten zufolge zudem für die jeweiligen örtlichen klimatischen Bedingungen in China meist ungeeignet und nicht eingebettet in die einheimische Bautradition. Nach einhelliger Meinung sollten westliche Gebäudetechnologien nicht einfach übertragen, sondern zusammen mit den Betroffenen den Bedingungen des Landes angepasst werden. Dies erfordert einen zusätzlichen finanziellen und zeitlichen Aufwand.

In Deutschland besteht eine lange Tradition der Unternehmen im Bereich des energieeffizienten Bauens. Das stetige Vorangehen der gesetzlichen Vorgaben seit dem Ölschock wirkte förderlich. Der gesetzliche Rahmen zur Energieeffizienz ist in

---

24 Bspw. die Wärmeschutzverordnung, das Bundesimmissionsschutzgesetz und der Energiepass. Allerdings wird in diesem Zusammenhang auch darauf hingewiesen, dass die deutsche Energieeinsparverordnung zu komplex und undurchsichtig für die Anwender ist.

Deutschland analog zum technologischen Fortschritt mitgewachsen. Dies sorgte für eine entsprechende Nachfrage und führte dazu, dass die deutschen Unternehmen über eine lange Zeit wachsen und sich professionalisieren konnten, um schließlich Absatzmärkte im Ausland zu erschließen.

5.2.2.3 Marktakteure

Die deutschen Architekten stehen in China vor allem mit internationalen Anbietern, besonders aus den USA, Kanada und Frankreich, in Konkurrenz. Der Protektionismus des Marktes ist für alle ausländischen Anbieter gleichermaßen ein großes Hemmnis. Bis zum letzten Jahr war die Einrichtung ausländischer Niederlassungen in China nur als Joint Venture möglich. Bestimmte Hemmschwellen bei der Ausschreibung von Großprojekten schließen ausländische Unternehmen in China vom Wettbewerb aus. Es ist daher vorteilhaft, vor Ort ansässig zu sein. Da sich die Suche nach chinesischen Partnern als zeitaufwändig gestaltet, sind zumeist nur die großen Architekturbüros mit Niederlassungen in China vertreten.

Deutschland wird im internationalen Vergleich als Technologieführer im Bereich des energieeffizienten Bauens eingeschätzt. Aufgrund der guten technologischen Ausgangsbasis ist die deutsche Industrie besonders in den Bereichen der hochkomplexen Technologien führend. Teilweise gelingt es jedoch nicht, diese gute internationale Positionierung ausländischen Kunden zu vermitteln. Als Grund dafür nannten mehrere Experten, dass deutsche Unternehmen weniger politische und finanzielle Unterstützung für eine Ausweitung ihrer Geschäftstätigkeit in die BRICS-Staaten erfahren als ihre internationalen Konkurrenten. Deutsche Unternehmen gewinnen Kunden bisher durch zufällige (persönliche) Kontakte. Besonders die US-amerikanische Regierung wird im Gegensatz dazu als sehr offensiv dargestellt.

Der Zugang zum chinesischen Markt und sein Funktionieren sind für deutsche Anbieter häufig unverständlich und scheinen unberechenbar. Die Folge ist, dass die Suche nach Geschäftspartnern und Kunden problematisch ist. Für die Kontaktaufnahme im wissenschaftlichen Bereich werden internationale Studienaufenthalte und Veröffentlichungen als förderlich gesehen. Einhellig wird die chinesische Tongji University in Shanghai als bedeutender Kooperationspartner für das Thema Gebäudeeffizienz genannt. Diese Universität unterhält gute Kontakte nach Deutschland und ist in zahlreichen Austauschaktivitäten engagiert.[25] Im Fall eines Unternehmens gelang im Rahmen einer Städtepartnerschaft eine erfolgreiche Kooperation. Durch gute Kontakte

[25] http://www.tongji.de/english/mframeen.html

zu den chinesischen Behörden kann die öffentliche Nachfrage nach energieeffizienten Gebäuden gestärkt werden.

Den Experten zufolge existiert bei den chinesischen Architekten kein ausreichendes Know-how im Bereich Gebäudeeffizienz. Im Gegensatz zu Russland soll es keine diesbezügliche Ingenieurstradition, teilweise nicht einmal Grundkenntnisse des energieeffizienten Bauens, geben. In naher Zukunft werden in China keine eigenständigen FuE-Aktivitäten erwartet. Die Experten stellen allerdings fest, dass der Wissensstand dort stetig wächst[26].

Auf Ebene der Komponentenhersteller wird übereinstimmend festgestellt, dass in China und Russland Konkurrenz durch einheimische Billigprodukte mit niedriger Qualität besteht. In China fragen Investoren aufgrund der Preisunterschiede und in Folge einer Direktive zur Verwendung einheimischer Produkte nur chinesische Komponenten nach. Langwierige Zulassungsverfahren für ausländische Produkte in China stellen eine Hürde dar. Zudem besteht ein mangelnder Patentschutz. Trotzdem sind in China die deutschen Firmen im Marktsegment komplexerer Komponenten (wie bspw. hochqualitatives Glas oder Fassadenelemente) aufgrund des großen Marktpotenzials vertreten. Hierfür nötige Rohstoffe und Einzelteile werden nach China versandt und dort zusammengesetzt. Da die Ausbildung der Arbeiter durch die deutschen Anbieter erfolgt, ist die Fertigungsqualität zufriedenstellend. Auch chinesische Anbieter fertigen komplexe Komponenten, jedoch von deutlich schlechterer Qualität. In China und Russland ist die mangelhafte Qualität der Arbeit auf den Baustellen ein großes Problem. Vielfach fehlt die Ausbildung der Fachkräfte in der Breite durch geeignete Studiengänge und Ausbildungszentren.

5.2.2.4 Fazit

Die Aufklärung der breiten Bevölkerung in den BRICS-Staaten über die Zusammenhänge zwischen Effizienzmaßnahmen und den Einsparpotenzialen ist Ausgangspunkt für die Diffusion energieeffizienten Bauens. Da das Wissen über energieeffizientes Bauen am besten in konkreter Projektarbeit im wissenschaftlichen und praktischen Austausch erworben werden kann, könnten deutsche Planungsfirmen und Architekten als Multiplikatoren fungieren. Ein Bauprojekt, das die Umsetzung deutscher Technologien in BRICS veranschaulicht, könnte deren Wahrnehmung verbessern.

---

[26] Bspw. werden zunehmend auch Konferenzen und Messen in diesem Bereich veranstaltet.

Bezüglich China scheinen die Befunde der Interviews in Widerspruch zu den in Kapitel 4.1.3 ermittelten positiven Spezialisierungskennziffern zu stehen. Dies ist ein weiteres Indiz dafür, dass China durchaus Kompetenzen für eine energieeffizientere Ausrichtung des Gebäudebereichs besitzt, diese aber noch für die tatsächliche Steigerung der Gebäudeeffizienz mobilisiert werden müssten. Die Aufklärung chinesischer Investoren über die langfristigen Vorteile von Energieeffizienzmaßnahmen sowie die Unterstützung der chinesischen Regierung bei der Verbesserung und tatsächlichen Umsetzung gesetzlicher Regelungen scheinen hier landesspezifische Ansatzpunkte zu sein. In Russland ist die Schaffung von Rahmenbedingungen für Effizienzmaßnahmen im Altbau entscheidender Ansatzpunkt. Die dena ist dort mit Beratungsprojekten für die russische Regierung und für Kommunen aktiv.

Geringe Aktivitäten der deutschen Industrie in Brasilien, Indien und Südafrika im Bereich der Gebäudeeffizienz könnten auf fehlende Rahmenbedingungen für eine Ausweitung der deutschen Geschäftsaktivitäten in diesen Ländern hinweisen. Aus den Gesprächen geht aber nicht hervor, inwiefern und in welchen Bereichen in diesen Ländern Marktpotenziale bestehen.

5.2.3 Wasserver- und Abwasserentsorgung

Im Themenfeld Wasserver- und Abwasserentsorgung wurden zwei Gespräche geführt. Die Interviews konzentrierten sich auf Technologien zur Abwasserreinigung in Russland und China sowie auf die Bedingungen für Kleinkläranlagen in Deutschland.

5.2.3.1 Rahmenbedingungen in BRICS

In allen BRICS-Staaten wird langfristig Potenzial für Abwassertechnologien gesehen. Besonders China bietet einen großen Markt. Im Bereich der Trinkwasseraufbereitung besteht bereits eine hohe Nachfrage. Die Märkte für Abwassertechnologien in China und Indien werden in den nächsten fünf Jahren noch in der Entwicklung begriffen sein. In China liegen die erzielbaren Preise für Abwassertechnologien zwischen 30 und 40 % der europäischen Preise, weshalb zurzeit nur wenig ausländische Technologien importiert werden. Einschätzungen zufolge hat der Umweltschutz in diesen Ländern noch eine geringe Bedeutung. Es wird jedoch ein wachsender Problemdruck, verbunden mit einem erwachenden Umweltbewusstsein verzeichnet, der zu einem steigenden Interesse an Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungstechnologien in China führen könnte. In Russland liegen die erzielbaren Preise für Abwasserreinigungstechnologien auf europäischem Niveau. Hier treten vor allem Zahlungsausfallrisiken bei der Finanzierung von bestellten Anlagen auf, weswegen Verträge grundsätzlich nur mit Absicherungen (bspw. über Hermes-Bürgschaften) geschlossen werden.

Nach Meinung der Experten sind für alle Länder eine gute Umweltgesetzgebung und deren Vollzug entscheidend für die Diffusion von Abwassertechnologien. In Russland und China ist der mangelnde Vollzug bestehender Auflagen problematisch. In China herrschen bei der Genehmigung und Überwachung von Anlagen vielfach Korruption und mangelndes Umweltbewusstsein vonseiten der Behörden. In Russland sind die gesetzlichen Auflagen im Bereich des Gewässerschutzes zum Teil so streng, dass die einheimischen Unternehmen die Zahlung von Strafgebühren vorziehen. Verstöße gegen die Auflagen haben darüber hinaus in der Regel keine weiteren Konsequenzen. Die Überwachung und Sanktionierung dieser Auflagen sind für ausländische Unternehmen kaum abschätzbar, so dass internationale Konzerne in Russland den Auflagen häufiger Folge leisten als einheimische Unternehmen.

Wissenstransfer nach China wird von deutschen Anbietern als Bedrohung wahrgenommen. Es wird befürchtet, dass chinesische Unternehmen aus Kooperationen gewonnenes Wissen nutzen, um diese Technologien später in Eigenproduktion zu fertigen. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass in China technische Veränderungen schnell umgesetzt werden. Um ihren Wissensvorsprung zu bewahren, halten deutsche Anlagenhersteller ihre chinesischen Kooperationspartner in einer technologischen Abhängigkeit, bspw. indem wichtige Komponenten und Arbeitsschritte von deutscher Seite kommen. Vor diesem Hintergrund werden öffentliche Ausschreibungen in China problematisiert. Im Vornherein werden von den Anbietern sehr viele technologische Details verlangt, die dann in die Ausschreibung aufgenommen und vom Auftragsvolumen abgezogen werden. Da in China die Ingenieursleistungen schlecht bezahlt werden, ist in Folge dessen das Auftragsvolumen, verglichen mit dem Wert des preisgegebenen Wissens, gering.

5.2.3.2 Kunden in BRICS

In den BRICS-Staaten werden Technologien der Abwasserreinigung von Kunden aus dem öffentlichen und privaten Bereich bezogen. In Russland sind etwa zwei Drittel der Industriekunden einheimische Unternehmen, der Rest sind weltweit agierende Stammkunden. Für Russland, Brasilien und China wird einstimmig festgestellt, dass die Präsenz vor Ort und die Anpassung an landestypische Gegebenheiten für die Kundenakquise von großer Bedeutung sind. Die vor Ort herrschenden Ausbildungsniveaus variieren stark und müssen besonders berücksichtigt werden. In Russland sind bspw. die Kenntnisse in der Stahlverarbeitung sehr gut, in der Kunststoffverarbeitung mangelhaft. Die Qualität der Bauarbeiten entspricht oft nicht den deutschen Standards, so dass die Anlagen dementsprechend angepasst werden müssen. Zu den Anpassungsleistungen gehört ebenfalls, dass alle Dokumente in der Landessprache verfasst sein müssen. In den Interviews wird problematisiert, dass in vielen Schwellen-

ländern über die chemische Zusammensetzung des Abwassers keine Daten vorliegen. Die Konzeption der Anlagen kann sich dann nur an bestimmten Kennwerten (z. B. CSB-Werten) orientieren. Zuletzt müssen klimatische Bedingungen und landesspezifische "Sonderwünsche" Berücksichtigung finden.[27] Positiv wirkt sich die Rekrutierung einheimischen Personals auf die Akzeptanz des Unternehmens aus. Allerdings besteht häufig ein Mangel an Fachpersonal. In Russland und Brasilien können zumeist nur Absolventen rekrutiert werden, denen es an praktischer Erfahrung fehlt. In Russland werden insbesondere Forschungsprojekte für die Rekrutierung einheimischen Personals genutzt.

Die Erfahrung eines Unternehmens zeigt, dass gute Referenzprojekte entscheidend für die Markterschließung der BRICS-Staaten sind. Diese entstehen in Zusammenarbeit mit großen internationalen "Stammkunden" die expandieren und an allen Standorten die gleichen Technologien einsetzen. Derartige "Leuchtturminvestitionen" sorgen für eine gute öffentliche Wahrnehmung und demonstrieren die Möglichkeiten modernster Technologien in den BRICS-Staaten. Dafür ist es besonders wichtig, vor Ort zuverlässige und kompetente Kunden und Partner zu haben, welche die Anlagen sachgemäß betreiben und warten.

Die befragten Unternehmen betreiben in den meisten Fällen Niederlassungen oder Tochterfirmen in den BRICS-Staaten, weil eine Anpassung an landestypische Gegebenheiten und der Kontakt zu Partnern und Kunden im Bereich der Abwassertechnologien besonders wichtig sind. Die Niederlassungen dienen der Kontaktaufnahme und dem Vertrieb. In keinem der Länder wurden bislang FuE-Aktivitäten durchgeführt. Im Fall eines Unternehmens werden in China jedoch Teilkomponenten produziert, da China als ein Markt mit hohem Potenzial gesehen wird. In China existieren hohe Importzölle, die die erzielbaren Preise erheblich mindern, wogegen die Besteuerung bei einer Fertigung vor Ort deutlich günstiger ist. In Brasilien liegen die erzielbaren Preise ebenfalls unter deutschem Niveau[28] und werden durch Importzölle weiter gemindert. Im Fall eines Unternehmens gelang es trotz ungünstiger Rahmenbedingungen, mittels einer Public-Private-Partnership eine Referenzanlage aufzubauen, die nun die Basis der Erträge in Brasilien darstellt.[29]

---

27 In Russland wollen die Kunden bspw. nicht, dass eine Kläranlage von außen als solche sichtbar ist.

28 Es ist von 50 bis 70% niedrigeren Preisen die Rede.

29 Für den Fall noch nicht erschlossener Märkte (dazu zählen die BRICS-Staaten in beiden Fällen nicht) werden Forschungsprojekte als ein gutes Mittel genannt, um Kundenkontakte zu knüpfen und mit den landestypischen Gepflogenheiten vertraut zu werden.

5.2.3.3 Andere Marktakteure in BRICS

Auf dem russischen Markt stehen deutsche Anlagenhersteller einer internationalen Konkurrenz, vor allem aus der Türkei und aus den Benelux-Staaten, gegenüber. Nennenswerte russische Kapazitäten werden in diesem Bereich nicht gesehen. Im Gegensatz dazu wird in China einheimische Konkurrenz vermutet, da China an einer eigenen Technologieproduktion interessiert ist.

Der bisherige Wissensvorsprung deutscher Anlagenhersteller wird als entscheidend für ihre Internationalisierung genannt. Weitere Wettbewerbsvorteile deutscher Anlagenhersteller werden in der Qualität der deutschen Fertigung und der Produkte gesehen. Gerade in Osteuropa stehen deutsche Produkte für Qualität und werden einheimischen Produkten aus Prestigegründen vorgezogen. In der chinesischen Fertigung erschweren unorganisierte Produktionsprozesse die Suche nach Fehlerquellen. Weiterhin wird die "europäische Teilefamilie" (d. h. Mess-Steuer-Regelungstechnik, Armaturen, Ventile, Pumpen, Schaltschrank usw.) gegenüber der "amerikanischen Teilefamilie" als moderner eingeschätzt. In einer Fabrik wird in der Regel nur eine Teilefamilie eingesetzt, so dass die höhere Attraktivität der "europäischen Teilefamilie" einen zusätzlichen Wettbewerbsvorteil für deutsche Anbieter darstellt.

Unternehmen aus den BRICS-Staaten, die von deutschen Unternehmen beauftragt werden, erstellen vor Ort fest verbaute Gebäude und Anlagenteile. Teilweise erfolgt auch die Planung dieser Strukturen durch Partner im Zielland, wobei die notwendige Anpassung an die Qualität der Bauausführung zu berücksichtigen ist (s. o.). Die weiteren Anlagenteile ("das Herzstück") werden aus Deutschland oder Westeuropa importiert. Einheimische Zulieferer für Komponenten sind nicht bekannt, es wird auf das Interesse der Chinesen an einer eigenen Technologieproduktion verwiesen.

5.2.3.4 Erfahrungen in Deutschland und Ausblick auf BRICS

Die Einführung der persönlichen Haftbarkeit des Managements und die Bewertung von Schäden durch Umwelteinwirkungen einer Anlage als Straftatbestand im deutschen Umwelthaftungsgesetz werden als entscheidender Anstoß zu einem Umdenken in den Konzernleitungen der industriellen Kunden für Abwassertechnologien genannt. Ein ausgeprägtes Umweltbewusstsein vonseiten der deutschen Behörden, Industrie und Mitarbeiter begünstigte die Diffusion von Abwasserreinigungstechnologien. Nach Auffassung der Experten werden kostendeckende Abwassergebühren in Zukunft eine entscheidende Rolle spielen, weshalb von der EU-Wasserrahmenrichtlinie positive Effekte erwartet werden. Für die Diffusion dezentraler Kleinkläranlagen in Deutschland gelten zusätzlich die bundesgesetzliche Verpflichtung zur Nachrüstung von Einzelanwesen sowie Betreibermodelle, die die Klärleistung samt Überwachung als Paket anbieten, als fördernd.

Hemmend ist in Deutschland vor allem der aktuelle Fachkräftemangel. Um über spezialisierte und an das Unternehmen stärker gebundene Fachkräfte zu verfügen, wird die Ausbildungs- und Weiterbildungstätigkeit in Deutschland forciert. Speziell für die Diffusion von Kleinkläranlagen sind die zwischen den Bundesländern variierenden Regelungen zur Überwachung dezentraler Anlagen ein zusätzlicher Hemmfaktor.

Für den Innovations- und Diffusionsprozess von Kleinkläranlagen spielt der Markt in den BRICS-Ländern bisher keine Rolle. Im Vordergrund steht die Erschließung des europäischen Marktes. In den BRICS-Staaten besteht vordergründig Aufholbedarf im Bereich der mechanisch-chemischen Abwasserreinigung. Aufgrund des geringen Anschlussgrades an zentrale Kanalisationsnetze in den BRICS-Staaten kann sich dies längerfristig ändern.

5.2.3.5 Fazit

Gesetzliche Auflagen in China und Russland finden keine oder mangelhafte Umsetzung. Als wesentlicher Grund wird mangelndes Umweltbewusstsein der einheimischen Industrie, Behörden und Mitarbeiter gesehen. Die Förderung des Umweltbewusstseins der unterschiedlichen Anspruchsgruppen in den Zielländern ist daher ein wichtiger Ansatzpunkt für die Diffusion von Abwassertechnologien.

Der direkte persönliche Kontakt und die Anpassung an landestypische Gegebenheiten haben bei der Verbreitung von Abwasserreinigungstechnologien in BRICS eine große Bedeutung. Hier können internationale Unternehmen, die in die BRICS-Länder expandieren, als wichtige Türöffner für deutsche Technologieanbieter fungieren. "Leuchtturminvestitionen" erhöhen die Wahrnehmung deutscher Technologien in BRICS.

Zwischen den BRICS-Ländern und Deutschland wurden starke Ausbildungsunterschiede deutlich, die eine Zusammenarbeit erschweren. Ein genereller Fachkräftemangel in Deutschland beschränkt die Expansionsaktivitäten deutscher Unternehmen.

5.2.4 Materialeffizienz

Zum Themenfeld Materialeffizienz wurden zwei Unternehmen befragt. Thematische Schwerpunkte der Gespräche waren Lackiersysteme auf Wasserlackbasis für Automobile sowie ein Verfahren zur Verwertung von Shredderrückständen aus dem Recycling von Altautos und Elektrogeräten.

5.2.4.1 Treiber und Hemmnisse der Nachfrage in BRICS nach wasserlackbasierten Lackiersystemen in der Automobilindustrie

Der Automobilsektor in Brasilien und Südafrika besteht allein aus internationalen Automobilherstellern. Diese sind auch in China wichtige Akteure. Aus Expertensicht prägen sie die Nachfrage nach wasserlackbasierten Lackiersystemen in BRICS-Ländern, da sie bestrebt sind, gleiche Technologien einzusetzen wie in ihren Stammländern, um gleiche Qualitätsniveaus zu erreichen, eine Vorreiterrolle einzunehmen und mögliche Rufschäden durch „Umweltsünden“ im Ausland zu vermeiden. Für den Ausrüster kann die Auslandsverlagerung seines deutschen Kunden in die BRICS-Länder zum Türöffner und Einstieg in die Geschäftstätigkeit dort dienen. In China entstand ein regelrechter Wettbewerb unter den Automobilherstellern, wer als erster Wasserlack einsetzt. Den mit Deutschland vergleichbaren Wissensstand erklärt ein befragter Experte mit der internationalen Aufstellung der Kunden. Vorzüge der Anlagen sind gut zu vermitteln.

Russland und Indien sind mit Wasserlacken sehr zurückhaltend. Es sind nur wenige ausländische Hersteller auf dem indischen Markt. Die heimischen indischen Autohersteller haben eigene Technologien und bevorzugen Lackiersysteme auf Lösemittelbasis. In Russland sind keine Wasserlacke am Markt verfügbar. Internationale Lackkonzerne und Lackieranlagenhersteller bemühen sich hier nun um ein gemeinsames Vorgehen. Generell tendieren beide Märkte zu „low cost“ Fahrzeugen. Deutsche Technologien sind nach Einschätzung des Befragten „overengineered“ und einfachere technische Lösungen – unter Beibehaltung des positiven Umwelteffektes – teilweise schwer umzusetzen.

Ein Treiber der Nachfrage nach wasserlackbasierten Lackiersystemen in Deutschland und den BRICS-Ländern ist die Regulierung. In Deutschland war die Umweltgesetzgebung zum Immissionsschutz, v. a. die TA Luft, eine zentrale Rahmenbedingung für die Entwicklung emissionsarmer Techniken. In den BRICS-Ländern wenden die Niederlassungen deutscher Konzerne ebenfalls die deutsche Gesetzgebung an. Dies sind in der Regel die strengsten Vorgaben. Wenn im Einzelfall die lokalen Bestimmungen strenger sind, sind diese maßgeblich. Russland hat beispielsweise strengere Einleitwerte für Abwasser.

5.2.4.2 Akteursstrukturen bei wasserlackbasierten Lackiersystemen

Wie auf Kundenseite ist auch auf Seite der Hersteller wasserlackbasierter Lackiersysteme der Markt in Brasilien von international agierenden Unternehmen geprägt. Brasilianische Hersteller spielen als Konkurrenten keine Rolle. In China gibt es dagegen starke lokale Konkurrenz. Teilweise hat sich diese aus früheren Zulieferern

entwickelt. Auch wenn daher Kooperationen in der Fertigung gemieden werden, ist aufgrund der hohen Fluktuation von Personal noch immer ein hoher Wissensabfluss gegeben. Als wirksame Gegenmaßnahme wird die schnelle Weiterentwicklung der eigenen Wissensbasis gesehen.

Lackanbieter sind wichtige Zulieferer. Hier sind einige wenige internationale Unternehmen wie z. B. BASF oder Nippon-Paint maßgeblich. Zulieferer vor Ort decken die Blechbearbeitung für die Fertigung der Lackieranlagen ab, so z. B. in Brasilien. Weitere Kontakte mit Akteuren vor Ort spielen darüber und über die Kundenbeziehungen hinaus keine Rolle. Forschung und Entwicklung führt das befragte Unternehmen in BRICS-Ländern nicht durch, sie sind v. a. auf Deutschland und die USA konzentriert. Insgesamt werden die Wissensaustauschprozesse zwischen Deutschland und den BRICS-Ländern als einseitig wahrgenommen: eine Rückkopplung vom Diffusionsprozess in BRICS nach Deutschland gibt es nicht. Die Wissensflüsse finden nur in umgekehrter Richtung statt.

5.2.4.3 Verwertung von Shredderrückständen in Deutschland

Die Aussagen zu Lackiersystemen im Automobilbereich zeigen, dass sich die Produktionsprozesse bei der Fahrzeugfertigung und ihren Vorstufen in Deutschland und BRICS stark annähern. Am Ende der Nutzungsphase – bei der Altautoverwertung – sind die Wege jedoch sehr unterschiedlich. In der EU wurden die Fahrzeughersteller mit der Altfahrzeugrichtlinie 1999 für die ordnungsgemäße Entsorgung verantwortlich gemacht. Inzwischen sind die Rohstoffpreise stark gestiegen, so dass Altfahrzeuge u. a. für die Automobilindustrie selbst eine aus strategischen Gründen wichtige Quelle für (Sekundär-) Rohstoffe darstellen. Diese gesetzlichen und marktlichen Rahmenbedingungen haben die Weiterentwicklung der Recyclingtechnologie für Altfahrzeuge in Deutschland vorangetrieben. Eine sehr gute Ausgangsbasis dafür war das sehr differenzierte Recyclingsystem in der ehemaligen DDR. Bezüglich der technologischen Wissensbasis sieht der Befragte Deutschland sehr weit vorn. Eine besondere Herausforderung sieht er darin, ein geeignetes Zuliefer- und Abnehmernetz zu schaffen, das die einzelnen Anlagen aus der Verwertungspyramide optimal zusammenführt. Dabei müssen landes- oder regionalspezifische Stoffströme und Transportwege berücksichtigt und die mechanischen Anforderungen an die einzelnen Fraktionen des Recyclats für jeden Abnehmer optimiert werden.

Die Technologie kämpft mit starken Umsetzungshemmnissen. Bis dato ist es nicht gelungen, eine Referenzanlage in Deutschland zu bauen. Wesentliches Hemmnis ist, dass trotz der Bestimmungen in der TA Siedlungsabfall viele Deponien weiterhin für Shredderrückstände geöffnet sind und eine preisgünstigere Entsorgungsmöglichkeit

darstellen. Aufgrund von erheblichem Druck aus der Branche hält es der Befragte für wahrscheinlich, dass die Deponien ab 2012 für verwertbare Abfälle geschlossen werden. Ein weiteres Hemmnis ist die Abwanderung des Abfalls aus der EU v. a. nach China. Nach Angaben des Befragten hat sich seit 1989 die Quote der Verwertung von Altfahrzeugen von 50 % auf ca. 15 - 20 % verringert. Begründet wird dies mit der Kostenrelation zwischen der Entsorgung mittels Shredderverfahren und den im Vergleich niedrigeren Transportkosten, die beim Export der Altfahrzeuge nach China oder Indien anfallen. Als weiterer Treiber für Abfallexporte werden widersprüchliche gesetzliche Regelungen angesehen, wie bspw. Abfallgesetzgebung und REACh[30].

Die hohen Abfallexporte wurden in den Interviews aus einem weiteren Grund problematisiert: Bei der Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus Abfällen kommen teilweise Recyclate zum Einsatz, d. h. Recyclingbetriebe treten gleichzeitig als Nachfrager von Recyclaten auf. Werden Abfälle exportiert statt in Deutschland recycelt, schmälert dies folglich die Nachfrage nach Recyclaten. So war z. B. geplant, einige Fraktionen als Schlackebildner für die Gewinnung von Metallen aus Elektronikschrott zu nutzen. Doch der Elektronikschrott wurde exportiert und von China aufgekauft.

5.2.4.4 Verwertung von Shredderrückständen in BRICS

Das befragte Unternehmen hat bis dato keine Anlagen zur Verwertung von Shredderrückständen in die BRICS-Länder exportiert oder dort gefertigt. Mit Ausnahme Chinas werden diese Länder in der Abfallverwertung technologisch deutlich hinter Deutschland gesehen. In China geschieht die Abfallverwertung mit wesentlich stärkeren Umweltbelastungen. Das befragte Unternehmen erwartet, dass es in naher Zukunft in allen BRICS-Staaten mit ähnlichen Regulierungen konfrontiert ist wie in der EU.

Einen Export der Technologie nach Brasilien und Südafrika könnte sich das Unternehmen vorstellen, wenn sich die Umweltgesetzgebung und die gesamte Verwertungskette von der Demontage über Shredderer bis zu den Abnehmern der Recyclate günstig entwickeln. In Südafrika und Brasilien besteht bereits eine hochqualitative Industrie, die das Unternehmen für eine kooperative Konzeption eines regionalen

30 Anm. der Verfasser: Hintergrund dieser Einschätzung ist die Diskussion darum, ab wann Abfall seine Abfalleigenschaft verliert und in Form eines Sekundärrohstoffs zum Produkt wird. Als Abfall unterliegt er der Abfallgesetzgebung, als Produkt unterliegen Sekundärrohstoffe der REACh-Gesetzgebung, d. h. unter anderem, dass die Vermarkter sie unter Bereitstellung bestimmter Daten (bspw. Stoffeigenschaften) registrieren müssen. Die Einführung von REACh und die Unklarheiten, wie Recyclingbetriebe davon betroffen sind, haben zu hoher Verunsicherung in der Branche geführt (www.reach.bvse.de, 26.07.2007; BDE 2006).

Verwertungssystems geeignet hält. Inländische Partner und die privatwirtschaftliche Tragfähigkeit des Konzepts werden als Voraussetzung für die Umsetzung gesehen. Die Rolle des deutschen Technologielieferanten würde sich auf den Export und eine „Coach“-Funktion beschränken. Als Standort kommen aus Sicht des Befragten nur Ballungszentren in Frage, weil nur dort das Angebot an Altfahrzeugen und die Abnehmer der unterschiedlichen Recyclate gegeben sind.

Für die Ausweitung der Geschäftstätigkeit in Südafrika und Brasilien spricht die Erwartung, dass diese Länder sich trotz Einsatz fortgeschrittener Recycling-Technologien nicht zu Konkurrenten um verwertbare Abfälle entwickeln, weil sie selbst genügend Rohstoffe besitzen. China wird dagegen als Konkurrenz um verwertbaren Abfall gefürchtet, denn Rohstoffe und verwertbare Abfälle sind dort relativ knapp. Von politischer Seite hat China Gespräche mit dem befragten deutschen Technologiehersteller geführt, in denen Interesse an der Technologie zur Verwertung von Shredderrückständen und die Absicht zur Einführung einer Richtlinie zur Altfahrzeugbeseitigung bekundet wurde. Da derzeit nur relativ wenig Altfahrzeuge anfallen (ca. 5000 Stück pro Jahr), wurde von chinesischer Seite die Frage nach Importmöglichkeiten von Altfahrzeugen aufgeworfen. Das deutsche Unternehmen sieht dadurch seine mit der Technologie verfolgten strategischen Ziele zur Sicherung der eigenen Rohstoffversorgung gefährdet. Dennoch will es sich den Entwicklungen in China nicht verschließen, sondern sich den Besonderheiten dieses Markts stellen (u. a. mangelnder Patentschutz, Zwang zu Joint Ventures).

Die Nachfrage der Shreddertechnologie durch Indien wird wie bei China eher gefürchtet als erhofft. Allerdings werden in Indien die Infrastrukturvoraussetzungen für die Technologie noch nicht gesehen. Auch in Russland ist die notwendige Akteursstruktur in der Verwertungspyramide nicht ausreichend entwickelt. Allerdings wird Russland im Gegensatz zu China und Indien nicht als potenzieller Konkurrent um verwertbare Abfälle wahrgenommen, weil es viele eigene Rohstoffe besitzt.

5.2.4.5 Fazit

Die Mechanismen zur Beschleunigung von Innovations- und Diffusionsprozessen im Themenfeld Materialeffizienz sind so vielfältig wie die darunter fallenden Technologien. Augenfällig ist die Nutzung bestehender Akteurskooperationen für die Verbreitung der hier betrachteten „Schlüsselinnovationen“ in den BRICS-Ländern. Insbesondere werden Beziehungen mit deutschen Kunden für die Ausrüstung ihrer Niederlassungen in BRICS-Ländern genutzt. So verbreiten sich bspw. wasserlackbasierte Lackiersysteme.

In beiden Technologie-Beispielen wird die Diffusion durch Regulierung beeinflusst. Ausstrahleffekte deutscher Umweltregulierung in die BRICS-Länder sind besonders für

wasserbasierte Lackiersysteme hervorzuheben. Sie werden durch proaktives Verhalten deutscher international aufgestellter Konzerne bewirkt, die auch im Ausland nach deutschem Umweltrecht produzieren.

Kooperationspotenziale mit Beitrag zur Nachhaltigkeit lassen sich in mehreren Bereichen identifizieren. Für wasserbasierte Lackiersysteme gilt es, ihre bisherige Rolle als „Insellösung“ zwischen internationalen Ausrüstern und Automobilherstellern zu durchbrechen. Ihr Transfer in die heimischen Automobilindustrien in Russland, Indien und China steht erst noch bevor. Dazu müssten aber technisch einfachere Lösungen entwickelt werden. Die Kooperationspotenziale bei der Technologie zur Verwertung von Shredderrückständen sind überschattet von der wahrgenommenen Konkurrenz um verwertbare Abfälle und Sekundärrohstoffe zwischen Deutschland und den BRICS-Ländern, v. a. China.

Schließlich bleibt festzuhalten, dass für die befragten Akteure der Fokus nicht auf die BRICS-Länder beschränkt ist. Für sie sind neben den BRICS-Ländern auch andere Schwellenländer wichtig, z. B. die sogenannten „Next eleven“[31], darunter auch Mexiko, Iran, Türkei, Vietnam.

5.2.5 Mobilität und Logistik

Im Themenfeld Mobilität und Logistik wurden fünf Unternehmen befragt. Thematische Schwerpunkte der Gespräche waren nachwachsende Rohstoffe und ihre Verwendung für Biotreibstoffe der zweiten Generation[32], Emissionsminderungstechnologien für Lkw, Schienenverkehrssysteme in China und CO_2-freie Logistikdienstleistungen. So gliedern sich auch die folgenden Abschnitte.

---

31 Unter den Next Eleven versteht man eine im Dezember 2005 von Goldman Sachs veröffentlichte Liste von elf Ländern, die einen ähnlichen wirtschaftlichen Aufschwung erleben könnten wie die BRICS-Staaten. Folgende Länder zählen zu den „Next Eleven“: Ägypten, Bangladesch, Indonesien, Iran, Mexiko, Nigeria, Pakistan, Philippinen, Südkorea, Türkei, Vietnam (http://de.wikipedia.org/wiki/Next_Eleven, 04.05.2007).

32 Charakteristisch dafür ist, dass die Pflanze als Ganze und nicht nur ihre Frucht verwendet wird. Beispiele hierfür sind synthetische Kraftstoffe auf Biomasse-Basis (Biomass-to-Liquid, BtL) oder eine Ethanolherstellung, die auf dem Aufschluss der Lignozellulose beruht. Zur Unterscheidung der Biokraftstoffe und für weitere technische Details s. auch meo et al. 2006.

5.2.5.1 Nachfrage nach synthetischen Biokraftstoffen in BRICS

Wie im Themenfeld Materialeffizienz spielt die Rohstoffsituation bei synthetischen Biokraftstoffen (Biomass-to-Liquid BtL) eine zentrale Rolle. Da es sich um ein Substitut zu Öl handelt, sind hohe Ölpreise Treiber dieser Technologie. Technisch gesehen gibt es Konvergenzen zwischen BtL-Verfahren und Kohleverflüssigung: Die Verfahren sind im letzten Verfahrensschritt – der Umwandlung von Synthesegas in Kraftstoff – identisch. Außerdem ist bei der Kohlevergasung eine Beimischung von Biomasse möglich. Länder mit hohen Kohlevorkommen, die auch Kohleverflüssigung betreiben (wollen), sind daher für den Einsatz von BtL-Verfahren prädestiniert. Dies trifft neben Indien und Südafrika auch auf China zu: es betreibt viele Entwicklungsaktivitäten für die Kohlevergasung mit eigenen und importierten Technologien. Als Treiber für BtL wirkt die rasant wachsende Energienachfrage, die Fragen der Energieversorgung hohe politische Priorität verleiht. Insbesondere im Transportbereich wird nach Angaben des Befragten von chinesischer Seite eine so große Nachfrage erwartet, dass eine Deckung über Importe unrealistisch erscheint. Weitere Treiber sind die großen Mengen an verfügbarer Biomasse, Umweltprobleme, die durch die derzeit praktizierte Biomasseverbrennung auf Feldern entstehen, und der politische Wunsch, Beschäftigung in der Landwirtschaft zu schaffen, um der Landflucht entgegenzuwirken. Zudem ist die Umsetzungsgeschwindigkeit von politisch gewollten Entwicklungen in China sehr hoch, Genehmigungsverfahren sind den Erfahrungen der Befragten zufolge unproblematisch. Gleichzeitig problematisieren die Experten, dass die notwendige Biomasse-Logistik schnell das Verkehrsnetz in China überlasten könnte. Zur Erreichung der Wirtschaftlichkeitsschwelle müssen zudem die politischen Rahmenbedingungen für BtL erst noch geschaffen werden. Deutsche Unternehmen wirken daran mit, indem sie Erfahrungen mit den deutschen Rahmenbedingungen, Förderpolitiken und Akteuren einbringen.

Auch Indien ist ein kohlereiches Land mit geringen eigenen Vorkommen an Erdöl und -gas. Auf Basis deutscher Anlagen wird dort Kohlevergasung betrieben. Auch Biokraftstoffe der ersten Generation werden hergestellt. Die Verfügbarkeit von Biomasse in Indien wird unterschiedlich eingeschätzt. Indien ist wie China sehr daran interessiert, synthetische Biotreibstoffe herzustellen, um den stark wachsenden Bedarf zu decken und Beschäftigung in der Landwirtschaft zu schaffen. In China wie in Indien wird die Produktion von Kraftstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe auch in CDM-Projekten (s. Abschnitt 5.3.2) mit deutscher Beteiligung verfolgt.

Südafrika ist ebenfalls ein kohlereiches Land ohne eigene Vorkommen an Erdöl. Durch die Apartheidpolitik und die deswegen verhängten internationalen Sanktionen war das Land lange von Importen abgeschnitten und entwickelte deshalb andere Möglichkeiten, um Treibstoffe zu gewinnen. Es war deshalb schon früh in der Kohlevergasung aktiv.

Diese Anfangszeiten werden als Keimzelle für die deutsch-südafrikanische Kooperation auf diesem Technologiegebiet gesehen. Heute kommt ein hoher Anteil der südafrikanischen Kraftstoffe aus Kohlevergasung und stellt hochwertiges „Designerfuel“ dar, das sehr gute Möglichkeiten für Emissionsminderungstechnologien im Verkehrssektor eröffnet. Auf dieser Basis wendet man sich jetzt verstärkt synthetischen Biokraftstoffen zu. Allerdings müssen die Rahmenbedingungen, speziell die Förderung erneuerbarer Energien, erst noch weiter entwickelt und umgesetzt werden.

In Brasiliens Primärenergiemix spielt heimische Kohle nur eine untergeordnete Rolle. Die technische Nähe von BtL mit Kohlvergasung ist deshalb nicht relevant. Bisher ist Brasilien vor allem in der Ethanol-Produktion stark. Dabei bleiben, wie bei der Zuckerproduktion, große Reste an Biomasse (Bagasse) übrig, die zur Herstellung synthetischer Biokraftstoffe verwendet werden könnten. Treiber sind wie in China und Indien CDM-Projekte, aber auch Diversifizierungsstrategien der Ölkonzerne und - politisch gesehen - die Aspekte der Energiesicherheit und der Arbeitsplatzeffekte von "home-made fuels". Russland startet zurzeit eine beträchtliche Anzahl an Bioethanol-projekten und hat Interesse an deutschen BtL-Verfahren signalisiert.

5.2.5.2 Kooperationen zwischen Deutschland und den BRICS-Ländern zur Herstellung synthetischer Biokraftstoffe

Im Bereich synthetischer Biokraftstoffe wurde von einigen laufenden Kooperationen berichtet. Die Kooperation zwischen Deutschland und China im Bereich Biokraftstoffe läuft unter anderem im Rahmen der "German Chinese Sustainable Fuel Partnership" (GCSFP). Sie forciert den Einsatz von Biokraftstoffen, synthetischen Kraftstoffen und Wasserstoff im Verkehrsbereich in China, u. a. durch Pilotanlagen und Fahrzeugflotten für Demonstrationszwecke. Auf deutscher Seite arbeiten neben der Bundesregierung Unternehmen aus der Automobilbranche, der Mineralölbranche, der chemischen Industrie und dem Anlagenbau mit. Die dena unterstützt das Projekt organisatorisch. Auf chinesischer Seite sind neben dem China Automotive Technology and Research Center (CATARC) Partner aus Automobilindustrie, Energiewirtschaft, Hochschulen und Verbänden sowie Behörden an der Partnerschaft beteiligt[33].

Die im Interview betrachtete Kooperation wird über Kooperations- und Lizenzverträge mit chinesischen Partnern umgesetzt, da das befragte Unternehmen selbst keine Fertigungskapazitäten besitzt. Zentraler Partner zur Errichtung einer Demonstrations-

---

33 s. auch http://www.dena.de/de/themen/international/schwerpunkt-china/projekte/projekt/gcsfp-2/ (02.05.1007)

anlage mit Begleitforschung ist eine deutsch-chinesische Firma, die über einen Messekontakt gewonnen wurde. Wie in anderen Themenfeldern wird die Gefahr gesehen, dass die Anlage kopiert wird. Im speziellen Fall ist das befragte Unternehmen zuversichtlich, dass der deutsch-chinesische Partner diese Gefahr durch geeignete Verträge mit den Kooperationspartnern einschränkt. Den Erfahrungen des Befragten zufolge darf nicht das gesamte Wissen eines Unternehmens offenbart werden. Für die Umsetzung ist vereinbart, dass Komponenten von deutschen Firmen geliefert werden, die auch Partner in Pilotvorhaben in Deutschland waren und dort Eigenleistungen erbracht haben. Fragen der Biomasse-Logistik obliegen dem chinesischen Partner. Die Demonstrationsanlage wird in einem Industriepark installiert, weil die Infrastruktur in diesen „High-Tech-Zonen“ sehr gut ist. Forschungsseitige Kooperationen werden jetzt mit einer Universität entwickelt. Insgesamt schätzt der Befragte China im Anlagenbau und bei Engineering-Kapazitäten als sehr gut ein. Wenn grundlegende Ideen vielleicht auch noch eher in Deutschland entstehen, wird ein schnelles Aufnehmen und Umsetzen der Ideen in China erwartet. Aus Expertensicht steht dahinter der hohe gesellschaftliche Stellenwert des perfekten Kopierens. Sie erwarten jedoch, dass das Kopieren - ähnlich wie in Japan - eine Phase darstellt, die bald auch in die Entwicklung eigener Ideen übergehen wird.

In Südafrika knüpfen internationale Akteursbeziehungen an die bestehende Verbindung im Bereich der Kohlevergasung an. Es gibt gemeinsame FuE-Projekte mit südafrikanischen Unternehmen. Eigene südafrikanische Entwicklungskapazitäten bestehen im kleinen Rahmen, sind aber bisher nicht mit eigenen Technologien in der Umsetzung. Verbindungen bestehen auch zu südafrikanischen Forschungseinrichtungen, konkret dem South African National Energy Research Institute SANERI [34], das unter anderem untersucht, über welche Potenziale Südafrika bei sauberen Energien verfügt. Für BtL wird aber die Industrieforschung (z. B. von Sasol) als wichtiger erachtet.

Mit den übrigen BRICS-Ländern haben die Befragten noch kaum Kooperationserfahrungen. Nach ihren Aussagen gibt es in Russland keine speziell auf den Bereich BtL ausgerichteten Kompetenzen. Wegen beschränkter Personalkapazitäten der Befragten wurden noch keine Kooperationsprojekte mit Russland ins Leben gerufen. Auch in Brasilien ist die weitere Kooperation noch offen. Die Wissensbasis zur Herstellung von Bioethanol wird dort als gegeben gesehen. Verfahren zur Herstellung von Treibstoffen aus Bagasse werden vor Ort entwickelt. Dies wird vor allem im Bereich der Hochschulen vorangetrieben, Demonstrationsprojekte gibt es noch nicht.

---

34 s. auch http://www.dst.gov.za/landscape/pubresearch/pubresearch_12.php (03.05.2007)

Nach Einschätzung eines Befragten fällt das technische Niveau deutlich hinter Deutschland zurück.

5.2.5.3 Verbreitung synthetischer Biokraftstoffe in Deutschland

Aus Expertensicht ist Deutschland bei BtL gut positioniert. Andere Länder gehen bei der Biomasseverwertung stärker Richtung Verstromung oder – wie die USA - Richtung Ethanol. Diesem kann Benzin beigemischt werden. In den USA ist Benzin verbreiteter als Diesel. Förderlich für synthetische Biokraftstoffe ist die politische Zielsetzung, erneuerbare Energien aus nachwachsenden Rohstoffen zu gewinnen, auch wenn die FuE-Aktivitäten in Deutschland schon früher begonnen wurden. Die Herausforderung der CO_2-Minderung bei Fahrzeugemissionen schafft zusätzlich Dynamik in dem Bereich. Die Lösung wird in der Vorkette zum Kraftstoff gesehen.

Biodiesel-Produzenten beginnen in Richtung BtL umzudenken. Für sie bieten diese Prozesse die Möglichkeit, ihre Reste weiterzuverarbeiten. Eine Neuerung in der Akteurskonstellation in Deutschland ist die Beteiligung der Mineralölwirtschaft an BtL-Aktivitäten. Durch die gute Dieseltechnik in Deutschland hat der Dieselverbrauch zugenommen. Deshalb müssen Diesel zugekauft oder die Raffinerien umgerüstet werden. Beides ist kostspielig. Daraus erwächst in jüngerer Zeit ein Interesse der Mineralölwirtschaft für Kraftstoffe aus Biomasse.

Gegenüber den BRICS-Ländern wird der Wissensabstand insgesamt als groß eingeschätzt. Dies wird als Vorteil gesehen, denn es fördert nach Einschätzung des befragten Unternehmens den Absatz der BtL-Anlage inklusive eines Komplettservice, der z. B. Fragen der Rohstofflogistik und der Anpassung des Treibstoffs an die Bedingungen und Qualitätsanforderungen der Abnahmeseite beinhaltet. Auch Ausbildung von Personal zum Betrieb der Anlage wird angeboten. Der Wissensvorsprung Deutschlands wird von den Experten auf die technischen Kenntnisse in der Kohlevergasung zurückgeführt, die früh geeignete Partnerschaften zwischen angewandter Forschung und Anlagenbau ermöglicht haben. Die Stärken Deutschlands im Bereich erneuerbarer Energie erzeugen den Interviews zufolge dagegen weniger Synergien zu BtL, weil die Entwicklungen sehr technologiespezifisch sind.

Als hinderlich für die Weiterentwicklung von BtL könnte sich eine Nutzungskonkurrenz um die verfügbare Biomasse herausstellen. Problematisiert wird insbesondere, dass das EEG Biomasse in die Verstromung lenkt, die staatliche Rahmensetzung also die Nutzungskonkurrenz verstärkt. Generell wird die Anforderung der Verlässlichkeit an gesetzliche Rahmenbedingungen gestellt. Als Negativbeispiel werden die steuerlichen Änderungen bei Biodiesel herangezogen, die bei einigen Herstellern zu einer prekären Situation geführt haben. Vor dem Hintergrund der noch erforderlichen Entwicklungs-

zeiten halten es die Befragten für wichtig, frühzeitig Klarheit über die langfristige Förderpolitik zu erhalten. Bremsend wirkt auch der schnelle Eigentümerwechsel und die damit verbundene häufige strategische Neuausrichtung von Firmen in Deutschland. Schließlich gilt es zu bedenken, dass das Potenzial an verfügbarer Biomasse in Europa beschränkt ist. Vor dem Hintergrund der Importerfordernisse messen die Experten bestimmten (Zwischen-) Formen von Biomasse (z. B. Pyrolyseöl) wegen ihrer guten Transportmöglichkeit besondere Bedeutung bei. Andererseits nährt gerade dieser Punkt die Erwartung der Experten, dass biomassereiche Länder danach streben werden, einen größeren Teil der Wertschöpfung im eigenen Land aufzubauen. Das macht sie für die befragten Unternehmen zu wichtigen Kandidaten für eine Kooperation im Bereich von BtL.

Aus Sicht der Autoren dieser Studie ist bemerkenswert, dass in der Befragung negative Umwelteffekte des Biomasseanbaus kaum eine Rolle spielen. Ein möglicher Grund dafür ist, dass als Biomassequellen in den Interviews zumeist Pflanzenreste genannt wurden, die bisher keiner weiteren energetischen Nutzung zugeführt werden. Palmöl wurde jedoch ebenfalls als besonders für den Import geeignete Form der Biomasse erwähnt. Aktuelle Studien des WWF und des SRU zeigen, dass die Umweltbilanz dieser Form von Biomasse bei den heute überwiegenden Anbaumethoden eindeutig negativ ist (Reinhardt et al. 2007; SRU 2007). In der Erwartung weiterhin bedeutender Importe von Palmöl, die zudem durch das EEG staatlicherseits gefördert werden, empfehlen sie deshalb, Qualitätskriterien für den umweltverträglichen Anbau verbindlich einzuführen.

5.2.5.4 Regulierung und Nachfrage nach emissionsarmen Lkw

Neben CO_2-neutralen Kraftstoffen bilden Emissionsminderungstechnologien bei Straßenfahrzeugen einen weiteren wichtigen Ansatzpunkt, um die Emissionen des Verkehrssektors zu senken. Nach Einschätzung eines Befragten tätigen Kunden aus BRICS-Ländern nur minimale Investitionen in Abgastechnologien bei Lkw. Dabei sind sie sehr gut über den Markt und die verfügbaren Produkte informiert. Auch die deutsche Nachfrage und die Nachfrage deutscher Logistikunternehmen in BRICS-Ländern nach schadstoffarmen Lkw geht nicht über das gesetzlich geforderte Maß hinaus. Sie kaufen Produkte nach lokalen Zulassungsbestimmungen, d. h. zum Beispiel in Russland Euro-3-Fahrzeuge, selbst wenn sie in Deutschland Euro-4-Fahrzeuge einsetzen müssen. Eine Ausnahme sind Fahrzeuge, die für transnationale Fahrten eingesetzt werden. Dafür werden Euro-5-Fahrzeuge auch in BRICS-Ländern angeboten.

Die durch gesetzliche Abgasnormen für Lkw getriebene Nachfrage spielt eine wichtige Rolle (s. Übersicht in Tabelle 5-2). Die im internationalen Vergleich sehr anspruchs-

volle Regulierung in Deutschland wurde von dem befragten Unternehmen positiv beurteilt, da sie einen Vorsprung auf dem Weltmarkt bringe. Weitere Anreize - konkret die Mautreduktion, die in der EU und Deutschland für Euro-5-Lkw gewährt wird – sorgen dafür, dass Euro-5-Fahrzeuge jetzt schon gekauft werden, obwohl die Norm noch nicht in Kraft ist. Dies hat dazu geführt, dass sich in Deutschland der komplette Markt in Richtung der AdBlue-Abgasnachbehandlungstechnologie bewegt, weil Euro 5 nur damit erreicht wird. In Kürze werden aber Euro-5-Fahrzeuge auf den Markt kommen, die den Standard mittels innermotorischer Techniken erreichen. Treiber dafür ist der Markt in den USA, weil dort AdBlue nicht zugelassen ist und mit dem EPA 2007 Standard ein mit EURO 5 vergleichbarer Grenzwert eingeführt wurde.

Positiv wird gesehen, dass sich die BRICS-Länder an dem Schema der Euro-Abgasnormen und nicht an den US-Abgas-Standards für Lkw orientieren und damit die gleiche Regulationsbasis wie Europa haben[35]. Es gelten jedoch weniger strenge Grenzwerte, was die Verbreitung von emissionsarmen Lkw in BRICS hemmt. In Südafrika fehlen Abgasnormen ganz. Dies führt ein befragter Experte auf teilweise begründete Vorbehalte zurück, dass mit den fortgeschrittenen Abgastechnologien zusätzliche Kosten und Einbußen bei der Zuverlässigkeit verbunden sind. In China werden die in städtischen Ballungsgebieten geltenden strengeren Abgasnormen oft umgangen, indem chinesische Transportunternehmen ihre Lkw in Außenbezirken der Städte anmelden.

Tabelle 5-2: Abgasnormen für Lkw in BRICS+D

• Brasilien:	Euro 0/2 seit 1993[36], Euro 4 ab 1/2009
• Russland:	derzeit Euro 3; Euro 4 ab 2010 / 2011
• Indien:	Euro 2/3, Tendenzen zu Euro 4
• China:	Euro 4 in den Metropolen, weniger strenge Abgasnormen auf dem Land.
• Südafrika:	bisher keine Abgasvorschriften, ab 2009/10 Euro 4
• Deutschland:	derzeit Euro 4 und Mautreduktion für Euro 5; Verbindliche Einführung 2009

35 Hier wird auch von übereinstimmenden „Fahrzeughomologationswerten“ gesprochen. Homologation bezeichnet hier die Prozedur zur Überprüfung der Zulassungsfähigkeit eines Fahrzeugs in einem bestimmten Land.

36 http://www.dieselnet.com/standards/br/ (Stand: 06.06.2007)

Für die tatsächlichen Emissionen ist neben den Abgasnormen die Kraftstoffqualität ausschlaggebend. Bei mangelnder Qualität liegen die Emissionen trotz Erfüllung der Norm oft deutlich über den geltenden Grenzwerten. Expertenberichten zufolge ist beispielsweise in Brasilien der Schwefelgehalt im Kraftstoff so hoch, dass die Abgasnachbehandlung nicht funktioniert, ähnliches gilt für Russland und China. In Südafrika wird neben heimischem „Designerfuel“ Weltmarktdiesel in sehr verschiedenen Qualitäten eingekauft, der die Abgassituation verschlimmert. In Deutschland wurde der Schwefelgehalt im Kraftstoff gesenkt und die Qualität definiert. Damit bestehen gute Voraussetzungen für die Abgasnachbehandlung.

5.2.5.5 Angebots- und Zulieferstruktur für emissionsarme Lkw

Die (Nutz-) Fahrzeugindustrie ist in den BRICS-Ländern sehr unterschiedlich ausgeprägt. Russland, Indien und China haben große eigene Fahrzeugindustrien. Sie produzieren technisch vergleichsweise veraltete Produkte. Die Herstellkosten sind jedoch sehr optimiert, so dass diese Fahrzeuge 30 - 50 % unter deutschen Verkaufspreisen liegen. Deutsche Lkw sind nur in Nischen verkäuflich. Das befragte Unternehmen äußert die Hoffnung, dass sich der gesamte Markt in diesen Ländern Richtung höherer Qualität entwickelt, im PKW-Bereich wird dies schon beobachtet. Auch heimische Anbieter (z. B. TATA Indien) versuchen mitzuziehen, u. a. durch strategische Firmenkäufe koreanischer Fahrzeughersteller.

In Brasilien sind dagegen nur internationale Fahrzeughersteller präsent. Die Konkurrenzsituation wird deshalb ähnlich wie in Deutschland bzw. Europa gesehen. Das gleiche gilt für Südafrika. Die deutschen Hersteller sind hier relativ gut vertreten. Allerdings wird der südafrikanische Markt als relativ klein eingeschätzt (ca. 20.000 Nutz-Fahrzeuge pro Jahr).

Die für die Fertigung notwendigen Materialien und Komponenten werden vom befragten Unternehmen durch „Global Sourcing“ beschafft. Bei Guss- und Schmiedeteilen bestimmt der Weltmarktpreis für Stahl den Preis der Komponenten, außerdem lohnt der Transport nicht. Diese Teile werden möglichst vor Ort bezogen. In Brasilien ist das der einzige Bereich, in dem heimische Zulieferer eine Rolle spielen. Ansonsten greift man dort auf die gleichen Zulieferer wie in Deutschland zurück, die ebenfalls in Brasilien Niederlassungen haben. Insofern wird die Qualität der Zulieferungen als unkritisch angesehen.

Auch in Indien gibt es ein breites Spektrum von international aufgestellten Zulieferern. Bezüglich heimischen Zulieferungen für Guss- und Schmiedeteile berichtet das befragte Unternehmen von Schwierigkeiten. Zwar sind die heimischen Industrien vom Qualitäts- und Prüfprozess her stark, aber schwach bei der Festlegung von Prüfkrite-

rien. Solchen Situationen tritt man durch gezielte Entwicklung von Lieferanten entgegen, auch auf die Gefahr hin, dass davon die Konkurrenz profitiert. In Südafrika wird die Zulieferindustrie insgesamt, bis auf Leder und Gussteile, im Preis-Leistungs-Verhältnis weniger gut bewertet.

Weitere Teile, die aus BRICS-Ländern bezogen werden, sind solche mit moderater Technologieanforderung und einem hohen Anteil händischer Arbeit, wie z. B. Elastomerteile. Sie werden von den BRICS-Ländern im Rahmen des Global Sourcing auch für Standorte außerhalb der BRICS bezogen. Dies wird durch die gute Transportfähigkeit der Teile begünstigt. Für elektronische Systeme, z. B. Bremsanlagen, wird die Kompetenz in BRICS-Ländern als nicht ausreichend erachtet. In allen BRICS-Ländern bestehen Kontakte zu Organisationen der Zulieferer ähnlich dem VDA oder TÜV.

Die Zulieferer in Deutschland zählt das befragte Unternehmen zu den Stärken im Themenfeld „nachhaltige Mobilität und Logistik“, von denen der Bereich Abgastechnologien stark profitiert. Dazu zählt auch die im internationalen Vergleich sehr anspruchsvolle Regulierung und der dadurch geförderte Vorsprung auf dem Weltmarkt. Deutschland wird als Spezialist für Emissionsminderungen eingeschätzt, wenn auch weniger stark ausgeprägt als bei Antrieben. Eine Verbesserung der Wettbewerber in BRICS-Ländern wird gelassen gesehen. Da sich das Unternehmen im europäischen Wettbewerb gut behaupten kann, stellt dies keine zusätzliche Herausforderung dar.

5.2.5.6 Nachfrage nach Schienenverkehrssystemen in China

Wegen der großen Entfernungen wird China als „reiner Eisenbahnmarkt“ eingeschätzt. Im Güterverkehr und in der Logistik sehen die befragten Experten Verbesserungspotenziale. Bisher gibt es hier kaum freie Marktstrukturen, sondern staatlich kontrollierte Logistik-Netze. Deutsche Logistikanbieter mit Schwerpunkt Schienenverkehr sehen eine Chance, ihr Know-How (z. B. das Konzept der Dispatcher-Zentralen) zu vermarkten und haben erste Absichtserklärungen mit dem Ministry of Railways geschlossen. Für den Schienenpersonenverkehr spricht zusätzlich, dass insbesondere zu Stoßzeiten wie dem Chinesischen Neujahrsfest das Fahrgastauskommen sehr hoch ist. Hochgeschwindigkeitsstrecken boomen, denn auf bestimmten Strecken soll der Flugverkehr reduziert werden. Dies bringen die befragten Experten mit den Rohstoffreserven des Landes zusammen: China muss Erdöl importieren, um daraus Kerosin herzustellen, verfügt jedoch über hohe Reserven an Braunkohle, Steinkohle und Wasserkraft, um Elektrizität für den Betrieb von Hochgeschwindigkeitszügen zu erzeugen. Man will ein modernes Eisenbahnsystem, das auch hoch professionell vermarktet wird (Platzreservierung über Computer, Catering etc.).

Mit dem Ministry of Railways und einzelnen Städten ist in China die Nachfrage nach Schienenverkehrssystemen stark öffentlich geprägt. Den Erfahrungen des befragten Experten zufolge werden aus politischen Gründen chinesische Systeme bevorzugt nachgefragt – unabhängig von ihrer Qualität. Das Unternehmen sieht zunehmende Schwierigkeiten, sogenannte „Turnkey Solutions“ am Markt unterzubringen. Für ein solches „Rundum-sorglos-Paket“, das die nötigen technischen Module (z. B. Signaltechnik, Fahrleitung, Stromversorgung), deren Systemintegration und teilweise auch Dienstleistungen für Betrieb und Wartung (z. B. Fahrerausbildung) beinhaltet, findet es nur begrenzte Zahlungsbereitschaft. Notwendigkeit und Mehrwert der Systemintegration und der zusätzlichen Dienstleistungen werden nicht gesehen.

Zur Finanzierung großer Schienenverkehrsprojekte mussten ausländische Anbieter in der Vergangenheit oft die Finanzierung mitbringen (s. auch Kap. 5.3.1). Heute ist das chinesische Bankensystem selbst finanzkräftig. In der Regel fordert der (öffentliche) Kunde die Realisierung von Public-Private-Partnership-Modellen. Das bedeutet, dass der Anbieter Eigenkapitalbeiträge akquirieren muss. Oft werden dann auch lokale Investoren gesucht, die z. B. Bahnhöfe als Einkaufszentren nutzen wollen und zur Kreierung zusätzlichen Fahrgastaufkommens beitragen.

5.2.5.7 Hemmnisse für Kooperationen in China am Beispiel von Schienenverkehrssystemen

Anhand von Turnkey-Lösungen für Schienenverkehrssysteme lassen sich exemplarisch Kooperationshemmnisse mit China aufzeigen. Die Konkurrenzsituation und die starken Wissensabflüsse lassen hier schnell neue chinesische Konkurrenten emporkommen (z. B. sogenannte „Designinstitute“). Turnkey Lösungen zeichnen sich unter anderem durch die geleistete Systemintegration aus. Nach Erfahrung des Befragten sind die chinesischen Partner nach ein bis zwei gemeinsamen Projekten trotz anfänglich großem Wissensabstand der Meinung, diesen Part selbst übernehmen zu können. Der deutsche Anbieter strebt Kooperationen mit diesen neuen Konkurrenten an, um Consulting-Aufträge zu erhalten. Nur wenn es sich um besonders schwierige Projekte mit Termindruck handelt, werden deutsche Turnkey-Anbieter noch gewählt.

Begünstigt wird der starke Wissensabfluss durch die Auflage, dass Niederlassungen nur in Form von Joint Ventures mit 50 %iger chinesischer Beteiligung erfolgen dürfen. Expertenerfahrungen zufolge kann der chinesische Partner das, was im Joint Venture gebaut wird, ggf. in einem anderen Unternehmen duplizieren. Den Wissenstransfer sieht ein Befragter zusätzlich dadurch forciert, dass in Ausschreibungen bis zu 80 % lokalisierte Leistungen gefordert werden, d. h. Leistungen müssen mit lokalen Zulieferern oder durch Technologie-Transfer (z. B. in Form von Lizenzverkauf) oder in Joint Ventures erbracht werden. Gemeinsame Projekte im Schienenverkehrsbereich

werden trotz des Wissensabflusses und trotz geringer Aussichten auf Folgeprojekte durchgeführt, weil sonst andere (internationale) Wettbewerber zum Zug kommen. Letztlich fungieren die Turnkey Lösungen vor allem als Türöffner für technische Produkte des gleichen Herstellers in Folgeprojekten. Zudem werden sie als wichtiges Bindeglied zur Politik gesehen.

Ein weiteres Hemmnis für Turnkey-Lösungen von Schienenverkehrssystemen liegt im Betrieb. Der Staat gibt keine Garantien für ein bestimmtes Fahrgastaufkommen, gleichzeitig ist der Fahrpreis unter staatlicher Hoheit. Im Nahverkehr kommt es teilweise zum Parallelbetrieb von Bussen. Aus Expertensicht müssten die örtlichen Behörden bei Neueinrichtung einer Strecke dafür sorgen, dass die Konzession für bestehende Verkehrsströme nicht mehr verlängert wird, so dass ein Umstieg auf das neue System erfolgt. Als Treiber wirkt ein neues Modell mit Wettbewerbselementen, die sogenannten „Dedicated Passenger Lines“, in denen Eigner und Betreiber entkoppelt sind.

Eine Schwäche von Deutschland und Europa im Bereich Schienenverkehr liegt aus Expertensicht in der Vielzahl von Inkompatibilitäten, z. B. bei Stellwerken, der Spurweite der Fahrzeuge oder der unterschiedlichen Elektrifizierung. Im Fall der Signaltechnik wurde daraus eine Stärke entwickelt: Die politische Forderung eines europaweiten Verkehrs hat zur Neuentwicklung eines einheitlichen Signalsystems geführt (ETCS-Level 2). Dieses System wollen nun auch die Chinesen einführen. Allerdings nutzen sie die Konkurrenzsituation zwischen europäischen und japanischen Anbietern, um günstige Angebote zu erhalten und profitieren von einem späten Einstieg in die Technologie.

5.2.5.8 Nachfrage und Angebot CO_2-freier Logistikdienstleistungen

Mit Blick auf CO_2-freie Logistikdienstleistungen wurde die Einschätzung vertreten, dass der Markt dafür in den BRICS-Ländern noch nicht reif ist, u. a. weil sie sich bisher nicht aktiv im Klimaschutz engagieren. Auch in Deutschland ist die Bereitschaft, mehr für CO_2-freie Logistikdienstleistungen zu bezahlen, insbesondere bei der Hauptkundengruppe großer Unternehmen, nicht stark ausgeprägt. Die Pilotphase der Produkteinführung verlief zwar positiv, insgesamt beurteilt das befragte Unternehmen den Erfolg des Produkts aber eher mittelmäßig. Chancen sieht man in der Online-Frankierung, die den klimaneutralen Versand erlaubt und trotz geringer Bewerbung sehr stark frequentiert wird. Positiv bewertet wird, dass Klimawandel zunehmend in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung rückt. Aus Sicht des befragten Unternehmens erhöht dies die Sichtbarkeit seiner Dienstleistung und kann in Zukunft einen First Mover Vorteil bedeuten.

CO_2-freie Logistikdienstleistungen sind noch relativ jung im Markt. Das befragte Unternehmen sieht sich als Vorreiter. Als Vorbild diente ein schwedisches Produkt, ein

ähnliches Angebot gibt es sonst nur von UK Royal Mail. Bei internationalen Express-Dienstleistungen, also zeitdefinierten Produkten, die ein eigenes Marktsegment darstellen, ist man der erste und bisher einzige Anbieter. In der Pilotphase war die Kooperation mit zwei Versandhandelsunternehmen mit ökologisch orientiertem Produktprogramm von hoher Relevanz.

Das Angebot CO_2-freier Logistikdienstleistungen im untersuchten Fall beruht auf einem unternehmensinternen CO_2-Management mit unternehmensexternen und -internen Projekten zur CO_2-Reduktion, die mit den CO_2-Emissionen der zu neutralisierenden Logistikdienstleistungen verrechnet werden. Damit verbundenen sind anspruchsvolle Backoffice-Prozesse der Emissionsbe- und –verrechnung und des Marketings. Die Möglichkeiten der CO_2-Reduktion im Bereich der Logistik selbst werden als sehr begrenzt angesehen. Nach Aussage des Befragten gibt es noch keine Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben oder besonders geringem CO_2-Ausstoß. Die Nachfragemacht reicht nicht aus, um ein Angebot an CO_2-armen Nutzfahrzeugen zu initiieren. Gespräche mit anderen Logistikanbietern laufen, um sich gegenüber der Nutzfahrzeugindustrie klarer zu positionieren. Der befragte Nutzfahrzeughersteller sieht die Lösung aber nicht in der Kfz-Industrie, sondern in CO_2-neutralen Kraftstoffen.

Der Ersatz fossiler Kraftstoffe durch erneuerbare Energien in der Flotte ist bereits Gegenstand unternehmensinterner CO_2-Minderungsprojekte. Geplant sind entsprechende Projekte in BRICS, wo genau wird noch geprüft. Ausschlaggebend sind die Rahmenbedingungen - alternative Kraftstoffe müssen im öffentlichen Versorgungs- und Tankstellennetz verfügbar sein. Brasilien kommt allerdings nicht in Betracht. Die Verwendung von Ethanol ist dort Standard und zählt nicht als zusätzliche Reduktion im Sinne des CO_2-Managements des Unternehmens.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Restemissionen durch CO_2-Minderungsprojekte in anderen Sektoren auszugleichen. Beispiele dafür sind unternehmensinterne Projekte in Deutschland zur Energieversorgung eines Hubs mit Photovoltaik und einer BHKW-Anlage oder Projekte zu Energieeffizienzsteigerungen. Bei allen Projekten müssen die CO_2-Reduktionen quantifizierbar und zusätzlich sein. Auch in den BRICS-Ländern werden Projekte zur CO_2-Reduktion verfolgt, allerdings unternehmensextern. Das heißt, zum Ausgleich der CO_2-Emissionen werden Certified Emission Reduction Units (CERs) aus CDM-Projekten herangezogen; es werden aber explizit auch Verified Emission Reduction Units akzeptiert[37]. Aus Sicht des befragten Unternehmens sind bei CERs Bürokratie und Transaktionskosten so hoch, dass kleine Projekte, die nur eine geringe Menge an CO_2-Gutschriften hervorbringen, nicht zustande kommen. Zudem

[37] Zur Definition vgl. die Ausführungen zum Cleaner Development Mechanism unter 5.3.2.

bremsen die höheren Preise die Nachfrage nach CO_2-Gutschriften. Beispiele für realisierte Projekte sind ein Solarenergie-Projekt in Indien und ein Aufforstungsprojekt im Amazonasgebiet Brasiliens. Letzteres gestaltet sich nach Aussagen des Befragten wegen kultureller Unterschiede allerdings schwierig. Der Anspruch quantifizierbarer Maßstäbe für die CO_2-Reduktion, die auch einem Audit standhalten, widerspreche den Denkweisen und Mentalitäten vor Ort.

5.2.5.9 Fazit

Die befragten Experten stimmen darin überein, dass es in den BRICS-Ländern keine proaktive Nachfrage nach nachhaltiger Mobilität und Logistik gibt. Regulierung gilt in diesem Themenfeld in vielen Fällen als wichtiger Treiber für Innovations- und Diffusionsprozesse zum Nutzen der Nachhaltigkeit. Die Setzung anspruchsvoller Emissionsstandards für Lkw treibt die Technikentwicklung und die Nachfrage. Die Technikentwicklung wird nicht nur von den lokalen Standards beeinflusst, sondern von den international strengsten, wie jetzt den Standards in den USA.

Beschleunigend wirken auch chinesische Bestimmungen zur lokalisierten Leistungserbringung, selbst wenn diese zweischneidig gesehen werden. Ihrer hohen Effektivität in der Sicherung des Wissenstransfers von internationalen an chinesische Anbieter steht aus Unternehmenssicht kein entsprechender Nutzen für die internationalen Anbieter gegenüber. Wegen Konkurrenz unter mehreren internationalen Anbietern werden trotzdem Kooperationsprojekte eingegangen.

Kooperationspotenziale mit Beitrag zur Nachhaltigkeit lassen sich in drei Bereichen identifizieren. Da die Marktkräfte im Allgemeinen keine ausreichende Nachfrage nach nachhaltigen Mobilitäts- und Logistiklösungen generieren, könnte eine Kooperation bei der Entwicklung passender Rahmenbedingungen (z. B. Abgas-Mindeststandards) Potenziale zur Steigerung der Nachhaltigkeit erschließen. Voraussetzung ist die Einbettung „sauberer“ Technologien in ein funktionsfähiges Gesamtsystem. Hier deuten die Interviews auf Defizite hin, die sich in herabgesetzter Effektivität der „sauberen“ Technologie in BRICS äußern. Beispiele dafür sind ungeeignete Kraftstoffe für Abgasreinigungssysteme, aber auch der mangelhafte Vollzug rechtlicher Bestimmungen oder geringe Qualitätsansprüche der Nachfrager bspw. an die Systemintegration im Schienenverkehrswesen.

Schließlich könnte der Bereich CDM genauer auf Kooperationspotenziale im Bereich Mobilität und Logistik untersucht werden. Bisher ist die beschleunigende Wirkung von CDM in diesem Themenfeld auf Projekte im Bereich alternativer Kraftstoffe beschränkt. Hier bieten insbesondere BtL-Technologien Potenziale für BRICS-Länder und Deutschland gleichermaßen. Dabei ist die Rolle der BRICS-Länder nicht auf

Rohstofflieferung beschränkt. Vielmehr dient die Technologie auch der Vermarktung der Kraftstoffe vor Ort mit wirtschaftlichem Gewinn in den BRICS-Ländern selbst. Für den Ausbau von Kooperationen im Bereich BtL kann im Fall von China, Indien und Südafrika auf die deutsche Technologiekompetenz und Kooperationserfahrung bei Kohlevergasung zurückgegriffen werden.

5.3 Themenfeldübergreifende Ergebnisse

5.3.1 Finanzierung

Durch die Bereitstellung von Finanzierungsmöglichkeiten können Nachfrage und Diffusion von Technologien, die zur Nachhaltigkeit beitragen, erhöht und indirekt auch die Rahmenbedingungen in den hier betrachteten Themenfeldern beeinflusst werden. Die Finanzierungsperspektive beleuchtet insbesondere institutionelle Aspekte der Diffusions- und Innovationsprozesse. Um den Erfahrungshintergrund international tätiger deutscher Finanzinstitute mit hohem Bezug zu den hier untersuchten Themenfeldern einzubeziehen, wurden aufbauend auf Internetrecherchen Interviews mit drei Banken durchgeführt. Diese stehen für drei verschiedene Marktsegmente:

- Finanzielle Zusammenarbeit im Rahmen der deutschen Entwicklungspolitik;
- Finanzierung von Projekten privatwirtschaftlicher Akteure in Entwicklungsländern zu kommerziellen Konditionen, jedoch mit Schwerpunkt auf der Bereitstellung von Langfrist- und Risiko-Kapital und mit engem Bezug zur deutschen Entwicklungspolitik;
- Projektfinanzierungen zu kommerziellen Bedingungen im internationalen Kontext.

Die deutsche Entwicklungspolitik folgt dem Ankerländerkonzept. Außer Russland werden alle BRICS-Länder dieser Kategorie zugeordnet. Verglichen mit anderen Ländern werden die Finanzierungsmöglichkeiten für Unternehmen in BRICS-Ländern, insbesondere in China, besser eingestuft. Den Erfahrungen eines deutschen Unternehmens zufolge, das Turnkey-Projekte im Verkehrssektor in China realisiert, hat China inzwischen genügend eigene finanzielle Ressourcen und chinesische Banken engagieren sich selbst im Ausland. Die Sinnhaftigkeit der Finanziellen Zusammenarbeit mit China wird kontrovers diskutiert. Auch in Brasilien funktioniert der Finanzsektor inzwischen relativ gut, so dass eine Unterstützung durch Langfrist- und Risikokapital weniger notwendig erscheint.

Die finanzielle Zusammenarbeit hat kaum Berührungspunkte mit der Forschung. Sie setzt auf erprobte Technologien, wird also in einer relativ späten Phase des Innovationszyklus relevant. Schlechte Erfahrungen hat man mit „Innovationspro-

grammen“ gemacht, deren Gegenstand die Finanzierung deutscher Unternehmen für die Platzierung neuer Technologien in Entwicklungsländern war. Dadurch entstanden „Inseln ohne Anbindung ans Festland“ und es kam zu hohen Mitnahmeeffekten. Die Projekte, die heute im Mittelpunkt stehen, sind dennoch innovativ i. S. v. neu für die Länder, auch wenn die Technologien, z. B. Windkraftanlagen, etabliert sind.

Die Rolle der Finanziellen Zusammenarbeit in den einzelnen Themenfeldern ist unterschiedlich. Durch die Ökonomisierung der klassischen Infrastruktursysteme wie Energie und Verkehr (Einführung kostendeckender Preise etc.) wurden kommerzielle Finanzierungen tragbar. Die Finanzielle Zusammenarbeit konzentriert sich jetzt auf spezifische Bereiche, bei Energie z. B. auf erneuerbare Energien. Die deutsche bilaterale Finanzielle Zusammenarbeit zählt neben der Weltbank zu den wichtigsten Kapitalgebern für erneuerbare Energien in Entwicklungsländern. Interessierte staatliche oder halbstaatliche Institutionen aus Entwicklungsländern können eine Förderung (im Sinne von Zuschüssen) durch die Sonderfazilität für erneuerbare Energien und Energieeffizienz bei der Bundesregierung beantragen. Zudem werden Institutionen refinanziert, die – wie z. B. die Indian Renewable Energy Development Agency IREDA – Endkredite für Investitionen in erneuerbare Energien geben.

Aktivitäten im Bereich Energieeffizienz beziehen sich traditionell auf effiziente Energieerzeugung und –verteilung. Möglicherweise sind Teile der Finanzsektorförderung dem Thema Energieeffizienz zuzuordnen, zum Beispiel wenn finanzielle Förderprogramme der Nehmerländer für Gebäudeeffizienz refinanziert werden. Speziell beim Thema Energieeffizienz in Gebäuden werden allerdings kaum Chancen für die Finanzielle Zusammenarbeit gesehen, da zunächst die Versorgungssicherung als prioritär betrachtet wird und auch die institutionellen Rahmenbedingungen (u. a. Eigentumsfragen, niedrige Energiepreise) als schwierig eingestuft werden.

Auf den Transportsektor entfielen von 2000 bis 2005 12 % der zugesagten Mittel der Finanziellen Zusammenarbeit. Allerdings haben die Zusagen für den Transportsektor in den letzten Jahren sowohl absolut als auch relativ gesehen einen erheblichen Rückgang verzeichnet. Als Folge daraus fokussiert sich das Engagement in diesem Sektor derzeit nur auf eine begrenzte Anzahl von Partnerländern. Inhaltliche Schwerpunkte sind Schienentransport, ÖPNV, der Ausbau direkter Verbindungen zur Verkürzung der Reiseentfernung, die Einführung marktwirtschaftlicher Prinzipien (v. a. Verursacher/Nutzerprinzip) sowie Förderung schadstoffärmerer Technologien. So wird in China beispielsweise die Stärkung der Eisenbahn als energieeffiziente und umweltfreundliche Alternative zum Straßen- und Lufttransport gefördert. Auch in den Feldern Wasserwirtschaft und Materialeffizienz laufen Aktivitäten. Hier geht es vorrangig um „low tech“. Ein Großteil der Zielgruppe der Finanziellen Zusammenarbeit

lebt im ländlichen Raum. Dort sind die Abwässer v. a. organisch belastet und können aus Expertensicht mit reltiv einfachen Technologien geklärt werden. In der Abfallwirtschaft wird abgedichteten Deponien Vorrang vor Recycling eingeräumt.

Kommerzielle Projektfinanzierungen der befragten Bank im Kontext der deutschen Entwicklungspolitik liegen eher selten in den Themenfeldern dieser Studie. Nach der Erfahrung der befragten Bank sind die Gelegenheiten, Projekte zu Umwelttechnologien durchzuführen rar, weil der deutsche Mittelstand nicht so gern und eher mit eigenen Mitteln ins Ausland gehe. Auch um das eigene Klimaschutzziel zu erreichen, würde die Bank bspw. gern mehr Projekte im Bereich erneuerbarer Energien finanzieren.

Etwas anders ist das beim sogenannten „PPP (Public-Private-Partnership)-Programm". Diese Entwicklungspartnerschaften mit der Wirtschaft verbinden betriebswirtschaftliche Interessen mit entwicklungspolitischen Zielen. Kooperiert wird zum Beispiel bei der Einführung neuer, umweltfreundlicher Technologien, bei der Umsetzung von Pilotanlagen oder in der Forschung. Bis März 2007 wurden in diesem Programm 425 Zusagen erteilt, rund 9 % davon im Bereich erneuerbarer Energien und ca. 12 % im Bereich Wasserver- und Abwasserentsorgung. Eines der befragten Unternehmen im Themenfeld Wasser hat das PPP-Programm genutzt, um auf kostengünstige Weise mit einem Referenzprojekt in Brasilien tätig zu werden. Dieses Referenz-Abwasserzentrum stellt nun die Basis für die Gewinnung lokaler Kunden dar. Aktuell ist die Zahl der Neuzusagen für Wasser-Projekte im PPP-Programm gering. Der Anteil von PPP-Projekten mit direkter Umweltrelevanz beträgt insgesamt rund 58 % der Gesamtzusagen. Dazu gehören unter anderem auch Projekte außerhalb der hier betrachteten Themenfelder, z. B. Projekte zur Bodenverbesserung und zur Verminderung von Schadstoffemissionen. Im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden gibt es derzeit keine PPP-Projekte. Auch bei den kommerziellen Projektfinanzierungen insgesamt ist dieser Bereich wenig vertreten. Relevant ist diese Finanzierungsart aber in den Themenfeldern Erneuerbare Energien, Wasserwirtschaft und Materialeffizienz (Projekte in der Abfallwirtschaft). Finanziert werden Exporte aber auch die Produktion in BRICS-Ländern, z. B. Biomasseanlagen in Brasilien und Windkraftanlagen in Indien.

In gewissem Umfang hat die kommerzielle Projektfinanzierung Möglichkeiten, Einfluss auf institutionelle Rahmenbedingungen zu nehmen, die für die Beschleunigung der untersuchten Innovations- und Diffusionsprozesse relevant sind. Ein Beispiel dafür sind Bedingungen für Neuprojekte. Diese können zum Beispiel darin bestehen, dass nationale oder internationale Normen – z. B. Umwelt- und Sozialstandards – eingehalten werden. Die Finanzinstitution kann somit den Vollzug von (Umwelt-) Gesetzen unterstützen und erreicht dadurch einen positiven (Umwelt-) Effekt. Eine andere Art von Bedingung ist die Forderung bestimmter Untersuchungen im Zuge der

Kreditbewilligung. Dies kann bewirken, dass im Projektland die Bedeutung von Umwelt- und sozialen Risiken, aber auch die Vorteile, die rechtzeitig ergriffene Schutzmaßnahmen sowie die Herstellung von Öffentlichkeit mit sich bringen, frühzeitiger und besser erkannt werden und stärker in die Planung einfließen. Schließlich kann der Finanzier seine Bereitschaft zu einer Finanzierung von der Umsetzung projektspezifisch formulierter (z. B. umweltschutzrelevanter) Auflagen abhängig machen.

Ein weiteres Beispiel für den Einfluss der kommerziellen Projektfinanzierung auf institutionelle Rahmenbedingungen ist die Entwicklung neuer Finanzierungskonstrukte. Wenn es gelingt, ein gut funktionierendes Finanzierungskonstrukt für eine Projektart in einem bestimmten Land zu entwickeln, zieht das weitere Kreditanfragen für ähnliche Projekte nach sich. Ein Beispiel dafür ist ein Kredit in lokaler Währung, wenn die Erlöse ebenfalls nur in lokaler Währung anfallen, um so das Währungsrisiko auszuschalten. Da bei allen Ländern Währungsrisiken für die Investoren relevant sind, kommt solchen Finanzprodukten eine hohe Bedeutung für die positive Entwicklung der Kooperationsbeziehungen zu. Wenn allerdings die Konvertierung der Währung insgesamt eingeschränkt ist, können Gewinne nicht nach Deutschland zurück transferiert werden. Das bedeutet, es muss eine Niederlassung und ein bleibendes Geschäft anvisiert werden, was für kleine Unternehmen kaum machbar ist.

In Ländern mit schwach entwickeltem Finanzsektor ist die Bereitstellung der Finanzierung ein maßgeblicher Treiber für die Geschäftstätigkeit deutscher Unternehmen vor Ort. In solchen Ländern wird oft schon in den Ausschreibungsbedingungen verlangt, dass der Anbieter der Leistung die Finanzierung sichert, indem er z. B. einen Letter of Intent eines Finanziers beibringt. So wird der Diffusionsprozess über die Finanzierung beschleunigt.

Bei der Finanziellen Zusammenarbeit ist die Begleitung der Projektentwicklung langfristig angelegt, wobei der Prozess auf politischer Ebene beginnt. Konkrete Projekte ergeben sich erst am Ende einer Kette von Kooperationsschritten beginnend mit der Definition von Sektorkonzepten und Förderprogrammen. Die Einflussmöglichkeiten sind hier noch weitreichender. Die institutionelle und ökonomische Einbindung der Technologie gilt als zentral. Die angebotene Finanzielle Zusammenarbeit soll für die Nehmerländer Anreiz sein, Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass geplante Projekte „funktionieren“, d. h. unter anderem in ökonomischer Hinsicht zur Nachhaltigkeit beitragen. Beispielsweise müssen die Rahmenbedingungen gewährleisten, dass die Betriebskosten gedeckt sind. Die Forderung nach ökonomischer Nachhaltigkeit sollte aus Expertensicht im Hinblick auf die Generierung positiver Umwelteffekte nicht unterschätzt werden: Win-Win-Effekte entstehen durch die lange Nutzung einer Anlage und eine hohe Produktivität in der Betriebsphase. Auch

zu sozialen Belangen werden Bedingungen gestellt. So wurden bspw. ein Stauwehr in China finanziert und im Zuge dessen Änderungen im Umsiedlungsrecht initialisiert.

Mittel der Finanziellen Zusammenarbeit werden bereits seit langem nicht mehr an deutsche Lieferinteressen gekoppelt. Rückflüsse an deutsche Unternehmen aus der Finanziellen Zusammenarbeit gibt es aber durchaus. Dank hoher Qualität deutscher Leistungen gewinnen deutsche Unternehmen oft internationale Ausschreibungen. Mit Blick auf ihre entwicklungspolitischen Ziele nimmt die deutsche Finanzielle Zusammenarbeit Einfluss auf technische Spezifikationen in Ausschreibungen und drängt auf das Kriterium der Lebenszykluskosten als Vergabekriterium der Kreditnehmer. Insgesamt profitiert Deutschland davon, dass Lieferbindungen auch von anderen Ländern nicht mehr verfolgt werden. Bezogen auf die Mittel der deutschen Finanziellen Zusammenarbeit betragen die Rückflüsse im Bereich Wasserwirtschaft bis zu 80 % der Devisenkosten, im Bereich Energie und Transport liegen die Rückflüsse ähnlich hoch. Dennoch ist die Bedeutung der finanziellen Zusammenarbeit für Exportmöglichkeiten deutscher Unternehmen verschwindend gering, denn sie beläuft sich jährlich auf nur ca. 1 Mrd. Euro. Im Vergleich dazu liegt das deutsche Ausfuhrvolumen insgesamt jährlich bei fast dem 1000-fachen Betrag.

Zusammenfassend spielen Finanzdienstleistungen bei der Beschleunigung von Innovations- und Diffusionsprozessen in den hier betrachteten Themenfeldern eine große Rolle. Nur im Themenfeld Energieeffizienz in Gebäuden und bei CCS gibt es eine Lücke, im ersten Fall wegen schwieriger Rahmenbedingungen für Projekte, im zweiten Fall u. a. wegen der frühen Phase im Innovationszyklus. Die beschleunigende Wirkung der Finanzdienstleistungen erfolgt auf direktem Wege durch die Ermöglichung der Umsetzung von Projekten und auf indirektem Wege durch die Beeinflussung von Rahmenbedingungen, wozu insbesondere die bilaterale Finanzielle Zusammenarbeit durch ihre politischen Kontakte in der Lage ist. Leicht widersprüchlich ist die Wahrnehmung der Befragten, was die Bereitstellung von Risikokapital anbelangt. Aus Sicht der Banken wird diese Funktion erfüllt, aber nicht in großem Umfang nachgefragt. Von Unternehmensseite werden dagegen Finanzierungsprobleme u. a. für Länderreferenzanlagen beklagt, weil das Risiko nicht abgesichert werden kann.

5.3.2 Der Clean Development Mechanism (CDM)

Der CDM ist einer der drei flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls. Er ermöglicht öffentlichen und privaten Akteuren der Industriestaaten, Emissionsminderungsprojekte in Schwellen- und Entwicklungsländern durchzuführen, um auf diese Weise Emissionsreduktionsgutschriften (Certified Emission Reduction Units, CERs) zu generieren. CDM Projekte dürfen nur in Staaten ohne eigene Emissionsminderungsverpflichtungen

durchgeführt werden. Von den BRICS-Staaten sind dies Brasilien, Indien, China und Südafrika. Da Russland eigenen Emissionsminderungspflichten unterliegt, kommt hier der zweite projektbasierte Mechanismus des Kyoto Protokolls, Joint Implementation (JI), in Frage.

Durch die sogenannte Verbindungsrichtlinie der EU[38] ist es Unternehmen, die dem EU Emissionshandel unterliegen, möglich, CERs zur teilweisen Deckung ihrer Emissionen zu nutzen.[39] Daraus kann sich ein Kostenvorteil ergeben, da die Emissionsreduktionskosten in den Schwellen- und Entwicklungsländern häufig viel niedriger sind als in den europäischen Mitgliedstaaten. Die Bedingung für ein CDM-Projekt ist ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung des Gastgeberlandes, etwa durch zusätzliche Investitionsströme und Technologietransfer. Dieser Beitrag muss vor der Durchführung eines CDM-Projekts durch die zuständige nationale Behörde des Gastlandes (Designated National Authority, DNA) attestiert werden.

Der CDM Exekutivrat (Executive Board, EB) hat die internationale Aufsicht über den CDM Prozess und entscheidet über die Zulässigkeit einer Emissionsminderungsmaßnahme als CDM Projekt. Hierfür sind vor allem der Nachweis der Zusätzlichkeit des Projekts und die angewandte Methode für die Ermittlung der erzielten Emissionsreduktionen entscheidend.[40] Die Zusätzlichkeit einer Maßnahme soll sicherstellen, dass das Projekt nur aufgrund des zusätzlichen Anreizes der Ausgabe von Emissionsreduktionsgutschriften durchgeführt wird. Damit die Projektbeteiligten diesen Nachweis leisten können, hat das EB das sogenannte "Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality" entwickelt. Es verlangt die Darlegung bestimmter bestehender Barrieren, bspw. in der Technologie- und Kapitalbeschaffung, die eine Realisierung der Maßnahme ohne den CDM verhindern würden. Zur Ermittlung der erzielten Emissions-

---

38 "Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der EU im Sinne der projektbezogenen Mechanismen des Kyoto Protokolls", download unter: http://www.dehst.de/cln_007/nn_91296/SharedDocs/Downloads/DE/Gesetze__und__Verordnungen__dl/Linking__Directive.html.

39 Gemäß dem revidierten deutschen Nationalen Allokationsplan 2008-2012 wird der Anteil an Emissionen, die durch CDM oder JI Projekte gedeckt werden dürfen, bei 20% der anlagenbezogenen Zuteilungsmenge liegen ("Revidierter Nationaler Allokationsplan 2008-2012 für die Bundesrepublik Deutschland", BMU, Stand: 13.02.2007). Zusätzliche Nutzungsgrenzen gelten für generierte Zertifikate aus CDM Auf- und Wiederaufforstungsprojekten. Vgl. hierzu auch Betz et al. (2005).

40 Des Weiteren müssen Investor- und Gastgeberland einigen formalen Anforderungen entsprechen, die durch das EB festgelegt sind (vgl. Marrakesch-Beschlüsse; Beschluss 17/CP.7 F Nummer 31). Die Teilnahme von privaten Akteuren am CDM ist darüber hinaus an eine Teilnahmeermächtigung durch die zuständige DNA (in Deutschland ist dies die Deutsche Emissionsshandelsstelle, DEHSt) gekoppelt.

reduktionen, die in Form von CERs ausgeschüttet werden, muss zunächst ein Referenzszenario, die sogenannte Baseline, entwickelt werden. Dieses gibt an, wie sich die Projektemissionen ohne die Minderungsmaßnahme entwickelt hätten. Während des Projekts müssen die tatsächlichen Emissionen im Rahmen eines Monitorings gemessen werden. Die Differenz zwischen der Baseline und den gemessenen realen Emissionen bestimmt die Höhe der generierten Emissionsreduktionen.[41]

Zur Ermittlung der Emissionsreduktionen müssen Projektteilnehmer vom EB genehmigte Methoden (Approved Methodologies) nutzen oder eine neue Methode beantragen, die nach Genehmigung durch das EB auch allen anderen Akteuren kostenfrei zur Verfügung steht. Die Beantragung einer neuen Methode ist zeitaufwändig und kostenintensiv, weshalb sie von Unternehmen nur dann durchgeführt wird, wenn diese einen hohen Anteil an den generierten Emissionsreduktionsgutschriften erwarten. Aus diesem Grund gibt es bisher für bestimmte Sektoren, wie z. B. Verkehr, nur wenige genehmigte Methoden für CDM-Projekte. Die meisten genehmigten Methoden entfallen auf Projekte in den Sektoren Energiewirtschaft, Abfallhandhabung und –entsorgung und Verarbeitende Industrie. Im Baugewerbe und in den Bereichen Energiedistribution, Verkehr und Landwirtschaft fehlen genehmigte Methoden bisher weitgehend.[42]

Um den Nachhaltigkeitsbeitrag von Minderungsmaßnahmen stärker zu fördern, richtete der WWF 2003 den Gold Standard ein. Dies ist ein zusätzlich zu den offiziellen Kontrollen durchgeführter Test für CDM und JI Projekte, der einen tatsächlichen ökonomischen Nutzen und zusätzliche nachhaltige Investitionen in den Empfängerländern garantieren soll.[43] Durch die zusätzlichen Nachweispflichten entstehen erhöhte Projektkosten. Im Gegensatz dazu können Minderungsmaßnahmen auch außerhalb der offiziellen Kontrollen durchgeführt werden. Auf diese Weise generierte Emissionsgutschriften (Verified Emission Reduction Units, VERs) sind i. d. R. günstiger. Unternehmen oder Privatpersonen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, nutzen sie zur freiwilligen Kompensation ihrer Emissionen (vgl. Kap. 5.2.5.8). Die Qualität der VERs wird nur von den jeweiligen Anbietern überprüft, weshalb sie nicht im Emissionshandel einsetzbar sind.

---

41 Zu Einzelheiten der Zusätzlichkeitsprüfung und der Ermittlung von Emissionsreduktionsgutschriften vgl. Betz et al. (2005).

42 Vgl. UNFCCC: Approved methodologies by scope, http://cdm.unfccc.int/Statistics/Methodologies/ApprovedMethPieChart.html (letzter Aufruf: 18.04.2007).

43 Vgl. WWF: The Gold Standard, http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/climate_change/solutions/business_industry/offsetting/gold_standard/index.cfm (Stand: 18.08.2006, letzter Aufruf: 18.04.2007).

5.3.3 Das UN Cleaner Production Programme

Das Cleaner Production (CP) Programme der UNO fördert den integrierten Umweltschutz und kann damit die Nachfrage nach den in dieser Studie betrachteten Innovationen steigern. Um seine Wirkung zu analysieren, wurden aufbauend auf Internetrecherchen vier Interviews geführt, die das zentrale Programm der UNO näher beleuchten und die nationalen Aktivitäten am Beispiel Brasiliens untersuchen.

Das CP Programme besteht seit 1994 und will eine Brücke zwischen wettbewerbsfähiger industrieller Produktion und Umweltbelangen schlagen. Es verfolgt dabei einen ganzheitlichen, lebenszyklusorientierten Ansatz und treibt das „Capacity building“ für Cleaner Production auf nationaler Ebene voran. Dazu werden Nationale Zentren (National Cleaner Production Centers NCPC) gegründet. Die Zentren in Brasilien, China und Indien gehörten zu den ersten 10 NCPCs, die ins Leben gerufen wurden. Insgesamt wurden seither 35 Zentren, u. a. auch in Russland und Südafrika gegründet. Nach einer Anschubfinanzierung müssen sich die Zentren selbst finanzieren; dies ist z. B. für Brasilien bereits der Fall. Finanzquellen sind u. a. öffentliche Gelder für Demonstrationsvorhaben und die Durchführung von Programmen z. B. des Ministeriums für Wissenschaft und Technik und neuerdings auch des Umweltministeriums.

Das CP Programm richtet sich vornehmlich an KMU. Zu den sektoralen Schwerpunkten in fast allen Ländern gehören Nahrungs- und Genussmittel, Textil und Leder, Chemieindustrie sowie Metallbearbeitung. Weitere Sektoren kommen länderspezifisch hinzu. Das Programm setzt auf „Win-Win“-Massnahmen: Präventive Ansätze, die die Entstehung von Schadstoffen und Abfällen von vornherein vermeiden, sollen End-of-pipe Strategien ersetzen. Hier überlappt sich das CP Programm mit dem Themenfeld „Materialeffizienz“ in dieser Studie, hat aber den Fokus auf der Reduktion klassischer Schadstoffe und gefährlicher Abfälle, die nicht Gegenstand der untersuchten Themenfelder sind. Die Themenfelder Energieeffizienz in Gebäuden und Wasser sind insoweit betroffen, als es um industrielle Gebäude oder Wassernutzung in der Industrie geht. In Brasilien liegt ein Schwerpunkt auf dem Bausektor: neben der Energieeffizienz der Gebäude wird die effiziente Nutzung von Wasser und Energie während des Bauprozesses propagiert. Erneuerbare Energien sind ebenfalls Gegenstand des Programms, der Bereich Mobilität und Logistik ist dagegen im CP Programm bisher kaum abgedeckt.

Das CP Programm umfasst fünf Kernelemente[44]:

---

44 s. auch http://www.unido.org/en/doc/5136 (18.05.2007).

1. **Weiterbildung von CP-Experten:** Diesem Element wird oberste Priorität beigemessen. Die Inhalte der theoretischen und praktischen Ausbildung zum CP-Experten sind breit gefasst. Sie reichen von Bewusstseinsbildung, multilateralen Umweltabkommmen und Umweltmanagement bis zu (umwelt- und energie-) technischen Inhalten. Die Zielgruppe umfasst hier neben KMU auch Verbände, öffentliche Verwaltungen, Forschungseinrichtungen und Finanzinstitutionen.
2. **Informationsarbeit:** Sie zielt auf die Vermittlung technischer Informationen zu verfügbaren Technologien für bestimmte Umweltprobleme und dient dem Erfahrungsaustausch und der Netzwerkbildung.
3. **Politikberatung für Cleaner Production:** Die NCPCs beraten ihre Regierungen in Fragen der Setzung förderlicher Rahmenbedingungen für Cleaner Production.
4. **Technische Unterstützung:** Hier werden auf Ebene einzelner Firmen konkrete Handlungspotenziale für Cleaner Production herausgearbeitet. Parallele Mitarbeiterschulungen sollen eine kontinuierliche Verbesserung gewährleisten.
5. **Förderung von Investitionen in Cleaner Production:** Dabei geht es vor allem um die Erleichterung des Zugangs zu Finanzierungsmöglichkeiten, auch im Rahmen bi- oder multilateraler Entwicklungszusammenarbeit, und um Unterstützung bei der Formulierung von Investitionsvorhaben.

Die ersten Jahre des Programms haben gezeigt, dass sehr große Umwelteffekte mit nicht-investiven Maßnahmen erreicht werden können (no-/low-cost-measures). Hierin bestehen auch das primäre Interesse der KMU und der Fokus des Programms in Brasilien. Die KMU nehmen die Unterstützung der NCPCs vor allem mit dem Ziel der Kosteneinsparung in Anspruch. Regulativer Druck spielt wegen mangelnden Vollzugs der an sich strengen Umweltvorschriften[45] für das Interesse an Cleaner Production eine nachrangige Rolle. Das wird auch für andere Länder so gesehen. Für Unternehmen, die exportieren wollen, werden häufig ausländische Umweltgesetze relevant, die sie z. B im Rahmen des Supply Chain Management ihrer ausländischen Kunden erfüllen müssen. Das brasilianische Umweltministerium will Foren für Cleaner Production ins Leben rufen. In diesem partizipativen Prozess sollen unter anderem mit Industrie- und Umweltverbänden, Banken, Universitäten und regionalen Cleaner Production Zentren geeignete Politikinstrumente zur Förderung des integrierten Umweltschutzes entwickelt werden.

Von der UNO wird die Notwendigkeit gesehen, auch aufwendigere Maßnahmen und Investitionen in den Unternehmen anzustoßen. Sie misst deshalb der Vermittlung des

---

45 Die brasilianische Umweltgesetzgebung wurde nach deutschem Vorbild und mit Unterstützung durch die GTZ entwickelt. Kritisiert wird allerdings, dass sie sich seit dem Rückzug der GTZ nicht wie in Deutschland weiterentwickelt hat.

Zugangs zu Finanzmitteln (Information über Förderprogramme, internationale Finanzinstitutionen etc.) hohe Bedeutung bei. Dieser Ansatz wird von dem befragten brasilianischen Experten eher kritisch gesehen, weil er mit einer zunehmenden Technologieorientierung und dem Verkauf von Beratungsdienstleistungen an die KMU einhergehe. Als Voraussetzung für investive Maßnahmen fordert er einen dauerhaften Wandel in der Unternehmenskultur in Richtung Ressourceneffizienz (u. a. organisatorische Maßnahmen, Verbesserungen im Management). Erst dadurch werden Mittel freigesetzt, die zur Finanzierung von Investitionen eingesetzt werden können. Aus Expertensicht stehen diesem Wandel einige Hürden entgegen, bspw. der geringe Bekanntheitsgrad des Ansatzes der Cleaner Production. Auch das mangelnde Problembewusstsein und die mangelnde Ausbildung der Unternehmer und Mitarbeiter werden genannt. Zudem wird ein gesamtgesellschaftlicher Wandel als notwendig erachtet, in den sich der Wandel der Unternehmenskultur einbetten müsste. Während aus brasilianischer Sicht das UN-Programm die Technologieorientierung begünstigt, ist es aus Sicht der UNO die Technologiegläubigkeit der Zielländer, die dazu führt, dass Ausbildung, Schulung und Management wenig Wert beigemessen wird.

Generell erfolgt die Umsetzung des CP-Programmes in Kooperation mit einheimischen Partnern (z. B. Universitäten, Kammern und Regierungen) und ausländischen Institutionen. Teilweise werden Projekte in Kooperation mit international agierenden – auch deutschen - (Groß-) Unternehmen umgesetzt. Sogenannte “Reference Institutions” unterstützen die Ausbildung nationaler CP-Experten und den Direktor eines NCPCs. Unter den „Reference Institutions“ dominieren Einrichtungen aus Österreich, den Niederlanden und der Schweiz. Dies erklärt sich aus der Geberstruktur für das Programm und seiner Entstehung, bei der Österreich und die Niederlande federführend waren. Speziell für Kooperationsmöglichkeiten mit Deutschland gilt nach Angaben der Befragten oft, dass Deutsche Technologien von reichlicher Wasserverfügbarkeit ausgehen, was aber in Entwicklungs- und Schwellenländern oft nicht zutrifft.

Das brasilianische NCPC unterhält Kontakte zu Universitäten in Afrika und Lateinamerika, die sich mit der Implementierung von Cleaner Production befassen. Auch einheimische Universitäten zählen zu wichtigen Partnern des NCPC. Mit seinen guten Kontakten in die Wirtschaft sieht sich das NCPC als Vermittler zwischen Universitäten und Unternehmen, denn die Kluft zwischen diesen Akteuren ist aus Expertensicht groß. Um diese Kluft zu vermindern, hat der Bundesstaat Rio Grande do Sul im Jahr 2000 in Kooperation mit der Fraunhofer-Gesellschaft ein Zentrum für angewandte Forschung (CETA Center of Excellcence for Advanced Technology) ins Leben gerufen. Die Leitung dieses Zentrums und des NCPC ist heute personell verknüpft. Direkter Ausfluss dieser Zusammenarbeit für Cleaner Production könnte eine stärkere Technologie(transfer)orientierung sein. Der Schwerpunkt des CETA liegt

im Automations- und IT-Sektor. Überlappungen zu den in dieser Studie behandelten Themenfeldern bestehen bei den Aktivitäten des CETA, die sich mit der Automatisierung und Messung zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden, der Abfallreduktion, biogenen Kraftstoffen und logistischen Lösungen befassen.

Zusammenfassend spielt das UN Cleaner Production Programme eine wichtige unterstützende Rolle bei der Verbreitung dieses Konzepts. Die tatsächliche Nachfrage nach Wissen und Technologien, die in der Umsetzung von Cleaner Production benötigt werden, hängt jedoch stark von nationalen Rahmenbedingungen ab und besteht eher bei "weichen" Maßnahmen, die kaum Kosten verursachen und sich durch wirtschaftlichen und umweltseitigen Nutzen gleichermaßen auszeichnen. Jeder weitere Schritt müsste von einem entsprechenden Wandel der Unternehmenskultur untermauert sein. Will man daraus Kooperationspotenziale entwickeln, gilt es, die starke kulturelle Prägung und die notwendige gesamtgesellschaftliche Einbettung eines solchen Wandels der Unternehmenskultur zu berücksichtigen.

5.4 Fazit aus den Interviewergebnissen

Die Interviews mit Unternehmen und anderen Institutionen fokussieren Mechanismen, die dazu beitragen können, Diffusions- und Innovationsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit zu beschleunigen. Themenfeldübergreifend scheinen nachfolgende Mechanismen und Aspekte zentral.

Regulierung hat sich fast durchweg als notwendige Rahmenbedingung zur Herausbildung einer marktkräftigen Nachfrage herausgestellt. Über die jeweiligen nationalen Regulierungskontexte hinaus ist insbesondere die Bedeutung der Regularien führender Industrieländer in den BRICS-Ländern bemerkenswert. Das Beispiel wasserbasierter Lackiersysteme zeigt, dass deutsche Automobilhersteller in ihren ausländischen Niederlassungen die deutsche Gesetzgebung anwenden, sofern nicht lokale Vorschriften strenger sind. Internationale Ausstrahleffekte kommen zudem dadurch zustande, dass exportierende Unternehmen aus den BRICS-Ländern im Rahmen des Supply Chain Management den – unter Umständen auch gesetzlichen - Anforderungen ihrer ausländischen Kunden unterliegen.

Auch in Deutschland wirken neben der deutschen Gesetzgebung ausländische Standards in der Strategiebildung der Unternehmen. Im Fall emissionsarmer LKW spielen die US-amerikanischen Abgasstandards eine treibende Rolle für die Technologieentwicklung in Deutschland. Insgesamt ist eine Globalisierung auf der Ebene der Entstehung und Wirkung umweltrelevanter Gesetzeswerke zu beobachten. Dies verweist auf die Notwendigkeit, aber auch die Chancen, die in der internationalen Kooperation bei der Entwicklung und Vereinheitlichung von Regulierung liegen können.

Neben diesen öffentlich geprägten Beschleunigungsmechanismen gibt es einen eher marktlich geprägten „Türöffner“ für deutsche Unternehmen in den BRICS-Ländern. In einer „Huckepack“-Konstellation folgen Ausrüster ihren deutschen Kunden, die sich in BRICS niederlassen. Dies trifft zum Beispiel auf eines der befragten Abwassertechnologie-Unternehmen zu. Die Interviews zeigen deutliche Unterschiede, wie sich die Geschäftsbeziehungen nach dem so erfolgten Markteinstieg weiterentwickeln. Im Fall der Wasserwirtschaft wurde der Türöffner als Einstieg in den Wissensaustausch mit den BRICS-Volkswirtschaften genutzt und das mit dem deutschen Stammkunden realisierte Projekt als „Leuchtturmprojekt“ zur Akquisition lokaler Neukunden genutzt. Auch im Automobilsektor spielt die „Huckepack“-Konstellation eine herausragende Rolle – international agierende Automobilhersteller greifen auf ihre international agierenden Stammlieferanten zurück. Hier stellt sich allerdings die Anwendung der Umwelttechnologie quasi als isolierte Blase unter „expatriierten“ Akteuren dar. Eine Chance zur Förderung der Nachhaltigkeit liegt möglicherweise darin, den Wissensaustausch mit den BRICS-Volkswirtschaften über diese „Blase“ hinaus zu fördern.

Eine etwas andere Art von „Huckepack“-Konstellation ist im Zusammenhang mit den wirtschaftlichen Süd-Süd-Verflechtungen unter den BRICS-Ländern im Themenfeld Erneuerbare Energien erwähnenswert. Im Zuge der Ausweitung seiner Geschäftstätigkeit nach Brasilien hat ein indischer Hersteller von Windkraftanlagen seinen deutschen Partner für technische Dienstleistungen dort in den Markt gebracht. Selbst wenn auf Basis der vorliegenden Informationen nicht beurteilt werden kann, ob dieser Einzelfall verallgemeinerbar ist, sollte diese mögliche Akteurskonstellation vor dem Hintergrund der zunehmenden Süd-Süd-Verflechtungen Beachtung finden.

Jede Frage nach Mechanismen zur Beschleunigung von Innovations- und Diffusionsprozessen findet schließlich einen Teil ihrer Antwort in der Betrachtung der Hemmnisse und der Möglichkeiten, diese abzubauen. In mehreren Fällen wurde deutlich, dass die betrachteten Produkte – Technologien oder Dienstleistungen – ein „passendes“ Umfeld benötigen, um wirksam zu sein und ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten. Dies betrifft zunächst das Wertschöpfungsnetzwerk, in das ein Produkt eingebettet ist. Fehlen hier einzelne Produkte oder Akteure, fehlen damit zum Teil notwendige komplementäre Inputs zur Anwendung einer Technologie. So scheitert der Vertrieb wasserbasierter Lackiersysteme in Russland bspw. daran, dass keine Wasserlacke am Markt erhältlich sind.

Soweit sich die Gewährleistung dieses passenden Umfelds politisch steuern lässt, wird dieser Aufgabe den Interviewaussagen zufolge in den BRICS-Ländern oft nicht die notwendige Bedeutung beigemessen. So kommt es zu Situationen, in der – teilweise durch öffentlich forcierte Nachfrage – bestimmte Produkte auf dem Markt sind, aber

wegen mangelnder Einbettung in das Gesamtsystem nur in beschränktem Maß positive Umwelteffekte erzielt werden. Ein Beispiel sind Abgastechnologien für Lkw. Manche Länder (z. B. Brasilien oder China) fordern bestimmte Abgasstandards, die die Fahrzeuge formal auch einhalten. Aber durch Treibstoffe mit sehr hohem Schwefelgehalt sind die tatsächlichen Emissionswerte deutlich schlechter. Eine Regulierung der Treibstoffqualität wird dennoch nicht in Betracht gezogen.

Die Befragten berichten weiter von Mentalitätsunterschieden als Hürde in der Kooperation zwischen BRICS und Deutschland. Diese treten insbesondere bei Fragen der Organisation und Qualitätssicherung sowie bei der Umsetzung gesetzlicher Umweltvorschriften zu Tage. Allgemein wird ein nur schwach ausgebildetes Umweltbewusstsein festgestellt. Wie das Beispiel des Lackieranlagenherstellers in Brasilien zeigt, werden die Mentalitätsunterschiede teilweise dadurch verschärft, dass aufgrund der Lage auf dem lokalen Arbeitsmarkt vorwiegend Absolventen eingestellt werden. Dies führt zu Machtkämpfen mit erfahrenen deutschen Mitarbeitern, die unter Umständen eine weniger hohe formale Ausbildung haben.

Schließlich bleibt ein häufig erwähntes Defizit festzuhalten, das die Befragten auch als Aufforderung an die Politik und die öffentlichen Institutionen sehen. In ihren Augen fällt das Engagement deutscher Botschaften, oder allgemeiner der deutschen Politik, bei der Kontaktvermittlung, der Unterstützung beim Aufbau lokaler Netzwerke und dem Einrichten von Plattformen für Produktpräsentationen (z. B. Messen) im internationalen Vergleich etwas ab und könnte verstärkt werden.

6 Gesamtfazit und Schlussfolgerungen

6.1 Brasilien

Brasilien weist eine deutlich geringere gesamtwirtschaftliche Dynamik auf als andere BRICS-Länder wie China und Indien. Die Rahmenbedingungen für Innovationen sind durch eine niedrige FuE-Intensität gekennzeichnet, die in der Vergangenheit auch nur moderat zugenommen hat. In Brasilien sind starke Defizite beim Faktor Innovationsfreundlichkeit, insbesondere bei der Gründungsregulierung, auffällig. Schnellere und unbürokratische Zulassungsverfahren für Unternehmensgründungen könnten die Rahmenbedingungen für den Transfer von Nachhaltigkeitsinnovationen deutlich verbessern. Der Finanzsektor funktioniert inzwischen zwar relativ gut, durch den hohen Realzins können aber durchaus Finanzierungsprobleme auftreten. Im internationalen Kreditgeschäft hat Brasilien ein eher schlechtes Rating beim Länderrisiko.

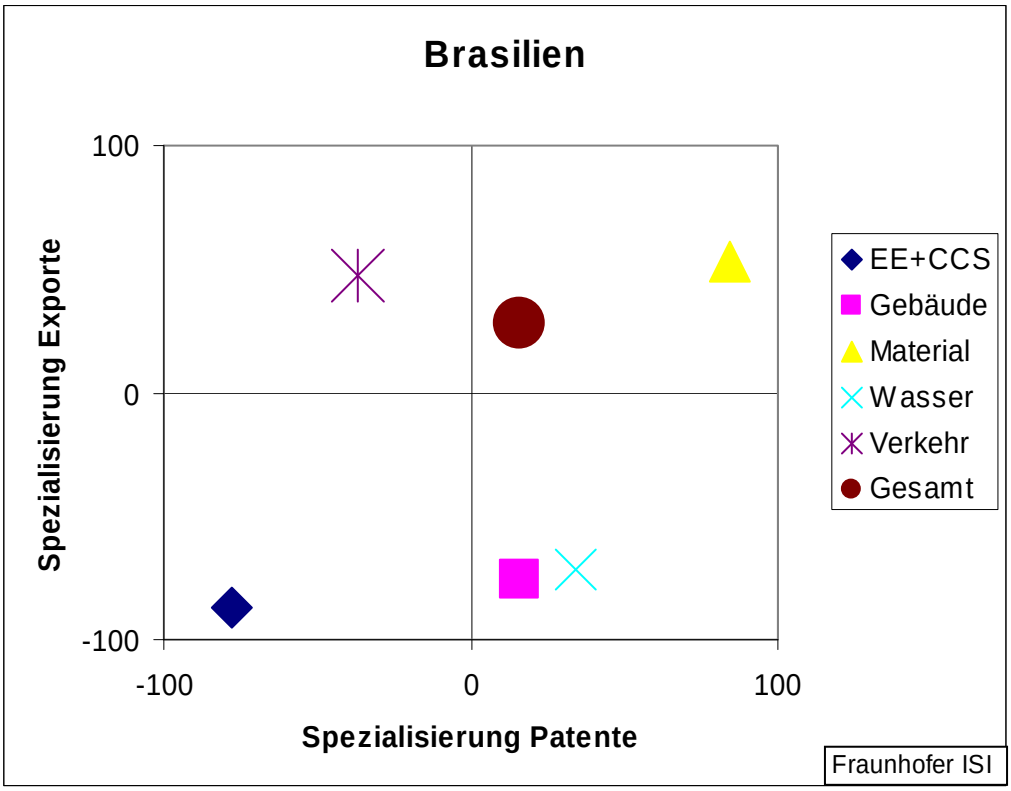
Besondere Stärken liegen im Rohstoff- und Agrarbereich, die zu neuen Direktinvestitionen führen und die lange etablierten Beteiligungen – etwa im Automobilbereich – ergänzen und inzwischen auch zur Anlagerung ausländischer Zulieferer geführt haben. Allerdings werden zu geringe Spillover-Effekte dieser Aktivitäten beklagt. Eine weitere Hürde für die Geschäftstätigkeit in Brasilien ist die Qualifikation der Mitarbeiter. Am Arbeitsmarkt dominieren junge Arbeitskräfte und Absolventen mit theoretischem Wissen aber wenig praktischer Erfahrung, hinzu kommt ein Mangel an Ingenieuren. Das passt auch zu dem Bild, dass Brasilien zwar über sehr gute Grundlagenforschung verfügt, ausreichende Förderprogramme zum Aufbau der angewandten Forschung und Entwicklung jedoch bislang unzureichend sind.

Die brasilianische Forschung weist ein ausgeprägtes Spezialisierungsmuster auf, das sich auf die drei großen Gebiete Agrarwissenschaften, Biowissenschaften sowie Medizin- und Gesundheitswissenschaften konzentriert. Um eine stabilere Finanzierung von FuE zu gewährleisten, wurde in Brasilien seit 2001 das Instrument der "Sektorenfonds" eingeführt. Von den ausgewählten Nachhaltigkeitsbereichen werden hierdurch der Energie-, Wasser- und Verkehrsbereich adressiert. Zentrale Förderschwerpunkte sind erneuerbare Energien aus Biomasse, mit Abstand gefolgt vom Gewässermanagement. Im Verkehrsbereich gab es zwar in der Vergangenheit Überschneidungen zur Anpassung der Fahrzeuge an Biokraftstoffe, ansonsten ist jedoch keine ausgeprägte Orientierung der brasilianischen Verkehrsforschung an ökologischen Aspekten erkennbar.

Die Leistungsfähigkeit in den ausgewählten Bereichen zeigt für Brasilien ein sehr ungleiches Bild. Eine sehr erhebliche Spezialisierung besteht bei der Materialeffizienz,

besonders bei den dort betrachteten nachwachsenden Rohstoffen. Auf diesen Bereich hat sich Brasilien eindeutig spezialisiert, er fügt sich auch gut in die Forschungskompetenz im Landwirtschaftsbereich an. Überdurchschnittlich ist auch der Außenhandel bei den nachhaltigkeitsrelevanten Mobilitätstechnologien, insbesondere auch bei Ethanol. Sowohl Gebäude als auch der Wasserbereich – der durch einen sektoralen Fonds besonders gefördert wird - weisen zwar eine überdurchschnittliche Wissensgenerierung auf, allerdings lässt sich dies vor dem Hintergrund der skizzierten allgemeinen Innovationsprobleme bisher nicht in international vermarktbare Produkte umsetzen. Der Elektrizitätsbereich ist bisher durch den Einsatz der Wasserkraft dominiert, so dass alternative Technologien – sowohl unter Verwendung von Kohle als auch sonstigen erneuerbaren Energiequellen – bisher nur wenig thematisiert wurden. Insofern ist die geringe Leistungsfähigkeit bei CCS und erneuerbaren Energien nicht verwunderlich. Schließlich ist auch festzuhalten, dass die Befassung mit Innovations- und Diffusionsprozessen bisher nur ein unterdurchschnittliches Aktivitätsfeld darstellt.

Abbildung 6-1: Spezialisierung Brasiliens in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern



Aus den indikatorgestützen Ergebnissen und den Interviews lassen sich noch eine Reihe von weiteren themenfeldspezifischen Erkenntnissen ableiten, die wichtige Hinweise für künftige Kooperationspotenziale geben:

- Im Bereich der Verstromung erneuerbarer Energien gibt es in Brasilien eine gesetzlich festgelegte Einspeisevergütung, die unter Beteiligung deutscher Expertise entwickelt wurde. Sie sollte zum Aufbau von Windenergie führen – Brasilien weist weltweit mit die günstigsten Windstandorte auf - ist bisher aber noch nicht sehr erfolgreich, vor allem da die Vergütung als zu gering eingestuft wird. Hohe Importzölle und 60 % einheimische Wertschöpfung als Förderzugangsbedingung schützen vor ausländischer Konkurrenz, haben bisher aber nicht zur Herausbildung einer brasilianischen Industrie geführt. Die Konkurrenzsituation scheint sich aber etwas zu verschärfen und deutsche und indische Anbieter planen eine verstärkte Marktpräsenz. Da Brasilien zunehmend an Kapazitätsgrenzen seines Elektrizitätssystems stößt, wird die Stromerzeugung in Zukunft zu einem wichtigen Thema in Brasilien werden. Kooperationen im Bereich erneuerbarer Energien sind daher sehr erfolgversprechend, zumal Brasilien auch eines der führenden Länder bei CDM-Projekten ist.
- Brasilien ist einer der großen Weltexporteure von nachwachsenden Rohstoffen. Eine Erhöhung der Wertschöpfungstiefe in Richtung „green chemistry“ könnte für Brasilien eine wichtige Option darstellen. Deutschland könnte hierbei die erforderliche Wissensbasis und Erfahrungen beim Aufbau entsprechender Produktionskapazitäten in Kooperationen einbringen.
- Ethanol wird in Brasilien standardmäßig eingesetzt und auch exportiert. Es gibt einheimische Bestrebungen, die großen Biomassereste aus der Ethanolproduktion (Bagasse) ebenfalls zur Treibstoffherstellung zu verwenden. Die Entwicklung ist aber bei weitem nicht auf dem Niveau von Deutschland, sondern beschränkt sich bisher auf Hochschulforschung. Hier liegt ein weites Feld für Kooperationsmöglichkeiten vor.
- Im Themenfeld Wasser gelingt es den befragten Unternehmen, durch lokale Niederlassungen auch einheimische Kunden zu gewinnen. Die erzielbaren Preise liegen jedoch 50-70 % unter dem deutschen Preisniveau. Angesichts der zunehmenden Bedeutung des Wasserthemas in Brasilien bieten sich weitere Kooperationen mit Brasilien in diesem Feld an.

Die Umweltregulierung in Brasilien setzt relativ hohe Standards. Sie wurde teilweise mit deutscher Unterstützung entwickelt. Beklagt wird allerdings, dass sie sich zu wenig weiterentwickelt und beispielsweise noch immer stark auf ordnungsrechtliche Maßnahmen setzt. Die Einschätzungen zum Vollzug dieser Vorschriften divergieren. Hoffnungen sind an die Implementierung einer bereits im Jahr 2003 verabschiedeten präventiven Umweltgesetzgebung und an die aktuelle Initiative des brasilianischen Umweltministeriums zur Einrichtung von Foren für integrierten Umweltschutz geknüpft.

Die Weiterentwicklung in diesem Bereich wird als zentral für eine verstärkte Bedeutung der Nachhaltigkeitstechnologien gesehen und bietet sich daher ebenfalls als Gegenstand für Kooperationen an.

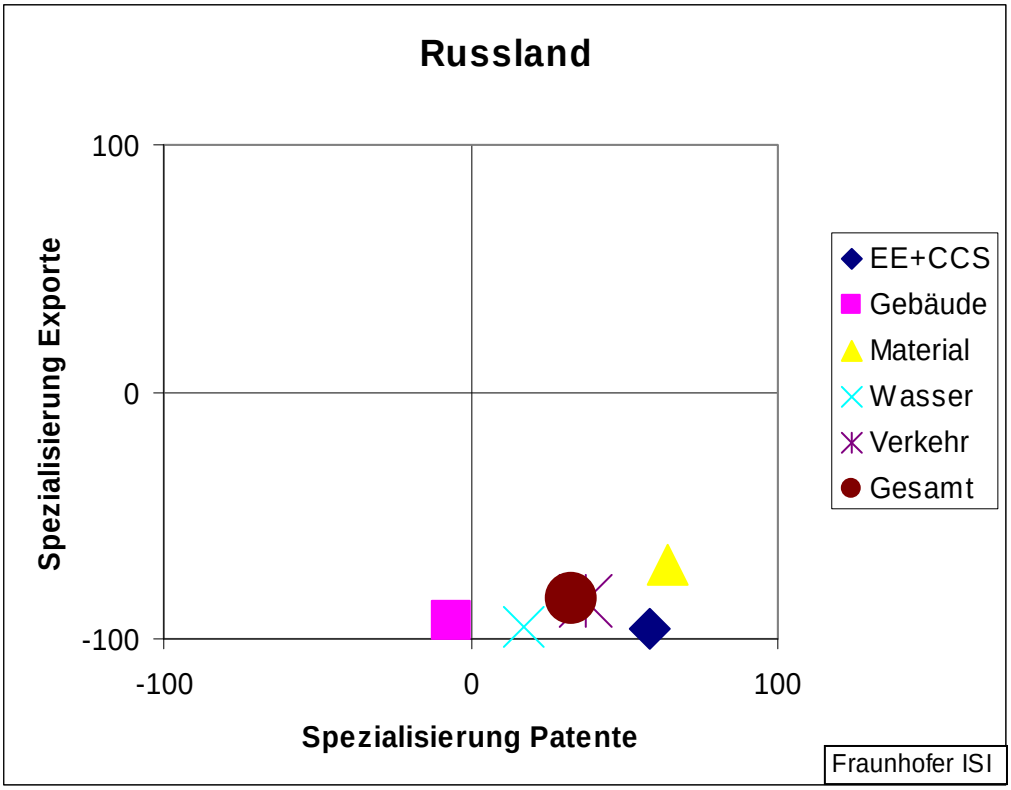
6.2 Russland

Russland weist zwar bei den Basisdaten für die Innovationskapazität mit die besten Werte unter den BRICS-Ländern auf und kommt auf die höchsten FuE-Ausgaben pro Kopf. Auch war seit Mitte der 1990er Jahre – ähnlich wie bei China – ein erheblicher Anstieg in diesem Bereich zu vermerken. Der größte Anteil der FuE-Finanzierung entfällt allerdings auf den Staat, auch wenn es einen beträchtlichen Anteil von privaten FuE-Aktivitäten gibt. Auch findet sich die höchste Publikationsintensität innerhalb der BRICS-Länder in Russland. Entsprechend werden Russland bei den Umfragen zur Innovationsfähigkeit auch relativ gute Werte beim Faktor Humankapital zugesprochen, allerdings nur aufgrund des (noch) vorhandenen Bestands qualifizierter Arbeitskräfte, Wissenschaftler und Ingenieure. Junge Arbeitskräfte und Absolventen werden ambivalent beurteilt, ihnen wird hohes theoretisches Wissen aber keinerlei praktische Erfahrung am Arbeitsmarkt zugesprochen. Die allgemeinen Rahmenbedingungen für Innovationen werden in Russland von allen BRICS am schlechtesten eingeschätzt, insbesondere hinsichtlich der Absorptionsfähigkeit von Technologien und der Bedeutung des Umweltschutzes.

Im Vordergrund der nationalen FuE-Strategie stehen Verteidigungs- und Sicherheitsforschung, Hochtechnologien und Rohstoffausbeutung. Für die hier betrachteten Nachhaltigkeitsfelder haben die Energietechnologie, Förderung der Energieeffizienz in Gebäuden sowie Verkehrs-, Luft- und Raumfahrtsysteme - wobei auch die Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur angesprochen wird – besondere Bedeutung.

Das Spezialisierungsprofil zeigt für Russland an, dass – mit Ausnahme des Gebäudebereichs – die ausgewählten Nachhaltigkeitsbereiche in der technologischen Forschung überproportional gut abschneiden. Dies kann durch die Einbettung der Bereiche in die Sektoren Chemie und Maschinenbau erklärt werden, bei denen Russland traditionell Stärken aufweist (vgl. Krawczyk et al. 2007). Für alle Bereiche gilt, dass sie eine sehr unterdurchschnittliche Rolle im Exportportfolio Russlands spielen, das durch Export von Energieträgern und Ressourcen dominiert wird. Insgesamt zeigt sich, dass die Nachhaltigkeitsbereiche auf einem überdurchschnittlichen Wissensstand aufbauen könnten, aber erhebliche Defizite in der Umsetzung in entsprechende Güter bestehen.

Abbildung 6-2: Spezialisierung Russlands in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern



Aus den indikatorgestützen Ergebnissen und den durchgeführten Interviews lassen sich noch eine Reihe von weiteren themenfeldspezifischen Erkenntnissen ableiten, die wichtige Hinweise für künftige Kooperationspotenziale geben:

- Aufgrund der Verfügbarkeit im Inland haben Kohlekraftwerke in Russland ein großes Gewicht. Gleichzeitig bestehen einheimische Wissenskompetenzen, die Anknüpfungspunkte an CCS-Technologien aufweisen und die als Anknüpfungspunkte für Kooperationen dienen könnten.
- In den bestehenden Geschäfts- und Kooperationsbeziehungen zwischen Deutschland und Russland nimmt unter allen Themenfeldern die Energieeffizienz in Gebäuden den größten Raum ein. In diesem Bereich kommt es bereits zu erheblichen Exporten aus Deutschland nach Russland. Handlungsbedarf besteht in Russland vor allem bei der Altbausanierung. Es gibt erhebliche Defizite in der Ausbildung der Fachkräfte, was Qualitätsprobleme in der Ausführung zur Folge hat. Als dringend notwendig werden deshalb entsprechende Studiengänge und Ausbildungszentren gesehen, zumal die neueren technologischen Entwicklungen auch verstärktes Systemwissen verlangen. In Mehrfamilienhäusern besteht häufig keine Eigentumsgemeinschaft, die einheitliche Beschlüsse fassen könnte, auch liegen Abrechnungen über den Energieverbrauch oftmals nicht vor, so dass die Grundlage für Handlungsfähigkeit nicht gegeben ist. Hier können Erfahrungen aus

Deutschland aus der Überwindung ähnlicher Hemmnisse nach der Vereinigung herangezogen werden, da es in der ehemaligen DDR ähnliche Eigentumsverhältnisse und Abrechungsstrukturen gegeben hat wie in Russland.

- Im Themenfeld Mobilität ist festzuhalten, dass Russland – wie auch Indien und China - eine große eigene Fahrzeugindustrie hat. Die Produkte sind zwar technisch veraltet, jedoch kostenseitig sehr optimiert. Das Preisniveau im Bereich von LKW beträgt zum Beispiel nur 30 - 50 % des deutschen Niveaus. Deutsche Lösungen gelten als „over-engineered“. Andererseits ist die Kompetenz Russlands im Bereich Emissionsminderung besonders unterdurchschnittlich. Für deutsche Hersteller, die hier kostengünstige Lösungen anbieten können ohne die Umweltvorteile aufzugeben dürften sich erhebliche Kooperationspotenziale bieten.
- Was die Kraftstoffseite angeht, wächst das Interesse an Biokraftstoffen. Zurzeit werden viele Bioethanolprojekte angestoßen und Russland hat auch Interesse an synthetischen Biokraftstoffen bekundet. Hier könnten sich spillover-Effekte aus den Kenntnissen der Kohlevergasung ergeben, die eine Stärke der russichen Wissenskompetenz darstellt.
- In der Abwasserbehandlung ist die russiche Leistungsfähigkeit unterdurchschnittlich, es gibt nur geringe russische Konkurrenz. Der Markteinstieg für deutsche Unternehmen könnte im "Huckepack" mit Stammkunden gelingen, d. h. mit international agierenden deutschen Unternehmen, die in Russland dieselben Abwassertechnologien einsetzen wie im Stammland. Diese Anlagen werden dann "Leuchtturminvestitionen", mit denen Kunden unter lokalen Behörden und Unternehmen gewonnen werden.

Russland belegt von den BRICS-Ländern den mittleren Platz beim Rating des Länderrisikos. Absicherungen wie z. B. Hermes-Bürgschaften sind deswegen wichtige Hilfen. Die gesetzlichen Umweltbestimmungen sind teilweise sehr streng – bei Einleitwerten für Abwässer zum Beispiel strenger als in Deutschland. Ihr Vollzug wird allerdings als willkürlich empfunden. Teilweise gehen die Vorschriften der Bürokratie über den Stand der Gesetzgebung hinaus. Während es russische Unternehmen auf Strafzahlungen ankommen lassen, fürchten ausländische Unternehmen die Sanktion von Gesetzesverletzungen durch Produktionsstopp.

6.3 Indien

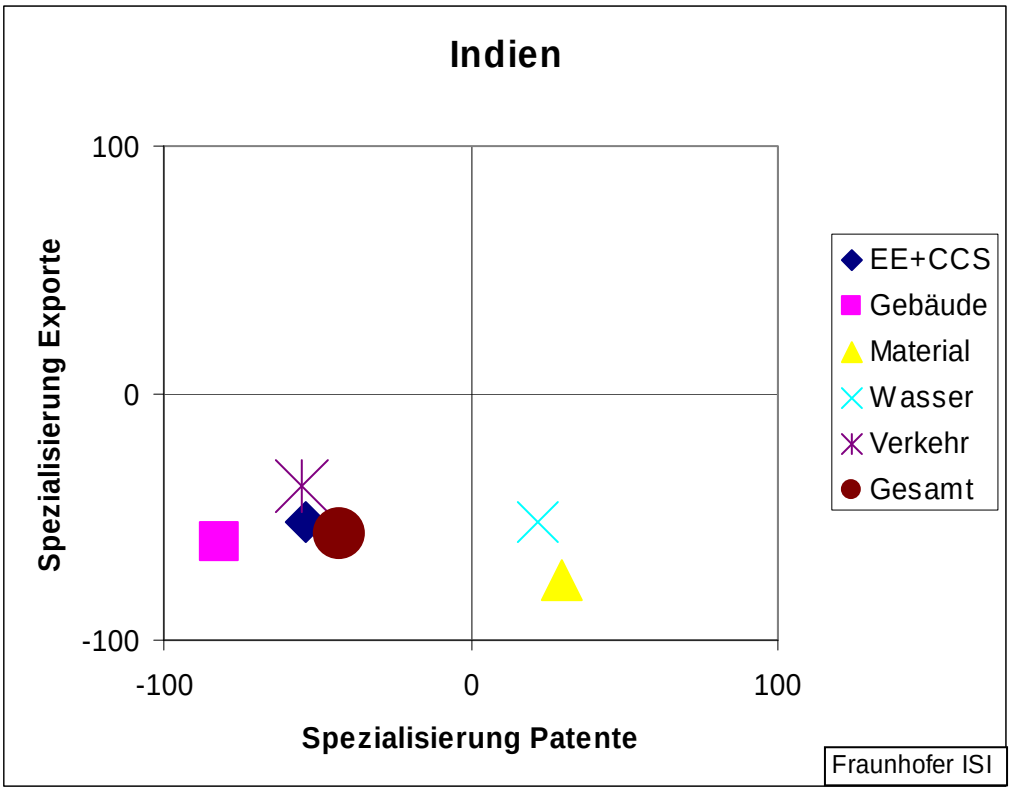
Indien weist zwar eine erhebliche gesamtwirtschaftliche Dynamik auf, allerdings liegt das Pro-Kopf-Einkommen gegenwärtig noch deutlich unter dem Niveau der anderen BRICS-Länder. Die Rahmenbedingungen für Innovationen sind durch eine niedrige FuE-Intensität gekennzeichnet, die in der Vergangenheit auch nur moderat zugenommen hat. Von allen BRICS-Ländern sind die FuE-Aktivitäten in Indien noch immer am stärksten durch den Staat allein dominiert.

Andererseits bescheinigen Umfragen Indien hervorragende Rahmenbedingungen hinsichtlich Humankapital, technologischer Absorptionsfähigkeit und Innovationsfreundlichkeit. Allerdings hat sich Indien noch nicht so weit in die weltweite internationale Arbeitsteilung integrieren können wie z. B. China. Die indische Industrie ist momentan noch in einer Aufbauphase. Beim Niveau der Direktinvestitionen ist sicherlich zu bedenken, dass Indien hier über viele Jahre hinweg eher restriktive Positionen vertreten hat. Sektorale Stärken bestehen in der Landwirtschaft, Life Sciences und der Chemie, sowie – durch Statistiken schwer abzubilden – im Bereich von Dienstleistungen, von denen der Export von Softwareanwendungen auch international beachtenswert ist (Krawczyk et al. 2007). Indien ist historisch betrachtet das größte Empfängerland der deutschen Finanziellen Zusammenarbeit. In jüngerer Zeit entwickelt sich Indien zunehmend zu einem Kunden für kommerzielle Finanzierungen, private finanzielle Ressourcen scheinen ausreichend vorhanden. Unter den BRICS-Ländern hat Indien das zweitbeste Rating im Länderrisiko.

Die indische Forschung ist stark an staatlichen Zielen ausgerichtet. Fast die Hälfte der gesamten nationalen FuE-Aufwendungen entfiel 2002 auf die Bereiche Verteidigung, Weltraum, Landwirtschaft und Atomenergie. Für die Themenfelder der vorliegenden Studie ist vor allem das Department of Science & Technology (DST) zu nennen, als Ministerium zuständig für die zivile Wissenschafts- und Technologiepolitik, sowie der Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), die größte indische Forschungsorganisation. Eine spezifische, auf die hier benannten Nachhaltigkeitsthemen ausgerichtete Forschungspolitik, ist nicht erkennbar. Von den betrachteten Nachhaltigkeitsbereichen werden vor allem dezentrale, erneuerbare Energieträger gefördert.

Die Auswertung der Indikatoren zur Leistungsfähigkeit Indiens in den ausgewählten Bereichen zeigt ein eindeutiges Bild: Keines der ausgewählten Nachhaltigkeitsbereiche gehört zu den international überdurchschnittlichen Segmenten des indischen Außenhandels. Ansatzpunkte für eine überdurchschnittliche Wissensbasis gibt es nur bei der Materialeffizienz (z. B. bei den nachwachsenden Rohstoffen) und bei Wassertechnologien (z. B. Meerwasserentsalzung), die übrigen Bereiche sind alle deutlich unterdurchschnittlich. Insgesamt wird deutlich, dass die bisherigen Schwerpunkte der Leistungsfähigkeit Indiens weniger Anschlussmöglichkeiten für die Nachhaltigkeitsbereiche bieten als in den anderen BRICS-Ländern.

Abbildung 6-3: Spezialisierung Indiens in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern



Aus den Interviews lassen sich noch weitere themenfeldspezifische Erkenntnisse ableiten, die die indikatorgestützen Ergebnisse ergänzen und wichtige Hinweise für künftige Kooperationspotenziale geben:

- Zu Indien haben die Interviews die meisten Informationen zum Themenfeld Energie erbracht. Das Potenzial für erneuerbare Energien ist hoch, ein starker Treiber ist die hohe Unsicherheit der Stromversorgung. Allerdings ändert sich die staatliche Rahmensetzung ständig, so dass hohe Planungsunsicherheit besteht. Die Stärke Indiens wird vor allem in der günstigen und qualitätsvollen Produktion gesehen, Schwächen liegen dagegen bei der langfristigen Organisation von Firmenprozessen und bei kreativen Arbeiten. Die Finanzierungsmöglichkeiten über CDM werden genutzt. Indien ist neben Brasilien und China beim CDM führend. Ein gewisser Schwerpunkt liegt auf CDM-Projekten im Bereich Biomasse (v. a. Zuckerrohr oder Reishülsen) und auf Wasserkraft, aber auch Projekte zu Energieeffizienz in der Industrie und Windenergieprojekte nehmen zu.
- Synergien könnten sich hinsichtlich CCS mit der Kohlevergasung ergeben, insbesondere angesichts des Kohlereichtums Indiens und schon bestehender – auch deutsch-indischer - Aktivitäten in diesem Gebiet. Allerdings ist der Wissensstand bisher eher gering, dies spricht für Systemangebote von deutschen Herstellern.

- Bei der Fahrzeugindustrie sind neben heimischen Herstellern auch ausländische Hersteller und ihre Zulieferer am Markt. Die indischen Hersteller orientieren sich zunehmend auch auf ausländische Märkte, bisher aber eher im Süd-Süd-Kontext. Präferiert werden low-cost Fahrzeuge. Ökologische Aspekte haben nur geringe Bedeutung. Kooperationen wären also vor allem hinsichtlich eines ökologischen Upgrading in diesem Marksegment erforderlich.
- Ein weiterer, mit dem Themenfeld Mobilität zusammenhängender Aspekt, ist der Bereich Biokraftstoffe. Biodiesel und Ethanol werden bereits produziert. Ähnlich wie China ist Indien sehr daran interessiert, synthetische Biotreibstoffe herzustellen, um den wachsenden Kraftstoffbedarf zu decken. Die Biomasseverfügbarkeit wird derzeit allerdings noch als relativ schlecht eingestuft, was die langfristigen Kooperationsaussichten beeinträchtigt. Andererseits weist der Bereich Anknüpfungspunkte an die Stärken im Agrar- und Life Science Bereich auf und gehört damit zu den potenziell aussichtsreicheren Kooperationsfeldern.

Ein gravierender Schwachpunkt in Indien ist der schwach ausgeprägte Umweltschutz. Dies manifestiert sich sowohl in der Auswertung der Befragungen zu den allgemeinen Innovationsbedingungen als auch bei den Interviews. Damit einher geht auch die relativ schwach ausgeprägte Leistungsfähigkeit Indiens in den ausgewählten Nachhaltigkeitsbereichen. Die Bereiche, die etwas stärker abschneiden, sind vorrangig durch absehbare Ressourcenknappheiten und Versorgungsengpässe motiviert (Energie, Kraftstoffe). Eine strengere Umweltregulierung könnte die Rahmenbedingungen für Nachhaltigkeitsinnovationen in den anderen Bereichen deutlich verbessern.

6.4 China

Vom absoluten Niveau der FuE ist China eindeutig das dominierende Land innerhalb der BRICS-Gruppe. Die FuE-Ausgaben belaufen sich auf ein Vielfaches des Niveaus, das in den anderen BRICS-Ländern erreicht wird. Die FuE-Intensität in China ist seit Mitte der 1990er angestiegen und übertrifft die von Brasilien, Indien und Südafrika in etwa um 50 %. Auch entspricht die Struktur der Finanzierung weitgehend dem der etablierten Industrieländer. Dennoch ist auch China noch ein erhebliches Stück vom Niveau der Industrieländer entfernt. So beträgt die FuE-Intensität in Deutschland noch immer in etwa das Doppelte.

Bei der Einschätzung der allgemeinen Innovationsbedingungen zeigen sich einige Probleme in China: Beim Humankapital ist es die Verfügbarkeit, beim Technologietransfer die relativ schlechte Vernetzung und mangelnde Innovationskapazitäten der Unternehmen. Bei der Innovationsfreundlichkeit sind Defizite beim Zugang zu Krediten und Risikokapital sowie bei der privaten Nachfragequalität auszumachen. Allerdings haben sich der Finanzsektor und die verfügbaren Finanzmittel sehr positiv entwickelt.

Das Land ist immer weniger auf Finanzierungen durch ausländische Institutionen angewiesen, vielmehr engagieren sich chinesische Banken zunehmend selbst im Ausland.

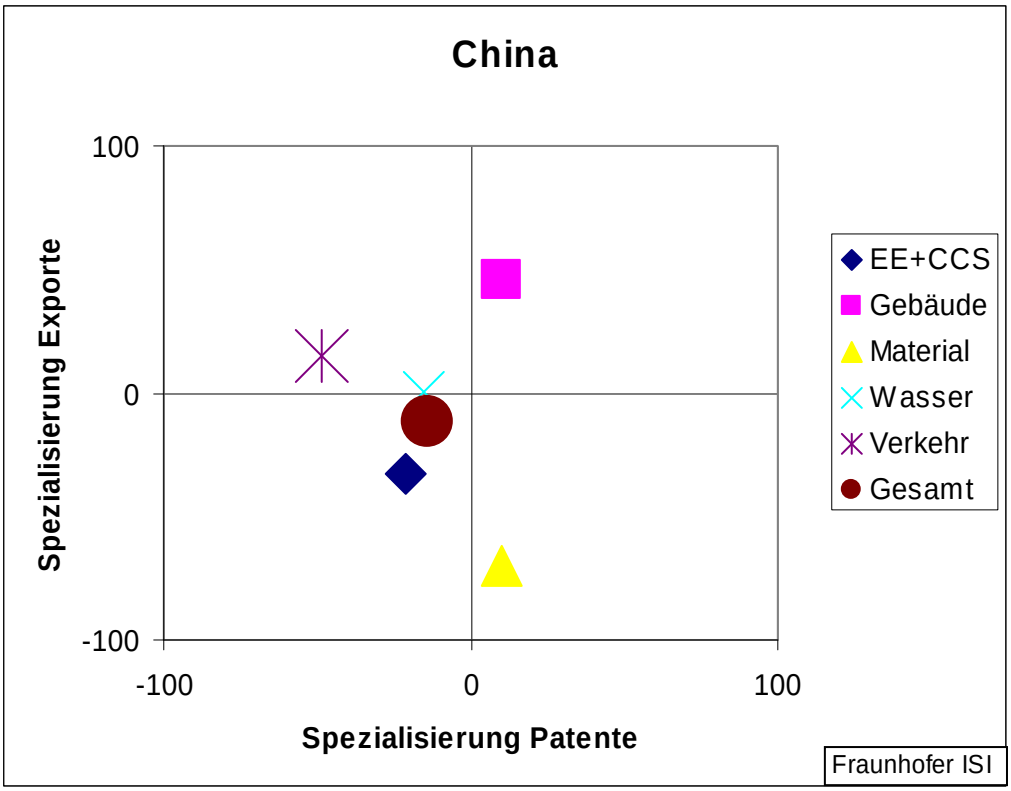
Die Analysen zu den Direktinvestitionen zeigen eine ungebrochene Attraktivität des Standorts China auf. China hat, trotz vieler Risikofaktoren, eine klare Spitzenposition bei den Zuflüssen aus aller Welt, wobei der Schwerpunkt im industriellen Bereich liegt. Dies entspricht einer – oftmals als verlängerte Werkbank bezeichneten – Strategie, zügig in China Produktionskapazitäten aufzubauen, um damit sowohl komparative Kostenvorteile als auch Zugang zu einem enormen und schnell expandierenden Binnenmarkt zu gewinnen. Zunehmend gewinnen der Anlagenbau und auch die Engineering-Kapazitäten an Know-how. Allerdings bestehen nach wie vor eine Reihe von Schwächen, die auch durch die Interviews bestätigt wurden. So liegt der Schwerpunkt in China stärker bei Produkt- als Prozessinnovationen, was sich z. T. nachteilig auf die Qualität der Produkte auswirkt. Zwar seien die Chinesen sehr schnell im Aufnehmen und Umsetzen der Ideen, jedoch bestehen insbesondere Probleme, Systeminnovationen durchzuführen.

Vor diesem Hintergrund müssen die Anstrengungen zum Aufbau des chinesischen Forschungssystems gesehen werden, das durch zahlreiche Programme und verstärkten Mitteileinsatz gekennzeichnet ist. Zwar hat sich innerhalb des Forschungssystems noch keine eigenständige Nachhaltigkeitsforschung herauskristallisiert, jedoch finden sich im Rahmen der einzelnen Programme zahlreiche Anknüpfungspunkte zu den in dieser Studie untersuchten Nachhaltigkeitsbereichen: Sie betreffen zum einen den Energiebereich hinsichtlich des Ausbaus erneuerbarer Energien, zum anderen stellt der Gebäudebereich einen wichtigen Forschungsgegenstand dar. Ebenfalls starke Forschungsaktivitäten gibt es im Verkehrsbereich. Allerdings besteht in China die Gefahr der Beeinträchtigung der wissenschaftlichen Kapazitätsentwicklung durch von oben vorgegebene Konzentration auf wenige nationale FuE-Prioritäten.

Bei der Generierung von neuem Wissen wird für die ausgewählten Nachhaltigkeitsbereiche ein ähnliches Bild ausgewiesen: Die Patentanmeldungen signalisieren eine eher durchschnittliche Aktivitätsrate, z. T. sind sie sogar deutlich unterdurchschnittlich wie beim Verkehr. Andererseits gehören die ausgewählten Nachhaltigkeitsbereiche z. T. zu denjenigen, bei denen das Prinzip der verlängerten Werkbank sich in überdurchschnittlichen Außenhandelserfolgen niederschlägt, wie bei den Verkehrstechnologien und im Gebäudebereich. Die Schwerpunkte der Forschungsstrategien sind mit der Struktur der Leistungsfähigkeit gut in Übereinklang zu bringen: Einerseits werden Bereiche gefördert, die im Außenhandel überdurchschnittlich abschneiden (Verkehrstechnologien, Gebäudebereich), was der wirtschaftlichen Entwicklungsstrategie des

Landes insgesamt entspricht, andererseits werden absehbare Engpässe in der Versorgung mit Energie- und Materialressourcen adressiert, bei denen das Land bisher eher Schwächen aufweist. Dennoch muss insgesamt festgehalten werden, dass die technologische Leistungsfähigkeit in China bisher nicht auf Nachhaltigkeit ausgerichtet ist. Dies gilt auch für die sozialwissenschaftlich ausgerichtete Nachhaltigkeitsforschung.

Abbildung 6-4: Spezialisierung Chinas in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern



Aus den Interviews lassen sich noch weitere themenfeldspezifische Erkenntnisse ableiten, die die indikatorgestützen Ergebnisse ergänzen und wichtige Hinweise für künftige Kooperationspotenziale geben:

- Im Bereich erneuerbarer Energien hat China klimatisch bedingt ein großes Potenzial. Nachfrage besteht hauptsächlich von privater Seite, allerdings lassen sich große Projekte nur politisch durchsetzen. Ein Vorteil des chinesischen Marktes liegt darin, dass sehr große Marktvolumina entstehen. Der theoretische Wissensstand wird in dem Bereich als sehr gut eingestuft, es fehlt jedoch praktische Erfahrung. Auch eigene FuE und die Weiterentwicklung der Technologien werden China erst längerfristig zugetraut. Allerdings ist China bei den Solarzellen bereits ein wichtiger Akteur im Außenhandel. Kooperationen, die chinesische Kostenvorteile in der

Fertigung mit deutschem technologischem Know-how koppeln, könnten einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der japanischen Konkurrenz zur Folge haben.

- Die hohen Kohlevorkommen und die Ausbaupläne Chinas bei den Kohlekraftwerken verdeutlichen ein hohes Potenzial für CCS. Der Wissensstand in China ist bisher allerdings eher gering, dies spricht für Systemangebote von deutschen Herstellern. Gleichzeitig sind Kraftwerksteile bereits ein wichtiger Bestandteil der deutschen Exporte nach China, so dass bereits vielfältige Akteursbeziehungen bestehen, auf denen aufgebaut werden kann.
- Das Themenfeld Gebäudeeffizienz ist in China noch relativ neu. Bisher überwog eine sehr angebotsorientierte Sichtweise, wie der wachsende Energieverbrauch gedeckt werden kann. Ein großes Defizit wird in der mangelnden Qualität im Bausektor gesehen. Dies betrifft die Bauausführung, insbesondere bei für China neuen Technologien wie Dämmung. Es fehlt die Ausbildung der Fachkräfte in der Breite. Aber auch die Kompetenz für Einzeltechnologien ist nicht besonders ausgeprägt. Daneben fehlt auch das für Energieeffizienz nötige Verständnis für die Findung der optimalen Kombination von Technologien. Die integrale Sicht auf ein Gebäude ist bisher in China nicht vorhanden. Kooperationsanstrengungen sollten daher gerade auch diese Aspekte adressieren.
- Im Themenfeld Mobilität ist festzuhalten, dass das Interesse an synthetischen Biokraftstoffen und auch die Verfügbarkeit von Biomasse in China sehr groß sind. Allerdings zeigen die Indikatoren hier noch keine spezifischen Kompetenzschwerpunkte Chinas an.
- Die großen Entfernungen machen China zu einem großen Eisenbahnmarkt - insbesondere Hochgeschwindigkeitsstrecken boomen. Gleichzeitig hat sich China im Bereich Schienenfahrzeuge spezialisiert, obwohl die Wissensbasis eher unterdurchschnittlich ist. Aus chinesischer Sicht wären daher Kooperationen, die die Wissensbasis in diesem Bereich stärken, eine wichtige Ergänzung der eigenen Position.
- In der (Straßen-) Fahrzeugindustrie hat China große eigene Hersteller. Auch wenn diese derzeit noch einfache und technisch veraltete Produkte anbieten, wird in ihnen doch eine ernste Konkurrenz gesehen. Die Herausforderung besteht hier darin, die bestehenden Kompetenzen in China stärker für eine Realisierung einer nachhaltigen Gestaltung der angebotenen Produkte einzusetzen
- Unter Materialeffizienzgesichtspunkten plant China, das Altfahrzeugrecycling einzuführen. Für die Einschätzung der Kooperationspotenziale in diesem Bereich ist zu bedenken, dass von deutscher Seite befürchtet wird, dass die Verbreitung entsprechender Recyclinginfrastrukturen und -technologien angesichts der stark wachsenden Rohstoffnachfrage Chinas zu einer Konkurrenz um Sekundärrohstoffe führen könnte.
- Die Erfahrungen deutscher Unternehmen auf dem chinesischen Markt für Abwasserreinigungssysteme deuten darauf hin, dass Umweltschutz in China de

facto nicht die gleiche Bedeutung zukommt wie in den offiziellen Regierungsverlautbarungen. Nach Einschätzung der Befragten wird China in den nächsten fünf Jahren die in diesem Bereich benötigte Marktreife noch nicht entwickelt haben. Die Produktion vor Ort kämpft mit mangelhafter Prozessqualität, dennoch werden - wie auch in anderen Märkten - chinesische Unternehmen als Konkurrenten gefürchtet. Kooperationen stehen daher vor der Herausforderung, wie mit diesem Spannungsfeld umzugehen ist.

Eine Intensivierung von Kooperationen mit China muss vor dem Hintergrund einer Reihe von Regelungen erfolgen, die den Import ausländischer Produkte sowie die Möglichkeiten ausländischer Unternehmen, sich in China niederzulassen und am Wirtschaftsleben dort voll zu partizipieren, betreffen. Hierzu gehören insbesondere Regelungen bezüglich hoher Importzölle und unberechenbarer Zulassungsverfahren für ausländische Produkte. Auch wird die Situation hinsichtlich der Durchsetzung der Intellectual Property Rights immer wieder problematisiert.

Eine besondere Schwäche betrifft die Bedeutung der Umweltregulierung. Der Vollzug von Umweltstandards insgesamt ist nach den Ergebnissen der ausgewerteten Umfragen als sehr lax einzustufen, nach den Erfahrungen der Befragten zufolge unter den BRICS-Ländern vielleicht sogar am schlechtesten. Dies behindert die Realisierung des erheblichen Potenzials zur Durchführung von Nachhaltigkeitsinnovationen substanziell. Gerade in diesem Punkt müsste – im Sinne einer nachfrageorientierten Innovationspolitik – vorrangig angesetzt werden.

6.5 Südafrika

Die FuE-Intensität Südafrikas liegt im Durchschnitt der BRICS-Länder, allerdings ohne in den letzten Jahren entsprechende Steigerungsraten aufzuweisen. Private Aktivitäten spielen hierbei eine ähnlich große Rolle wie in den Industriestaaten. Die Bedingungen für einen Innovationstransfer werden für Südafrika insgesamt als gut eingeschätzt. Dem Umweltschutz wird in den Befragungen zwar die höchste Bedeutung unter den BRICS-Ländern zugesprochen. In den Interviews wird dies allerdings erheblich relativiert. Hier wird auf eine lückenhafte Kontrolle der Emissionen verwiesen. Erst in jüngerer Zeit scheint sich das zu ändern.

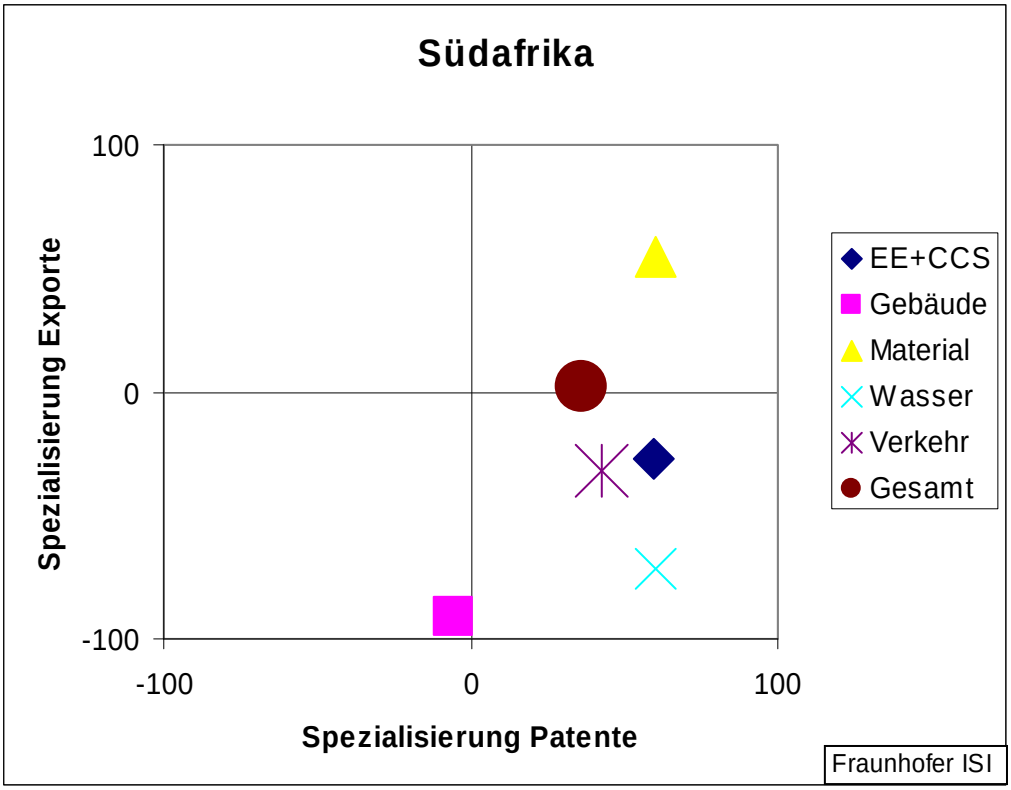
Das größte Problem für Südafrika wird in der Verfügbarkeit des Humankapitals gesehen. Dies drückt sich auch darin aus, dass die Wissenschaftlerdichte in Südafrika deutlich unter derjenigen in den anderen BRICS-Ländern liegt. Dadurch kann auch die ambivalente Einschätzung der südafrikanischen Kompetenzen in den Interviews erklärt werden: Die Bereiche, die genügend gut geschultes Personal attrahieren können, sind auf technischer Seite fast auf europäischem Niveau. Andererseits fehlen in vielen

Bereichen diese Kompetenzen, was zu rückständigen Fertigungsprozessen und schlechten Preis-Leistungsverhältnissen führt. Ein besonderes Problem dürfte die Finanzierung von Investitionen in Südafrika darstellen. Unter den BRICS-Ländern bildet es das Schlusslicht beim Rating des Länderrisikos.

Die Innovationspolitik in Südafrika orientiert sich am Konzept des nationalen Innovationssystems. Ein wichtiger Bestandteil ist die Entwicklung neuer Missionen für die Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik. Als strategische FuE-Gebiete wurden Biotechnologie, neue Produktionstechnologien, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie ressourcenbasierte Industrien (einschließlich Landwirtschaft und Energie) definiert. Für den Wasserbereich gibt es eine eigenständige Förderagentur, was die Bedeutung dieses Bereiches unterstreicht. Im Rahmen des Schwerpunktes Produktionstechnologie wird der National Center of Cleaner Production finanziert, der sich vor allem an KMU richtet, die zugleich im Bereich Abfallverwertung besonders aktiv sind. Darüber hinaus wird die Forschung im Sinne einer nachfrageorientierten Innovationspolitik mittelbar auch durch Diffusionsprogramme beeinflusst, insbesondere im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien, bei der Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich sowie beim Ausbau des Schienenverkehrs. Eine Besonderheit im Rahmen der BRICS-Länder ist die Hervorhebung der Bedeutung von sozialwissenschaftlicher Forschung für Kapazitätsaufbau und Entwicklung der Innovationsfähigkeit.

Mit Ausnahme des Gebäudebereichs sind die untersuchten Nachhaltigkeitsbereiche durch eine überdurchschnittliche Aktivität zum Wissensaufbau gekennzeichnet. Der Bereich der Materialeffizienz sticht außerdem durch eine positive Außenhandelssituation heraus, die vor allem auf nachwachsende Rohstoffe und Teilbereiche des Recylings zurückzuführen sind. Eine ähnlich starke Außenhandelsposition ist auch beim Teilbereich der Wasseraufbereitung auszumachen, auch wenn dies in der Gesamtbetrachtung der Wassertechnologien durch schwächere Positionen in den anderen Teilbereichen überkompensiert wird.

Abbildung 6-5: Spezialisierung Südafrikas in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern



Aus den indikatorgestützen Ergebnissen und den durchgeführten Interviews lassen sich eine Reihe von weiteren themenfeldspezifischen Erkenntnissen ableiten, die wichtige Hinweise für künftige Kooperationspotenziale geben:

- Für die energierelevanten Themenfelder ist zunächst als Ausgangsbasis festzuhalten, dass Südafrika über viel – allerdings qualitativ schlechte - Kohle verfügt. Diese ist Basis der heimischen Stromproduktion. Südafrika ist traditionell stark in der Kohlevergasung. Der Kohlereichtum und die Verbreitung der Kohlevergasung stellen gute Voraussetzungen für den künftigen Einsatz von CCS dar. Ob und in welchen Zeithorizonten CCS dort relevant wird, ist jedoch offen.
- Die Voraussetzungen für die Etablierung von Recyclingsystemen - unter anderem in der Automobilindustrie - werden in Südafrika als günstig eingestuft. Im Rahmen des Cleaner Production Programms hat Südafrika sogenannte „Abfall-Minimierungs-Clubs“ etabliert. Sie fördern den Informations- und Erfahrungsaustausch unter Unternehmen, mit Fokus auf präventive Maßnahmen zur Abfallvermeidung. Aufgrund der Kompetenzen Südafrikas bei Teilbereichen des Recyclings dürfte dies ein lohnendes Kooperationsfeld darstellen. Allerdings müssen sich die Rahmenbedingungen für das Recycling noch verbessern, z. B. was Umweltgesetzgebung, Infrastruktur und Abnehmer betrifft.

- In Südafrika sind sehr viele ausländische Fahrzeughersteller präsent. Der Markt wird im Volumen oft überschätzt, ist aber de facto relativ klein. Die deutschen Firmen setzen hier die gleiche Technik wie im Mutterland ein, d. h. zum Beispiel wasserbasierte Lackiersysteme. Bei Emissionsminderungstechnologien hängt Südafrika weitgehend vom Ausland ab, hier gibt es wenig nationale Aktivitäten zum Kompetenzaufbau.
- Auf dem Gebiet der Kohleverflüssigung bestehen einige deutsch-südafrikanische Kooperationen, auch im FuE-Bereich. Wegen der technischen Nähe können diese Kooperationen auch Ausgangspunkte für Kooperationen im Bereich synthetischer Biokraftstoffe darstellen. Aus südafrikanischer Sicht bündelt dieser Bereich besonders günstige Ausgangsbedingungen, da die gute Wissensbasis durch bereits bestehende Außenhandelserfahrungen - mit Sasol ist hier ein international aktives Unternehmen tätig – unterstützt und gleichzeitig gute Anknüpfungspunkte zu den Schwerpunkten der nationalen Innovationsstrategie bestehen.
- Der Wasserbereich bildet einen eigenständigen Schwerpunkt der nationalen Innovationsstrategie Südafrikas. Gleichzeitig weist Südafrika insbesondere im Teilbereich der Wasseraufbereitung eine überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit auf. Wenn man die künftigen Herausforderungen Südafrikas bei der Verfügbarkeit von Wasserressourcen bedenkt, wird deutlich, dass dieses Kooperationsfeld in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen wird und zugleich gute Kooperationsmöglichkeiten bietet.

Ein spezifisches Problem für Kooperationen mit Südafrika wird allerdings in der – verglichen mit den anderen BRICS-Ländern - geringeren Marktgröße des Landes gesehen. Südafrika spielte nicht nur bei den befragten Industrieunternehmen sondern auch bei den befragten Finanzinstitutionen eine randständige Rolle. Das Interesse auf Südafrika zu lenken wird daher eine besondere Herausforderung für die Verstärkung der Kooperationen werden.

6.6 Deutschland

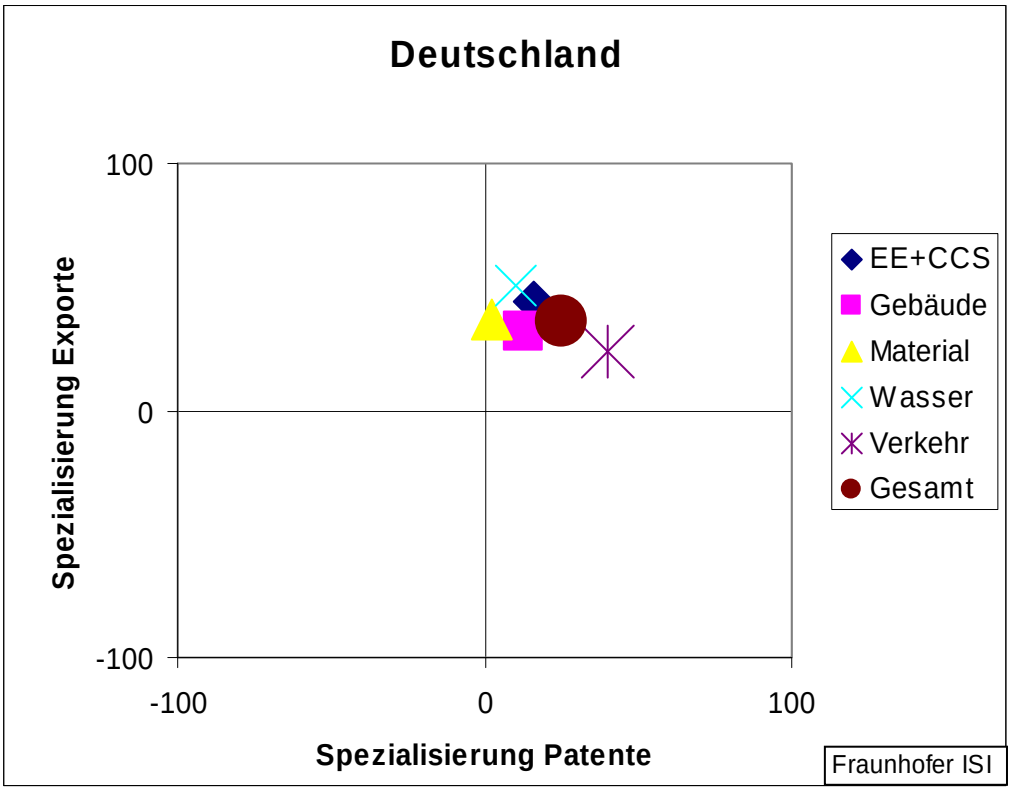
Die Basisdaten zur Innovationakapazität, aber auch die Befragungsergebnisse zu den Rahmenbedingungen haben die Unterschiede zwischen Deutschland und den BRICS-Ländern bereits deutlich werden lassen. Hinzu kommen die Niveauunterschiede bei den Patent- und Welthandelsanteilen. Sie bestätigen eindrucksvoll die hohe technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands.

Unter den sechs betrachteten Nachhaltigkeitsfeldern kommt den Erneuerbaren Energien ein besonderer Stellenwert bei der projektförmigen Forschungsförderung zu, gefolgt von dem Themenfeld Mobilität und Logistik. Die drei anderen ausgewählten technologischen Bereiche – Energieeffizienz in Gebäuden, Wassertechnologien und

Materialeffizienz – folgen mit deutlichem Abstand. Die Forschungsförderung der stärker sozioökonomisch geprägten Fragestellungen fällt hingegen eine Größenordnung schwächer aus.

Eine Auswertung des Spezialisierungsprofils zeigt für Deutschland ein erstaunlich homogenes Bild. In der Summe weisen alle technologischen Bereiche nicht nur eine überdurchschnittliche Patentaktivität sondern auch eine überdurchschnittliche Exportorientierung auf. Gerade letzteres ist hervorzuheben, zeichnet sich doch Deutschland schon bei allen Gütern als Exportweltmeister aus. Einziger Bereich in dem Deutschland eine unterdurchschnittliche Spezialisierung aufweist sind die sozioökonomischen Fragestellungen zur Nachhaltigkeit. Hier scheint noch zusätzlicher Handlungsbedarf zu bestehen.

Abbildung 6-6: Spezialisierung Deutschlands in den ausgewählten Nachhaltigkeitsfeldern



6.7 Schlussfolgerungen für Kooperationen

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse eine hervorragende Ausgangsposition Deutschlands als potenzieller Technologielieferant in Kooperationen mit den BRICS-Ländern. In den BRICS-Ländern bilden die betrachteten Nachhaltigkeitsbereiche zwar keine Schlüsselbereiche der nationalen Kompetenzen und Entwicklungsstrategien, es gibt aber zahlreiche Anknüpfungspunkte und – insbesondere in China und Indien - eine stark ausgeprägte Dynamik, die zum weiteren Aufbau absorptiver Kapazitäten führt. Bei einzelnen Technologielinien sind bereits heute gute Startbedingungen für eine Weiterentwicklung der Technologien in den BRICS-Ländern und die Erzielung von Außenhandelserfolgen zu verzeichnen. Allerdings stehen alle BRICS-Länder vor der Herausforderung, dass potenzielle Kompetenz allein noch keine Umweltverbesserung und starke Stellung im Außenhandel garantiert. Engpässe im Bereich der Nachfrage nach den Technologien müssen durch umweltpolitische Maßnahmen angegangen werden, gleichzeitig müssen Kompetenzaufbau und Maßnahmen der Umweltpolitik miteinander koordiniert werden.

Im Unterschied zu Deutschland ist die Leistungsfähigkeit innerhalb der BRICS-Länder deutlich heterogener ausgeprägt. Stärken in Teilbereichen gehen mit Schwächen in anderen einher. Gleichzeitig bestehen auch in einzelnen Teilbereichen Disparitäten in den Kompetenzen bei den unterschiedlichen Elementen des Innovationssystems, z. B. zwischen dem Forschungssystem, der Wissensgenerierung und der Umsetzung in wirtschaftlich vermarktbare Produkte. Die Herausbildung eines konsistenten Kompetenzprofils gehört damit zu den vordringlichen Aufgaben in den BRICS-Ländern.

Folgende **Schlussfolgerungen** können für die einzelnen **BRICS-Länder** festgehalten werden:

- In Brasilien ist eine Vorreitermarktstrategie am ehesten in Zusammenhang mit dem Einsatz von Biomasse denkbar. Allerdings erfordert dies ein erhebliches Upgrading der technologischen Basis und eine verstärkte Berücksichtigung der Anforderungen einer nachhaltigen Nutzung. Die technologische Basis im – traditionell stark ausgeprägten - Automobilbereich ist hingegen noch sehr stark von ausländischem Know-how abhängig.
- In Russland ist die Wissensbasis zwar (noch) vorhanden, gleichzeitig ist aber eine insgesamt geringe Marktumsetzung zu beobachten. Potenzielle Stärken Russlands liegen vor allem in den energie- und rohstoffrelevanten Technologien.
- Indien weist zwar einen hohen Bedarf an nachhaltigen Technologien auf, insbesondere beim Aufbau der Infrastruktur. Die Ankopplungsmöglichkeiten an die Stärken Indiens sind aber begrenzt, da die Prioritäten sehr stark in anderen Bereichen gesetzt wurden. Am stärksten sind Verbindungen zu den Bereichen erneuerbare Energien und Materialeffizienz zu erkennen.

- China weist eine hohe wirtschaftliche Dynamik auf und ist bezüglich wichtiger wirtschaftlicher Kenngrößen das dominierende Land innerhalb der BRICS-Länder. Eine durchgehende Spezialisierung auf nachhaltigkeitsrelevante Technologien ist jedoch nicht erkennbar. Andererseits kann in allen Handlungsfeldern an Kompetenzen für nachhaltigkeitsrelevante Technologien angeknüpft werden. Eine große Herausforderung liegt jedoch in der tatsächlichen Ausrichtung der Kompetenzen auf Nachhaltigkeit.
- Südafrika weist eine sehr gute Basis in einigen Teilbereichen auf und hat sich beim Wissensaufbau stark auf nachhaltigkeitsrelevante Bereiche spezialisiert. Andererseits bestehen Engpässe beim Humankapital, die die Umsetzung dieser Potenziale erschweren.

Für alle BRICS-Länder ist festzuhalten, dass die Bedeutung des Handels zwischen ihnen zunimmt. Es ist zu vermuten, dass dies in Zukunft auch bei Kooperationen im Wissenschafts- und Technologiebereich der Fall sein wird. Die Akteurskonstellationen für derartige Kooperationen dürften wesentlich vielfältiger werden und sich nicht auf Kooperationen von etablierten Industrieländern untereinander oder von ihnen mit Akteuren aus schnellwachsenden Ökonomien beschränken.

Gleichzeitig muss bedacht werden, dass die deutschen Kooperationspartner bei Kooperationsentscheidungen in einem Spannungsfeld stehen: Einerseits eröffnet eine Kooperation neue Märkte und trägt zur weltweiten Reduktion der Umweltbelastung bei, andererseits hilft sie unter Umständen, potenzielle Konkurrenten noch schneller zu aktuellen Konkurrenten auf dem Weltmarkt werden zu lassen. Dieses – in den Interviews mehrfach anklingende - Spannungsfeld ist allerdings von unterschiedlicher Bedeutung bei den verschiedenen **Kooperationskonstellationen**, die bei der Formulierung von Initiativen zur Verstärkung der technologischen Kooperation eine Rolle spielen können. Gleichzeitig resultieren hier auch unterschiedliche Ansatzpunkte, wie derartige Kooperationen durch die Politik gefördert werden können:

- In den Bereichen, in denen die Kompetenz der BRICS-Länder sehr schwach ausgeprägt ist, kommt für deutsche Partner vor allem eine Rolle als Exporteur von Technologien in Frage. Engpassfaktor ist hier oftmals die Nachfrage nach derartigen Technologien, da entsprechende Umweltregulierungen fehlen oder nicht umgesetzt werden. Unterstützende Aktivitäten durch die Politik können hier erstens im Bereich der Beratung und dem Erfahrungsaustausch bei der Formulierung der Umweltpolitik liegen. Beispiele hierfür finden sich vor allem im Bereich des Energieeinspeisegesetzes für erneuerbare Energien. Zweitens sind unterstützende Regelungen in der Finanzierung hilfreich, wie sie z. B. durch die Etablierung des CDM-Mechanismus erfolgen. Drittens spielen Maßnahmen, die die Adaptionsfähigkeit in den Kooperationsländern erhöhen, eine wichtige Rolle. Hierzu gehören z. B. der Erfahrungsaustausch bei der Etablierung von Ausbildungsprogrammen und der Austausch von qualifiziertem Personal.

- Kooperationen finden vielfach in Bereichen statt, in denen der Kompetenzaufbau in den BRICS-Ländern noch im Gang ist, es aber bereits zu erheblichen Kapazitätssteigerungen und zur Produktion – auf Basis des zur Verfügung gestellten Know-hows – für den Weltmarkt kommt. Besonders in diesen Fällen wirkt das oben beschriebene Spannungsfeld restringierend und viele Technologielieferanten sind sehr zögerlich in der Preisgabe des jüngsten technologischen Know-hows. Gerade bei kleineren und mittleren Unternehmen besteht auch vielfach Unsicherheit über die Art und Weise, wie unter diesen Bedingungen der Schutz des geistigen Eigentums am besten gewährleistet werden kann. Für diese Zielgruppe wäre eine intensivierte Hilfestellung und Beratung über die Gefahren, aber auch die durchaus bestehenden Möglichkeiten, die eigenen Rechte erfolgreich durchzusetzen, hilfreich.
- Eine dritte Kooperationskonstellation kann sich in den Bereichen ergeben, bei denen beide Kooperationsländer erhebliche Stärken aufweisen. Die Rationalität einer Zusammenarbeit kann hier darin liegen, durch die wechselseitige Ergänzung der Stärken einen zusätzlichen Vorteil gegenüber dritten Konkurrenten auf dem Weltmarkt zu gewinnen. Diese Form der Kooperation wird immer sehr fallabhängig von den jeweils gewählten Unternehmensstrategien sein. Sie dürften aber in Zukunft auch politisch stärker im Rampenlicht stehen. So thematisiert das Europäische Grünbuch zur künftigen Ausrichtung der FuE-Politik der EU nicht nur die globalen Herausforderungen im Bereich einer nachhaltigen Entwicklung als Gegenstand einer verstärkten internationalen Zusammenarbeit der EU. Explizit benennt das Grünbuch als Kriterium für eine derartige Zusammenarbeit mit den emerging economies auch eine bereits erreichte hervorragende Position des Partners.

Weitere Ansatzpunkte für **Politikmaßnahmen** beziehen sich weniger auf die technologischen Bereiche und Akteure aus der Wirtschaft, sondern betreffen die Kooperation im Bereich der Politikformulierung. Die Analyse der Forschungssysteme hat als gravierendes Defizit aufgezeigt, dass es in den BRICS-Ländern keine speziell für die Nachhaltigkeitsthemen formulierte FuE-Politik gibt, sondern die nachhaltigkeitsrelevanten Themen allenfalls als Bestandteil sektoral definierter Prioritäten mit angesprochen werden. Hier sollten Prozesse des Erfahrungsaustausches etabliert werden, in denen mit den beteiligten Akteuren aufgearbeitet wird, wie in den einzelnen Ländern die Nachhaltigkeitsthemen in die Gestaltung der Forschungsprioritäten eingehen und welche Erkenntnisse für einen gegenseitigen Lernprozess besonders relevant sind. Ähnliches gilt für die umweltpolitischen Maßnahmen als zentrale Größe, die die Nachfrage nach den Nachhaltigkeitstechnologien beeinflusst. Neben der oben erwähnten Beratung bei der Einführung umweltpolitischer Maßnahmen ist hier insbesondere die Frage relevant, wie die umweltpolitischen Maßnahmen innovationsfreundlich ausgestaltet werden können. Da die systematische Stärkung der für eine nachhaltige Entwicklung zentralen Forschungs- und Technologiekompetenz Gegenstand mehrerer Politikfelder ist, kommt der Koordination der einzelnen Politikfelder eine wichtige Bedeutung zu. Damit wird auch der Erfahrungsaustausch

über die Möglichkeiten und Schwierigkeiten einer derartigen Politikkoordination ein wichtiges übergreifendes Thema für die Kooperationen.

Aus strategischer Sicht ist schließlich zu bedenken, dass die Politikgestaltung eines derart komplexen Bereichs ein **Monitoring** über die jeweiligen Stärken und Schwächen und ihre Veränderungen benötigt. Im Bereich der Innovationspolitik hat dies zur Herausbildung von Systemen wie der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit geführt, in der Umweltpolitik zu den unterschiedlichen Ansätzen von Umweltindikatorensystemen. Es sollte daher analysiert werden, welche periodisch wiederkehrenden Informationsanforderungen für eine systematische Politikgestaltung zur Stärkung der Forschungs- und Technologiekompetenz für eine Nachhaltige Entwicklung erforderlich sind. Bereits zum jetzigen Zeitpunkt ist absehbar, dass hierzu neben Informationen zur Ausrichtung der Forschungspolitik auf Nachhaltigkeitsthemen und der Entwicklung der technologischen Leistungsfähigkeit bei den relevanten Technologien gerade auch aggregierte Bewertungen über die Wirkung der Umwelt- und Infrastrukturpolitik auf die Technologieentwicklung gehören. Die in jüngster Zeit aufkommende Diskussion über die Entwicklung von Indizes, die die Innovationsfreundlichkeit von Politikeingriffen aggregiert anzeigen sollen, dürfte damit auch für die Stärkung der Forschungs- und Technologiekompetenz für eine Nachhaltige Entwicklung an Relevanz gewinnen.

7 Literatur

Abramovitz, M. (1986): Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind, in: Journal of Economic History 46, S. 386-406.

AHK/GIC (2006): Delegations of German Industry & Commerce, German Industry and Commerce Co. Ltd: Invest in China (24.11.2006). Peking 2006 (http://bej.ahk.de/news/investment).

Auswärtiges Amt (2006c): Südafrika. Außenpolitik (www.auswaertiges-amt.de).

BDE Bundesverband der deutschen Entsorgunswirtschaft (2006): Stellungnahme zur Mitteilung der Kommission „Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcen-wirtschaft: Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling" KOM (2005) 666. (http://www.bde.org/01seiten_b/documents/BDEStellungnahmeRecyclingstrategie.pdf, 26.07.2007)

Beise, M.; Rennings, K. (2005): Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations, in: Ecological Economics, Vol. 52, No.1, S. 5-17.

Betz, R.A.; Rogge, K.; Schleich, J. (2005): Flexible Instrumente im Klimaschutz - Emissionsrechtehandel, Clean Development Mechanism, Joint Implementation - Eine Anleitung für Unternehmen, Stuttgart: Umweltministerium Baden-Württemberg.

bfai (2006a): VR China investiert 2005 über 12 Mrd. US-$ im Ausland (www.bfai.de).

bfai (2006b): Länder und Märkte. Wirtschaftsdaten komplett, Köln 2006.

Bufo (2006). Bundesforschungsbericht 2006. BMBF.

Carlsson, B. et al. (2002): Innovation systems: analytical and methodological issues, in: Research Policy, Vol. 31.2002, S. 233-245.

Cohen, W.; Levinthal, D. (1990): Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation, in: Administrative Science Quaterly 35, S 123-133.

Department of Science and Technology DST (2002): *South Africa's National R&D Strategy August 2002*. Pretoria.

Deutsche Bundesbank (12/2006): Monatsbericht Dezember 2006 (X. Außenwirtschaft, 11. DM- und Euro-Wechselkurse für ausgewählte Währungen). Frankfurt am Main 2006.

Deutsche Bundesbank (2006): Sonderauswertung zu deutschen Direktinvestitionen in den BRICS-Staaten und Direktinvestitionen aus den BRICS-Staaten im Inland. Frankfurt am Main 2006.

Deutsche Bundesbank (2006a): Kapitalverflechtung mit dem Ausland. Statistische Sonderveröffentlichung 10, Frankfurt am Main April 2006.

Deutsche Bundesbank (2006b): Direktinvestitionen lt. Zahlungsbilanzstatistik für die Berichtsjahre 2002 bis 2005 (www.bundesbank.de). Frankfurt am Main Mai 2006.

Deutsche Bundesbank (12/2006): Monatsbericht Dezember 2006, Frankfurt.

DIW/ISI/Roland Berger Strategy (2007): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation, BMU/UBA Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung Nr. 01/07, Berlin, Juni 2007.

Drechsler, W., A. Hoffbauer (2007): China kauft sich in Afrika ein. Handelsblatt, 23.01.2007.

Edquist, C. (2005): Systems of innovation: Perspectives and challenges, in: Fagerberg, J. et al. (eds.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, Oxford, S. 181-208.

EU (2007): Inventing our future together. The European Research Area: New Perspectives. Green Paper, Brüssel, 4. April 2007.

EZB Europäische Zentralbank (2006): Glossar. Monatsbericht Dezember 2006. Frankfurt am Main 2006.

Fagerberg, J. (1995): User-producer interaction, learning, and competitive advantage, in: Cambridge Journal of Economics, Vol. 19, S. 243-256.

Fagerberg, J.; Godinho, M. (2005): Innovation and Catching-Up, in: Fagerberg, J. et al. (eds.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, Oxford, S. 514-542.

Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik., Springer-Lehrbuch, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Grupp, H.; Schmoch, U. (1992): Wissenschaftsbindung der Technik - Panorama der internationalen Entwicklung und sektorales Tableau für Deutschland, Wirtschaftswissenschaftliche Beiträge, Heidelberg: Physica.

Handelsblatt (31.01.2007): Russland erschwert ausländische Übernahmen.

Heinze, T.; Kuhlmann, S. (2006) Analysis of Heterogeneous Collaboration in the German Research System with a Focus on Nanotechnology. Fraunhofer ISI Discussion Papers: Innovation System and Policy Analysis No. 6/2006

Hekkert, M.P.; Suurs, R.A.N.S.O.; Kuhlmann, S.; Smits, R.E. (2006): Functions of innovation systems - A new approach for analysing technological change. In: Technological Forecasting and Social Change, Forthcoming.

Hipp, C. (2000): Innovationsprozesse im Dienstleistungssektor, Physica, Heidelberg.

IEA (2006): World Energy Outlook 2006. International Energy Agency: Paris.

International Monetary Fund (IMF): Balance of Payments Manual (http://www.imf.org/external/np/sta/bop/BOPman.pdf).

ISI (2006): Nachfrageorientierte Innovationspolitik, TAB Arbeitsbericht Nr. 99, 2006, Berlin

ISI et al.: Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit (TLF) 2006, Karlsruhe, Berlin.

Jacob, K. u. a. (2005): Lead Markets for Environmental Innovations. ZEW Economic Studies, Vol. 27, Heidelberg.

Jänicke, M., Jakob, K. (2006) (eds.): Environmental Governance in Global Perspective. New Approaches to Ecological and Political Modernisation. Berlin: Forschungsstelle für Umweltpolitik. Freie Universität Berlin.

Jappe A (2007): Explaining International Collaboration in Global Environmental Change Research. Scientometrics 2007;71:367-390).

Kearney A.T. (2006): FDI Confidence Index. Global Business Policy Council (2005, Volume 8). Alexandria, Virginia, USA (2006).

Kemp, R.; Loorbach, D.; Rotmans, J. (2007): Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development, in: International Journal of Sustainable Development and World Ecology, Vol. 14, Nr. 1, S. 78-91.

Klemmer, P. (Hrsg.) (1999): Innovation and the Environment, Analytica verlag, Berlin.

Krawczyk, O., Legler, H., Schadt, C., Frietsch, R., Schubert, T., Schumacher, D. (2007): Die Bedeutung von Aufholländern im globalen Technologiewettbewerb. Studien zum deutschen Innovationssystem, 21-2007. NIW, Hannover, Februar 2007.

Legler, H.; Krawczyk, O.; Walz, R.; Eichhammer, W.; Frietsch, R.: Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft, UBA-Berichte 16/06, Berlin.

Lundvall, B.-A. et al. (2002): National systems of production, innovation, and competence building, in: Research Policy 32, 2002, S. 213-231.

Malerba, F. (2005): Sectoral Systems: How and why innovation differ across sectors, in: Fagerberg, J. et al. (Eds.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, Oxford, S. 308-406

meó et al. (2006): Marktanalyse nachwachsender Rohstoffe. Projekt für die Fach-agentur Nachwachsende Rohstoffe FNR, Köln

Meyer-Krahmer, F. (2004): Vorreiter-Märkte und Innovation, in: Steinmeier, F.W.; Machnig, M. (Hrsg.): Made in Deutschland 21', Hamburg, S. 95-110.

Müller, O. (2006): Schwellenländer. Neue Macht des Südens. Handelsblatt, 31.12.2006)

Munasinghe, M. (1999): Growth-oriented economic policies and their environmental impacts. In: van den Bergh, C.J.M. (ed): Handbook of Environmental Economics,Edward Elgar, Cheltenham, S. 678-708.

National Science Board NSB (2006). Science and Engineering Indicators. Arlington, U.S. National Science Foundation.

Nelson, R. R. et al. (2005): A Program of Study of the Processes Involved in Technological and Economic Catch up, Earth Institute, Columbia University, New York 2005.

Nelson, R.R. (2004): Economic development from the perspective of evolutionary economic theory, Global Network on Economics of Learning, Innovation and Competence Building Systems (Globelics) Second Conference on “Innovation Systems and Development - Emerging Opportunities and Challenges”, Beijing, www.globelics.org.Globelics

Nonaka, I.; Takeuchi, H. (1995): The knowledge creating company, Oxford University Press, Oxford.

NSTMIS (2005): *Research and Development Statistics 2004*-05. Department of Science and Technology, Government of India.

OECD (2001): Bridging the Innovation Gap in Russia. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

OECD (2005): Fostering Public-Private Partnership for Innovation in Russia. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

OECD: International Direct Investment Statistics Yearbook. Paris, versch. Jahre.

OECD: OECD Benchmark Definition of Foreign Direct Investment (http://www.oecd.org/dataoecd/10/16/2090148.pdf).

R. Schnell, P. Hill, and E. Esser (1995): Methoden der empirischen Sozialforschung. München, Wien: Oldenbourg.

Rabe, C. (2006): Europa ist Favorit bei den Investoren. Handelsblatt, 17.10.2006.

Reinhardt, G.; Rettenmaier, N.; Gärtner, S.; Pastowski, A. (2007): Regenwald für Biodiesel? Ökologische Auswirkungen der energetischen Nutzung von Palmöl, Frankfurt am Main: WWF Deutschland (www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/wwf_palmoelstudie_deutsch.pdf, 26.07.2007).

Smits, R.; Kuhlmann, S. (2004): The rise of systemic instruments in innovation policy, in: International Journal of Foresight and Innovation Policy, Vol. 1, No.1, S. 1-26.

SRU - Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (2007): Klimaschutz durch Biomasse - Sondergutachten, Berlin (http://www.umweltrat.de/frame02.htm, 26.07.2007): SRU.

UNCTAD, United Nations Conference on Trade and Development (2006): World Investment Report 2006. FDI from Developing and Transition Economies: Implications for Development. United Nations, New York and Geneva 2006.

Walz, R. (2005): Umwelt und Innovation, in: Iten, R. et al.: Auswirkungen von Umweltschutzmassnahmen auf BIP, Beschäftigung und Unternehmen, Umwelt-Materialien Nr. 197, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 2005, S. 87-108.

Walz, R. (2006): Increasing Renewable Energy in Europe – impacts on competitiveness and lead markets. In Energy & Environment, Vol. 17 (2006), Nr. 6, S. 951-975.

Walz, R. (2007): The role of regulation for sustainable infrastructure innovations: the case of wind energy, in: International Journal of Public Policy, Vol. 2 (2007), Nr. 1/2, S. 57-88.

Walz, R.; Kuhlmann, S. (2005): Nachhaltigkeitsinnovationen in systemischer Perspektive, in: Mappus, S. (Hrsg.): Erde 2.0 - Technologische Innovationen als Chance für eine nachhaltige Entwicklung, Berlin, Heidelberg: Springer, S. 278-310.

Walz, R.; Meyer-Krahmer, F. (2003): Innovation and sustainability in economic development. Invited paper, Global Network on Economics of Learning, Innovation and Competence Building Systems (Globelics) First Conference on “Innovation Systems and Development Strategies for the Third Milennium”, Rio de Janeiro, November 2-6 2003.

A Anhang

A.1 Anhang zu Abschnitt 2.2

TableAnnex A.1-1: Humankapital

Einzelindikatoren	Quelle	Beschreibung
1.1 Verfügbarkeit		
Availability of scientists and engineers	WEF	Scientists and engineers in your country are (1 = nonexistent or rare, 7 = widely available)
Qualified engineers	WEF	Qualified engineers are available in your labor market
Skilled labor	WEF	Skilled labor is readily available
1.2 Aus- und Weiterbildung		
Employee training	IMD	Employee training is a high priority in companies
Extent of staff training	WEF	The general approach of companies in your country to human resources is (1 = to invest little in training and employee development, 7 = to invest heavily to attract, train and retain employees)
Local availability of specialized research and training services	WEF	In your country, specialized research and training services are (1 = not available, 7 = available from world class institutions)

TableAnnex A.1-2: Technologische Absorption

Einzelindikatoren	Quelle	Beschreibung
2.1 Firmennetze		
Technological cooperation	IMD	Technological cooperation is developed between companies
Local supplier quality	WEF	The quality of local suppliers in your country is (1 = poor as they are inefficient and have little technological capabilities, 7 = very good as they are internationally competitive and assist in new product and process development)
Local supplier quantity	WEF	Local suppliers in your country are (1 = largely nonexistent, 7 = numerous and include the most important materials, components, equipment, and services)
Local availability of process machinery	WEF	How is process equipment and machinery specific to your field obtained in your country? (1 = specialized process equipment and machinery are almost always imported, 7 = specialized process equipment and machinery are almost always locally available from capable suppliers)
2.2 Technologietransfer		
Prevalence of foreign technology licensing	WEF	In your country, licensing of foreign technology is (1 = uncommon, 7 = a common means of acquiring new technology)
Firm-level technology ab-sorption	WEF	Companies in your country are (1 = not able to absorb new technology, 7 = aggressive in absorbing new technology)
FDI and technology transfer	WEF	Foreign direct investment in your country (1 = brings little new technology, 7 = is an important source of new technology)
2.3 Forschung und Entwicklung in den Unternehmen		
Capacity for innovation	WEF	Companies obtain technology (1 = exclusively from licensing or imitating foreign companies, 7 = by conducting formal research and pioneering their own new products and processes)
Company spending on research and development	WEF	Companies in your country (1 = do not spend money on research and development, 7 = spend heavily on research and development)
Development and application of technology	IMD	Development and application of technology are supported by the legal environment

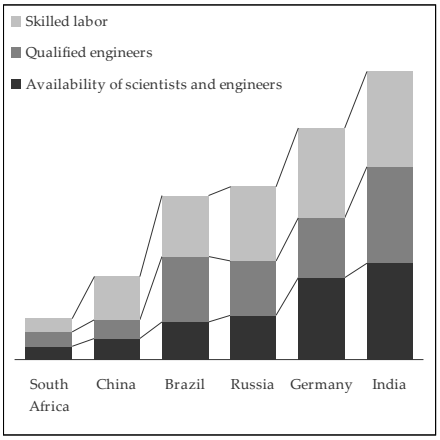
TableAnnex A.1-3: Innovationsfreundliche Rahmenbedingungen

Einzelindikatoren	Quelle	Beschreibung
3.1 Gründungsregulierung		
Business start subindex	WEF WEF IMD	(-) Number of days required to start a business, 2005 (-) Number of procedures required to start a business, 2005 (-) Number of days to start a business
Creation of firms	IMD	Creation of firms is supported by legislation
3.2 Innovationsfinanzierung		
Funding for technological development	IMD	Funding for technological development is generally sufficient
Venture capital subindex	IMD WEF	Venture capital is easily available for business development Entrepreneurs with innovative but risky projects can generally find venture capital in your country (1 = not true, 7 = true)
Ease of access to loans	WEF	How easy is it to obtain a bank loan in your country with only a good business plan and no collateral (1 = impossible, 7 = easy)
3.3 Innovationsfreundliche Nachfrage		
Government procurement of advanced technology products	WEF	Government purchase decisions for the procurement of advanced technology products are (1 = based solely on price, 7 = based on technical performance and innovativeness)
Buyer sophistication	WEF	Buyers in your country are (1 = unsophisticated and make choices based on the lowest price, 7 = knowledgeable and demanding and buy based on superior performance attributes)
Technological regulation	IMD	Technological regulation supports business development and innovation
Presence of demanding regulatory standards	WEF	Standards on product/service quality, energy, and other regulations (outside environmental regulations) in your country are (1 = lax or nonexistent, 7 = among the world's most stringent)

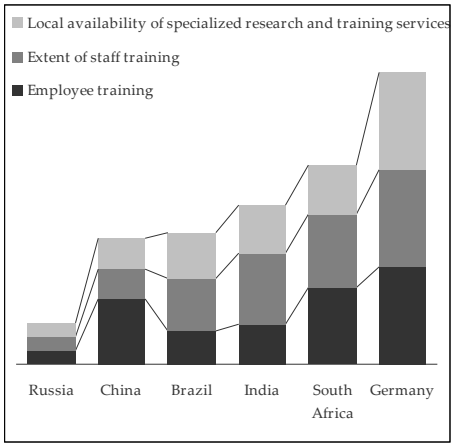
TableAnnex A.1-4: Umweltschutz

Einzelindikatoren	Quelle	Beschreibung
Health, safety & environmental concerns	IMD	Health, safety & environmental concerns are adequately addressed by management
Protection of ecosystems by business	WEF	In your country, companies that harvest or process natural resources such as food, forest or fishery products (1 = rarely concern themselves with the degradation of ecosystems, 7 = frequently take steps to preserve the ecosystem they depend on)
Stringency of environmental regulations	WEF	How stringent is your country's environmental regulation? (1 = lax compared with that of most countries, 7 = among the world's most stringent)

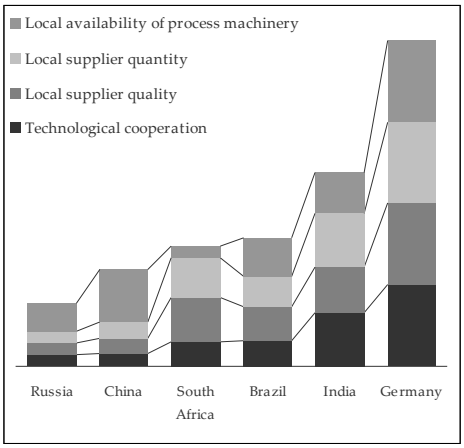
AbbildungAnhang A.1-1: Verfügbarkeit



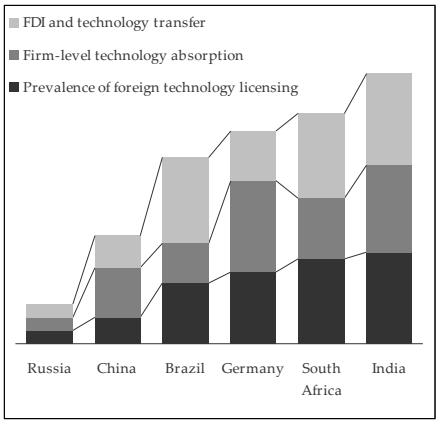
AbbildungAnhang A.1-2: Aus- und Weiterbildung



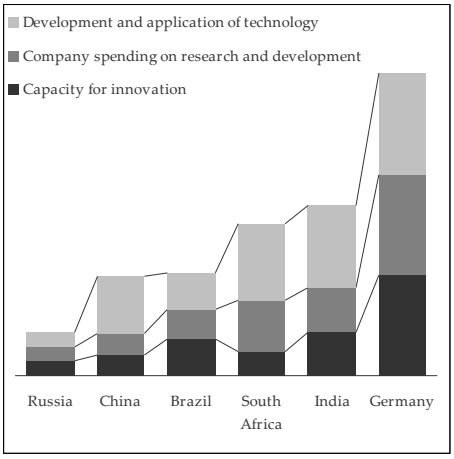
AbbildungAnhang A.1-3: Vernetzung



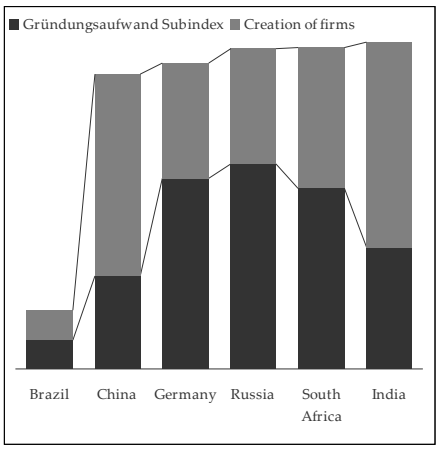
AbbildungAnhang A.1-4: Technologie-transfer



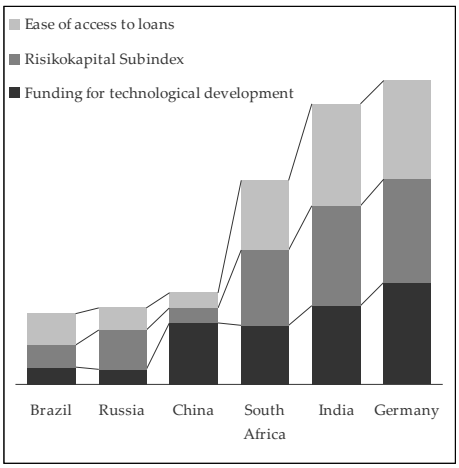
AbbildungAnhang A.1-5: F&E in Unternehmen



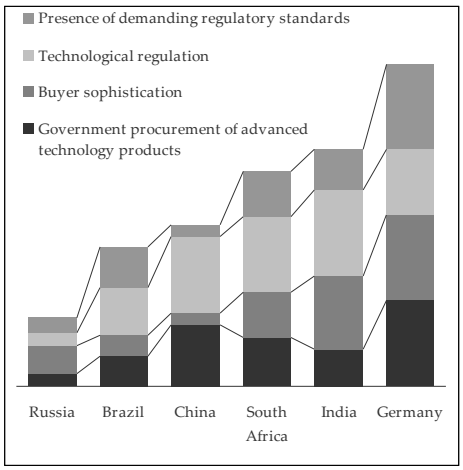
AbbildungAnhang A.1-6: Gründungs-gliederung



AbbildungAnhang A.1-7: Innovations-finanzierung



AbbildungAnhang A.1-8: Nachfrage



A.2 Anhang zu Abschnitt 2.3

TableAnnex A.2-1: Konsolidierte deutsche Direktinvestitionen im Ausland (Jahresende)

Mrd. Euro	2004	Anteile 2004 (%)	Zunahme (%) 2002-2004
Alle Länder (Stand: 4/06)	676,686		+2,0 %
BRICS-Staaten:			
Brasilien	5,796	24,5	+6,8 %
Südafrika	3,581	15,2	+34,3 %
China (ohne Hongkong 1)	8,424	35,7	+30,1 %
Indien	2,041	8,6	+28,3 %
Russische Föderation	3,773	16,0	+71,7 %
Summe BRICS-Staaten	23,615	100	+28,7 %
Anteil in % (alle Länder)	3,5		

Quelle: Deutsche Bundesbank 2006a (unmittelbare und mittelbare Direktinvestitionen)

TableAnnex A.2-2: Deutsche Direktinvestitionen im Ausland 2003 bis 2005 (Mrd. EUR; inkl. reinvestierte Gewinne, Kapitalausfuhr: -)

	2003	2004	2005
Alle Länder	-5,470	-1,516	-36,695
BRICS-Staaten:			
Brasilien	+0,408	-1,060	-0,894
Südafrika	+0,223	-0,337	-0,275
VR China (ohne Hongkong)	-1,558	-1,087	-2,982
Indien	-0,285	-0,285	-0,514
Russ. Föderation	+0,118	+0,643	+0,204
BRICS-Staaten insgesamt	-1,094	-2,126	-4,461

Quelle: Deutsche Bundesbank 2006b (Stand: Mai 2006)

TableAnnex A.2-3: Ausländische Direktinvestitionen im Inland 2003 bis 2005 (Mrd. EUR; inkl. reinvestierte Gewinne, Kapitaleinfuhr: +)

	2003	2004	2005
Alle Länder	+25,873	-12,172	+26,264
BRICS-Staaten:			
Brasilien	-0,070	+0,020	+0,052
Südafrika	+0,111	+0,110	-0,177
VR China (ohne Hongkong)	+0,308	+0,098	+0,137
Indien	-0,024	+0,009	+0,006
Russ. Föderation	+0,037	+0,130	+0,102
BRICS-Staaten gesamt	+0,362	+0,367	+0,120

Quelle: Deutsche Bundesbank 2006b (Stand: Mai 2006)

Definitionen und methodische Anmerkungen

Definition der Deutschen Bundesbank: Als Direktinvestitionen gelten Finanzbeziehungen zu in- und ausländischen Unternehmen, an denen der Investor 10 % oder mehr der Anteile oder Stimmrechte unmittelbar hält (inkl. Zweigniederlassungen und Betriebsstätten). Als reinvestierte Gewinne bzw. Verluste gelten die Teile des Geschäftsergebnisses, die die Ausschüttungen übersteigen. Einbezogen sind Anteile am Kapital einschließlich Rücklagen, Gewinn- und Verlustvorträgen, langfristige Kredite sowie ab 1996 auch kurzfristige Finanz- und Handelskredite und übrige Anlagen (z. B. alle Anlagen in Grundbesitz). Außerdem ist seitdem die Aufnahme von Krediten der Direktinvestoren bei ihren Töchtern als Rückführung der von Direktinvestoren zur Verfügung gestellten Mittel berücksichtigt (reverse flows). **Definitionen UNCTAD** (2006) und **EZB** (2006): "FDI components: equity capital, reinvested earnings and intracompany loans".

Methodische Anmerkungen: Eine internationale Harmonisierung der FDI-Daten ist auf Basis der Empfehlungen des Internationalen Währungsfonds ("IMF Balance of Payments Manual") und der OECD ("Benchmark Definition of Foreign Direct Investment") angestrebt. Trotzdem ist die Vergleichbarkeit der Daten nicht immer gegeben. Hauptgründe sind z. B. abweichende FDI-Definitionen (wie Berücksichtigung reinvestierter Gewinne), Differenzen bei Klassifikationen und geografischen Aufgliederungen (OECD International Direct Investment Yearbook).

A.3 Sustainability Research in the BRICS-Countries: Individual Country Profiles

A.3.1 Brazil

A.3.1.1 The Brazilian innovation system

Most scientific output in Brazil is produced by universities. In a recent bibliometric overview on research institutions in Brazil, Glänzel et al. (2006a, 2006b) found that public universities, i.e. federal and state universities, accounted for more than 80 % of the country's total publications in the ISI database (SCI+SSCI) from 1991 to 2003. 20 % of the publications are authored by researchers affiliated with other institutions from the public sector, mainly research institutes, hospitals, and national enterprises, while only 5 % have authors from private sector institutions, of which private universities play the most important part. During this period, Brazil strongly increased the national output in scientific publications, raising from 1,766 in the year 1988 to 8,684 in 2003 in the ISI databases SCI and SSCI (NSB, 2006, see TableAnnex A.3-1).

TableAnnex A.3-1: Basic indicators of R&D resources in Brazil

Brazil	2000	2004
Population 1000	173,858	183,913
GDP (million current prizes US-$)	601,732	603,973
GERD (million current PPP $)	13,659	13,494
GERD per capita (current PPP $)	78.6	73.4
GERD as a percentage of GDP	1.05	0.83
GERD financed by industry (%)	39.8	39.9
GERD financed by government (%)	60.2	57.9
Total R&D personnel (FTE)	na	157,595
Total researchers (FTE)	na	84,979
Scientific publications in SCI+SSCI	6,195	8,684[a]
Scientific publications % SCI+SSCI	0.98	1.24[a]
Foreign trade (billion US-$)		
Exports of R&D intensive goods to OECD	na	13.4
Imports of R&D intensive goods from OECD	na	26.4

a = 2003

OECD member countries until 1993, excludes Mexico, Czech Republic, Hungary, Poland, South Korea, Slovakia.

Source: Brazilian Federal Ministry for Science and Technology MCT; World Development Indicators, Worldbank 2006; Foreign trade: DIW Berlin. Science Citation Index (SCI): US National Science Board: Science & Engineering Indicators 2006.

The most prolific universities in terms of international visible publications are the University of São Paulo (USP) with 24 % of ISI publications, followed by State University of Campinas (Unicamp), Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), State University of São Paulo (UNESP), Federal University of Rio Grande do Sul and Federal University of Minas Gerais (UFMG). The most prolific national research centres are the Brazilian agricultural research corporation EMPRAPA and the Oswaldo Cruz Foundation (medical research), followed by the Brazilian Center for Physical Researches (CBPF) and the National Institute for Space Research (Glänzel et al., 2006: 92).

However, this ranking may represent only a partial picture since most of the research conducted in Brazil is published in national publications and often in Portuguese language. A more comprehensive overview on publications in different fields of knowledge is provided in TableAnnex A.3-2. According to these figures published by the National Council for Science and Technology (CPNq), Brazilian science has a pronounced specialization profile: 71.7 % of all national publications contribute to the three fields of agricultural sciences, biological sciences and health sciences. 10.6 % are other "hard sciences and earth sciences", and only 9 % pertain to engineering sciences.

TableAnnex A.3-2: Scientific publications in Brazil from 2000 to 2003

Field	Number of Authors	Scientific articles		Published books
		National publications	International publications	
Agricultural Sciences	6795	44277	12099	1944
Biological Sciences	7919	27680	31413	1209
Health Sciences	8700	46725	23899	2330
Hard Sciences and Earth Sciences	7883	17609	39587	1074
Human Sciences	7874	25989	4407	1840
Applied Social Sciences	4625	15822	2440	1880
Engineering	8072	14856	18593	1244
Linguistics, Literature, Arts	2479	8519	1237	1635
Total **	46117	165571	105898	14618

Quelle: CNPq; ** some articles are assigned to more than one field.

One of the most important issues of the Brazilian innovation system is an insufficient number of highly qualified scientists, especially with a natural science and engineering background. Since the 1980s, important programmes for the expansion of university education have been implemented. As a result, the output of Master degrees and PhDs

has been growing rapidly, from 3,865 Master degrees and 1,005 PhD degrees awarded in 1987 to 27,648 and 8,094 respectively in 2003 (figures from MCT, cited after Glänzel et al. 2006a und 2006b). Still, the number of engineering students remains comparatively low (TableAnnex A.3-3). In the past, the completion of a PhD usually led to a university career as there is still insufficient demand for scientists in Brazilian industry.

TableAnnex A.3-3: Number of Researchers in Brazil 2004

Field	**Researchers (without students)**	**Researchers holding PhD**	**Students**	**Researchers in business enterprises**
Agricultural Sciences	9814	6968	11018	4137
Biological Sciences	10600	8073	17494	4426
Health Sciences	15408	8956	15879	5145
Hard Sciences and Earth Sciences	10181	8226	12563	2386
Human Sciences	15031	8187	17667	1792
Applied Social Sciences	9444	4876	8259	1204
Engineering	13006	8430	17332	3255
Linguistics, Literature, Arts	4243	2592	5094	388
Total	**77649**	**47973**	**102913**	**22733**

Quelle: CNPq;

Brazilian innovation policy recognizes the need to enhance innovative performance of the enterprise sector, which currently accounts for only 40 % of national R&D expenditures. Automobile manufacture and other vehicle construction contribute the largest share of private sector R&D. Almost 50 % of R&D expenditures in industry are accounted for by international enterprises, yet contrary to some of the other BRICS countries there is currently little expansion in foreign R&D investment activities (Krawczyk et al. 2007).

The development of R&D intensity, measured as the percentage of GERD in GDP, gives a mixed impression: The strong increase between 1994 and 2001, when R&D intensity reached more than 1 %, has been followed by a decrease (to 1999 level) in 2004 (0.83 %) (Krawczyk et al. 2007). However, during the 1990s research funding has been characterized by strong instabilities. More recently the situation somewhat improved through the introduction of "sectoral funds" in 2001, research money raised through special taxes on technology-intensive and natural resource exploiting sectors (cf.Leite).

A.3.1.2 Core themes of sustainability research in Brazil

The Brazilian innovation strategy has its basic features exposed in the main national planning document, Plano Plurianual de Ação – PPA 2004-2007. More detailed views can be also found in the Industrial, Technology and Foreign Trade principles document, from the Ministry of Development, Industry and Trade and the Ministry of Science and Technology, and in the Strategic Plan from the Ministry of Science and Technology. These documents have not adopted any detailed, separated and integrated vision of sustainability research and technology, but they deal directly with pertinent thematic fields.

Renewable energy and CO_2-free fossil energies

Brazil's energy supply has several important distinguishing aspects (World Bank, UNEP/URC, 2006):

- Electricity supply is dominated by hydroelectric generation. On the interconnected national grid about 90 % of generation is hydro.
- There is substantial commercial bioenergy consumption. This is dominated by fuel wood and wood-based fuels such as charcoal and black liquor from the large pulp industry, as well as sugar cane residues and alcohol.
- Coal use is small and is restricted to a few industries – especially iron and steel. Most coal is imported.
- Domestic crude oil production is almost in balance with consumption - Brazil attained net self-sufficiency in early 2006, though there is substantial international trade in oil derivatives.
- Natural gas use is still relatively small but is growing rapidly.

The priorities of the national innovation strategies in Brazil with regard to sustainable innovation research in renewable energies are almost all related to biomass. For liquid fuels production, the priorities are related to developing new varieties of sugar cane for ethanol production with higher yields and more resistant to diseases, weather conditions etc; moving forward with ethanol production from cellulosic biomass; improving the economics of bio-diesel production from different crops for stationary power production and for automotive vehicles; resolving the stabilization problems of mixing bio-diesel from different crops with mineral diesel; and moving forward with the H-bio process, which consists of introducing vegetable oils into oil refineries for bio-diesel production, which is already done by Petrobras as a pilot project. For power production, the priorities are related to improving the economics of sugar cane gasification for power generation in combined-cycle gas turbines. In addition, for power production some addition innovation research is needed how to integrate wind power generation into the national interconnected grid.

Current R&D strengths are related to:

- Hydropower of great, average and small port: installed capacity: 80 %;
- Biomass: more of 20 % of energetic balance
- Alcohol and biofuel: intensive use of sugar cane alcohol
- Residues biomass (bagace): use for heat and energy generation
- Energy generation of wood residue
- Solid biofuel on steel industry
- Solar collector: several groups of research in solar collectors, products certification and area of labelling
- Photovoltaics module produce – national technology: CB-Solar

Energy efficiency in buildings

PROCEL is a national programme to combat the waste of electricity, administered by Eletrobrás, the federal holding company in the power sector. In the branch PROCEL-EDIFICA, Eletrobrás collaborates with 12 universities in R&D projects on thermal comfort and energy efficiency. Among other topics, research topics include passive cooling (bioclimatology), building simulation, thermal comfort, measurement of thermal properties of building components.
[http://www.labeee.ufsc.br/ eletrobras/laboratorios.html]

Government programmes have achieved significant energy efficiency gains in some areas, for example with appliance labeling programmes and in public lighting. (World Bank, UNEP/URC, 2006).

Water supply and waste water systems

The main policy documents which relate to water supplies and sewage systems are the Industrial, Technological and Foreign Trade Policy from the Ministry of Development, Industry and Commerce – PITCE/MDIC, the Water Resources National Plan from the Ministry of Environment and National Plan to Fight Water Losses and Modernization of Sanitation System Program from the Ministry of Cities. All of them have strong links with the energy sector in Brazil, due to the predominance of hydropower in the Brazilian energy mix. The Centro de Gestão e Estudos Estratégicos carried out an assessment of research and technology needs in water resource management (CGEE, 2005: Prospecção Technológica em Recursons hídricos).

After the creation of the sectoral fund CT-HIDRO (R&D in water resources and water management) (cf. A.3.1.3, chapter sectoral funds) a framework of action was

developed in 2001 considering the main societal needs in water resource management and taking into account existing investments in R&D in Brazil. According to this action framework, the following stand out as priority areas for R&D: (a) Integrated urban water management, especially research dealing with integration of water supply, sanitation, drainage & flood plains and total solids; (b) knowledge of the main Brazilian freshwater ecosystems and sustainability; (c) Water resource management at basin level, especially institutional and technical arrangements; (d) climate and environmental variability and forecasting in water systems; (e) modern equipments for monitoring water system, among other main aspects.

Especially the integrated urban water management research has manifold connections to the further development of technologies. The following challenges are emphasized: (a) site planning and environmental certification for sustainbility cities; (b) water reuse; (c) innovative solutions for waste treatment in large cities (52 % of Brazilian population are in cities with more than 100,000 inhabitants, and 27 % above 500,000 inhabitants where it is the smallest coverage of waste treatment); (d) urban drainage and total solids management and implementation of the Integrated Urban Waters Plan.

As Prof. Tucci underlined in his questionnaire, a decisive difference between the case of Brazil and developed countries is that in Brazil the rapid urbanization over the last decades (50 % of urban population in 1970 to 83 % in 2000) generates floods and environmental impacts in urban drainage which are not common in Europe. Urban drainage and floods are serious problems which affect all countries of South America, and are going to affect Central America, Asia and Africa, mainly due to the lack of source control of the urbanization impacts, together with the lack of waste treatment which has generated a cycle of contamination which in the end contaminates the water supply basins.

Brazilian experts listed the following areas as R&D strengths in the field of water supply and waste water systems:

- Energy efficiency in water supply and waste water systems;
- Technologies for removal of nutrients (phosphorus and nitrogen);
- Lagoas de Estabilização (stabilization lagoons);
- Reactors: aerobic and anaerobic;
- According to CGEE, extensive assessments of the water supply system have taken place in recent years, yet little progress is made in implementation.

Material efficiency

Brazil has strengths in the production of renewable resources as production input. This is also reflected in the research priorities. Especially Bioplastics are mentioned as relevant FuE-topics. Other areas are recycling of contaminated packages and the use of renewable materials.

Mobility and logistics

The document which comes closest to representing an innovation strategy for the transport sector is a proposal by the Ministry of science and technology for the sectoral funds CT-TRANSPORT (R&D in building and construction, road works, materials, logistics, equipment, software for conveyance of passengers and goods). This document also makes reference to environmental requirements and sustainability of transport development. In total there are three sectoral funds in the field of mobility and logistics, with the CT-AERO (R&D in aeronautics) and CT-AQUAVIÁRIO (R&D in water transport, materials, engineering, maintenance and repair of waterways). Aviation is an important R&D specialization, with the national champion Embraer (Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.) (civil and military aviation).

The strategy for the sectoral funds lists the following R&D topics:

- Traffic flow and safety with the aim to reduce externalities
- Development and application of logistic methods and systems
- Management of transport systems
- Development of new technologies for transport infrastructure and equipment
    - development and application of intelligent transport systems
    - development, maintenance and diffusion of transport information systems
    - use of recycled materials for roads
- Improvement of existing infrastructure through introduction of new technologies for control and maintenance
    - study on the current transport system management and externalities
    - development of processes for better management of transport infrastructure
    - systems for operational management of transport equipment
- Studies on the technological development of water transport, especially in the North of Brazil
- Support of education and professional training for transport R&D
- Reduction of negative environmental impacts of traffic

- Improvement of management processes in transport enterprises
- Development of prediction and simulation models for transport planning
- Comparative studies on institutional and regulatory experiences, on national and international level
- Development and evaluation of technologies and equipment aimed to improve safety in the transport sector.

Upon request of the CNPq a document on priorities and orientations of Brazilian research in the transport sector was produced by ANPET, the national association for research and teaching in transport which brings together 15 universities specializing in transport research. ANPET also publishes the Brazilian journal "Transportes" [www.anpet.org.br].

Socio-economic research on innovations for sustainability

Detailed information on priorities has not been provided by the country experts. The publication analysis in the report revealed that 2.8 % of Brazil's SSCI publications can be attributed to the socio-economic research on innovations for sustainability.

A.3.1.3 Research funding agencies

Ministry of Science and Technology (MCT)

The ministry is in charge of national S&T policy. The funding from MCT is granted through Cnpq and FINEP and it comes mainly from the sectoral funds.

Sectoral funds

In 2001, Brazil created a scheme under which funding for research is raised and allocated through so-called "sectoral funds". Money is raised through a tax on companies working in technology-intensive and natural-resource exploiting sectors such as biotechnology, energy, and fuel, and subsequently used to fund research in this area. The instrument of sectoral funds was introduced to overcome instabilities in government spending on R&D which characterized the 1990s, and to inject large amounts of money into the Brazilian research and innovation system. For this reason, the money cannot be spent for other purposes than investments in science and technology. In 2003, 1.2 billion reais (US-$ 413 million) were raised. However, contrary to their initial purpose, and despite opposition by scientific communities, large portions of the sectoral budgets have been subsequently retained in treasury as national contingency reserves (Leite, 2005). In 2005, R&D expenditures of 768.4 million reais (US-$ 263 million) were made in connection with sectoral funds (figures from FINEP).

Today there are 16 funds of which 14 are tied to specific sectors, while two funds are devoted to overarching mandates such as improvement of public research infrastructure and fostering interaction between public research and industry. For instance, the funding for the CT-Energ comes from 0.4 % of the liquid budget (faturamento liquido) of the electric utilities. In 2006, there were R$ 150 million available (income from utilities) but due to government budget cuts (contingenciamento), only R$75 million (US-$ million 25.6) were applied. Water Resource Fund receives 0.24 % of the energy budget of a hydropower due to compensation from flooded area. It represents about US $ 20 millions a year. This fund is managed by MCT in a committee with Water Agency, Water Secretary, Energy Secretary, FINEP, CNPq and representatives from private and scientifical community.

The following sectoral funds correspond to the selected thematic fields of this study:

1. CT-ENERG: R&D in the energy sector, particularly energy efficiency of end use.
2. CT-PETRO: R&D in the oil and gas sector.
3. CT-BIOTEC: R&D in biotechnology
4. CT-HIDRO: R&D in water resources and water management.
5. CT-AERO: R&D in aeronautics.
6. CT-AQUAVIÁRIO: R&D in water transport, materials, engineering, maintenance and repair of waterways.
7. CT-TRANSPORT: R&D in building and construction, road works, materials, logistics, equipment, software for conveyance of passengers and goods.

National Council for Scientific and Technological Development (CNPq)

CNPq is a foundation linked to the Ministry of Science and Technology. It is one of the major public institutions for the support of STI, contributing directly to the training of researchers – masters, doctors and specialists – in the various fields of knowledge. It supports research through individual grants or research projects (TableAnnex A.3-4). Detailed figures on thematic fields of sustainable innovation are not available, but the total category of engineering research amounts to only 14 % of all funded projects in 2006.

TableAnnex A.3-4: Research projects supported by CNPq in 2006

Science Field		Project	Total (R$)	Total (US$)	% Total
Ciências Agrárias	Agricultural Sciences	561	20,719,861	6,811,263	11.8
Ciências Biológicas	Biological Sciences	781	40,875,860	13,436,804	23.2
Ciências da Saúde	Health Sciences	710	40,412,137	13,284,727	23.0
Ciências Exatas e da Terra	Hard Sciences and Earth Sciences	450	23,234,761	7,637,989	13.2
Ciências Humanas	Human Sciences	639	11,656,226	3,831,764	6.6
Ciências Sociais Aplicadas	Applied Social Sciences	399	6,634,636	2,181,011	3.8
Engenharias	Engineering	604	24,898,172	8,184,804	14.1
Lingüistica, Letras e Artes	Linguistics, Literature, Arts	88	969,938	318,849	0.6
Não informado,	No information	97	6,614,905	2,174,525	3.8
Total		**4329**	**176,016,495**	**57,861,735**	**100**

Source: CNPq

Research and Projects Financing – Brazilian Innovation Agency (FINEP)

FINEP is the main agency for funding research in the business enterprise sector. FINEP is also part of the Ministry of Science and Technology. It offers grants (i.e. non-reimbursable funds) and loans, providing support throughout every stage of the innovation process - from basic research to market development and incubation of high-tech firms. FINEP supports a programme of research in basic sewage treatment (PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico). Figures on thematic fields of sustainable innovation were unavailable.

The State of São Paulo Research Foundation (FAPESP)

Many Brazilian states have a foundation for fostering scientific and technological research. FAPESP was the first to be established (1962) and is the model for the rest of the country. It is a trend-setter and policymaker, with an importance that rivals the federal CNPq. Scholarships and grants are the traditional means offered by FAPESP to students and researchers from the state of Sao Paulo for fostering scientific and technological research in all areas of knowledge (Global Watch Service).

Total R&D expenditures by FAPESP in 2006: R$ 466,734,899.06.

A.3.1.4 Leading research organisations

Based on the responses from the country experts, the following leading research organizations were identified:

1.	**Renewable energies and CO_2-free fossil energies**
	– Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)/Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia (COPPE): o Center of Integrated Studies on Environment and Climate Changes (CentroClima) o Energy Planning Program (PPE) o Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (Lima) o Virtual Institute of Global Changes (IVIG) – University of São Paulo (USP): o Advanced Study Institutes (IEA) o Electrotechnical Energy Institute (IEE) (photovoltaics) o National Center of Biomass (CenBio) o Engineering School Sao Carlos – Federal University of Itajubá: o Center of Excellency in Natural resources and Energy (Cerne) o National Center of Small Hidro (CRPCH) o Nucleus of thermaleletric and distributed generation studies (NEST) – State University of Campinas o Interdisciplinary Nucleus of Energy Planning (Nipe) o Nucleus for supporting renewable energy projects o Faculty of Mechanical Engineering (FEM) (renewables) o Institute of Physics (IF) – Federal University of Pernambuco/Brasilian Center of Wind Energy (CBEE) o Group of Energy Studies (Green solar) o The Brazilian Reference Center for Solar and Wind Energy (Cresesb) o Federal University of Pará/Energy Biomass and Environment Group (EBMA) – Catholic University of Rio Grande do Sul/Brazilian centre for Fotovoltaica Solar Energy Development (CB Solar) – Ceará/Alternative Energies Center (CENEA) – Federal University Paraná/Group of Studies and Development of Energy Alternatives (GEDAE) – Centro de Tecnologia Canavieira (sugar cane) – Instituto Agronômicl de Campinas (biomass and sugar cane) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz (biomass and sugar cane) – Embrapa (Agricultural R&D governmental institution) major research institution in the area of biomass. – Petrobras Research Center (CENPES/PETROBRAS) – Eletrobras Research Center (CEPEL) (Photovoltaics)

2.	**Energy efficiency in buildings**

	– Federal University of São Carlos (UFSC)/Laboratory of energetic efficiency in buildings (Labeee)
	– University of São Paulo
	  o Institute of Technological Researches (IPT)
	  o Architecture Faculty
	– Federal University of Alagoas/Laboratory on comfort environmental (LAbCOn)
	– Brazilian Association of Energy Conservation. Service Companies (ABESCO)
	– Energetic efficiency in buildings (PROCEL-EDIFICA/ELETROBRAS)
	– Application Center of Efficient Technology (CATE/CEPEL/MME)
	– Post-Graduate Studies Program in Architecture (PROARQ/FAU/UFRJ)

3.	**Water supply and waste water systems**
	– Hidraulic Research Institute/Federal University of Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS – Hidraulic Technological Foundation Centre/State University of São Paulo – FCTH/USP – Programme for Environmental Technology and Hidric Resources/ Department of Civil Engineer/University of Brasília – DE/UnB – Programme of Environmental Planning and Managment/Catholic University of Brasília – PPGA/UCB – Programme of Post-Graduation in Civil and Environmental Engineer/ Federal University of Campina Grande – UFCG – Federal University of Minas Gerais (UFMG) – Federal University of Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ)
4.	**Material efficiency**
	– Federal University of Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) o Metallurgical and Materials Engineering Program at A. L. Coimbra Institute Graduate School and Research in Engineering – Federal University of São Carlos (UFSCAR) – Federal University of Santa Catarina (UFSC) – State University of São Paulo (USP) – State University of Campinas (Unicamp) – Federal University of Minas Gerais (UFMG) – Technological Foundation Centre of Minas Gerais (CETEC) – Technological Research Institute of São Paulo (IPT) – National Metrology Institute (Inmetro) – Aeronautics Technological Center (CTA) – Pontific Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-RJ) – Centre for Mineral Technological (CETEM) – Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS)

5.	**Mobility and Logistics**

	– Federal University of Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ)
	  o Transport Engineering Program at A. L. Coimbra Institute
	– State University of Campinas (Unicamp)
	  o Department of Geotechnology and Transport of the Faculty for Civil Engineering, Architecture and Urbanism
	– State University of São Paulo (USP)
	  o Transport Engineering Program at Polytechnic School
	– Petrobras Research Center (CENPES/PETROBRAS)
	– National Technology Institute (INT)
	– Natonal Space Research Institute (INPE)
	– Military Engineer Institute (IME)
	– Aeronautics Technological Center (CTA)

6.	**Socio-economic research on sustainable innovation**
	– Federal University of Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) – Applied Economic Research Institue (Ipea) [www.ipea.gov.br] – Economic Research Institute/State University of São Paulo (PROCAM-IPE-USP) – Centre for Sustainable Development/University of Brasília (CDS/UnB) [www.unbcds.pro.br] – State University of Campinas (Unicamp) – Nucleus of High Level Studies of the Amazon Region/Federal University of Pará (NAEA/UFPA) – Federal University of Santa Catarina (UFSC)

A.3.2 Russia

A.3.2.1 The Russian innovation system

The research system in Russia continues to be stamped by institutional heritages from Soviet time, when R&D effort was organised in the form of the following independent pyramids: military, research institutes of the Academy of Sciences, Ministries' institutes, university R&D, industrial R&D departments. About 50 % of R&D effort were devoted to military applications, and the remainder were increasingly concentrated in the research institutes of the Academy of Sciences and Ministries. Only a few of the largest industrial enterprises had internal R&D departments. Universities were generally discouraged from developing their own R&D activities, with the exception of a few leading technical universities. Centralised planning allowed more and more resources to be devoted to R&D with little emphasis on economic return (Global Watch Service).

Today, the bulk of R&D is still carried out in the academies and in the 52 state research centres and financed by government. According to a recent OECD study "the public

R&D system remains highly fragmented (in terms of funding and steering mechanisms), with the risk of duplication without synergies' (…) overloaded with developmental activities as opposed to fundamental research or ambitious R&D; and poorly connected to both the education and the market-driven production systems" (OECD, 2005). According to the same authors, Russia's innovation performance remains strikingly modest compared to what could be expected in light of its accumulated stock of human capital with scientific skills and engineering know-how, and given its overall investment in R&D.

After a collapse in the initial stage of the economic transformation, the total R&D expenditures of Russia have grown steadily since 1993, but they remain far below most OECD countries in terms of % of GDP (TableAnnex A.3-1). The number of R&D personnel declined dramatically between 1989 and 1998 and has been stabilizing on a lower level since, with a slight decline in the most recent years. Many capable researchers have emigrated (brain-drain), although no precise numbers exist, and an equally severe problem consists in the declining influx of young researchers due to low salaries in state funded research organisations (Allakhverdov, Pokrovsky 2006).

Technology and innovation policy is yet no coherent policy field in Russia. The state funding of R&D results from a combination of budgetary channels and programmes whose objectives and priorities are set independently. Nonetheless, some recent reforms are likely to have a major impact on the institutional landscape of public science. In December 2006, the Russian government took control of the formerly autonomous Russian Academy of Sciences, including control over RAS' senior appointments, activities, budget and future structure. It is expected that the Russian government will restructure the Academy (438 institutes in 2004), retaining merely 100-200 "strategically important" institutions, while closing down or privatizing the majority of less competitive and applied research institutes (Lachinov, 2006).

TableAnnex A.3-5: Basic indicators of R&D resources in the Russian Federation

Russian Federation	**2000**	**2004**
Population 1000	146,303	143,850
GDP (million current prizes US-$)	259,709	581,447
GERD (million current PPP US-$)	10,898.6	16,669.7
GERD per capita (current PPP $)	74.5	115.9
GERD as a percentage of GDP	1.05	1.15
GERD financed by non-budget public funds and industry (%)	32.9	31.1
GERD financed by government (%)	54.8	60.6
GERD financed by abroad (%)	12	7.6
Total R&D personnel (FTE)	1,007,257	951,569
Total researchers (FTE)*	506,420	477,647
Triadic patent families (priority year)	65	56[a]
Scientific publications in SCI+SSCI	18,271	15,782[a]
Scientific publications % SCI+SSCI	2.9	2.3[a]
Foreign trade (billion US-$)		
Exports of R&D intensive goods to OECD	na	4.6
Imports of R&D intensive goods from OECD	na	34.0
Exports of R&D intensive goods to Germany	na	0.8
Imports of R&D intensive goods from Germany	na	11.9

a = 2003

OECD member countries until 1993, excludes Mexico, Czech Republic, Hungary, Poland, South Korea, Slovakia.

Source: OECD Main Science and Technology Indicators 2006; World Development Indicators, Worldbank 2006. Foreign trade: DIW Berlin. Science Citation Index (SCI): US National Science Board: Science & Engineering Indicators 2006.

* Goskomstat has lower numbers of total researchers: 409300 in 2003, of which only 102451 or 25% count as highly qualified researchers, i.e. candidates or doctors in science (cited after OECD, 2005: 33).

Another important development is the creation of "special economic zones" (SEZ) in some of Russia's huge formerly closed science cities. The objective is to commercialize scientific and technological capabilities and to diversify the Russian economy away from oil toward more innovative sectors. In 2005, four locations were chosen as centres for technology research, including the science city of Dubna and Zelenograd, both close to Moscow, as well as St Petersburg and the Siberian City of Tomsk. Dubna is expected to specilize in IT and nuclear physics, Zelenograd in microelectronics, St. Petersburg in IT and analytical instrumentation, while the focus of Tomsk is on advanced materials and nanotechnology. Two other locations in Yelabuga, Tatarstan and the Lipetsk region in central Russia were chosen as special zones for manufacturing. Tax breaks and other incentives are designed to attract company investments. The federal budget for 2006 includes 8 billion roubles (277.9 million US-$) for investments in infrastructure inside the special zones, and another 8 billion roubles

are expected to come from the private sector. Companies admitted to the special zones are required to invest at least 10 million € in the zones over 20 years (Lachinov, 2005).

A.3.2.2 Core themes of sustainability research in the Russian Federation

The "strategy to develop science and innovations in the Russian Federation until 2015" analyzes a number of problems that Russian R&D sector is currently facing and that are affecting Russian position in an international scientific area. Eight priority directions were determined and approved by the President of the Russian Federation in May 2006:

- National Security and Terrorism Counteraction
- Life Systems (biomedicine and bioengineering)
- Nanosystems and nanomaterials development
- Information and communication systems
- Perspective military equipment and armament
- Rational use of natural resources
- Transportation, aviation and space systems
- Energy technologies and energy efficiency

A new Federal Programme on R&D priority directions for the period from 2007 to 2012 has adopted the same directions and has been already approved by the Government on 06.07.2006 (cf. TableAnnex A.3-6). The Ministry of Science and Education created a Scientific Coordination Committee which is to coordinate the process of the changes and corrections of the R&D priority directions every 2-4 years.

One of the potential directions proposed in the Strategy 2015 is defined as “future energy sources and energy saving technologies” and is based on the priority R&D direction "Energy technologies and energy efficiency". Future energy technologies are understood to mean use of biofuels, renewable energy sources, hydrogen and nuclear energy. A sub-programme for accelerated atomic energy development could become one of the key elements of such programme. The responsible agencies are: Ministry of Industry and Energy, Ministry of Science and Education, Federal Agency for Atomic Energy (Rosatom). In terms of the sustainable development the Strategy 2015 does not make any explicit statement.

In 2002, the Russian government launched a set of 12 "megaprojects" as a new instrument to mobilize knowledge of the public research sector for industrial competitiveness. Each megaproject aims to complete a whole innovation cycle of applied research, development, utilisation and market launch. Among the 12 projects that were selected from a much larger number of applications, five are related to the thematic fields of this study: Project 7 aims to develop "highly effective steam gas power installations of more than 200 MWatt (budget funding: RUB 150 million, extra budgetary: 318.7 million). Project 11 treats the "development and fine-tuning of technological, organisational and financial solutions to improve the efficency of the heating supply in Russia (budget funding: RUB 250 million, extra budgetary: 1800 million). Project 12 focuses on "raising the effectiveness of solid waste processing" (budget funding: RUB 400 million, extra budgetary 427.5 million). Finally, project 10 treats the production of competitive diesel engines and project 5 aims at catalysts and catalytic technologies for the production of motor fuels. There is as yet no information available on the success of these megaprojects (OECD, 2005).

Institutions for environmental protection in the Russian Federation are weak and there is little enforcement of existing regulation. In 2000, the restructuring of federal environmental management responsibilities led to the elimination of the State Committee for Environmental Protection (SEC) and the absorption of its responsibilities into the Ministry of Natural Resources. According to a study by the World Bank, this was the second major "downsizing" of Federation-level environmental functions, since in 1997 the SEC replaced the former Ministry of Environment which had been established in 1991. According to the same authors, widespread and vehement opposition was raised at the time by environmental experts and non-governmental groups "over integration of environmental protection responsibilities into a Ministry whose primary goal was the development of the mining, oil and gas, and forestry sectors" (World Bank, 2004). These reforms were accompanied by a shift in the basic functions of compliance and enforcement, leading to a dramatic decrease in the number of Federation-level inspectors, inspections carried out and environmental fees collected.

A.3.2.3 Research funding agencies

Ministry for Economic Development and Trade

The Ministry for Economic Development and Trade is the most important R&D funding agency for technology development which is pertinent to sustainable development. It allocates resources to the "federal goal-oriented programs". These programmes target economic development objectives, including the development of the "national technology basis". A number of these thematic or sectoral programmes are relevant for

sustainable development, and some of the development and modernization oriented programmes also contain important amounts of R&D funding (see TableAnnex A.3-6). The federal programmes "Research and development in priority areas of the scientific-industrial complex" and "Integration of science and university education" are administered by the Federal Agency for Research and Innovation (Ros-Nauka), the Federal Agency for Education (Ros-Obrasovanije), and in part directly by the Lomonosov Moscow State University. The priority areas of the former programme are described in section A.3.2.2.

TableAnnex A.3-6: R&D expenditures in Russian federal programmes (US-$ million)

Federal goal-oriented programme	**Period**	**Federal budget**		**Budget by all sponsors***	
		Total	**R&D**	**Total**	**R&D**
Energy efficient economy	2002-2005, perspective until 2010	47.1	11.1	15,955.6	101.0
Energy efficient buildings	2002-2010	3.0	0.4	269.4	13.4
Water resources	2002-2010	8.5	0.2	109.0	0.2
Waste (Recycling)	2002-2010	1.7	0.4	3.1	0.4
Modernization of the transport system	2002-2010	1,828.5	1.1	11,759.4	74.5
National technology basis (including new materials)	2002-2006	52.6	42.0		
Ecology and natural resources	2002-2010	33.8	3.9	745.4	9.4
Integration of science and university education	2002-2006	9.0	6.7	14.5	7.7
R&D in priority areas of the scientific-industrial complex	2002-2006	517.1	485.0	687.7	655.6
R&D in priority areas of the scientific-industrial complex	2007-2012	4,644.7		6,763.8	

* Includes federal budget, regional government budgets and contributions by large companies.
Source: Ministry for Economic Development and Trade [http://faip.vpk.ru/cgi-bin/uis/faip.cgi/G1]; 2004 exchange rates

Ministry for Education and Research (MES)

The Ministry for Education and Research plays no significant role in allocating research funds to environmental innovation.

Ministry for Industry and Energy (MinPromEnergo)

The huge Ministry for Industry and Energy is a merger of several former Ministries and Federal Agencies and has basically taken over responsibility for the whole defence and civil industry. In 2003, MinPromEnergo produced an energy strategy for Russia until 2020 and in 2006 a new five-year plan for sustainable energy development. It proposes a basic scenario that would meet power demand in 2015 in the amount of 1426 billion kwh, and, as a probable scenario, 1600 billion kwh. Among the measures planned are a gradual increase of the internal gas price that would bring internal revenues equal to those from export by 2011. MinPromEnergo created an investment fund to support innovation projects. The ministry sustains an internal research institute for energy strategy (www.energystrategy.ru).

Russian Foundation for Basic Research (RFBR)

The Russian Foundation for Basic research was created to support funding of R&D on a competitive basis. Among the priority research areas the following relate to sustainable development: New materials and chemical products, transport with alternative energy sources, ecology and rational use of nature, hydrogen energy, renewable energies. From 2001-2006 RFBR supported an annual conference on "Global Problems of Sustainable Development and Modern Civilization" in Moscow.

TableAnnex A.3-7: Growth of RFBR funds 2000-2007

	2000	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
RUB million	995.62	2386.60	3360.00	4283.24	5340.00
US-$ million	34.55	82.83	116.61	148.65	185.33

2004 exchange rates

Other funding agencies for sustainability research

The International Science and Technology Centre (ISTC) was established by international agreement in 1992 as a non-proliferation programme. The ISTC coordinates the efforts of numerous governments, international organisations, and private sector industries, providing weapons scientists from Russia and the former Soviet Union new opportunities in international partnership. In 2005, ISTC funded 163 new projects in the amount of $51 million. 14 % of the ongoing research was dedicated to the environment. Recently, ISTC started a "Fuel Cell Targeted Initiative" which seeks to focus ISTC-related activities on the final goal of development, manufacture and testing of a pilot power plant of five-kilowatt capacity based on fuel cell technology. This pilot power plant will then be used as a production prototype for commercialization. The

selection of fuel cell technology for the first ISTC Targeted Initiative was based on the availability of skilled teams of scientists in closed science cities, the international importance of this technology, and an ISTC portfolio of more than 40 research projects related to fuel cell projects (ISTC annual report 2005).

The Institute for Sustainable Communities (ISC) is a non-profit U.S. organization operating in Russia through its representative office in Moscow. It created the non-profit Russian foundation "Fund for Sustainable Development" (FSD) which describes itself as "one of the few Russian organizations that combine a strong reputation for transparency and inclusiveness in grant making with a focus on environment and sustainable development." FSD works in the areas of energy efficiency technologies and implementation, management of natural resources and environmental health, but does not specifically target R&D projects. The mission of FSD is to enhance multi-sector interaction in fulfilling specific projects aimed at sustainable regional and community development.

The non-governmental Ecological Vernadsky Foundation was founded in 1995 on the initiative of a number of Russian fuel and energy complex enterprises, Russian Academy of Medical Sciences, public and government organizations with the objective to "formulate and realize the sustainable development concept". The foundation regularly convenes conferences, e.g. on "Innovation technologies of the 21st century for the rational use of nature, ecology and sustainable development" in 2004. The Vernadsky Foundation also supports research through scholarships, awards or grants. Examples are support for the chair of sustainable innovation development at Dubna International University, Moscow; support for a research project on "Ecological aspects of heat energy industry". The budget is 1.55 Mio RUB per year (53.800 US-$).

A.3.2.4 Leading research organisations

1.	**Renewable energies and CO_2-free fossil energies**
	Moscow Power Engineering Institute (Technical University) MPEI, Moscow The largest Russian university and scientific centre in the field of power engineering, one of the leading universities in the field of power engineering, electrical engineering, electronics and computer sciences. Ca. 10,000 students, ca. 500 PhD students.
	Energy research institute of the Russian Academy of Sciences ERIRAS, Moscow Main research areas: electrical engineering, FuE for gas, petrol and coal industries
	The International Science and Technology Centre ISTC established a "Fuel Cell Targeted Initiative" in 2005 which seeks to focus ISTC-related activities on the final goal of development, manufacture and testing of a pilot power plant of five-kilowatt capacity based on fuel cell technology.
	Norilsk Nickel Corporation and Russian Academy of Sciences In 2004, the Norilsk Nickel Corporation invested 30 million US-$ in a collaboration with the Russian Academy of Sciences for the development of fuel cells. This was the largest agreement of this type so far. After one year, the company retreated due to dissatisfaction with the bureaucracy and ineffective management of RAS.
2.	**Energy efficiency in buildings**
	Academic centre for energy efficient heat engineering (ACHEET), St. Petersburg Energy efficiency in heat engineering and optimization of technical processes, main research areas: mathematical modeling and energy saving programmes for regional government agencies and firms
3.	**Water supply and waste water systems**
	Institute of aquatic problems of the Russian Academy of Sciences, IWP, Moscow Main research programmes: "Water resources as a decisive factor for long term sustainable development of Russia", "Complex steering of the water sector"

4.	**Material efficiency**
	Research Center for the Problems of Resources and Waste Management of MinPromEnergo, Moscow
	Federal Centre of Geoecological Systems at the Federal Nature Management Supervision Service, Moscow Research areas pertaining to material efficiency: waste regulation: development of state waste data bank as part of the state waste cadastre; recommendations for the improvement of charges for waste disposal and for the compensation of environmental damage caused by unauthorized waste disposal. Participation in the Federal Goal-oriented Programme "Destruction of Chemical Weapons"
5.	**Mobility and Logistics**
	Higher School of Economics HSE, Moscow International Centre for Logistics and study programme "Executive Logistics Manager", with links to the National Logistic Association NLA.
	Coordination Council for Logistics, founded by the Moscow Auto and Road Institute (TU) and the Moscow Transport Institute, Moscow
	Research institute of the movement of goods and wholesale markets conjuncture ITKOR, Moscow This joint-stock company is assign of the former state Scientific Research Institute of Economics and Organisation of Maintenance Supply, SRI
6.	**Socio-economic research on sustainable innovation**
	Chair of ecology and sustainable development at the International University Moscow, Prof. Gennadi Jagodin
	Chair of sustainable innovation development at Dubna International University, Moscow, Prof. B. E. Bolshakov
	Centre of Theoretical Analysis of Environmental Problems MNEPU at the International Independent University of Environmental and Political Sciences, Moscow, director Prof. Marfenin MNEPU publishes the yearbook "Russia in the surrounding world" and a regular information bulletin which distribute information on environmental issues in Russia.

A.3.3 India

A.3.3.1 The Indian innovation system

Research in India is predominantly government-led. Two thirds of GERD are funded by central government, with an additional 9 % from state governments and 5 % funded by the higher education sector. Only 20 % are financed by the private sector. By international standards, India's research strengths include mathematics, theoretical physics, chemistry, molecular biology and biotechnology, nanotechnology, information technology and space research. Agricultural research has a much larger share in India than internationally.

TableAnnex A.3-8: Basic indicators of R&D resources in India

India	2000	2004
Population 1000	1,015,923	1,079,721
GDP (million current prizes US-$)	457,371	691,163
GERD (million current PPP $)		21.708,7
GERD per capita (current PPP $)		20.1
GERD as a percentage of GDP	0.85	0.78[a]
GERD financed by private sector (%)	18.0	19.8
GERD financed by central government (%)	68.2	66.7
GERD financed by state government (%)	9.7	8.6
GERD financed by higher education sector (%)	4.0	4.9
Total S&T manpower (graduates) 1000	7,800.2	8,087.2[b]
Personnel in R&D organisations 1000	296.3	na
Researchers in R&D organisations 1000 (public and private)	93.8	na
Scientific publications in SCI	10,047	12,774[a]
Scientific publications % SCI	1.6	1.8[a]
Foreign trade (billion US-$)		
Exports of R&D intensive goods to OECD	na	9.1
Imports of R&D intensive goods from OECD	na	16.1
Exports of R&D intensive goods to Germany	na	1.3
Imports of R&D intensive goods from Germany	na	2.8

a = 2003; b = 2001;

Source: NSTMIS Department of S&T, Government of India; World Development Indicators, Worldbank 2006; Foreign trade: DIW Berlin; Science Citation Index (SCI): US National Science Board: Science & Engineering Indicators 2006.

The single most important research organisation in India is the Council for Scientific and Industrial Research (CSIR), which runs 38 laboratories and 39 outreach centres across the country and employs 18,250 people, including 13,340 S&T staff (2004-05). Apart from CSIR, several autonomous research institutes are funded directly by the Department of Science & Technology. The Indian Council of Medical Research and the Indian Council of Agricultural Research have strong research capacities.

Until now, the best research in the country has been based at these research institutes rather than universities. Universities excel in teaching science, but their R&D activites are often hampered by a lack of funds and minimal equipment. Universities that excel in research also tend to be directly funded by central government, such as the Indian Institutes of Technology, the Indian Institute of Sciences (Bangalore) and the Jawaharlal Nehru University (New Delhi). Some state-funded universities, such as Delhi University and Anna University, Chennai, also have strong academic and publication records (Global Watch Service).

Between 1995 and 2004, the average growth of Indian Gross Domestic Expenditure on R&D (GERD) was more than 13 % per year nominally. Nevertheless, India's R&D intensity, measured by GERD as a percentage of GDP, declined slightly after 2000 in the light of strong economic growth and remained at a low level of only 0.8 % (TableAnnex A.3-8). The Tenth Plan 2002-2007 provides 252.4 billion Rs. (ca. 5.6 billion US-$) for six major central government S&T departments (atomic energy, ocean development, science & technology, biotechnology, scientific & industrial research, space), 2.09 times the expenditures under the Ninth Plan (121 billion Rs.) The major share of government funded research is focused on applied research and development (TableAnnex A.3-9).

TableAnnex A.3-9: Share of government R&D expenditure by type of work, 2002-03

Type	**Percentage**
Applied Research	41.7
Experimental Development	34.0
Basic Research	17.8
Other Activities	6.5

R&D expenditures by central and state government, excluding higher education and industrial R&D.

Source: NSTMIS Department of S&T, Government of India.

According to a recent survey by NSTMIS, R&D financed by the private sector is concentrated in the fields of drugs & pharmaceuticals and transportation, followed by chemicals (other than fertilizers), electricals & eclectronics equipment and information technology (NSTMIS, 2005). Pharmaceuticals and biotechnology are the only sectors

where cooperations with foreign or international firms have already been practiced for many years. Currently, one third of foreign direct investments in India go to the IT-sector. Many foreign firms, especially from the U.S. set up R&D centres in India, e.g. in the IT-cluster of Bangalore. IT services account for only 3 % of Indian GDP but make for 50 % of national service exports (Krawczyk et al. 2007).

A.3.3.2 Core themes of sustainability research in India

The following priorities of national innovation policy are based on investigations by the Indian experts whose contact details are given at the end of this country profile (A.3.7.3).

Renewable Energies

According to the country experts, the innovation policy is also linked to various diffusion targets of the technologies. The following priorities were identified:

a) Technology mapping and benchmarking of renewable energy and renewable energy systems.

b) Development of standards, specifications and performance parameters of indigenously developed products & services.

c) Grid interactive renewable power, with the target to install around 10 % of capacity through renewable power by 2012 and around 15 % by 2032.

d) Non-conventional energy in urban areas: 1) Energy recovery from municipal waste - in 423 class-I cities including 107 municipal corporations where suitable waste is available – by 2032, 2) Solar Water heating systems - 100 % coverage of all prospective users like hotels, hospitals etc. - by 2032, 3) 100 % coverage of street lighting control systems by solar sensors in all cities - by 2012, Mandatory use of solar water heating systems in some cities.

e) Non-conventional energy in industry- 1) Energy recovery from industrial wastes where suitable waste is available across the country – by 2032, 2) Solar Water heating systems - 100 % coverage of potential industries - by 2032, 3) Cogeneration - 100 % coverage of potential sugar and other biomass based industry - by 2032.

f) Non-conventional energy in rural areas- 1) Provision of lighting/electricity in around 10,000 remote un-electrified census villages apart from remote hamlets of electrified census villages – by 2012, 2) Augmentation of cooking, lighting and motive power through renewable energy means in electrified villages – by 2032.

g) Indigenous designs, development and manufacture of renewable energy systems.

h) Development of cheaper raw material.

i) Development of technology for effective grid interfacing.

j) Development of technologies for synthesis gas cleaning, technology for control NOx emissions during gasification, increasing the conversion efficiency.

k) Development of 100 % producer gas engine for biomass gasification plants, bio-methan.

Energy Efficiency in Buildings

a) Implementation of energy conversation building codes.

b) Development of human resource to carry out energy conservation and energy audit activities in all sectors.

c) Development of codes, standards and best practises for carrying out energy conservation activities.

d) Research in India centric building simulation softwares and materials.

e) Development of testing standard protocols and evaluation methodolgy.

Water supply and waste water treatment

a) Access to water for drinking purposes to all.

b) Water quality management by improving the existing technology and supporting the development of newer, innovative technologies such as nano-filtration technology, etc.

c) Promotion of new construction materials and tunneling technologies and research on the development of economical designs for water resource projects.

d) Improving the water efficiency in different sectors. In agricultural sector, various techniques such as micro-irrigation, drip irrigation, sprinkler irrigation have been proposed. Several incentives and disincentives along with proper regulations have been identified for promoting efficient use of water resources.

e) Promotion of various techniques for rain water harvesting in the country and making it mandotory in some large cities of India.

f) Development of master-plan for flood control management in flood prone basins.

g) Development of sustainable decentralized water supply infrastructure.

Material Efficiency

a) Promotion of research in multidisciplinary aspects of environmental protection, conservation and management

b) Strengthening of R&D infrastructure facilities.

c) Increase in process efficiency in various sectors (e.g liquor, textile).

d) Development of new generation eco-friendly products (e.g ash bricks).

e) Waste and e-waste management and recycling.

f) Promoting the use of agricultural and industrial wastes in construction of building and in other areas through incentives, excise duty exemptions.

Mobility and Logistics

a) Reduce exhaust emission from automobile engines by stricter emission norms, improved petroleum fuel quality and shift to less pollutant alternate fuel.

b) Encourage and mandatory usage of CNG/LPG as an auto fuel in highly polluted cities.

c) Support research and development of technology and processes for production ethanol/bio fuels from different renewable sources.

d) Assist the development of vehicles propelled by alternative fuels (e.g battery operated and hydrogen fuel).

e) Encourage use of new materials of road construction and use of machines to improve quality and speed of construction particularly for development of HDCs (High Density Corridors).

f) Augmenting the capacity of High Density Corridors (HDC) in the country in all modes of transportation. In railways through up-gradation to higher axle loads, up-gradation of passenger and freight terminals, construction of bypasses in major cities, reducing the speed differentials between freight and passenger cars, introduction of modern telecommunication and signaling systems to improve safer and reliability, accelerate containerization, machination of track maintenance.

g) Maintenance of infrastructure by employing high maintenance standards and upgradation of the same.

h) Increase in productive and economic efficiency in the field of transport.

i) Reduction in accidents through improved safety.

j) Alternate Fuels (bio-fuels, synthetic fuels and hydrogen) Substitution up to 10 % oil by bio-fuels, synthetic fuels and hydrogen in transport, portable and stationary applications by 2032. Blending of ethanol in petrol in selected cities is made mandatory.

Socio-economic research on innovations for sustainability

a) Development of women as entreprenuers.

b) Interlinking student-community from technical institutions with small-scale industries and enterprises for sustainable development.

c) Supporting patenting of small innovations.

d) Development of markets for small innovations.

e) Strengthening of scientific manpower to shoulder the responsibilities for environmental management in the country.

f) Sustainable transformation of agricultural sector to support the alleviation of poverty.

g) Provision of micro and rural credit for supporting socioeconomic development.

h) Strengthen insitutional mechanisms for rural development.

i) Promoting community based bio-diversity conservation and management.

j) Adaptation for climate change issues.

k) Capacity building of institutions for disaster management.

A.3.3.3 Research funding agencies

Central government funding is allocated through a series of five year plans and involves a considerable number of central government agencies. Civilian science policy is the remit of the Ministry of Science and Technology (MST), which has three main departments, the Department of Science and Technology (DST), the Department of Biotechnology (DBT) and the Department of Scientific and Industrial Research (DSIR) with its vital Council for Scientific and Industrial Research (CSIR). Other agencies of particular interest for this study are the Ministry of New and Renewable Energy (former Ministry of Non-Conventional Energy Sources, MNES) and the Ministry of Environment and Forests (MOEn). TableAnnex A.3-10 shows the major S&T agencies. The figures also include institutional funding for government research organisations, as in the case of CSIR.

A new Ministry of Earth Sciences was created in July 2006 after merger of India Meteorological Department; National Centre for Medium Range Weather Forecasting; Indian Institute of Tropical Meteorology, Pune and Earth Risk Evaluation Centre with the then Ministry of Ocean Development. The Ministry’s mandate is to look after Atmospheric Sciences, Ocean Science & Technology and Seismology in a integrated manner.

The major objective of R&D financed by state governments is the development of agriculture, forestry and fishing (92.8 % of expenditures), followed by the development of health services (2.1 %) and the promotion of industrial development (1 %) (NSTMIS, 2005).

TableAnnex A.3-10: R&D expenditure by central government S&T agencies, 2002-03

Agencies in focus for this study	Rs. million	US-$ million	% major scientific agencies	% total GERD
Department of Science & Technology (DST)	5095.2	113.2	5.0	2.8
Council of Scientific and Industrial Research (CSIR)	9512.5	211.4	9.4	5.3
Ministry of New and Renewable Energy (MNES)	123.9	2.8	0.1	0.1
Ministry of Environment and Forests (MOEn)	2652.25	58.9	2.6	1.5
Other agencies*				
Defence R&D Organisation (DRDO)	30800	684	30.3	17.1
Department of Space (DOS)	21500	479	21.2	12
Indian Council of Agricultural Research (ICAR)	13700	305	13.5	7.6
Department of Atomic Energy (DAE)	12400	275	12.2	6.9
Department of Biotechnology (DBT)	1600	36	1.6	0.9
Indian Council of Medical Research (ICMR)	1600	36	1.6	0.9
Department of Ocean Development (DOD)	1400	32	1.4	0.8
Ministry of Information Technology	1000	23	1	0.6
	101577	2257	100	56.4

* Budget figures for these agencies are approximations.

Source: NSTMIS Department of S&T, Government of India; TERI experts.

Ministry of Science and Technology (MST)

The activities of the Department of Science and Technology are primarily focused towards scientific research, technology development, socioeconomic development, scientific services, international cooperation and supporting autonomous S&T institutions. It prioritises R&D in harnessing indigenous resources, material efficiency, technologies for mitigation and management of natural hazards, industrial and scientific R&D.

The Department of Scientific and Industrial Research DSIR is the administrative link between the government of India and the research organisation CSIR. CSIR is currently undergoing an organisational restructuring aimed to render the organisation more responsive to customer and market needs, to stimulate intellectual property management, to enhance investments in selected areas of high quality science. Faced with an ageing workforce, CSIR seeks to become a more attractive career option for young scientists and to enhance training of senior scientists.

The Ninth Plan programmes/activities of the CSIR were implemented in 16 broad sectors, including: aerospace; biology and biotechnology; chemicals; drugs and pharmaceuticals; earth resources and natural hazards mitigation; ecology and environment; electronics and instrumentation; energy; food and food processing; housing and construction; information products; leather; machinery and equipment; minerals, metals and materials; rural development; and exports of R&D and services (DST five year plan 2002-2007).

Ministry of New and Renewable Energy (MNES)

The broad objectives of renewable energy policy in India are to meet the minimum energy needs through renewables, and to provide decentralised energy supply in agriculture, industry, commercial and household sectors in rural and urban areas.

The focus of the MNES is rather on development and diffusion of renewable energy technologies and less on research. The MNES priorities for R&D are development of standards, protocols for deployment of renewable energy systems, which are cleaner and cheaper. The ministry also forsees use of new raw materials for low cost technologies as one of the priority areas.

According to MNES, in 2005, the total capacities of renewable energies reached about 7,000 MW, which is about 7 % of the country's grid power capacity. Of this, wind energy contributed about 4,000 MW. The ministry has set a goal of installing 10 % of the additional power generation capacity in the country through grid connected renewable power by 2012. Other programmes foster the electrification of remote villages, wind power, standalone renewable energy systems (biogas and solar photovoltaic lighting systems), solar thermal energy and energy recovery from urban and industrial wastes. More recently, biofuels and hydrogen receive increasing attention (see section A.3.3.2).

Ministry of Environment and Forests

The main priorities in research on innovations for sustainable developments are reduction in pollution, regeneration of degraded areas and protection of the environment.

Its mandate includes the conservation and survey of flora, fauna, forests and wildlife, the prevention and control of pollution, afforestation and regeneration of degraded areas and protection of environment, all within the larger legislative framework. The main tools utilized for this include surveys, impact assessment, control of pollution, regeneration programmes, support to organizations, research to find solutions and

training to augment the requisite manpower, collection and dissemination of environmental information and creation of environmental awareness among all sectors of the country's population.

Details on the content of research programmes funded by the ministry are available in the ministry's annual reports. [http://envfor.nic.in/].

International Funding Agencies

International funding agencies play also a remarkable role for sustainability technologies in India. The following agencies were identified in particular:

a) Work Bank - provided about USD 200 million for National Agricultural Innovation Projects.

b) USAID - USD 60 million. Support being provided for carrying out R&D in areas related to water, energy, environment and energy conservation.

c) GTZ - provides financial support for conducting research in sustainable economic development, energy and environmental policy.

d) UNDP - provides financial support for projects related to energy efficiency, access to rural energy, conservation of traditional medicinal plants, sustainability of bio-diversity and coal bed methanation. About USD 60 million were provided for these activities.

A.3.3.4 Leading research organisations

1.	**Renewable energies and CO_2-free fossil energies**
	1. Center for Materials for Electronics Technology, Pune 2. National Physics Laboratory 3. Indian Institute of Science, Bangalore 4. Indian Institute of Tecchnology, New Delhi, Mumbai, Chennai, Guwahati, Kharagpur 5. The Energy and Resources Institute (TERI) 6. Centre for Wind Energy Technology C-WET, Chennai 7. Solar Energy Centre, New Delhi 8. Centre for Energy Technology, Osmania University, Hyderabad 9. Centre for Scientific Research, Auroville 10. Regional Research Institute, Bubaneshwar 11. HNB Garhwal University 12. Geological Survey of India, Government of India 13. West Bengal Renewable Energy Development Agency (WBREDA), West Bengal 14. National Environmental Engineering Research Institute, Nagpur 15. BHEL Limited 16. Alternate Hydro Energy Centre, Rorkee 17. Jadhavpur University, Kolkotta, West Bengal 18. Devi Ahilya Vishwavidyalaya, Indore 19. R&D Centre, Indian Oil Corporation Ltd
2.	**Energy efficiency in buildings**
	1.Indian Institute of Technology (Mumbai and Delhi)- Various aspects of energy efficiency in buildings including solar passive space conditioning (visual and thermal comfort) 2. Indian Institute of Information Technology (IIIT - Hyderabad) 3. School of Planning and Architecture (New Delhi) 4. Center for Environmental Planning and Technology (CEPT – Ahmedabad) 5. The Energy and Resources Institute (TERI) 6. Development Alternatives (DA) 7. National Physics Laboratory, New Delhi 8. Malviya National Institute of Technology, Jaipur 9. School of Engineering and Environment Studies, Indore 10. Building Materials and Technology Promotion Council 11. Central Public Works Department, Government of India 12. HUDCO (Housing and Urban Development Corporation)
3.	**Water supply and waste water systems**
	1. Central Water and Power Research Station (CWPRS), Pune 2. National Insitute of Hydrology, Roorkee 3. National Institute of Ocean Technology, Chennai

	4. Central Ground Water Board (CGWB) 5. India Institute of Chemical Technology, Hyderabad 6. Agharkar Research Institute 7. The Energy and Resources Institute (TERI), New Delhi 8. National Water Development Agency, New Delhi
4.	**Material efficiency**
	1. Central Leather Research Institute, Chennai 2. Regional Research Institute, Bubaneshwar & Trivandrum 3. National Chemical Laboratory, Pune 4. Central Paper and Pulp Research Institute 5. Sardar Patel Research Institute 6. Central Electrochemical Research Institute, Karaikudi, Tamil Nadu 7. Advanced Research Centre for Powder Metallurgy and New Materials, Hyderabad 8. National Environmental Engineering Research Institute, Nagpur 9. The Energy and Resources Institute(TERI), New Delhi 10. National Productivity Council, New Delhi 11. G B Pant Institute of Himalayan Environment & Development (GBPIHED)
5.	**Mobility and Logistics**
	1. School of Planning and Architecture, New Delhi 2. Indian Institute of Technology, New Delhi 3. Central Road Research Institute 4. Sardar Swaran Singh National Institute of Renewable Energy (SSS-NIRE) 5. Shri. A M M Murugappa Chettiar Rersearch Centre (MCRC), Chennai 6. Banaras Hindu University (BHU), Varanasi 7. SPIC Science Foundation, Tuticorin 8. Indian Institute of Technology, Karagpur 9. Indian Institite of Technology, Madaras, Chennai 10. Indian Institute of Petroleum, Dehradun 11. Delhi College of Engineering, New Delhi 12. Indian Oil Corporation, R&D centre, Faridabad 13. The Energy and Reosources Institute(TERI), New Delhi
6.	**Socio-economic research on sustainable innovation**
	1. Indira Gandhi Institute of Development Research, Mumbai 2. Indian Institute of Management, Ahmedabad 3. National Innovation Foundation, Ahmedabad 4. Society for Research and Initiatives for Sustainable Technologies and Institutions 5. Department of Science and Technology, Government of India 6. Swiss Agency for Development and co-operation, New Delhi 7. Centre for Science and Environment, New Delhi 8. The Energy and Resources Institute(TERI), new Delhi 9. M S Swaminathan Research Foundation, Chennai

A.3.3.5 Importance of R&D for sustainability – expert views

The following tables present comments of the contributing experts on the importance of Indian R&D in the thematic fields and subfields in this study.

TableAnnex A.3-11: Renewable energy & fossil free energy sources

Technology	Comments
Renewable energy	The total demand for power is expected to increase 3.5 times or more in the next two decades. This will nesseciate increasing the generation capacity in the country. Undertaking this capacity expansion in a sustainable and environmentaly benign way will reduce harmful negative impacts. A more concerted effort to increase the renewable- electricity will reduce the country's dependance on imported fuel. A large indegenious capacity in terms of manufacturing, man-power, R&D exists in the country. This needs to be converged with acutal implementation using appropriate policies.
Photovoltaic energy	The average solar insolation in the country is 6 kWh/meter2/day. At present the photovoltaic technology is expensive and the cost of electricity exceeds Rs.20/kWh. Efforts to reduce costs and increase efficiency are necessary. R&D should be focussed on developing thin-flim technology.
Solar thermal energy (heat or electricity)	Solar thermal is economical for water heating. Much of its potential has yet to be exploited. Appropriate policies need to be designed to accelerate the exploitation of this potential. R&D should be carried out to develop low-cost solar heaters.
Wind power	India is 5th largest producer of wind power. The potential for onshore wind power is assessed at 45,000 MW. At present the capacity utilization in existing plants is low due to various factors. Efforts are required to carry R&D in this prespective. The offshore wind power potential has not yet been assessed.
Water (incl. also e. g. tidal or wave) power	Tidal Energy has been identified as an uneconomical and commercially unviable option in India. India's hydel resources are estimated to be 84,000 MW at 60 % load factor. Efforts are required to tap the available resources (mainly in north-eastern states, Uttaranchal and Himachal Pradesh). Proper Ecological, socio-economic research has to be conducted to reduce the negative impact while realizing this potential in the country. While tidal/wave technologies are less important, this is not the case with small hydro which is being harnessed vigourously.
Biomass	Bio-mass is the major domestic fuel for cooking. It provides 1/3rd of the country's primary energy needs. Efforts are required to improve the efficiency and convenience of using biomass. Establishment of sustainable fuelwood plantations are necessary.
Geothermal energy	350 hot springs have been identified in the country. Several pre-feasibility tests have been carried out. However, more concerted efforts have to take to tap the potential in this area.
System integration	Hybrid technologies are being tested and tried out in the country. The most widly accepted technologies are: Wind-Solar hybrid, wind-diesel hybrid and small hydro-batteries.
Carbon CS	Research priorities should focus on the cost effectiveness of clean-coal technologies, carbon sequestration, coal being the major energy resource in India with the potential of providing long-term security of supply.

TableAnnex A.3-12: Energy efficient buildings

Technology	Comments
Building shell	Use of new materials in building construction have to be promoted after carrying out intensive research
Heating systems	Industries should be encouraged to use CHP systems. A large number of industries have already installed such systems in India
Air conditioning	Use of passive cooling methods can be promote
Lighting	Use of low-wattage CFL, T5 tubes
Measurement and control engineering	Development of simulation tools with specific applicability to Indian conditions

TableAnnex A.3-13: Water supply and sewage systems

Technology	Comments
Water supply	Supply of drinking water has been identified as a priority in the National Water Policy. Research in developing water supply systems as integration of canals and rivers is underway. Financial support is provided by the Central Government.
Waste water and sewage systems	Sewage control and sanitation has been identified as a priority by the Central Government. However, no significant research is being undertaken in this respect in the country.
Decentral water infrastructure	Several programmes supported by the central government are operating in the country to improve the water infrastructure in the country. Development of sustainable, decentralized water infrastructure across the country has been identified as a priority area for several reasons.
Rain water harvesting and management	Adoption of rain-water harvest and management techniques across the country is important to off-set water scarcity witnessed in many parts of the country.
Water use efficiency	India's water resources are sufficient to meet its future demand; however it lacks the ability to effectively utilize the available water resources. If effective policy instruments and technological advances are made, India will be in a better position to meet the 20-40 percent increase in water requirment that is expected over the next 20 years.
Water use in agriculture	Enormous potential exists for effecient and productive use of water in the agricultural sector.
Flood management	Proposals to link major rivers have been initiated to channelize surplus water in flood probe regions to drought prone regions in the country. This would prevent the occurance of catastrophic events on the one hand and probably increase the arable land in the country

TableAnnex A.3-14: Material efficiency

Technology	Comments
Recycling	Development and use of coal-fly ash as a raw material for making bricks and cements is underway. Several scrap metal industries are operating in india which make use of scrap metal for various end products. Other wastes like paper and textiles are also being recycled.
Renewable resources	Several industries at present are making use of agro-residues as fuel.
Material efficient production processes and products	National productivity council has taken a major step towards increase in process efficiency and cleaner processes with waste minimization. More such steps are needed.

TableAnnex A.3-15: Mobility and Logistics

Technology	Comments
Mobility and logistics	India's economic growth to a large extent depends on the transportation infrastructure. Rising population combined with increasing urbanization will exert pressure on the nation's current transportation and logistic systems. This will nesseciate extensive research and development in this sector.
Vehicles (road, rail, air, water)	Two important modes of transport for India are the roadways and railways. Efforts to increase their carrying capacity in a sustainable manner are required for sustainable development. It is important to shift frieght transportation from road to rail, to save fuel and reduce emissions. Similarly efficient public transport is required to reduce personal vehicles on the road.
Drives	Research in innovative drive concepts is underway.
Infrastructure (road, rail, air, water)	Infrastructure constraints are increasingly being felt across the transport sector. Research into developing a sustainable transport-system is lacking in the country. More importantly, research and development of infrastructure for non-motorized modes of transport are lacking. This is of great importance to India as the population using this mode of transport is expected to increase in great numbers.
Emission reduction	Rising pollution level in major Indian cities has been a cause of concern. Introduction of CNG as a fuel for public transportation in the nation's capital was a welcome relief. Efforts to introduce EURO IV are being planned for the year 2010.
Alternative fuels	Though there is a directive from the government for promoting the usage of alternative fuels for transport, no deadline for actualizing the implementation of the same has been set till date.

TableAnnex A.3-16: Socio-economic research on innovations for sustainable development

Technology	Comments
Socioeconomic research on innovations for sustainable development	The role of public, financial, R&D, market and design institutions in building a value chain and providing back up support for socio-economic research is important. There is a serious shortage of qualified people in various institutions (only 157 million scientists and engineers are engaged in R&D activities in the country) and this directly influences the innovative capability of the nation. More efforts are required to increase the skill-base of the country.
Barriers and drivers for environmental innovation	Economic barriers, lack of awareness, institutional barriers are to be overcome. The complexity of behavioural patterns have to be understood in depth to fuse innovation and sustainable development in the country.
Market development and diffusion of environmental innovations	Inefficient and improper linkages between technology development and technology application have resulted in non-conducive markets. Developing proper linkages between research and bussiness is necessary for sustainable innovation and development.
Innovation systems and innovation policy	Creating an environment in which entrepreneurship can flourish at all levels is essential to support innovation in the country. Incentives for innovations, accountability towards innovators to generate more efficient and competitive livelihood support measures are necessary.
Environmental Policy	Development strategies have to be tuned to the ecological concerns that in turn ensure that threats and trade-offs are appropriately evaluated at every stage.

TableAnnex A.3-17: System integration across technological areas

Technology	Comments
System integration across technological areas	There are existing examples of interlinkages between renewable energy and buildings as natural resources are used in sustainable buildings.
Energy water nexus	USAID has financed USD 10 million for a project on water energy nexus. This project aims to • Build an understanding of the water-energy nexus among policy makers, utility managers, farmers, urban industries and residential customers; Act as a resource and catalyst for behavior change in water policy, distribution and use; Introduce technologies and methodologies to industry professionals to improve distribution and decrease loss; Foster efficient urban and rural water and energy usage; Advance sustainable financing practices for utility providers; Demonstrate approaches for making services commercially viable – decreasing public reliance on subsidies. More such efforts need to be done recognising the nexus between various other sectors too.

A.3.4 China

A.3.4.1 The Chinese innovation system

The largest research organisation in China is the Chinese Academy of Science (CAS). It runs a nationwide system of over 100 research institutes and a prestigious research university (the University of Science and Technology of China at Hefei, Anhui). Research funding at the institute level is a combination coming from CAS Headquarters, the Ministry of Science and Technology (MOST) and the National Natural Science Foundation of China (NSFC) (Hsiung, 2002). In addition, CAS institutes earn varying amounts of money owning and operating spin-off enterprises. Several ministries also fund their own Academies, smaller in scale than CAS.

Although there are over 1,100 higher education establishments (not including adult education) in China, only a few of the top 10-20 are well known outside China. Only a minority carry out significant amounts of research. Much of China's R&D effort is carried out in specialised Research Institutes. According to Global Watch Service, about 50 % of China's R&D funds are spent in China's 6,000 research institutes, funded at national, provincial and county level. State Key Laboratories are prestigious research groups that have made a successful bid to the State Planning and Development Commission (SPDC) for designation as SKL in their field of research.

A specific feature of the emerging Chinese innovation system is university-run enterprises (UREs) (also enterprises run by research institutes). According to Eun et al. (2006), UREs in China differ from the university spin-offs common in the US and other industrialized countries in that way that they are typically established, staffed, funded and managerially controlled by the universities and are usually endowed with the de facto right to exclusively take advantage of the mother institutions' various assets. UREs are widespread in China. According to the Chinese Ministry of Education (cited by Eun et al., 2006), in 2001 there were 5,039 UREs in China of which 40 were listed on the stock markets in Mainland China and Hong Kong.

China is experiencing a phase of very rapid R&D expansion. Between 1995 and 2004, Gross domestic expenditures on R&D (GERD) has grown by approximately 20 % annually. After a relative decline in the first half of the 1990s, the research intensity, measured as GERD percentage of GDP, increased from 0.58 in 1996 to 1.23 in 2004. Thus, while Chinese R&D intensity is still much lower than the average of OECD countries (2.26 in 2004), the absolute volume of R&D expansion clearly places China in the top position among the BRICS countries. Most of China's R&D activities are concentrated in a few large cities.

TableAnnex A.3-18: Basic indicators of R&D resources in China

China	2000	2004
Population 1000	1,262,645	1,296,157
GDP (million current prizes US-$)	1,198,480	1,931,710
GERD (million current PPP $)	44,777.1	93,992
GERD per capita (current PPP $)	35.5	72.5
GERD as a percentage of GDP	0.9	1.23
GERD financed by industry (%)	57.6	65.7
GERD financed by government (%)	33.4	26.6
GERD financed by abroad (%)	2.7	1.3
Total R&D personnel (FTE)	922,131	1,152,617
Total researchers (FTE)	695,062	926,252
Triadic patent families (priority year)	87	177[a]
Scientific publications in SCI+SSCI	18,142	29,186[a]
Scientific publications % SCI+SSCI	2.9	4.2[a]
Foreign trade (billion US-$)		
Exports of R&D intensive goods to OECD	na	221.7
Imports of R&D intensive goods from OECD	na	115.2
Exports of R&D intensive goods to Germany	na	22.9
Imports of R&D intensive goods from Germany	na	19.7

a = 2003;

OECD member countries until 1993, excludes Mexico, Czech Republic, Hungary, Poland, South Korea, Slovakia.

Source: OECD Main Science and Technology Indicators 2006; World Development Indicators, Worldbank 2006; Foreign trade: DIW Berlin. Science Citation Index (SCI): US National Science Board: Science & Engineering Indicators 2006.

Since the mid-1990s the distribution of R&D between the government and private sectors changed significantly. In 1995, 50 % of R&D expenditures were invested by government sources, while less than a decade later already two thirds of R&D expenditures are coming from industry. The industry branches with the largest share of R&D expenditures are electronics, vehicle construction, electrical engineering, and mechanical engineering. A lot of Chinese research is still devoted to the appropriation and advancement of imported technology. Almost three quarters of Chinese R&D expenditures are dedicated to experimental development, with a further 20 % for applied research and only 5 % for basic research. A strong orientation towards applied research and experimental development with only a small portion of basic research (6 %) are also observed in universities and specialized research institutes. (Krawczyk et al. 2007).

Chinese R&D policy places a strong emphasis on innovation and the commercialization of R&D results. In the "National Outline for Medium and Long Term S&T Development

Planning (2006 -2020)", the Chinese government concentrates a considerable portion of its R&D investments on a limited number of research areas to achieve "more breakthroughs in less time" (MOST). Critics of this approach are concerned that long-term planning and concentration of government R&D investments on megaprojects could reduce the flexibility of the Chinese innovation system in the face of rapid scientific and technological development and is harmful to scientific creativity and bottom-up competition of ideas (Hao Xin, Gong Yidong, 2006).

A.3.4.2 Core themes of sustainability research in China

Renewable energy and CO_2-free energy sources

In recent years, in response to the rapid growth of energy consumption and corresponding environmental problems, China has initiated a number of special programmes and action-plans to improve the energy efficiency and change energy consumption structure in the country. In 2003, China's renewable energy consumption accounted for only 3 percent of the country's total energy consumption (RenewableEnergyAccess, 9 march 2005). The government plans to raise this figure to 15 percent in 2020 as a proportion of primary energy. In 2002, the Ministry of Science and Technology of China promulgated the "Science and Technology Outline for Sustainable Development (2001-2010)". Clean energy and renewable energy is one of the priority areas. In the year of 2004, National Development and Reform Commission launched the "Medium and Long-term Plan of Energy Conservation". In this plan which covers two phases, 2005-2010 and 2010-2020, detailed energy conservation targets were set up. Key actions and comprehensive policy measures were put forward, as well as 10 key energy conservation projects.

In January 2006 a "Renewable Energy Law" entered into force. It requires power grid operators to purchase resources from registered renewable energy producers. The law also offers financial incentives, such as a national fund to foster renewable energy development, and discounted lending and tax preferences for renewable energy projects (RenewableEnergyAccess, 9 march 2005). The government lists renewable energies, including hydroelectricity, wind power, solar energy, geothermal energy and marine energy, as a preferential area for hi-tech development and hi-tech industrial development, and allocates funding for the scientific and technical research.

Energy efficiency in buildings

In China, central heating systems or systems with a combination of heat, cooling and electricity generation play an important role. The heated surface in Chinese cities equals more than 2.5 billion m². Large cities as Guangzhou, Beijing and Shanghai even

employ central cooling systems. For example, the central cooling system of the university district of Guangzhou is the number 2 in international comparison. In the Medium and Long-term Plan of Energy Conservation of the National Development and Reform Commission, Architecture, commercial and civil energy is one of the key energy conservation fields. Apart from numerous large demonstration projects, the standards for buildings are gradually being raised. Recently, many research activities and international cooperations have been initiated. In September 2006, the German Federal Minister of Transport, Building and Urban Affairs, visited China in preparation of a bilateral government agreement in cooperation for energy efficiency with a focus on buildings.

Water supply and waste water systems

More than 60 % of Chinese cities have no waste water systems, and there is practically no waste water treatment in rural areas. More than half of the most important Chinese rivers are considered to be extremely polluted. In the cities, 90 % of surface and 50 % of ground water are heavily polluted. It is estimated that half of the population have no access to safe drinking water. Water use by firms and households is extremely inefficient. Water shortage is meanwhile perceived by many people as China's most pressing environmental problem. A large number of water treatment plants are being planned or built at China's East coast (Schmitt, 2005). Significant R&D activites are involved in the design of the massive water transfer project to connect the Yangtze River with the city of Beijing which was begun in 2002. The main working areas of R&D institutions are water supply, wastewater treatment, water and wastewater systems in cities, and garbage disposal. More recently the topic of resource efficiency is gaining more importance.

Material efficiency

The Ministry of Science and Technology embraces the concept of a "circular economy" as a priority for research and innovation, yet information on R&D priorities in this sector is incomplete as there is no clear conceptual distinction between technologies for environmental protection as opposed to cleaner production technologies or cleaner products. Treatment of industrial wastes is an urgent environmental problem.

Mobility and logistics

The next 20 years are the key time for the development of Chinese transportation. Many important projects will be constructed such as high-speed railway, urban railway transportation system, highway, flight between cities etc. Many problenms such as

energy demand, traffic jam, transport security must be solved. So the research field of mordern transportation is alredy an important field in the 863 programme in 11th 5-Years plan. Many universities and research organisations have been investing much for that, and already get a strong capacity on rail transportation control, intelligent transportation and transportation organisation.

Socio-economic research on innovations for sustainability

Socio-economic research on sustainable innovation in China is mostly taken charge in institutes and universities.The focus in innovation research is on R&D input and related performance measures. There is also some research on environmental economics and on the integration of environmental planning into urban planning. Construction in the countryside is a more recent topic of planning research.

A.3.4.3 Research funding agencies

The organizations listed below administer most civilian science and engineering research in China, although the Ministries of Defense, Health, Agriculture and the State Forestry Administration and other economic agencies also have significant research operations under their direct management. The Ministry of Education oversees and funds all universities in the country.

Ministry of Science and Technology (MOST)

The Ministry of Science and Technology (MOST) provides policy guidance on the S&T systemic reform agenda, and provides funds for major national S&T programmes, including the National Basic Research (973) Programme, the High-Tech R&D (863) Programme and the National Key Technologies R&D Programme. In 2006, the new S&T plan was published, the "National Outline for Medium and Long Term S&T Development Planning (2006 -2020)”. One distinct feature of the Plan is the adoption of innovation as a new national strategy and the goal of advancing China to the rank of innovation-oriented countries by 2020. During the 10th five year period (2001-2005), the government allocated an investment of 20 billion RMB (2.4 billion US-$) to 12 "megaprojects", with the expectation that this strong concentration of resources produces "more breakthroughs in a shorter period of time" (MOST). Strong prioritizations have also been made in the research plan for 2006-2020. The favored research areas include (non-comprehensive list): protein science, quantum research, nanotechnology, development and reproductive biology, next-generation broadband, large-scale oil and gas explotation, transgenic plant breeding, drug development and manned moon exploration (Hao Xin, Gong Yidong, 2006).

National Basic Research (973) Programme

The purpose of the National Basic Research Programme is to strengthen basic research in line with national strategic targets. According to MOST, the "strategic objective of the Program is to mobilize China's scientific talents in conducting innovative research on major scientific issues in agriculture, energy, information, resources and environment, population and health, materials, and related areas." The budget of the 973 Programme attained ca. 1 billion RMB in 2005 (ca. 120 million US-$).

According to the contributing experts from Tsinghua University (A.3.6), the National Basic Research Programme supports sustainabilitiy research in the thematic fields listed in TableAnnex A.3-19. With regard to energy, an important focus of this programme is the geological distribution and exploitation of coal, oil and gas in China, as well as the development of cleaner, more efficient coal technologies.

TableAnnex A.3-19: Sustainability research supported by the Chinese National Basic Research Programme

Thematic field	**Basic research supported by 973 Programme**
Renewable energy	– Renewable energy in large scale – PV cells with low cost and long life – Developing wind energy and biomass energy – Advanced theory and methodology of energy saving, especially in high-energy consumption areas – Materials for efficient energy transport
Water supply and waste water systems	– Water recycling and high efficiency use of water resources in areas with water shortage
Material efficiency	– Circular economy and resource recovery
Mobility and logistics	– Urban transportation, logistics and engineering safety

High-Tech R&D (863) Programme

The National High Technology R&D Programme aims at the "forefront of world technology development" and seeks to "intensify innovation efforts and realize strategic transitions from pacing front-runners to focusing on 'leap-frog' development" (MOST). The government budget of this programme amounts to ca. 1,5 billion RMB in 2005 (ca. 180 million US-$). Yet total R&D funding is significantly higher since funding under this programme usually comes from various channels including government, industry and society.

TableAnnex A.3-20: R&D areas of the 863 programme in 2002

R&D area	Share of 863 R&D expenditure
Information technology	20 %
Biotechnology and advanced agriculture	33 %
Advanced materials	17 %
Advanced manufacturing and automation	10 %
Energy (including nuclear energy and clean coal)	14 %
Resources and environment (with focus on the exploitation and monitoring of marine resources and environmental pollution)	6 %

Source MOST, 863 annual report 2002.

According to the contributing experts, The High-Tech R&D programme currently supports R&D on a MW-scale grid-connected photovoltaic system and on demonstration systems for power generation with solar energy. In the field of mobility and logistics, the programme supports R&D on energy efficient vehicles and alternative fuels, as well as R&D for controlling vehicle emissions.

National Key Technologies R&D Programme

The National Key Technologies R&D Programme is geared to demands of economic construction and social development. According to MOST, the programme "focuses on promoting technical upgrading and restructuring of industries, and tackling major technical issues concerning public welfare". The programme also supports selected megaprojects which, according to the contributing experts, include research on water-saving forms of agriculture and on the management of water pollution.

National Natural Science Foundation of China (NSFC)

The National Natural Science Foundation of China (NSFC) funds peer-reviewed basic and applied research in natural science fields. Principal grant awardees are Chinese universities and CAS research institutes. The budget of the foundation amounts to ca. 3 billion RMD/year (ca. 361 million US-$). The NSFC cooperates with the German DFG in the Sino-German Center for Research Promotion.

According to the contributing experts from Tsinghua University (A.3.6), the NSFC supports sustainabilitiy research in the thematic fields listed in TableAnnex A.3-21.

TableAnnex A.3-21: Sustainability research supported by the National Natural Science Foundation of China

Thematic field	R&D supported by NSFC
Renewable energy	– Solar cells – Energy storage technology – Fuel cells – Energy safety and energy policy – Solar energy utilization – Biomass energy utilization
Water supply and waste water systems	– Water resource management in constructing a resource-economical society
Material efficiency	– Recycling – Secondary utilization of metallurgical resources

A.3.4.4 Leading research organisations

1.	Renewable energies and CO_2-free fossil energies
	– Tsinghua University, Institute of Nuclear and New Energy Technology; www.inet.tsinghua.edu.cn – Energy Research Institute of National Development and Reform Commission; www.eri.org.cn – Zhejiang University – Xi'an Jiaotong University Companies with important R&D activities in this thematic field (field 1): China Petroleum & Chemical Corporation, www.sinopec.com; Tianwei Yingli New Energy Resources Co., Ltd., www.yinglisolar.com/en/
2.	**Energy efficiency in buildings**
	– Tsinghua University, School of Architecture; http://arch.tsinghua.edu.cn/chs/eng – Tongji University, College of Construction – Southern China University of Technology – Chinese Academy of Building Research, Institute of Construction Physics; www.cabr.ac.cn – Xi'an University of Architecture and Technology Heat pump technology has shown rapid development in China. Institutes with strong competences in this area, also in the area of system integration, include the Haerbin Institute of Technology, Tongji University, Chinese Academy of Building research. Companies with important R&D activities in this thematic field (field 2): Beijing Morden Group; Beijing Fenshang Co.; Nanjing Langshi Co.; Fousun Group; www.fosun.com/cn/index/

3.	**Water supply and waste water systems**
	– Tsinghua University, Department of Environmental Science and Engineering; http://env.tsinghua.edu.cn/Eng/ – Tongji University – Haerbin Institute of Technology – China Institute of Water Resources and Hydropower Research; www.iwhr.com – Chongqing University – Chinese Plan Institute – Central and Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute – Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute – Shanghai Municipal Engineering Design General Institute – Different design and plan institutes for water and wastwater etc. The example of water research capacity at Tongji University: The College of Environmental Engineering of Tongji University has more than 50 professors, and Institute of Environmental Science, State Key Lab etc. Together with Nanjing University it operates the State Key Lab for Pollution control and resource management, and educates 31 post doc, 130 doc and more than 300 masters, and does a lot of basic and innovative research in different environmental fields. The MOE Key Lab for Yangtze Water environment is also operated by Tongji University. Its main working areas are: protection against water pollution and water security, ecological development and security, geological and environmental development, use and manangement of water resources, all regarding the Yangtze river basin. The same key lab is conducting a 863 project for development of low cost high efficiency technologies for wastwater treatment. It is also taking the Shanghai municipal project aimed at harnessing of the Suzhou river and participates in the International cooperation project "ecological construction and environment protection of Chongming island". The latter includes environmental protection planning, research on key technologies for evironmental protection, research and realisation of demo project on environment protection, research on evironmental management of Chongming Island. The objective of this research is to develop strategies for sustainable development, to develop some practical technologies and to solve the problems.
4.	**Material efficiency**
	– University of Science and Technology Beijing, School of Materials Science and Engineering – Zhejiang University, College of Materials Science and Chemical Engineering – State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing in Wuhan University of Technology – The National Center for Nanoscience and Technology (NCNST) – Chinese Academy of Sciences; www.cas.ac.cn Companies with important R&D activities in this thematic field (field 4): – China Ocean Shipping (Group) Company COSCO

5.	**Mobility and Logistics**
	– Beijing Jiaotong University – Tongji University – South-East University – Academy of Rail Science – Academy of Science of Ministry of Transportation – Research Institute for Transportation of National Development and Reform Commission – Research Institute of Highway, Ministry of Communications; www.rioh.cn/head.asp – China Automotive Technology & Research Center; www.catarc.ac.cn – Tsinghua University; Institute of Transportation Engineering; http://ite.civil.edu.cn Companies with important R&D activities in this thematic field (field 5): ChangAn Vehicles- Hybrid Vehicles; www.changan.com.cn; Shanghai GDWAY Intelligent Transportation System Corporation; www.gaodewei.com
6.	**Socio-economic research on sustainable innovation**
	– Beijing University – Chinese Academy of Social Sciences; www.rcsd.org.cn, e.g. Research Center for Sustainable Development

A.3.5 South Africa

A.3.5.1 The South African innovation system

The largest research organisation in South Africa is the Council of Scientific and Industrial Research (CSIR). CSIR is organised in five operating units: Built Environment; Biosciences; Defence, Peace, Safety and Security; Natural Resources and the Environment; Materials Science and Manufacturing. The CSIR receives an annual grant from Parliament, through the Department of Science and Technology (DST), which accounts for close to 40 % of its total income. The remainder is generated from research contracts with government departments at national, provincial and municipal levels, the private sector and research funding agencies in South Africa and abroad. Additional income is derived from royalties, licences and dividends from an intellectual property (IP) portfolio and commercial companies created by the CSIR (CSIR website).

Apart from CSIR, there are several thematically specialized research councils: the Agricultural Research Council, the Medical Research Council, the Council for Minerals Technology (Mintek), the Council for Geoscience and the Human Science Research Council.

In 2004 South Africa started reforming its higher education system, merging and incorporating small universities into larger institutions. The biggest universities are the University of Cape Town, the University of KwaZulu Natal, the University of Pretoria, the University of Stellenbosch and the University of Witwatersrand. According to Kahn (2006), these big five account for 70.5 % of R&D expenditures by the higher education sector, 63.4 % of scientific publications and 45 % of PhD students in South Africa. 90 % of SCI publications of South African origin are published by universities.

One of the main threats to progress of the South African innovation system is the "frozen demographics" of its R&D personnel. South Africa has an aging, predominantly white male, scientific and engineering workforce. There are insufficient numbers of new entrants, including women, to undergraduate and postgraduate S&T ranks. Universities struggle to retain young sholars, especially black and women post-graduates, and the research population is ageing rapidly as white 'over 50' men' advance on retirement. Studies have uncovered several causes of this problem: lack of stability in a transforming research environment, lack of funding, including for scholarships, institutional cultures that are alienating to a diverse population of young scholars, low-paid compared with the private sector and the 'brain drain'.

According to the National R&D strategy, R&D undertaken by large South African firms shows a declining tendency, although resource based industries, i.e. agriculture, fishing and forestry, mining and minerals, and energy production, remain critical to South Africa: "the forces of globalisation have reduced the propensity of South African firms to engage in the large-scale innovation that characterised earlier decades" (DST, 2002: 40). It is maintained that South Africa currently suffers from an 'Innovation Chasm'. Consequently, one of the priorities is to enhance the innovativeness of SMEs and to close the Innovation gap that exists between the knowledge generators and the market. The National Advisory Council on Innovation (NACI) has been established to advise the Minister of Science and Technology on strategies for the promotion of technology innovation; international scientific liaison; science and technology policy and the coordination and stimulation of the National System of Innovation.

TableAnnex A.3-22: Basic indicators of R&D resources in South Africa

South Africa	2001	2003
Population 1000	44,000	45,509[a]
GDP (million current prizes US-$)	132,878	212,777[a]
GERD (million current PPP US-$)	3,344.4	4,029.7
GERD per capita (current PPP $)	76.0	88.5
GERD as a percentage of GDP	0.73	0.87
GERD financed by industry (%)	55.8	54.8
GERD financed by government (%)	36.4	34
GERD financed by abroad (%)	6.1	10.9
Total R&D personnel (FTE)	21,196	29,080
Total researchers (FTE)*	14,182	14,131
Triadic patent families (priority year)	38	38
Scientific publications in SCI+SSCI	2,327	2,364
Scientific publications % SCI+SSCI	0.36	0.34

a = 2004;

Source: OECD Main Science and Technology Indicators 2006; World Development Indicators, Worldbank 2006. Science Citation Index (SCI): US National Science Board: Science & Engineering Indicators 2006.

Gross domestic expenditure on R&D (GERD) declined initially after the end of the apartheid regime. By 2001, GERD had recovered to the 1991 volume in real terms and has shown accelerated growth since then. Between 2003/04 and 2004/05 total R&D expenditure in South Africa grew from just over 10 billion Rand to 12 billion Rand in nominal terms representing a real annual increase of about 12.8 %. The lion's share of R&D expenditures is devoted to applied research and experimental development (TableAnnex A.3-23).

TableAnnex A.3-23: Gross Expenditure on R&D by type of research, 2004

Type	Percentage
Basic Research	18.6
Applied Research	38.7
Experimental Development	42.6

Source: DST (2006): National Survey of Research and Experimental Development.

While international isolation under apartheid inspired the white regime to support research that made South Africa economically and militarily self-sufficient, it created a highly fragmented S&T system. The consequences of such fragmentation were severe

and deeply interconnected - poor or non existent communication and coordination across the system, disjuncture between the science system and the challenges of development, and failure of the system to complete the cycle of innovation.

After the end of the apartheid regime, the South African S&T system embarked on a path of remarkable institutional reform. A "national system of innovation" approach was established as the framework within S&T policy and alignment would be developed and directed towards achieving national socio-economic tagets. Part of this reform agenda has been the development of national strategies to define new missions for science, technology and innovation policy.

S&T missions in the apartheid era had been focused on issues such as energy, self-sufficiency, offensive and defensive armament capabilities, and a nuclear programme, among others. Today, the following areas have been defined as new priority fields for South African R&D efforts: Biotechnology; Advanced Manufacturing Technology; Information & Communication Technology; Resource-Based Industries and Energy R&D.

The new political priorities are laid down in a series of strategy documents:

- White Paper on Science and Technology - Department of Arts and Culture September 1996
- South Africa's National R&D Strategy 2002
- Energy Efficiency Strategy of the Republic of South Africa, 2005
- Policy and Strategy for Groundwater Quality Management in South Africa - Department of Water Affairs and Forestry - 2000
- National Water Resource Strategy - Department of Water Affairs and Forestry - 2004
- Advanced Manufacturing Technology Strategy – 2002
- Integrated Manufacturing Strategy of the Department of Trade and Industry
- State of Logistics Survey for South Africa 2004
- Moving South Africa - Transport Strategy for 2020 - Department of Transport

A.3.5.2 Core themes of sustainability research in South Africa

The following priorities of national innovation policy are based on investigations by the South African experts, in particular Prof. Biesenbach.

Renewable energy and CO_2-free fossil energies

A target has been set of 10.000 GWh of energy to be produced from renewable energy sources (mainly from biomass, wind, solar and small-scale hydro) by 2013. Technologies to be implemented first, based on the level of commercialisation of the technology and natural resource availability include:

- sugar cane bagasse
- landfill gas extraction
- mini-hydroelectric schemes
- commercial and domestic solar water heaters

These technologies are to be deployed in the first phase of the target period, from 2005 to 2007. Once-off capital subsidies have been introduced to assist project developers in implementing economically sound projects that are readily financed by financial institutions.

According to the National R&D Strategy, many areas in South Africa have patterns of settlement and conditions that make them unattractive for classical extension of the electricity grid. "This reality has been somewhat submerged in the present phase of electricity roll-out nationally. There is a need to develop local small-scale grid capabilities and household-level energy systems that are affordable, and widely known" (DST, 2002: 44).

Energy efficiency in buildings

To date, only a handful of countries worldwide have set comprehensive targets for energy efficiency improvements. In South Africa an Energy Efficiency Strategy has been approved in 2005 and efficiency in both commercial and residential buildings has been included in this strategy, as follows - phase 1 2005 - 2008:

- Commercial and public buildings: standards for energy efficiency for buildings will be developed and made mandatory; Energy Audits will be implemented; emphasis will be placed on incorporating energy efficiency into building design and energy efficient technologies will be introduced in existing buildings; demand side management will be investigated and the use of efficient lighting systems and possibly heat pumps.
- Residential Sector: awareness raising; appliance labeling; standards for energy efficient housing will be made mandatory through incorporation into the National Building Regulations. Attention will be given to the development of energy efficient coal stoves, wood stoves and liquid fuel stoves.

Targets for energy demand reduction for commercial buildings is 15 % by 2015 and for the residential sector 10 % in the same period. Support will be provided to appropriate research and the possible adaptation of internationally available technologies and processes.

Water supply and waste water systems

Priorities in this domain include assessment and development of water resources, management of human impacts on water resources, water resource protection and policy development, estuarine, riverine and wetland processes management and rehabilitation, wastewater and effluent treatment and reuse technology, sanitation, health and hygiene education, water utilisation, and water resource protection. New membrane technologies are being explored and basic pumping, purifying and transporting of water form part of the current need. Products such as the 'play pump' which is a roundabout for children to play on also pumps water; a drum that rolls for transporting water in rural areas. There is a strong focus on education and training regarding the use of water and regarding sanitation.

Groundwater and wastewater systems are regulated by the Department of Water Affairs and Forestry and research and the organisations that play an important part in this area are included in the research and development initiative. These include the mining industry, industry and research organisations. Research includes geohydrological investigations for potential sources of groundwater contamination, contaminated site assessment and restoration, contaminant modelling and risk assessment, community water source protection and land-use practices. Very little research is carried out on water reuse technologies.

A job creation initiative from the Department of Water Affairs and Forestry has been the Working for Water Programme. This is a labour intensive process of clearing the alien vegetation which are water hungry and depleting water resources.

According to the National Research Foundation, some of South Africa's marine systems are showing signs of severe over-exploitation and degradation and this is impacting significantly on biodiversity. A recent report evaluates current knowledge, identifies data gaps and highlights future priority actions and research requirements in marine biodiversity.

Material Efficiency

The National Advanced Manufacturing Technology Strategy (AMTS) for South Africa was developed in 2002. This strategy was developed through extensive consultation

within the private, public and education sectors, and care was taken to ensure strategic fit with other national strategies and the avoidance of unnecessary duplication.

This strategy identified key issues as :

- the optimisation of scarce resources (National Laboratories, reduction of waste, human resource development)
- development of Capacity
- local processing of raw materials

This strategy is currently being implemented.

Existing Centres of Excellence in the Automotive Sector, Product Development Technology and Cleaner Production Technology will be strengthened and new centres will be created in Logistics and Textile and Clothing. In addition innovation networks will be established including an advanced metals network.

Much of the technology and innovation in this area use imported technology and skills and much focus is now going into the development of both the technology and the skills in South Africa.

Waste recovery is largely at the small business level but systems are in place for the collection and recovery of waste metal, paper and also the use of materials such as fly-ash for road and brick building.

Some work has been done in the field of mineral recovery from waste dumps.

Private companies in the building and automotive sectors are looking at lightweight construction and the aerospace industry is involved in the ongoing investigation of the effective use of materials in production.

Mobility and logistics

A National Land Transport Strategic Framework (2006-2011) embodies the overarching national five-year land transport strategy developed by the Department of Transport and outlines the following priorities which dictate research and development agendas for the coming years:

- Planning must pay greater attention to promoting safe and efficient use of non-motorised transport e.g. cycling
- Public transport information systems will be developed
- The informal taxi industry will be regulated and the taxi fleet recapitalised
- Reinvestment on a significant scale in rail transport infrastructure
- Improved rural development infrastructure and services

South Africa has the largest, best equipped ports on the African continent and the airport infrastructure covers both international, national and regional services and is constantly being upgraded.

Challenges exist in providing adequate public transport which is currently seriously underdeveloped leading to the almost exclusive usage of private vehicles particularly in the affluent urban areas. Mobility of people in the rural areas is problematic. Due to past policies three-quarters of long-haul tonnage is moved by road and logistically a rail/road model would be far more effective - this is being investigated.

A pilot of an intelligent transport system is currently being used on a major highway and once the results of this have been analysed further systems could be deployed.

Research on innovative low-cost road building has been conducted and partially rolled out particularly in rural areas.

Policies are in place regarding emissions and the first bio-fuels plant is currently under construction.

Some specific research areas in the mobility and transportation field are : public transport planning and operations, public transport logistics, freight and logistics, urban development and transport planning, rurual transport and technology for development, public transport structuring model, traffic management and transport infrastructure research including new materials and analysis of existing materials.

Socio-economic research on innovations for sustainability

The national R&D strategy acknowledges the importance of social sciences for developing innovation capability. Some expertise has been developed in integrating across systems to assist in poverty alleviation and there is a strong focus on Indigenous Knowledge particularly from the DST.

A.3.5.3 Research funding agencies

Department of Science and Technology (DST)

National science and technology policy is the mandate of the Department of Science and Technology DST, although several research councils are governed by other sectoral departments, including the Council for Agricultural Research (Department of Agriculture), the Council for Medical Research (Department of Health), the Council for Minerals Technology (Mintek) (Department of Minerals and Energy). The DST does not offer funding directly to applicants but works through several funding instruments. The

Strategic Plan of the former DACST (2002) allocates R 861 million (US-$ 133 million) to these transfer payments for science and technology in 2004/05. 20 % of this budget are earmarked for the National Innovation Fund, 40 % are institutional funding including the National Research Foundation and 20 % go to other R&D related programmes, mainly financial assistance projects.

National Research Foundation

The objective of the National Research Foundation (NRF) is to support and promote research through funding, human resource development and the provision of the necessary research facilities. Funding is directed at all fields of the humanities, social and natural sciences, engineering, and technology; including indigenous knowledge. The Strategic Plan of the DACST (2002) allocates R 263 million (US-$ 56 million) to the NRF in 2004/05 (DACST is a precurser to DST). Two thirds of this budget plan are current expenditures, including R&D programmes, and one third is support for seven NRF research institutions.

According to a recent institutional review, the NRF currently translates its mandate into four core Missions:

- High-quality human resources in substantially increased numbers;
- The generation of high-quality knowledge in prioritized areas that address national and continental development needs;
- The utilization of knowledge, technology transfer and innovation to ensure tangible benefits to society from the knowledge created; and
- The provision of state-of-the-art research infrastructure that is essential to develop high-quality human resources and knowledge.

Mechanisms for funding include Scholarships and Fellowships and an Institutional Research Development Programme (Technikon and University Research funding) and a Technology and Human Resources for Industry programme. Through the Focus Area Programme, NRF directs research funds to priority themes and societal needs. The total allocation for focus area grants for 2005 was R 163.8 million (US-$ 25 million). "Sustainable Livelihoods and Poverty Eradication" is one of currently eight focus areas, with the aim to investigate ways of reducing vulnerability, generating sustainable livelihoods and eradicate poverty in South African society. Among other things, this focus area includes research in water supply and community based natural resource management. The other sustainability related focus area is "Ecosystems & Biodiversity", in recognition of South Africa's distinctive natural heritage and biodiversity.

National Innovation Fund

The Innovation Fund (IF) is an instrument of the Department of Science and Technology, set up in 1999, to catalyse technology innovation. It is managed by the National Research Foundation and funds near-market and end-stage research that will result in new intellectual property, commercial enterprises and the expansion of existing industrial sectors. The Innovation Fund's mandate is to promote technological innovations that will benefit South Africa. The IF has three main funding instruments:

1. Research and Development Grants or Investments
2. Intellectual Property Grants or Investments, and
3. Commercialisation (Seed Fund) Investment

Since its inception in 1999, the IF has provided R 900 million to 170 R&D projects in various technology sectors, including health, agriculture, manufacturing, mining, education, safety and security, energy, tourism, ICT and biotechnology. The Strategic Plan of the DACST (2002) allocates R 167 million (US-$ 26 million) to the IF in 2004/05. There is no specific allocation of the IF's annual budget to specific areas the mandate is to support technological innovation in any industry or sector. Applications for funding come from various sources, but mainly from consortiums comprising science councils, higher education institutions, industry partners and individual entrepreneurs.

IF investments in R&D projects in the six selected thematic fields:

1. Renewable energies and CO_2-free fossil energies – R 13,154,790.00 (US-$ 2 million, 2004 exchange rates)
2. Energy efficiency in buildings – R 12,633,266.00 (US-$ 1.96 million)
3. Water supply and waste water systems – R 8,827,000.00 (US-$ 1.37 million)
4. Material efficiency – R 5,620,000 (US-$ 0.87 million)
5. Mobility and logistics – R 25,000,000 (US-$ 3.87 million)
6. Socio-economic research on innovations – none

Water Research Commission

The mandate of the Water Research Commission WRC is to support water research and development as well as the building of a sustainable water research capacity in South Africa. The WRC serves as the country's water-centred knowledge 'hub' leading the creation, dissemination and application of water-centred knowledge. The WRC was established in 1971, following a period of serious water shortage. At that time, water R&D in South Africa was limited to a few institutions and the funding level was inadequate. There was no research coordination and an apparent neglect of some key research fields. It was deemed to be of national importance to generate new

knowledge and to promote the country's water research purposefully, owing to the expectation that water would be one of South Africa's most limiting factors in the 21st century.

Total research funding of the WRC amounts to approximately R112 million (US-$ 17.3 million) for 2006/07. Funding of research projects constitutes the largest portion of this budget (approximately 90 %). The remaining portion is made up of allocations for consultancies, workshops and conferences, research sponsorships and mobility funding for capacity building. The WRC has four key strategic areas (KSAs). These KSAs allow for multidisciplinary studies and are focused on solving problems related to national needs and supporting society and the water sector. The allocation for 2006/07 resulted in Water Resource Management receiving 30 % of the funds, Water-Linked Ecosystems 12 %, Water Use and Waste Management 33 % and Water Utilisation in Agriculture 19 %. The balance of 6 % is reserved for the central fund [figures from www.wrc.org.za].

A.3.5.4 Leading research organisations

1.	**Renewable energies and CO_2-free fossil energies**
	– The South African National Energy Research Institute has awarded the Energy Chair to the University of Stellenbosch; the same University also hosts the DST funded hub for post-graduate studies in renewable and sustainable energy – University of the Witwatersrand – University of Cape Town, hosts the Energy Research Centre with focus on sustainable energy research and renewable energies – University of Johannesburg, owns IP on photovoltaic technology – University of Pretoria – University of the Free State – University of the North West – University of South Africa – University of the Western Cape, research on hydrogen and fuel cells – Council for Scientific and Industrial Research, research into fuel cells, CSIR Sustainable Development Group, focus on integration of systems – Agricultural Research Council – Eskom, SA's power utility supplier: research into variety of renewable technologies
2.	**Energy efficiency in buildings**
	– University of the Witwatersrand – University of Cape Town – University of Johannesburg – Council for Scientific and Industrial Research – South African Bureau of Standards – University of Stellenbosch – Agama Energy (non-governmental organisation) [http://www.agama.co.za]

3.	**Water supply and waste water systems**
	– University of the Witwatersrand – University of Cape Town, world class Centres of Excellence in both fresh water and marine systems – University of Pretoria – University of Natal – University of the Free State – University of South Africa – Rhodes University – University of Johannesburg – Council for Scientific and Industrial Research, both marine and fresh water systems and considerable experience in consulting and advising global bodies such as the World Bank – Agricultural Research Council – Water Research Commission, key focus point and coordinating body for African Ministers Conference on Water – CGIAR International Water Management Institute (IWMI)
4.	**Material efficiency**
	– University of the Witwatersrand – University of Cape Town – University of Natal – University of Pretoria – University of the Free State – Council for Scientific and Industrial Research, strong capacity in materials research – National Cleaner Production Centre (NCPC), a collaborative venture between the United Nations Development Organisation (UNIDO), the Swiss and Austrian technical institutions, DTI and the CSIR – Council for Mineral Technology Mintek, Advanced Material Division, e.g. catalysis research on precious metals such as gold and platinum – University of Stellenbosch
5.	**Mobility and Logistics**
	– University of the Witwatersrand – University of Cape Town – University of Johannesburg – University of South Africa – Council for Scientific and Industrial Research
6.	**Socio-economic research on sustainable innovation**
	– University of Cape Town – University of Natal – Univeersity of the North West – University of South Africa – Rhodes University – Human Sciences Research Council

A.3.6 References

Allakhverdov, A., Pokrovsky, V. (2006): Russian Science. Measuring the Hidden Cost of a Pay Raise. *Science, 312*, 9 June 2006, 1456.

Anon. (2005): China Passes Renewable Energy Law. *RenewableEnergyAccess*, 9 march 2005 [http://www.renewableenergyaccess.com]

Department of Arts, Culture, Science and Technology DACST (2002): *Strategic Plan 2002*, Pretoria.

Department of Science and Technology (2002): *South Africa's National R&D Strategy August 2002*. Pretoria.

Department of Science and Technology (2006): National Survey of Research and Experimental Development (R&D) (2004/05 Fiscal Year). Pretoria.

Eun, J.-H., Lee, K., Wu, G. (2006): Explaining the "University-run enterprises" in China: A theoretical framework for university-industry relationship in developing countries and its application to China. *Research Policy, 35,* pp. 1329-1345.

Glänzel, Wolfgang, Leta, Jaqueline, Thijs, Bart (2006a): Science in Brazil. Part 1: A macro-level comparative study. Scientometrics 67 (1) 67-86

Global Watch Service by the UK Department of Trade and Industry: Information on S&T in Brazil, www.globalwatchservice.com; last accessed March 2006, service discontinued by DTI.

Global Watch Service by the UK Department of Trade and Industry: Information on S&T in Russia, www.globalwatchservice.com; last accessed March 2006, service discontinued by DTI.

Global Watch Service by the UK Department of Trade and Industry: Information on S&T in India, www.globalwatchservice.com; last accessed March 2006, service discontinued by DTI.

Global Watch Service by the UK Department of Trade and Industry: Information on S&T in China, www.globalwatchservice.com; last accessed March 2006, service discontinued by DTI.

Hao Xin, Gong Yidong (2006): China bets big on big science. *Science*, *311*, 17 March 2006, pp. 1548-49.

Hsiung, D.-I. (2002): An evaluation of China's S&T system and its impact on the research community. *A special report for the environment, science & technology section.* U.S. Embassy, Beijing, China.

Kahn, M. (2006): Setting the scene – the NST, measurement and steering. Presentation given at the *NACI International Workshop on Measuring Systems of Innovation*, Pretoria, 24-25 April 2006.

Krawczyk, O., Legler, H., Schadt, C., Frietsch, R., Schubert, T., Schumacher, D. (2007): Die Bedeutung von Aufholländern im globalen Technologiewettbewerb. Studien zum deutschen Innovationssystem, 21-2007. NIW, ISI, DIW.

Lachinov, M. (2005): Russia: science and technology framework. Document by the British Embassy in Moscow, Russian Federation – Science, Environment and Global Partnership Section.

Lachinov, M. (2006): Russian Government takes control of the Russian Academy of Sciences (RAS). Document by the British Embassy in Moscow, Russian Federation – Science, Environment and Global Partnership Section.

Leite, M. (2005): Legitimising Brazil's freeze of research funds. Science and Development Network, 4 August 2005, SciDev.Net.

Leta, Jaqueline, Glänzel Wolfgang, Thijs, Bart (2006b): Science in Brazil. Part 2: Sectoral and institutional research profiles. Scientometrics 67 (1) 87-105.

National Science Board NSB (2006). Science and Engineering Indicators. Arlington, U.S. National Science Foundation.

NSTMIS (2005): *Research and Development Statistics 2004*-05. Department of Science and Technology, Government of India.

OECD (2005): *Fostering Public-Private Partnership for Innovation in Russia*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Schmitt, S. (2005): Abwasserbehandlung in der VR China mit hohem Nachholbedarf. *Fairs & More Business Magazin*, Nr. 1/2005, pp. 16-17.

World Bank (2004): *Environmental Management in Russia: Status, Directions and Policy Needs.* World Bank Environmentally and Socially Sustainable Development Unit, Europe and Central Asia Region.

World Bank, UNEP/URC (2006): Developing financial intermediation mechanisms for energy efficiency projects in Brazil, China and India. Brazil country report.

A.3.7 Contributing Experts

A.3.7.1 Brazil

Ricardo Rose
Diretor Meio Ambiente
Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha
Deutsch-Brasilianische Industrie- und Handelskammer
Rua Verbo Divino 1488
BR 04719-904 Sao Pãulo
www.ahkbrasil.com

with advice from
Jörg Anhalt, Instituto de Desenvolvimento Sustentával e Energias Renováveis, IDER
Laercio Couto, Rede Nacional de Biomassa Para Energia, RENABIO
Aldo Roberto Ometto, Instiuto Fábrica do Milénio, IFM
Rodrigo Quadros, Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade, IDEAAS,
Noélia Lúcia Simões Falcão, Instituto Nacional de Pesquisas de Amazõnia
Antonio Carlos F. Galvão, Director of CGEE
Flávio Giovanetti Albuquerque
Lélio Fellows Filho
Marcelo Khaled Poppe
Márcio de Miranda Santos
Maria Regina Gusmão
Paulo César G. Egler
all affiliated with:
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos CGEE
Financial Center, 11º andar, Sala 1102,
CEP 70712-900
Brasília, DF
www.cgee.org.br

André Carneiro da Cunha Moutinho de Carvalho
Coordenação de Cooperação Internacional - CINT
Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP
Praia do Flamengo, 200 - 8º andar
22210-030 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Patricia Guardabassi
Centro Nacional de Referência em Biomassa CENBIO
Av. Professor Luciano Gualberto, 1289 - Cidade Universitária
CEP: 05508-010
São Paulo - SP - Brasil
www.cenbio.org.br

Prof. Furtado, André
Instituto de Geociências, Departamento de Política Científica e Tecnológica
State University of Campinas UNICAMP

Prof. Jannuzzi, Gilberto
Faculty of Mechanical Engineering FEM
State University of Campinas UNICAMP

Prof. Lamberts, Roberto
Departamento de Engenharia Civil
Federal University Santa Catarina (UFSC)

Prof. Orrico, Romulo
Programa de Engenharia de Transportes
Instituto Alberto Luiz Coimbra
Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Schaeffer, Roberto
Programa de Planejamento Enérgetico
Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia COPPE
Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Tucci, Carlos E. M.
Integrated urban waters management
Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS
Former secretary of CTHidro Water Resource Fund
Former president of Brazilian Water Resource Association

A.3.7.2 Russia

The expert questionnaire was filled in by Prof. V. Gorokhov who coordinated and integrated inputs from other experts as given below, assisted by Ms. Kaganchuk.

Prof. Dr. Vitaly G. Gorokhov
Head of the “International Research Centre for Social Consequences of Scientific and Technological Development and Innovations” at the Moscow State University (founded in 2006 together with the Institute for Technology Assessment and Systems Analysis of the Forschungszentrum Karlsruhe). Prof. Dr. Vitaly G. Gorokhov is scientific coordinator of the Intetnational Academy for Sustainable Development and Technologies at the university of Karlsruhe (IANET, chair man Mikhail Gorbatchev) and president of the International Institute for Global Problems of the Sustainable Development of the International Independent University for Ecology and Political Science (MNEPU).

Address:
Moscow State University
Department of Philosophy, GSP-2
Leninskie Gory
Moscow, 119992 Russia

Prof. Dr. Danilov-Danilian
President of the Institute for Water Resources Management (IWP)
of the Russian Academy of Sciences
ul. Gubkina 3
119991 Moskau,

Dr.-Ing. habil. Anatoli V. Dolgolaptev
Director General of the scientifically-technically Corporation „Kompomash“ (25 companies, Research Institute and engineering offices)
3 projezd Marjinoj Roshi 40
127018 Moskau

Sergey A. Klimanov
Director of the “Federal Centre of Geoecological Systems”
Kedrova str. 8 b.1.
117292 Moscow

Juri M. Kolotchkov
Head of Department for natioal research programms and investments in the Russian Federation Ministry for Economic Development
Russian Federation for Economic Development and Trade
1. Bverskaja- Yamskaja 1-3
125818 Moskau

Prof. Dr.-Ing. Oleg V. Syuntyurenko
Senior researcher of the All Russian Scientific and Technical Information Institute (VINITI) of the Russian Academy of Sciences
Russia, ul. Kantemirovskaja 53-1-207
115477 Moscow

Ms Vera Kaganchuk
OOO "REHAU", Department for logistics
Warschavskoje schosse 125
Moskau

A.3.7.3 India

Dr. Ranjan K Bose (Field of Expertise: Mobility and Logistics),
Senior Fellow
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block,
IHC Complex
Lodhi Road, New Delhi 110 003

Dr. Geetham Tewari (Field of Expertise: Mobility and Logistics)
Assistant Professor
Indian Institute of Technology
Hauz KhasNew Delhi 110 016

Kapil Kumar Narula, (Field of Expertise: Water)
Associate Director
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block,
IHC ComplexLodhi Road,
New Delhi 110 003

Mr. KK Gandhi (Field of Expertise: Mobility and Logistics)
Executive Director
Society of Indian Automobile Manufacturers
Core 4B, 5th FloorIndia Habitat Centre Complex
Lodhi Road, New Delhi 110 003

Prof. Sarkar (Field of Expertise: Mobility and Logistics)
Head of the Department of Transport Planning
School of Planning and Architecture
4, Block B, Indraprastha Estate
New Delhi 110 002

Dr. Baskar Natarajan (Field of Expertise: Renewable Energy)
Senior Project Offier
India-Canada Environment Facility
2nd Floor Sanrakshan Bhawan10, Bhikaji Kama Place
New Delhi 110 066
Dr. S K Chopra, (Field of Expertise: Renewable Energy)
Senior Advisor
Ministry of New and Renewable Energy
CGO Complex, Block 14Lodhi Road,
New Delhi 110 003

Dr. Vidya S Batra (Field of Expertise: Materials)
Fellow
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block, IHC ComplexLodhi Road,
New Delhi 110 003

Dr. Malini Balakrishnan (Field of Expertise: Materials),
Fellow
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block, IHC ComplexLodhi Road,
New Delhi 110 003

Dr. Arun P Kulshreshtha (Field of Expertise: Renewable Energy)
Director
Centre for Science and Technology of the Non-Aligned and Other Developing Countries
(NAM S&T Centre)
Zone 6A, 2nd Floor, IHC Complex
Lodhi Road, New Delhi 110 003

Mr. Mahesh Vipradas (Field of Expertise: Renewable Energy)
Fellow
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block, IHC Complex
Lodhi Road, New Delhi 110 003

Mr. Amit Kumar (Field of Expertise: Renewable Energy and environemntal technologies)
Associate Director, Energy and Environmental technologies
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block, IHC ComplexLodhi Road,
New Delhi 110 003

Dr. P C Maithani (Field of Expertise: New technologies and Renewable Energy)
Director, Ministry of New and Renewable Energy
CGO Complex, Block 14Lodhi Road,
New Delhi 110 003

Dr. R K Malhotra (Field of Expertise: Fossil fuels and use of natural resources)
General Manager
Indian Oil Corporation Limited
Research and Development Centre
Sector-13, Faridabad 121 007, Haryana

Dr K S Dathathreyan (Field of Expertise: Hydrogen)
Head
Centre for Fuel Cell Technology
120, Mambakkam Main RoadMedavakkam,
Chennai 601 302, Tamil Nadu

Dr Ajay Mathur (Field of Expertise: Energy Efficiency)
Director General,
Bureau of Energy Efficiency
Ministry of Power, GOI
NBCC Towers, Hall No. IV, 2nd Floor
15, Bhikaji Cama Place, R K Puram
New Delhi 110 066

Dr Veena Joshi (Field of Expertise: Socio Economic Research)
Focus-in-Charge, Rural Energy & Housing
Swiss Agency for Development and Cooperation
Embassy of Switzerland
Chandragupta Marg
Chanakyapuri
New Delhi 110 021

Dr Preety Bhandari (Field of Expertise: Clean Development mechanism and emission reductions)
Director
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block, IHC ComplexLodhi Road,
New Delhi 110 003

Mili Majumdar (Field of Expertise: Sustainable Buildings)
Fellow
The Energy and Resources Institute
Darbari Seth Block, IHC ComplexLodhi Road,
New Delhi 110 003

A.3.7.4 China

Mr. Han Xiaoding translated our questionnaire to Chinese and collected inputs from Profs. Xu Delong, Tang Tao, Long Weiding and Fu Yigang. Another questionnaire was contributed by Dr. Wang Ke from Tsinghua University and his collaborators.

Han Xiaoding
Chief Representative
Fraunhofer Representative Office Beijing
Unit 0606 Landmark Tower II
8 North Dongsanhuan Road
Chaoyang District
100004 Beijing, PR China
Prof. Xu Delong
Xi'an University of Architecture and Technology
710055, Xi'an, China

Prof. Tang Tao
State key laboratory for Railtransportation control and security
Beijing Jiaotong University
Shangyuancun 3,
Haidian District
100044 Beijing China

Prof. Long Weiding
Chinese-German College for Engineering Technology of Tongji University

Prof. Fu Yigang
College of Environmental Science and Engineering of Tongji University
Asistant president of Chongqing Three Gouge Academy

Expert group from Tsinghua University:

WANG Ke
CAI Wenjia
CUI Junlian
JIANG Dongmei
All affiliated with the Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University
FU Ping, the Ministry of Science and Technology, China
CHU Junying, Engineering Research Center for Water Resources & Ecology, Ministry of Water Resource P. R China

A.3.7.5 South Africa

Prof. Reinie Biesenbach
GRA Nerve Centre
P. O. Box 45
The Innovation Hub
Pretoria 0087
South Africa

with advice from
Mr Steve Szewczuk - Sustainable Development Group CSIR South Africa
Department of Architecture, University of Pretoria
National Advisory Council of Innovation – Mr. Bok Marais
Chris Buckley - University of Natal
Prof. David Kaplan, University of Cape Town Graduate School of Business
Dr. Marius Claassen - Water Expert, CSIR South Africa
Water Research Commission of South Africa (publications and discussions with researchers)
William Blankley, Human Sciences Research Council - published reports and reviews
Ms. Karen van Breukelen, Advanced Manufacturing Technology Strategy
Andries Naude, Isabel Meyer, CSIR South Africa
Research Offices - University of Witwatersrand, University of Cape Town, University of Natal, University of South Africa, University of Pretoria, University of the Free State, University of the North West, University of Johannesburg, University of Stellenbosch, Rhodes University

Prof. Michael Kahn
Center for S&T and Innovation Indicators, Human Sciences Research Council

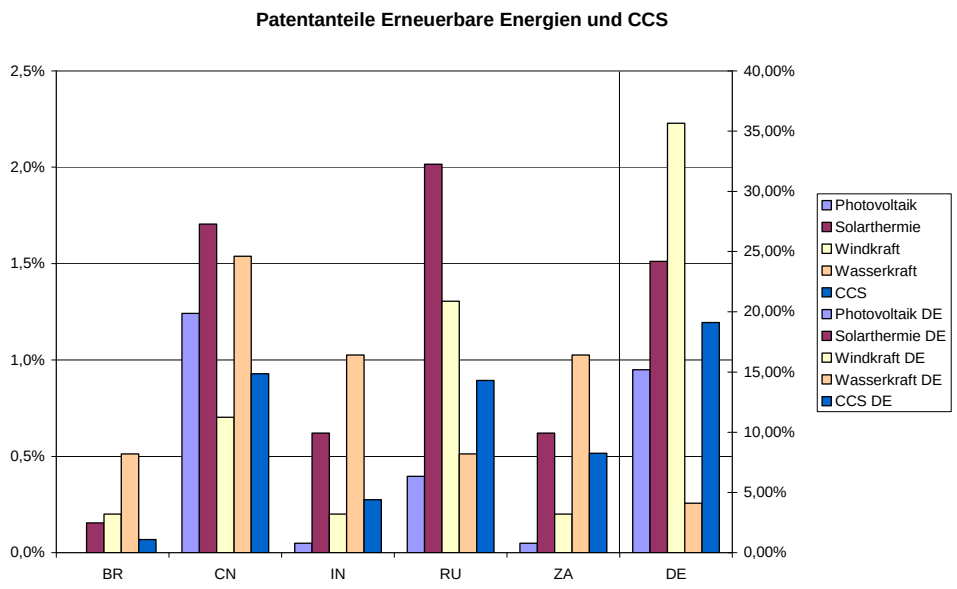
Khaya Sishuba
Director: International Relations -Europe and Middle East
Overseas Bilateral Cooperation
Department of Science and Technology DST
Private Bag x894
Pretoria, South Africa

Michael Wimmer
German Embassy Pretoria
P.O. Box 2023
0001 Pretoria, South Africa

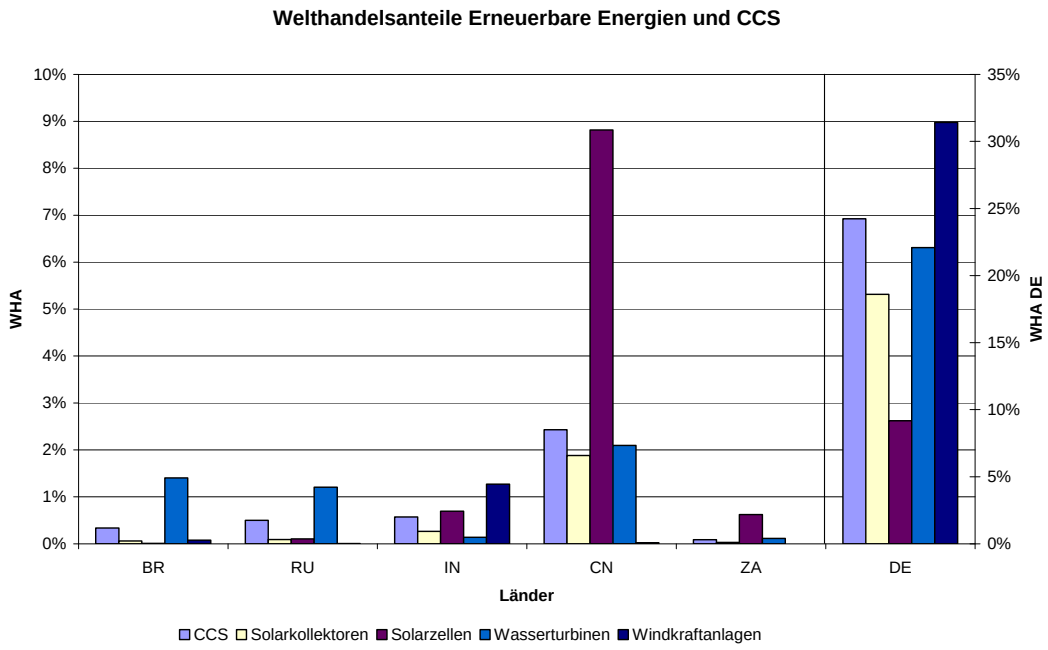
Dr. Alan Brent
Energy, Sustainability Science and Technology Management
CSIR

A.4 Anhang zu Abschnitt 4.1

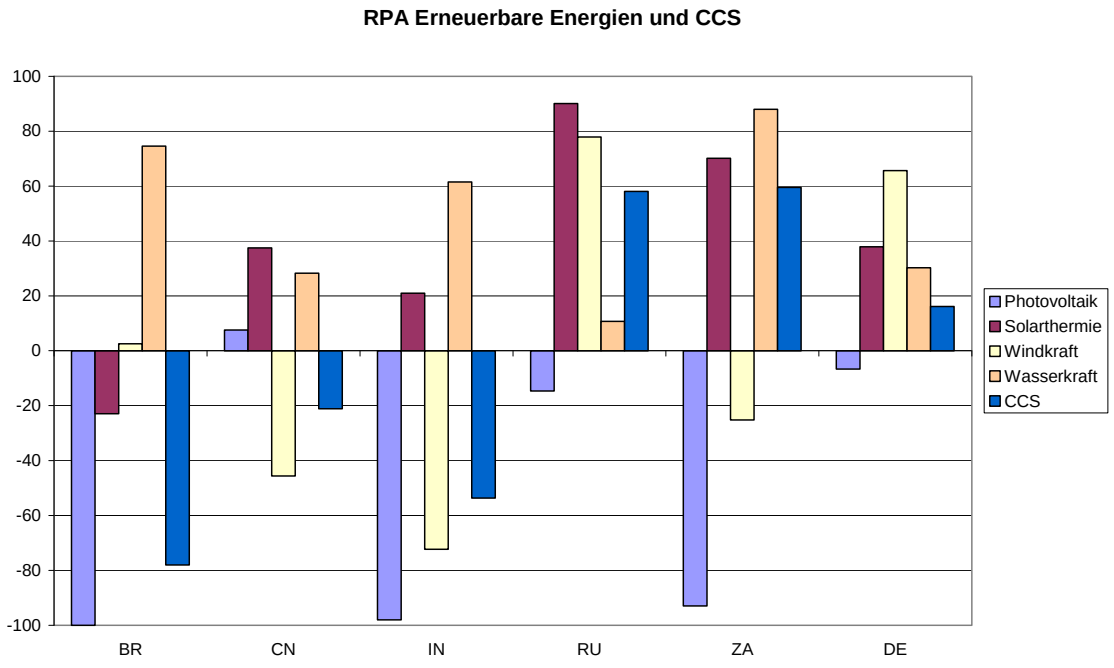
AbbildungAnhang A.4-1: Patentanteile für Erneuerbare Energien und CCS nach Technologiebereichen



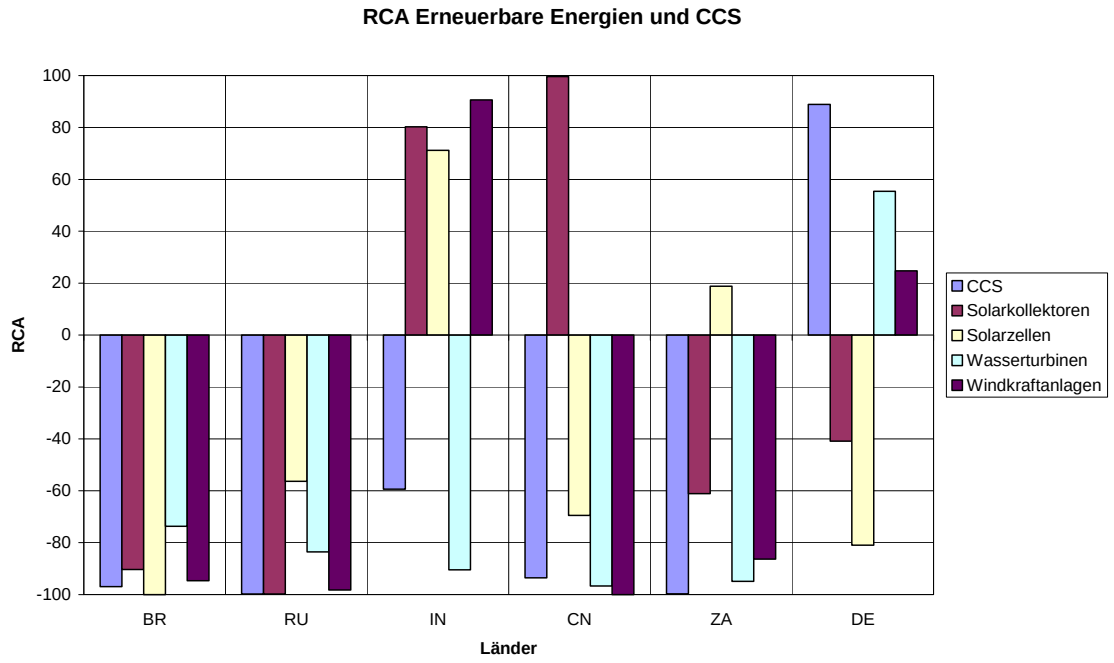
AbbildungAnhang A.4-2: Welthandelsanteile für Erneuerbare Energien und CCS nach Technologiebereichen



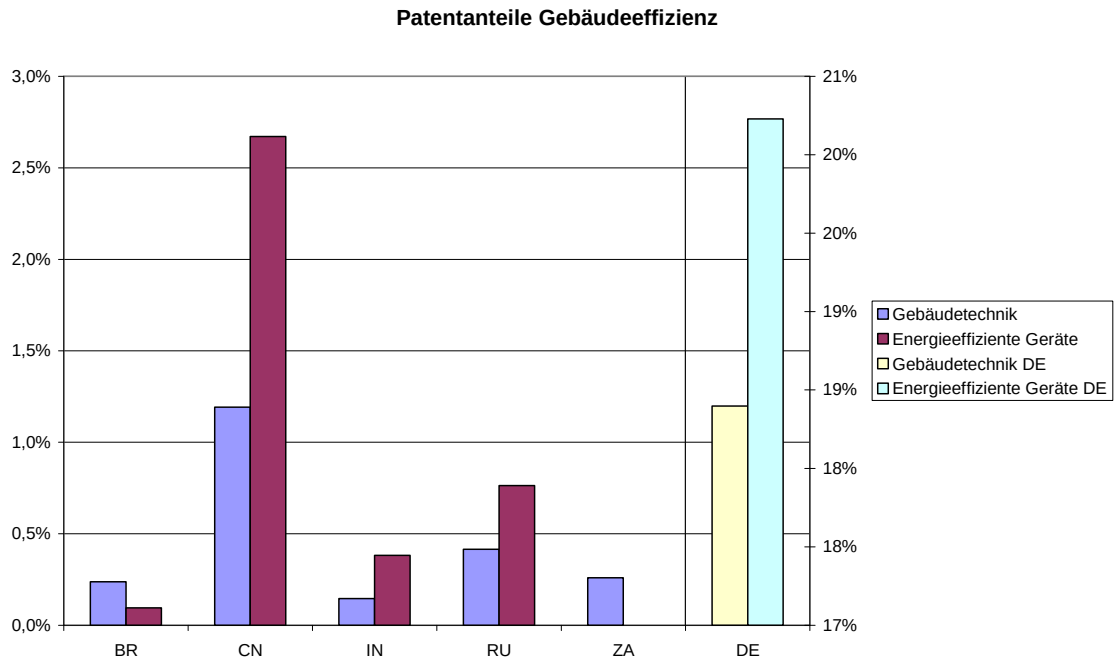
AbbildungAnhang A.4-3: Relativer Patentanteil (RPA) für Erneuerbare Energien und CCS nach Technologiebereichen



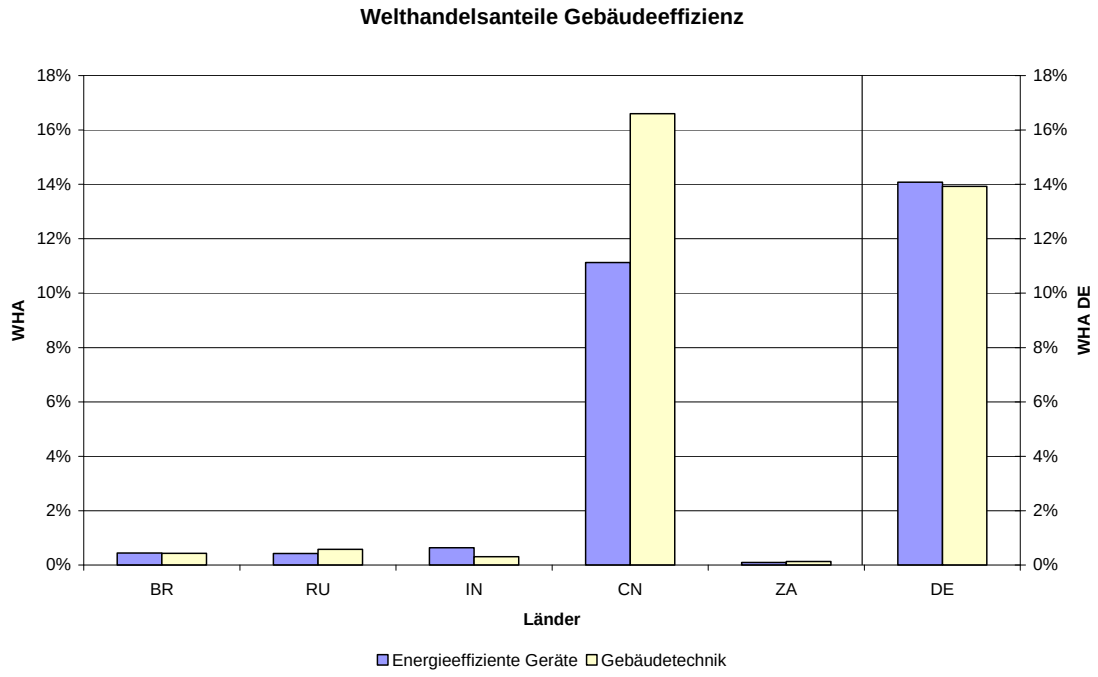
AbbildungAnhang A.4-4: Revealed Comparative Advantage (RCA) für Erneuerbare Energien und CCS nach Technologiebereichen



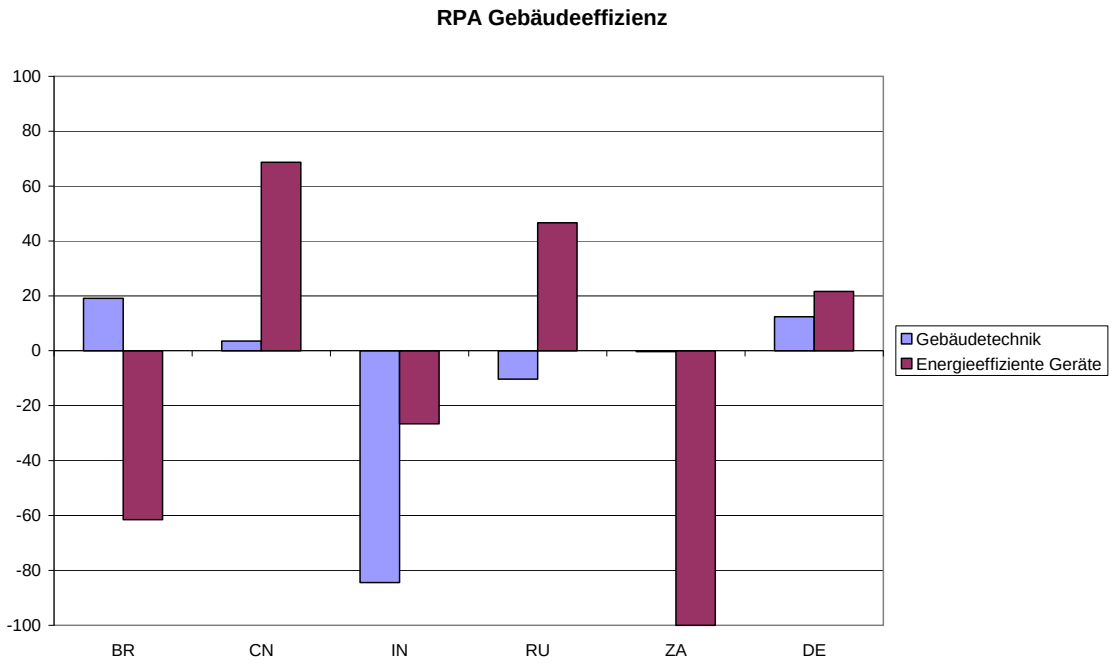
AbbildungAnhang A.4-5: Patentanteile im Bereich Gebäudeeffizienz nach Technologiebereichen



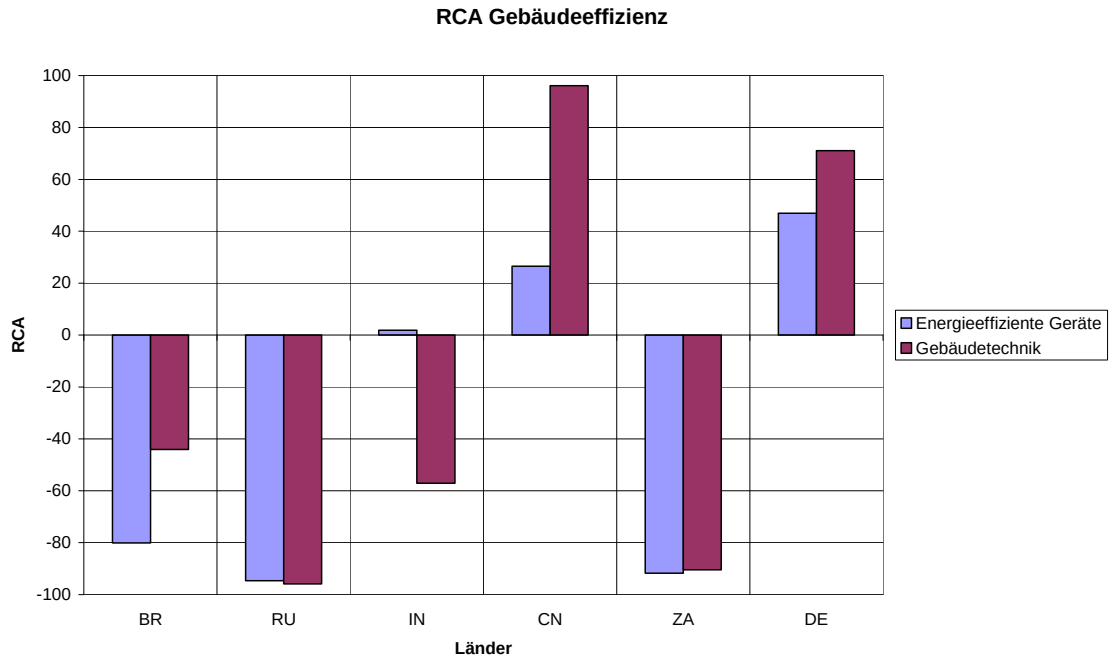
AbbildungAnhang A.4-6: Welthandelsanteile im Bereich Gebäudeeffizienz nach Technologiebereichen



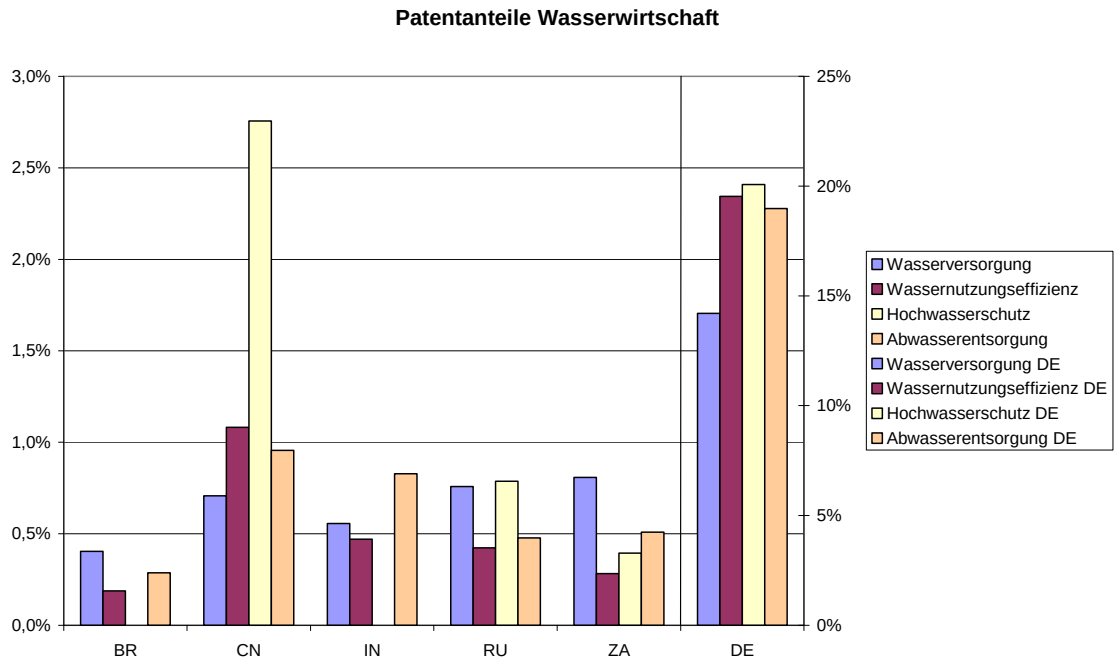
AbbildungAnhang A.4-7: Relative Patentanteile (RPA) im Bereich Gebäudeeffizienz nach Technologiebereichen



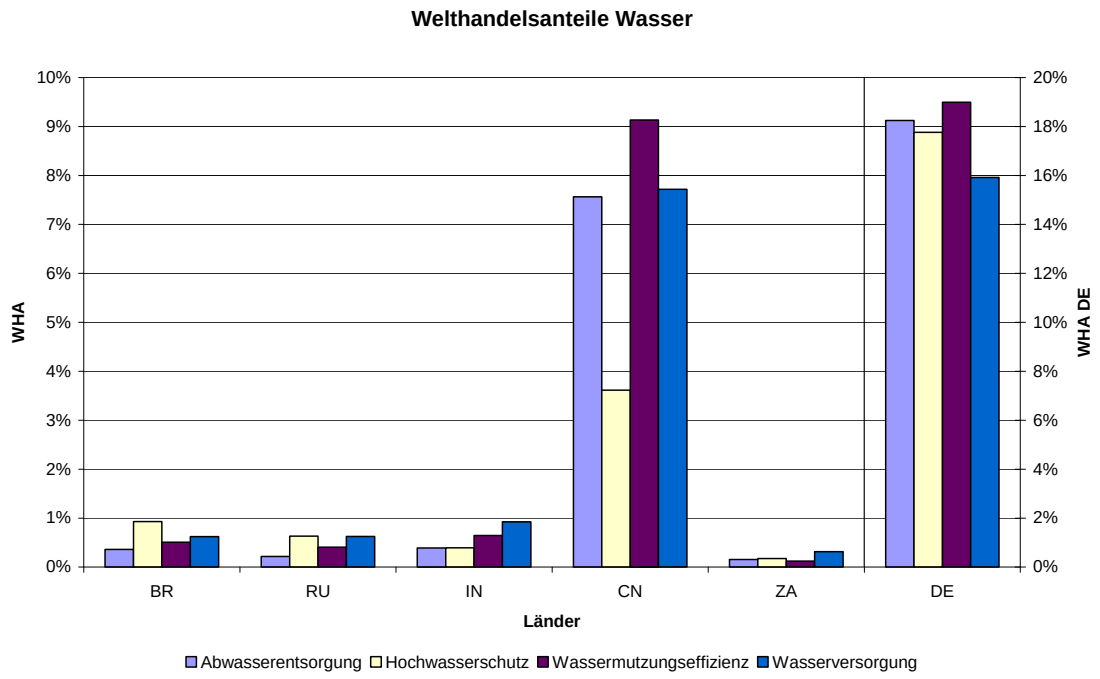
AbbildungAnhang A.4-8: Revealed Comparative Advantage (RCA) im Bereich Gebäudeeffizienz nach Technologiebereichen



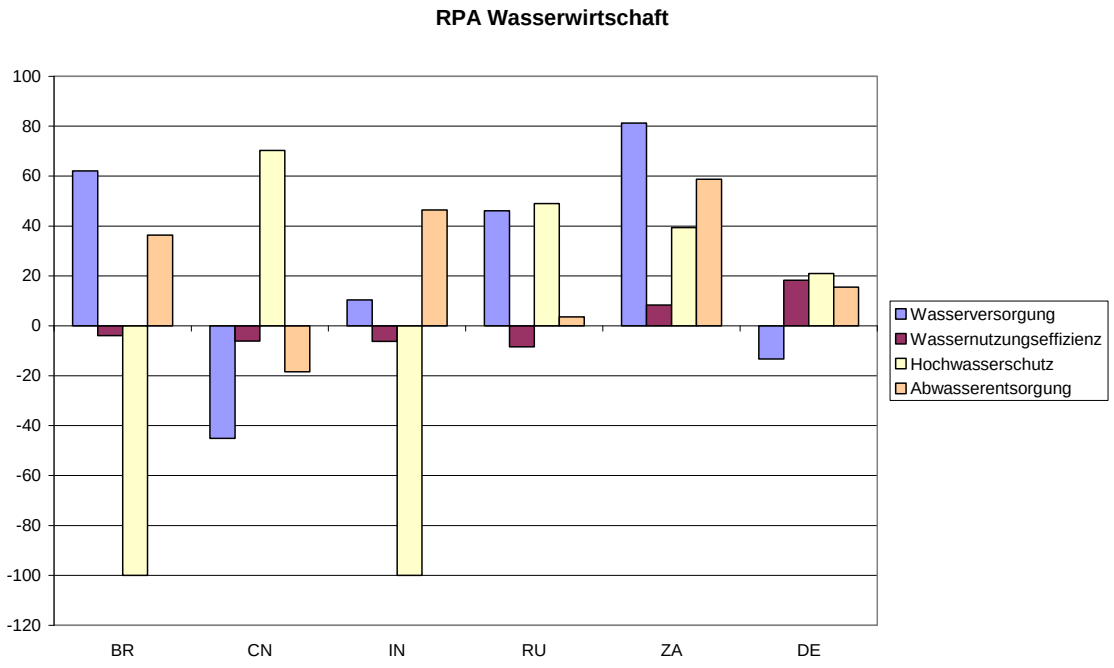
AbbildungAnhang A.4-9: Patentanteile im Bereich Wasser nach Technologiebereichen



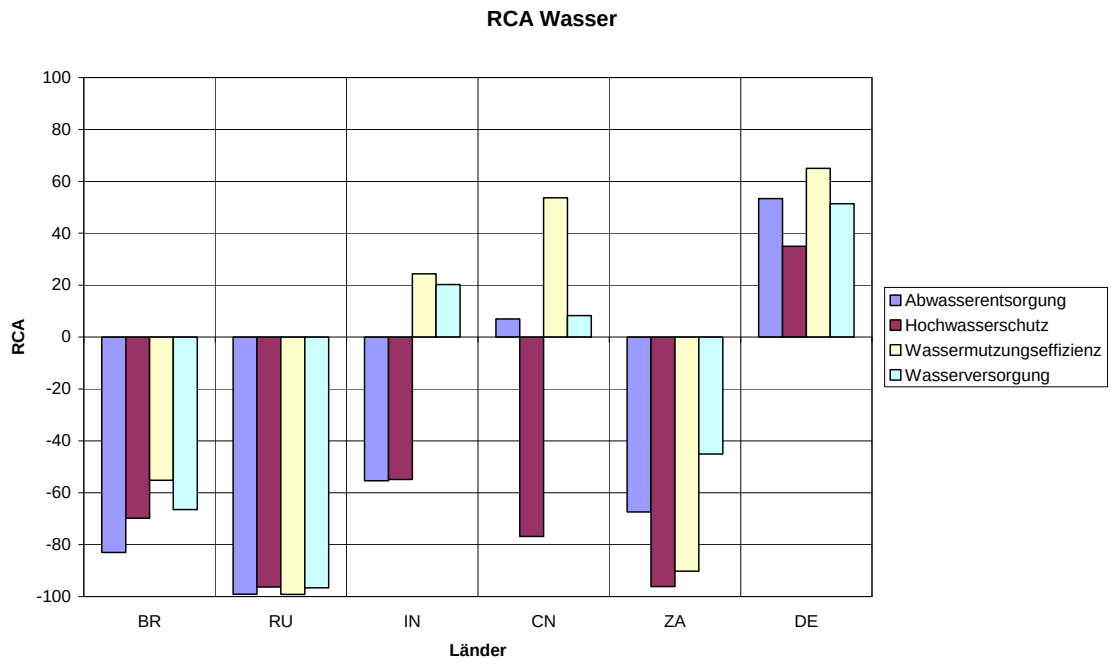
AbbildungAnhang A.4-10: Welthandelsanteile im Bereich Wasser nach Technologiebereichen



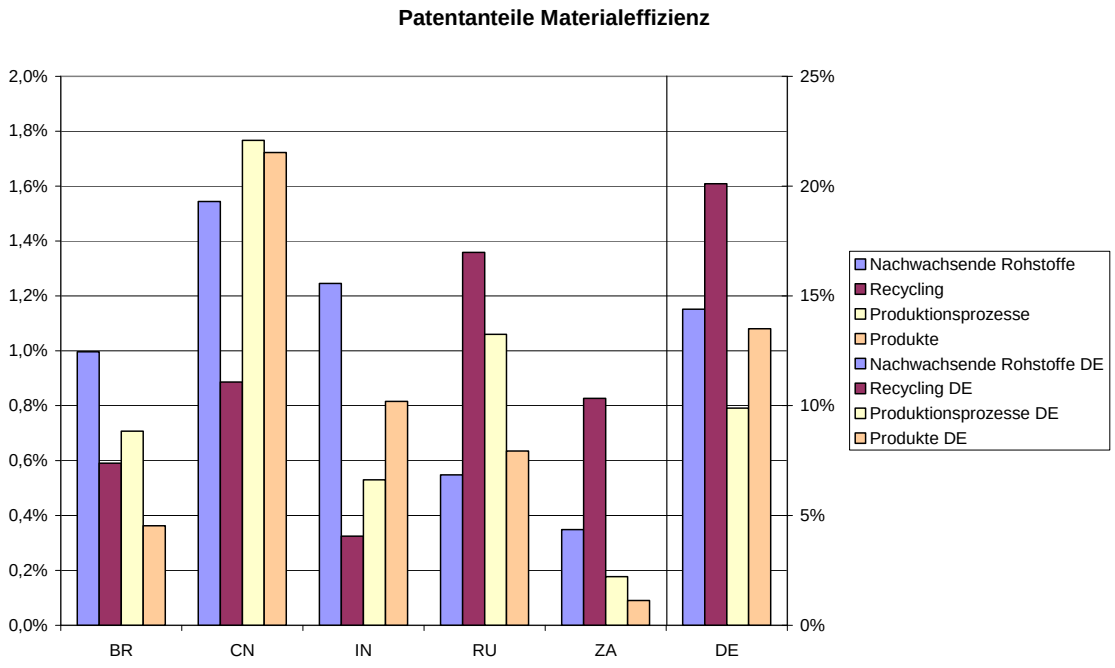
AbbildungAnhang A.4-11: Relative Patentanteile (RPA) im Bereich Wasser nach Technologiebereichen



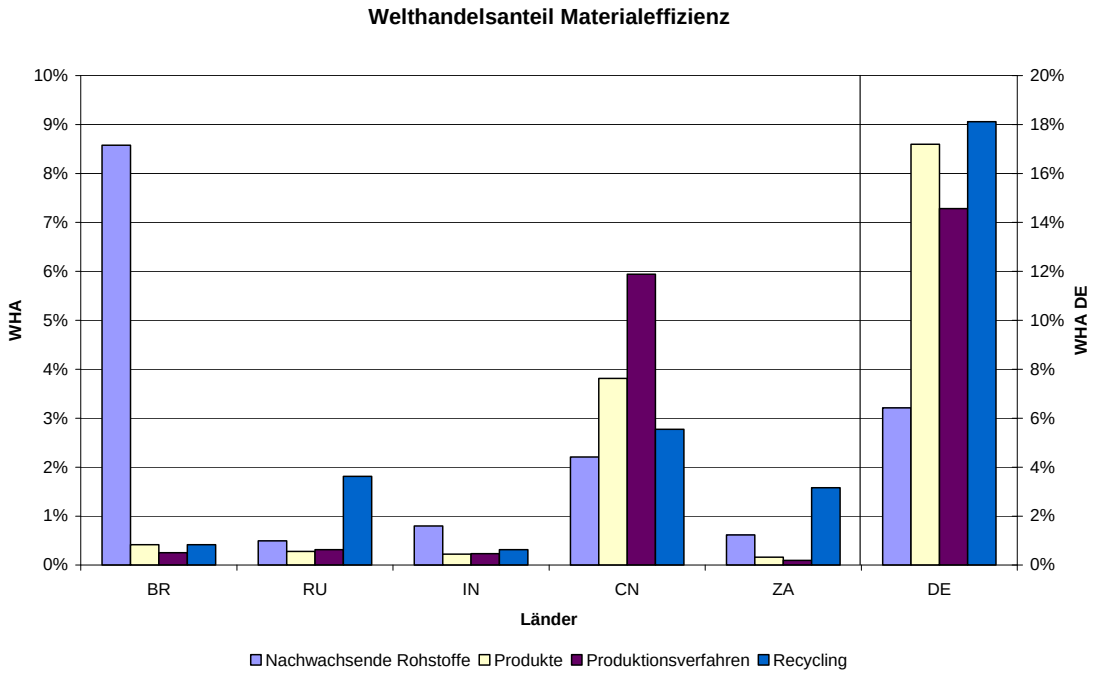
AbbildungAnhang A.4-12: Revealed Comparative Advantage (RCA) im Bereich Wasser nach Technologiebereichen



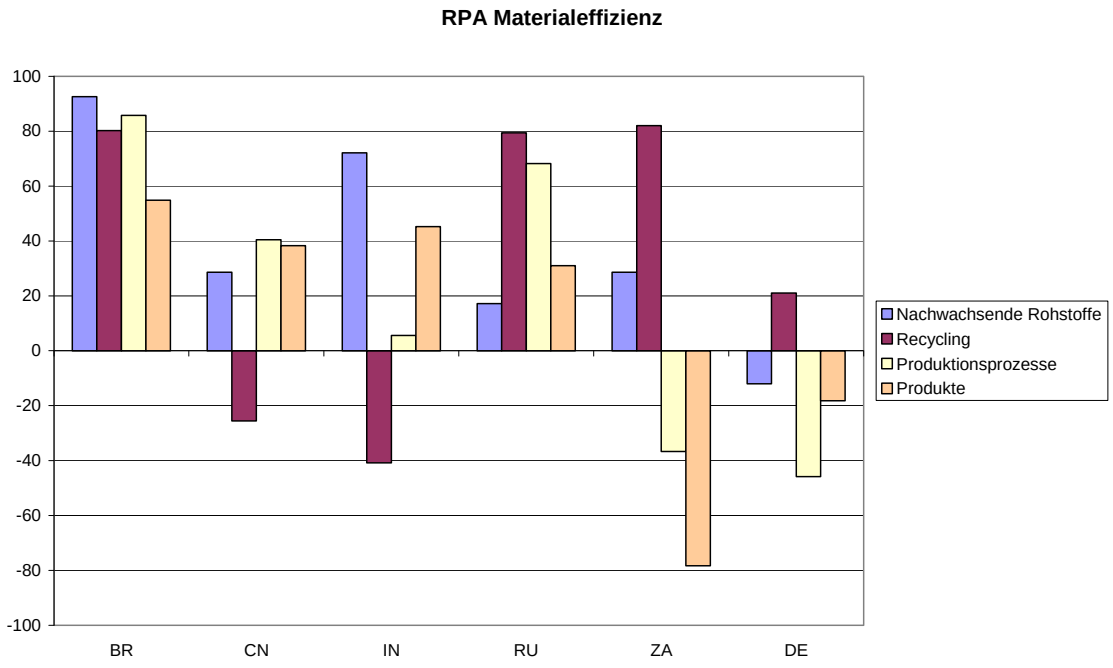
AbbildungAnhang A.4-13: Patentanteile im Bereich Materialeffizienz nach Technologiebereichen



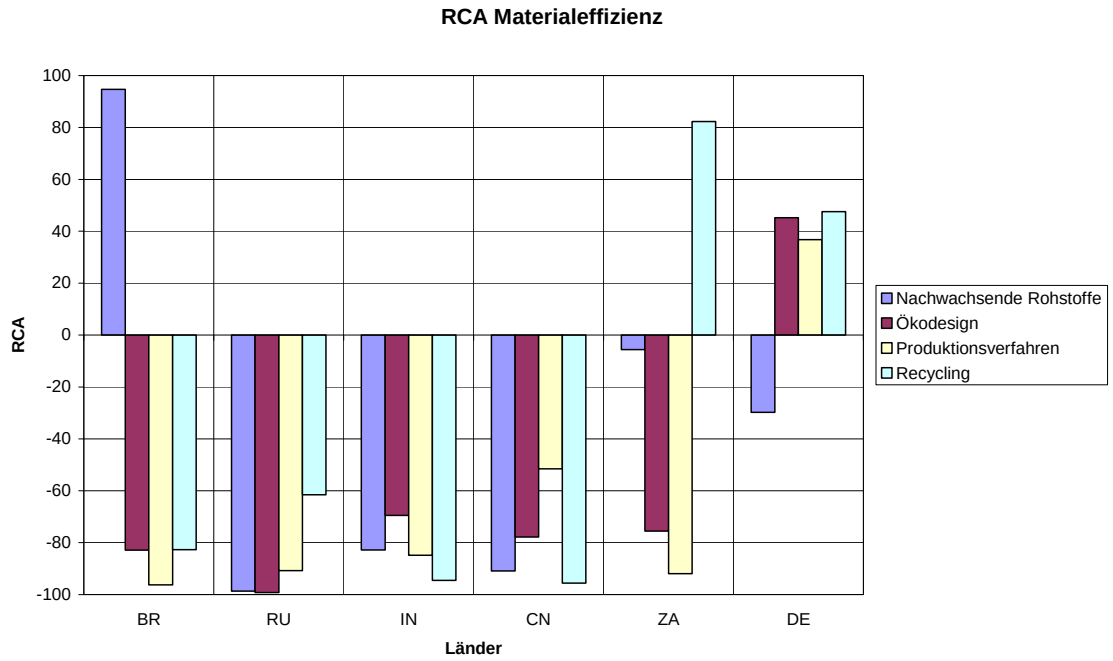
AbbildungAnhang A.4-14: Welthandelsanteile im Bereich Materialeffizienz nach Technologiebereichen



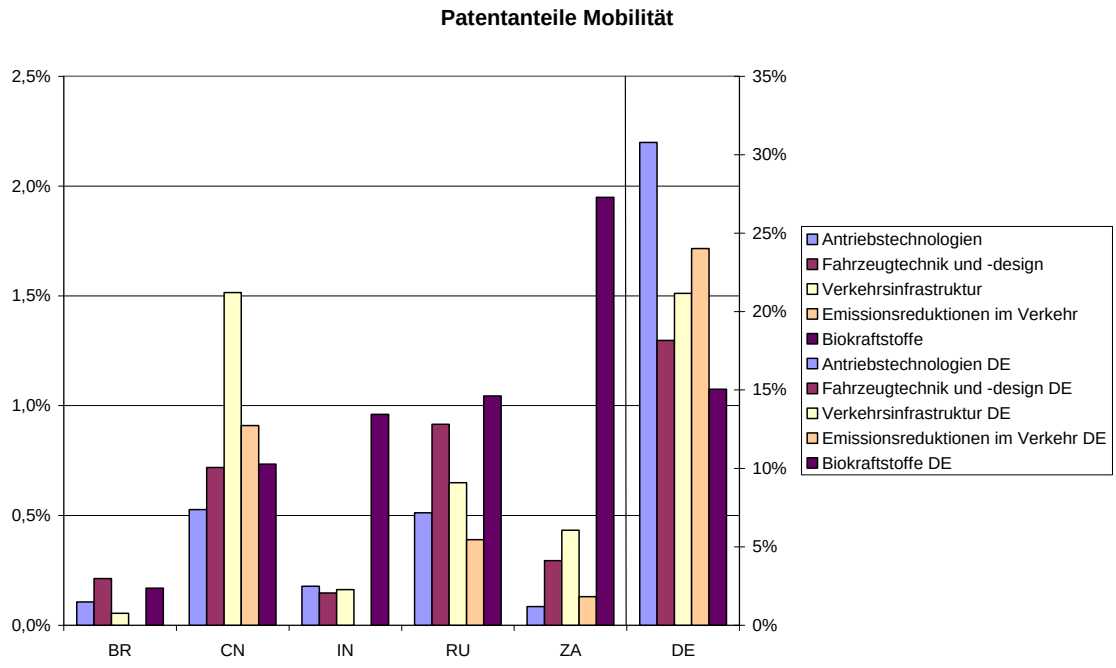
AbbildungAnhang A.4-15: Relative Patentanteile (RPA) im Bereich Materialeffizienz nach Technologiebereichen



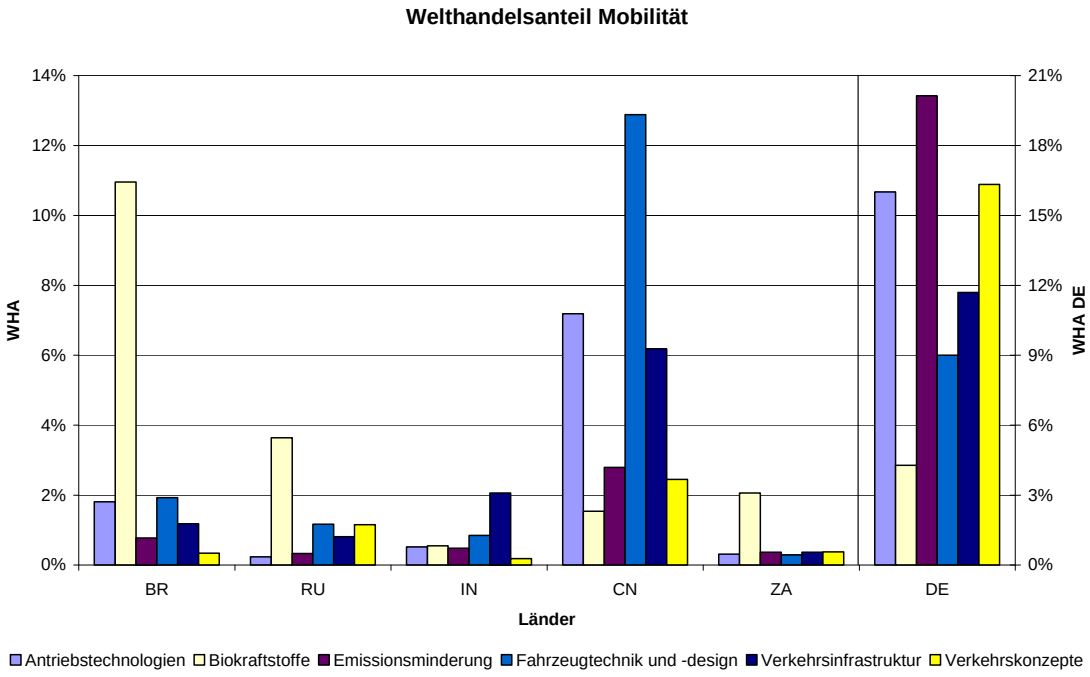
AbbildungAnhang A.4-16: Revealed Comparative Advantage (RCA) im Bereich Materialeffizienz nach Technologiebereichen



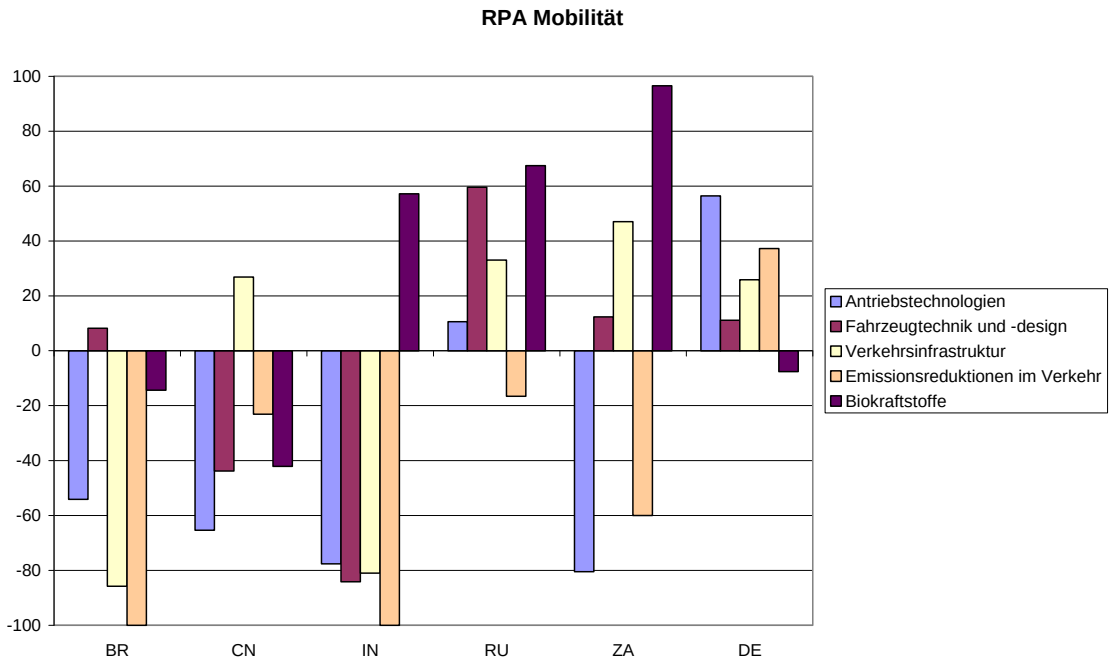
AbbildungAnhang A.4-17: Patentanteile im Bereich Mobilität nach Technologiebereichen



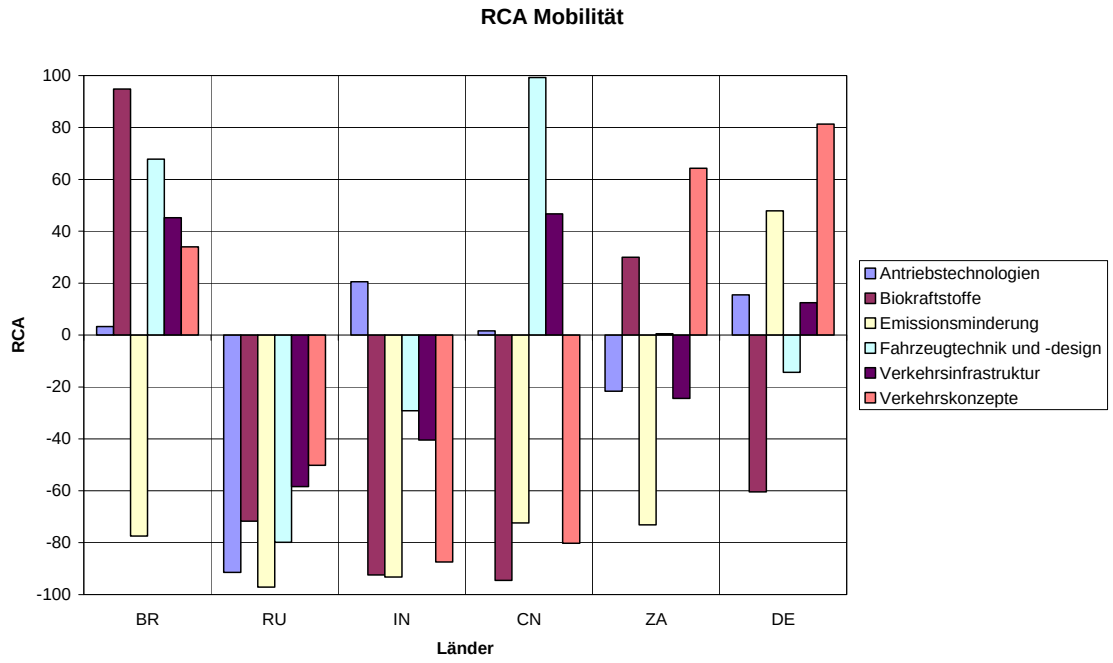
AbbildungAnhang A.4-18: Welthandelsanteile im Bereich Mobilität nach Technologiebereichen



AbbildungAnhang A.4-19: Relative Patentanteile (RPA) im Bereich Mobilität nach Technologiebereichen



AbbildungAnhang A.4-20: Revealed Comparative Advantage (RCA) im Bereich Mobilität nach Technologiebereichen



A.5 Anhang zu Kapitel 4.2

TabelleAnhang A.5-1: Felddefinition der sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeits forschung

	Wissenschaftsfeld	**Zeitschriften im SCI und SSCI**
1	Umwelt & Gesellschaft	Annual Review of Environment and Resources; Ecology & Society; Environment; Environmental History; Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society; Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions; Population and Environment; Regional Environmental Change; Society & Natural Resources; Sustainable Development
2	Umweltökonomie	Ecological Economics; Environment and Development Economics; Environmental & Resource Economics; Environmental Impact Assessment Review; International Journal of Life Cycle Assessment; Journal of Cleaner Production; Journal of Environmental Economics and Management; Journal of Industrial Ecology; Research Policy
3	Energiepolitik	Energy Economics; Energy Journal; Energy Policy; Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy; Resource and Energy Economics;
4	Umweltpolitik, übrige	Climate Policy; Environmental Politics; Global Environmental Politics; Marine Policy; Natural Resources Journal; Resources Policy; Transportation Research Part D-Transport and the Environment
5	Urbanisierung	Environment and Planning A; Environment and Planning B-Planning and Design; Environment and Planning C-Government and Policy; Environment and Planning D-Society & Space; Environment and Urbanization; European Urban and Regional Studies; Habitat International; Housing Policy Debate; Housing Studies; International Journal of Urban and Regional Research; Landscape and Urban Planning; Regional Science and Urban Economics; Urban Studies
6	Umweltbewusstsein	Environmental Ethics; Environmental Values; Journal of Environmental Psychology

A.6 Anhang zu Kapitel 5

A.6.1 Übersicht wichtiger Gesprächspunkte mit Unternehmen und Experten

1. Unternehmensprofil (überwiegend vorab-Recherche)
   - Charakterisierung der Geschäftstätigkeit im Bereich der analysierten Themenfelder (s. Projektbeschreibung)
   - Charakterisierung des Engagements in den BRICS-Ländern und einer ausgewählten Technologie des Unternehmens (Schlüsselinnovation für Nachhaltigkeit)
2. Nachfrageseite der betrachteten Technologie in B/R/I/C/S
   - Historie der Geschäftstätigkeit in BRICS mit der betrachteten Technologie
   - Kundenstruktur und -beziehungen
   - Fördernde und hemmende Einflüsse auf die Nachfrage nach der Technologie
3. Angebotsseite der betrachteten Technologie in B/R/I/C/S
   - Struktur und Merkmale der Zulieferer
   - Konkurrenzsituation
   - Kooperations- und FuE-Partner in B/R/I/C/S
4. Wissensbasis der B/R/I/C/S-Geschäftsbeziehungen im Geschäftsfeld der betrachteten Technologie
   - Kompetenzprofil/Wissensstand der B/R/I/C/S-Geschäftspartner im Bereich der betrachteten Technologie (ebenbürtig, komplementär,…)
   - Voraussetzungen bzgl. des Wissensstands der Geschäftspartner in den BRICS-Ländern für eine optimale Geschäftstätigkeit
5. Innovations-/Diffusionsbedingungen bei der betrachteten Technologie in Deutschland
   - Treiber und Hindernisse im Innovations- und Diffusionsprozess
   - Lerneffekte für die Geschäftstätigkeit in BRICS
   - Einschätzung und Begründung der Aufstellung Deutschlands im gesamten Themenfeld, auch im internationalen Vergleich
   - Bedeutung der Aufstellung Deutschlands im Themenfeld insgesamt für den Erfolg der betrachteten Technologie – in Deutschland und den BRICS-Ländern

A.6.2 Übersicht der befragten Akteure und der betrachteten Innovationen

Unternehmen (Berichtsfassung)	Schlüsselinnovation/ Gesprächsgegenstand	Beitrag der Innovation zur Nachhaltigkeit	Länderfokus im Interview
TF 1: Erneuerbare Energien und CCS			
internationaler Anlagenhersteller	Erneuerbare Energien	Technologien zur Umwandlung erneuerbarer Energieträger können die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern ergänzen oder ersetzen. Sie tragen zu einer Verringerung der globalen CO_2-Emissionen und zur Ressourcenschonung bei.	Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika
Dienstleister im Bereich Windenergie	Windenergiedienstleistungen, Weiterbildungsangebote und politische Beratung bei der Gestaltung gesetzlicher Fördermaßnahmen	Die Nutzung von Windenergie zur Stromerzeugung trägt zu einer Reduktion der weltweiten CO_2-Emissionen und zur Ressourcenschonung bei. Die Planung, Ausführung und Finanzierung von Windenergieprojekten stellen jedoch besonders für kleine und mittlere Betriebe eine erhebliche Hürde dar. Externe Beratungs- und Weiterbildungsleistungen vereinfachen die Realisierung dieser Projekte. Auf diese Weise erfährt die Nutzung von Windenergie zur Stromerzeugung eine breitere Anwendung.	Brasilien, Indien, China
Anlagenhersteller und Projektentwickler	Entwicklung, Produktion und Vertrieb von Windkraftanlagen, Turnkey-Windparks in Indien	Die Optimierung der Windenergietechniken durch FuE-Maßnahmen und das Angebot integrierter Dienstleistungen in Form von Turnkey-Windparks erhöhen dauerhaft die Effizienz und Effektivität von Windkraftanlagen. Dies schafft einen zusätzlichen Kundennutzen und verstärkt die Akzeptanz der Nutzung von Windenergie zur Stromerzeugung.	Indien
Ingenieurbüro	solare Aufwindkraftwerke	Solare Aufwindkraftwerke nutzen den Treibhauseffekt zur Erzeugung von CO_2-freier Elektrizität. Mit Hilfe der Sonnenstrahlung wird die Luft unter einem transparenten Dach erwärmt und so ein Luftzug erzeugt, der durch eine Betonröhre in der Mitte der Anlage aufsteigt. Turbinen am Fuß der Röhre wandeln die aufsteigende Luft in Elektrizität um. Ge-	Indien, China, Südafrika

		genüber anderen Technologien zur Nutzung von Sonnenenergie (bspw. PV-Anlagen) besitzen solare Aufwindkraftwerke den Vorteil, dass sie durch Unternehmen vor Ort erbaut und gewartet werden können. Solare Aufwindkraftwerke erzeugen daher besonders für Schwellen- und Entwicklungsländer einen doppelten Bonus, denn sie erhöhen die inländische Wertschöpfung und verringern die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern oder Stromimporten.	
Beratungsdienstleister für den Bereich Emissionshandel	CDM-Projekte im Bereich der Erneuerbaren Energien	Der CDM ermöglicht es Akteuren der Industriestaaten, Emissionsminderungsprojekte in Schwellen- und Entwicklungsländern durchzuführen, um auf diese Weise Emissionsreduktionsgutschriften zu generieren. Die Bedingung für ein CDM-Projekt ist ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung des Gastgeberlandes, etwa durch zusätzliche Investitionsströme und Technologietransfer. Dieser Beitrag muss vor der Durchführung eines CDM-Projekts durch die zuständige nationale Behörde des Gastlandes attestiert werden.	Brasilien, Indien, China, Südafrika
internationaler Anlagenhersteller	Vergasungstechnologien & CCS	Durch die CCS-Technologie wird CO_2, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht, in weitgehend reiner Form abgetrennt und dauerhaft in Kompartimente der Umwelt verbracht, die nicht in Verbindung mit der Atmosphäre stehen. Der Beitrag von CCS zur Nachhaltigkeit liegt allein in der Minderung der weltweiten CO_2-Emissionen.	Brasilien, Indien, China, Südafrika
TF 2: Gebäudeeffizienz			
Architekturbüro	Energiesparendes Bauen	Energieeffizientes Bauen hat die nachhaltige Verwendung von Energie in Gebäuden und in der gebauten Umwelt zum Ziel. Ein reduzierter Energieverbrauch durch energieeffizientes Bauen vermindert die Emissionen, die durch fossile Energieträger entstehen und trägt so zur Ressourcenschonung bei. Gleichzeitig verbessern sich der Komfort und das Raumklima für den Nutzer.	China
Baustoffproduzent	3-Liter Haus	siehe Interview zu energieeffizientem Bauen	China

Beratungsdienstleister im Bereich Energieeffizienz	Wissenstransfer und Markterschließung im Bereich des energieeffizienten Bauens	Der Wissenstransfer im Bereich des energieeffizienten Bauens fördert die Akzeptanz und ermöglicht eine breite Anwendung des Konzepts.	China, Russland
Forschungsinstitut	Energieeffizientes Bauen und Evaluierung von Energiekonzepten	Die Evaluierung von Energiekonzepten zielt auf eine Überprüfung der gesetzten Ziele für energieeffizient geplante und realisierte Bauvorhaben ab und strebt eine langfristige Verbesserung an. Auf diese Weise wird eine Optimierung der Technologien und Konzepte des energieeffizienten Bauens vorangetrieben und durch weitere Einsparmaßnahmen ein zusätzlicher Nutzen für den Kunden generiert.	China
Energieversorger	Integrale Planung der urbanen Energieversorgung – Modellbetrachtung am Beispiel einer chinesischen Stadt	Die Berücksichtigung der gesamten Energieversorgungsinfrastruktur in der Städteplanung führt Simulationsmodellen zu Folge zu Energieeffizienzsteigerungen, die über die Einzelbeiträge der technologischen Komponenten hinausgehen. Eine integrale Planung der urbanen Energieversorgung trägt somit zur Ressourcenschonung bei und verringert die globalen Emissionen durch fossile Energieträger.	China
TF 3: Wasserver- und Abwasserentsorgung			
Anlagenhersteller	Abwasseranlagen	Durch die mechanische und chemische Reinigung von (Industrie-) Abwässern wird ein schonender Umgang mit der Ressource Wasser gewährleistet und die Belastung des Grundwassers und der benachbarten Wasserökosysteme verringert. Dies hat besonders auch positive Folgen für die lokale Trinkwasserversorgung.	Russland
Anlagenhersteller	Abwassertechnologien	s. Interview zu Abwassertechnologien	China
TF 4: Materialeffizienz			
Anlagenhersteller	Lackiersysteme auf Wasserlackbasis	Lange galten Pulverlacke als die ökologisch überlegene Alternative zu Nasslacksystemen. Nach neueren Entwicklungen haben jedoch Wasserlacke gegenüber lösemittelba-	Brasilien, Russland, China, Indien

		sierten Nasslacken und auch gegenüber Pulverlacken mehrere ökologische Vorteile. Sie ermöglichen sehr dünne Schichten (40 Micrometer gegenüber 70-80 Micrometer bei Pulverlacken) und reduzieren die Anzahl der benötigten Schichten. Auch die Recyclingfähigkeit ist bei Wasserlacken besser als bei Pulverlack. Der Energieverbrauch und die Emissionen beim Einbrennen entfallen. Allerdings sind sie nicht völlig lösemittelfrei wie Pulverlacke.	
Anlagenhersteller	Post-Shredder Technologie für Altautos	Bei der Entsorgung von Altfahrzeugen werden nach mehreren Vorstufen die Restkarossen geshreddert. Eisen und andere metallische Werkstoffe werden für die Verwertung abgetrennt, etwa 20 % des Fahrzeugsgewichts verbleiben als Shredderrückstände. Das hier betrachtete Verfahren extrahiert daraus weitere verwertbare Rohstoffe. Der größte Anteil entfällt auf die Materialgruppen Granulat, Fasern und Sand. Zusätzlich können weitere Metallkonzentrate und eine rezyklierbare PVC-reiche Fraktion erzeugt werden. Europaweit fallen jährlich 2 - 3 Mio. t Shredderrückstände aus der Entsorgung von Restkarossen und anderen metallhaltigen Abfällen wie Elektrohaushaltsgeräten an. Das Verfahren stellt damit eine wichtige Quelle für Sekundärrohstoffe dar.	Brasilien, Indien, China, Südafrika
TF 5: Mobilität und Logistik			
Wissenschaftlicher Experte	Bioliq-Verfahren	Eine Herausforderung bei der Nutzung von Biomasse liegt in ihrer geringen Energiedichte und den hohen Transporterfordernissen, wenn große Mengen Biomasse an zentraler Stelle verwertet werden sollen. Hier setzt das Bioliq-Verfahren an. Es verdichtet die ganze Pflanze zu einem energiereichen Slurry und ist damit ein wesentlicher Baustein in der Logistik für die energetische Nutzung der Biomasse, z. B. ihrer Weiterverarbeitung zu Kraftstoff.	China
internationaler Anlagenhersteller (s. auch TF 1)	b) Biotreibstoffe der zweiten Generation	Biokraftstoffe der zweiten Generation (Biomass to Liquid: BtL) verwenden die ganze Pflanze als Basis und erhöhen so die Energieausbeute gegenüber konventionellen Verfahren (z. B. Biodiesel, Ethanol) erheblich. Das Verfahren hat tech-	Brasilien, Indien, China

		nische Ähnlichkeiten mit der Kohlevergasung und –verflüssigung. Die Eigenschaften des Treibstoffs lassen sich optimal auf die Erfordernisse eines Verbrennungsmotors anpassen („Designer Fuel“), so dass die Emissionen reduziert werden. Mit Blick auf CO_2 sind sie wegen der Rohstoffbasis neutral. Damit können BtL-Verfahren einen wichtigen Beitrag zur Senkung der Emissionen des Straßenverkehrs leisten. Der Vorteil gegenüber Wasserstoff ist die Kompatibilität mit der bestehenden Infrastruktur (Treibstoffversorgung und Fahrzeugflotte). Genau darin sehen Befürworter von Wasserstofffahrzeugen allerdings den Nachteil: Bei der Vergasung der Biomasse ließe sich auch Wasserstoff auskoppeln und in Antriebssystemen (d. h. Brennstoffzellen) einsetzen, die dem Verbrennungsmotor an Effizienz weit überlegen sind. Somit wäre die Reichweite pro Hektar Biomasseanbaufläche bei wasserstoffbasierten Systemen deutlich höher.	
Fahrzeughersteller	Emissionsminderungstechnologien für LKW	Die Emissionen konventioneller Luftschadstoffe von Nutzfahrzeugen und der dort eingesetzten Dieselmotoren sind in den letzten Jahren erheblich gesunken (Partikelemission von 1990-2006 um Faktor 35 (97 %) gesenkt, bei Stickoxiden Faktor 7, mit Euro 6 wird ein Faktor 50 -70 gegenüber 1990 realisiert). Um die Vorgaben der Euro-5-Norm einzuhalten, wurde die AdBlue-Technologie zur Abgasnachbehandlung entwickelt. Sie ist in den USA nicht freigegeben, weil befürchtet wird, die Fahrer könnten den dafür benötigten Zusatzstoff nicht einfüllen und schlechtere tatsächliche Abgaswerte haben. Viel verspricht man sich von der innermotorischen Abgasreduktion, denn mit Abgasreinigung allein würde die Einhaltung der Normen sehr teuer. Ab 2008 soll die Euro-5-Norm auch ohne AdBlue-Abgasnachbehandlung erreicht werden. Für die Effektivität der Emissionsminderungstechnologien ist eine bestimmte Mindestqualität des Kraftstoffs Voraussetzung. Das Problem der CO_2-Emissionen wird durch diese Ansätze nicht gelöst.	BRICS+D
Logistikdienstleister	CO_2-freie	Das Angebot CO_2-freier Logistikdienstleistungen beruht dar-	Deutschland

	Logistikdienstleistungen	auf, dass die CO_2-Emissionen, die mit einer bestimmten Transportleistung verbunden sind, berechnet und durch CO_2-Reduktionen in unternehmensexternen und -internen Projekten ausgeglichen werden. Die CO_2-freien Logistikdienstleistungen werden in Deutschland mit einem Aufpreis vermarktet. Da die Logistikdienstleistung nur in sehr begrenztem Umfang CO_2-frei erbracht werden kann, nämlich wenn Biokraftstoffe eingesetzt werden, geschieht der Ausgleich überwiegend durch CO_2-Reduktionen außerhalb des Verkehrssektors, z. B. durch Projekte im Bereich erneuerbarer Energien oder Emissionsreduktionsgutschriften von Projekten im Ausland. Das Produkt stellt damit einen interessanten Ansatz dar, wie mit den Rigiditäten im Verkehrssektor umgegangen werden kann und trägt insofern zur Nachhaltigkeit bei. Kontrovers ist allerdings, inwieweit die ausgewiesenen CO_2-Reduktionen tatsächlich *zusätzliche* Reduktionen darstellen.	
Systemlieferant	(Turnkey Solutions für) Schienenverkehrssysteme	Schienenverkehrssysteme sind gegenüber Straßen- und Luftverkehr deutlich emissionsärmer, im Nah- ebenso wie im Fernverkehr. Sie gelten als das umweltfreundlichste Massentransportmittel. Durch das integrierte Dienstleistungsangebot in Form von „Turnkey Systems“ wird die Effizienz und Verlässlichkeit der Systeme erhöht. Dies schaff zusätzlichen Kundennutzen und höhere Akzeptanz und somit einen weiteren Beitrag zur Nachhaltigkeit.	China
Themenfeldübergreifende Interviews			
Bank	Finanzierung umweltbezogener Investitionsvorhaben in den B/R/I/C/S Staaten		BRICS und darüber hinaus
Förderbank	Finanzielle (Entwicklungs-)		BRICS und darüber hinaus

	Zusammenarbeit		
Bank	Exportfinanzierung, kommerzielle Projektfinanzierung		BRICS und darüber hinaus
UN National Cleaner Production Center in Brasilien	Förderung der Nachfrage nach sauberen Technologien durch das UN Cleaner Production Programme		Brasilien
Forschungsinstitut (Kooperationspartner des UN National Cleaner Production Center in Brasilien)	Förderung der Nachfrage nach sauberen Technologien durch das UN Cleaner Production Programme		Brasilien
Wissenschaftlicher Experte	Förderung der Nachfrage nach sauberen Technologien durch das UN Cleaner Production Programme		Brasilien
UNIDO Cleaner Production Unit	Förderung der Nachfrage nach sauberen Technologien durch das UN Cleaner Production Programme		Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika
Wissenschaftlicher Experte	Industrieparks		China