

Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Analyse der Wirkungshypothesen der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung (ZnE) im Schwer- punkt Erneuerbare Energien und Energie- effizienz

Auftraggeber

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Vorgangsnummer: 81168822

Bearbeitungsnummer: 95.3585.7-038.00

Wuppertal Institut:

Prof. Dr. Manfred Fishedick

Dr. Sylvia Borbonus

Dr. Claus Barthel

COPPE:

Prof. Dr. Roberto Schaeffer

Dr. Susanne Hoffmann

Wuppertal, August 2015

Endbericht

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
2 Länderkontext	8
2.1 Einleitung	8
2.2 Der brasilianische Energiesektor	9
2.2.1 Primärenergie und Stromproduktion	9
2.2.2 Ressourcen und Potentiale	10
2.2.3 Die Rolle erneuerbarer Energieträger beim Ausbau der Stromproduktion	13
2.3 Die Struktur des Stromsektors	14
2.3.1 Überblick über die institutionellen Akteure des Energiesektors	14
2.3.2 Der Prozess der Energieplanung und die Stromauktionen	15
2.3.3 Besonderheiten bei der Projektfinanzierung im Stromsektor	17
2.3.4 Förderprogramme zur Einführung alternativer erneuerbarer Energien	19
2.4 Entwicklungen im Bereich 4E	20
2.4.1 Alternative erneuerbare Energien	20
2.4.2 Energieeffizienz	24
3 Darstellung der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung (ZnE) im Schwerpunkt Energie	26
3.1 Motivation und Ziele der energiepolitischen Zusammenarbeit	26
3.2 Überblick über die ausgewählten Beispielprojekte des ZnE-Portfolio	27
4 Analyse der Wirkungshypothesen der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für ZnE	33
4.1 Die ZnE im Licht der Transitionsforschung	33
4.2 Methodisches Vorgehen	36
4.3 Die Technologien im Wirkungszusammenhang	38
4.3.1 Kleinwasserkraft	38

4.3.2	Photovoltaik	40
4.3.3	CSP	45
4.3.4	Solarthermie	49
4.3.5	Windkraft	52
4.3.6	Biogas	56
4.3.7	Energieeffizienz	59
4.4	Die Rolle deutscher und europäischer Unternehmen auf dem brasilianischen Markt für erneuerbare Energien und Energieeffizienz	63
4.4.1	Weltmarktanteil der deutschen Wirtschaft an Energie- und Klimaschutztechnologien	63
4.4.2	Europäisches Exportvolumen von Klimaschutzgütern nach Brasilien	64
4.4.3	Anteil deutscher und europäischer Firmen am FZ-Investitionsvolumen für regenerative Energien	66
5	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für die weitere Ausgestaltung der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für ZnE	68
6	Anhang	73
6.1	Betrachtete Einzelprojekte	73
6.2	Durchgeführte Interviews mit Mitarbeitern der KfW	74
6.3	Durchgeführte Interviews mit Mitarbeitern der GIZ	74
6.4	Durchgeführte Interviews mit Partnerinstitutionen der GIZ und KfW in Brasilien	74
6.5	Deutsche und europäische Firmen auf dem brasilianischen Windenergiemarkt	76
6.6	Deutsche und europäische Firmen auf dem brasilianischen Solarenergiemarkt sowie brasilianische Firmen mit deutschen Wurzeln und als Vertriebspartner deutscher und europäischer Lieferanten	77
7	Literaturverzeichnis	78

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Reserven konventioneller Energieträger	10
Tab. 2	Auflistung der Energieeinsparpotenziale in Brasilien in TWh	12

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Verteilung der Treibhausgasemissionen Brasiliens im Jahr 2000 und 2012 (Quelle: MCTI 2014a)	8
Abb. 2:	Entwicklung der Stromproduktion Brasilien zwischen 2004 und 2013 (Quelle: EPE 2014a)	10
Abb. 3:	Expansion des Stromsektors zwischen 2010 und 2050 nach dem Kriterium der geringsten Produktionskosten – Installierte Leistung (Quelle: Schaeffer et al. 2014b)	13
Abb. 4:	Expansion des Stromsektors zwischen 2010 und 2050 nach dem Kriterium der geringsten Produktionskosten – Stromproduktion (Quelle: Schaeffer et al. 2014b)	14
Abb. 5:	Ergebnisse der Stromauktionen 2007 – 2014 in MW (Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf CCEE 2014)	22
Abb. 6:	Mehrebenenansatz der Transitionsforschung	33
Abb. 7:	Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich KWKW im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)	39
Abb. 8:	Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Photovoltaik im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)	43
Abb. 9:	Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich CSP im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)	47
Abb. 10:	Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Solarthermie im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)	50
Abb. 11:	Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Windkraft im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)	54
Abb. 12:	Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Biogas im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)	57
Abb. 13:	Die betrachteten ZnE-Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)	61
Abb. 14:	Marktanteil deutscher Unternehmen (Roland Berger, 2014)	63
Abb. 15:	Anteil der Dienstleistungen am Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz (Roland Berger, 2014)	64
Abb. 16:	Ausfuhr von potenziellen Klimaschutzgütern von Europa nach Brasilien in Euro (eigene Darstellung nach Berechnungen des NIW 2014)	65
Abb. 17:	Ausfuhr von potenziellen Klimaschutzgütern von Deutschland nach Brasilien in Euro (eigene Darstellung nach Berechnungen des NIW 2014)	65
Abb. 18:	Anteil deutscher und europäischer Firmen an FZ-Investitionsvolumen in Brasilien (Quelle: KfW)	66
Abb. 19:	Ursprung europäischer Lieferungen und Leistungen (Quelle: KfW)	67

1 Einleitung

Seit 2009 unterstützt das deutsche Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) brasilianische Institutionen bei der Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz. Diese Zusammenarbeit wurde unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung im Rahmen der strategischen Partnerschaft zwischen Deutschland und Brasilien vereinbart.

Brasilien hat in den letzten Jahren in Bezug auf Energiesicherheit, Nachhaltigkeit und nahezu landesweiten Zugang zu Strom viel erreicht. Angesichts des steigenden Energiebedarfs aufgrund des Wirtschaftswachstums ergeben sich jedoch bedeutende Herausforderungen in der Zukunft: Die vorhandenen Energieressourcen garantieren keine verlässliche und unterbrechungsfreie Stromversorgung zu erschwinglichen Kosten. Der Ausbau der Großwasserkraft stößt zunehmend an soziale und umweltfachliche Grenzen und löst wachsende Kritik aus. Veränderungen der Niederschlagsmuster können die Resilienz des vorwiegend auf Wasserkraft basierenden Stromsektors beeinträchtigen, wie sich aktuell besonders im Südosten des Landes zeigt. Diversifiziert Brasilien die Stromerzeugung in der bisherigen Art, bleibt möglicherweise nicht der derzeit klimafreundliche Strommix erhalten. Dies wäre der Fall, wenn die wachsende Stromnachfrage vorwiegend durch den Zubau fossil gefeuerter Kraftwerke gedeckt würde.

Wie Brasilien die sich daraus ergebenden energiepolitischen Herausforderungen angeht, wird nicht nur Folgen für die brasilianische Wirtschaft, sondern – vor dem Hintergrund globaler Interdependenzen und Herausforderungen wie Klimawandel und Verlust an Biodiversität – für die gesamte Welt haben. Die Bundesrepublik Deutschland stellt sich als Industrieland ihrer globalen Verantwortung und betrachtet Brasilien als wichtigen Partner beim Klimaschutz. Ziel der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung (ZnE) ist die Unterstützung Brasiliens bei der Umsetzung einer klimaneutralen, nachhaltigen Energiepolitik und Energieversorgung unter Berücksichtigung aller ökologischen, ökonomischen und sozialen Kosten. Deutschland setzt bei seiner Energiewende auf erneuerbare Energien und kann deshalb Expertise und technologisches Know-how in diese Partnerschaft einbringen.

Im Schwerpunkt Energie arbeiten GIZ, KfW und PTB im Auftrag des BMZ und anderer deutscher Ministerien daher seit 2009 mit brasilianischen Partnerinstitutionen zusammen. Der Schwerpunkt Energie in der Zusammenarbeit mit Brasilien zielt auf die Einführung innovativer Technologien und die Unterstützung der Partner bei der Schaffung, Verbesserung und Umsetzung förderlicher Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz, verbunden mit der Ausweitung des Angebots an langfristigen Finanzierungsmöglichkeiten. Klima- und Umweltschutz, aber auch die Energieversorgungssicherheit des Landes sollen damit gefördert werden. Darüber hinaus erhofft sich Deutschland von der Zusammenarbeit im Schwerpunkt Energie mit Brasilien gerade auch für deutsche und europäische Firmen Marktchancen für an die brasilianische Nachfrage und die lokalen Bedingungen angepasste Produkte und Dienstleistungen im Bereich klimafreundlicher Stromerzeugungs- und Energieeffizienztechnologien.

Die deutsch-brasilianische Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung (ZnE) im Schwerpunkt Energie basiert dabei auf drei zentralen Wirkungshypothesen:

1. In Brasilien können innovative Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und die verstärkte Nutzung nicht-konventioneller regenerativer Energieträger in relevantem Umfang dazu beitragen, die brasilianische Energiematrix zu wettbewerbsfähigen Kosten zu diversifizieren, die Energieversorgungssicherheit zu erhöhen und die Emissionen von THG zu begrenzen. Diese sind wichtige Voraussetzungen für nachhaltiges wirtschaftliches Wachstum und sozialen Fortschritt.
2. Durch die Nutzung internationaler Erfahrungen und erfolgreicher Pilotanwendungen für die Ausgestaltung des normativen Rahmens für den Energiesektor, die Auflage nationaler Finanzierungslinien für neue Technologien und die Definition von technologischen Standards für nationale Förderprogramme (Stromerzeugung aber auch im Wohnungsbau, in der Industrie, in der Wasserversorgung, im Transportsektor etc.) haben die von Deutschland eingesetzten Ressourcen einen hohen Wirkungshebel.
3. Von der Entwicklung neuer brasilianischer Märkte für Umwelttechnologien profitieren auch deutsche und europäische Unternehmen aus anderen EU-Staaten – unmittelbar als Ko-Akteure in der direkten Zusammenarbeit und mittelbar als Wettbewerber auf den neu entstehenden Märkten.

Das Wuppertal Institut in Zusammenarbeit mit dem Energieplanungsinstitut der Universität Rio de Janeiro COPPE wurde damit beauftragt, die Wirkungshypothesen, die der Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung im Bereich erneuerbare Energien und Energieeffizienz zu Grunde liegen zu überprüfen.

Die Wirkungsanalyse ist wie folgt aufgebaut: Kapitel 2 beschreibt den Länderkontext mit Schwerpunkt auf den energiepolitischen Bedingungen Brasiliens. Die Ziele der energiepolitischen Zusammenarbeit mit Brasilien und ein Gesamtüberblick über das Portfolio der Programme und der betrachteten Maßnahmen sind Gegenstand von Kapitel 3. Die Analyse der Wirkungshypothesen erfolgt in Kapitel 4. Nach der Darstellung des methodischen Vorgehens werden für die einzelnen regenerativen Technologien und die Energieeffizienz die Wirkungshypothesen auf ihre Plausibilität hin geprüft. Die Analyse schließt mit Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen in Kapitel 5.

2 Länderkontext

2.1 Einleitung

Brasilien ist heute die siebtgrößte Volkswirtschaft der Welt und hat große Fortschritte in der Armutsbekämpfung gemacht. Aus diesem Grunde wendet sich die deutsch-brasilianische Zusammenarbeit zunehmend den Fragen des Klimaschutzes und des Erhalts der Biodiversität zu. Die Aktivitäten werden in die Gebiete „Schutz und nachhaltige Nutzung der brasilianischen Tropenwälder“ und „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ unterteilt.

Im Bereich Klimaschutz lässt sich beobachten, dass in Brasilien, anders als in vielen Industrieländern, der größte Anteil der Treibhausgasemissionen durch die Landwirtschaft und im Bereich der Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) entsteht, siehe Abb. 1. Es wird deutlich, dass Brasilien seine Treibhausgase im Zeitraum zwischen 2000 und 2012 nahezu halbiert hat¹. Diese Reduktion ist hauptsächlich einer drastischen Senkung der Emissionen im Bereich LULUCF zu verdanken. Im Energiebereich hingegen sind die Emissionen um etwa 50% angestiegen. Das Anwachsen der Treibhausgasmissionen im Energiebereich hängt einerseits mit dem steigenden Energiekonsum zusammen, welcher laut der aktuellsten Studie der Empresa de Pesquisa Energética zur Expansion der Energienachfrage weiterhin stark anwachsen und sich zwischen 2013 und 2050 mehr als verdoppeln wird.

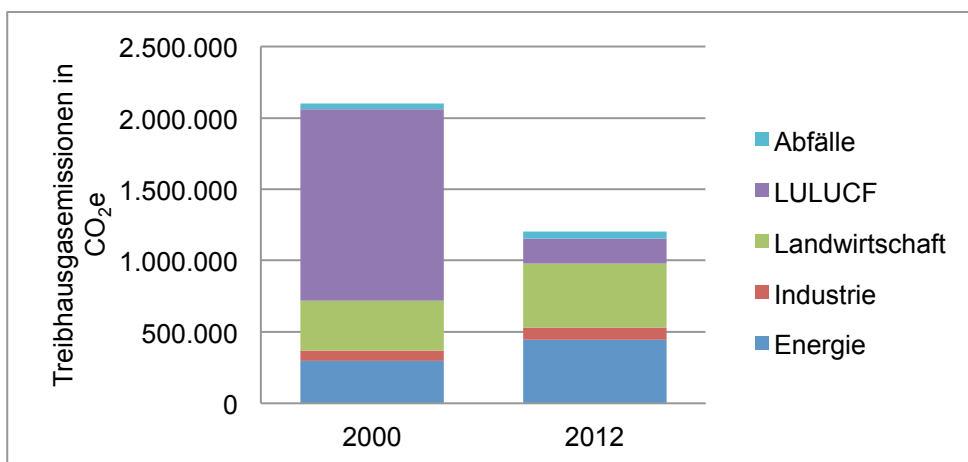


Abb. 1: Verteilung der Treibhausgasemissionen Brasiliens im Jahr 2000 und 2012 (Quelle: MCTI 2014a)

Zum anderen ist historisch eine Veränderung des Energiemixes zu beobachten. Im Stromsystem hat dies zu einem deutlichen Anstieg des Emissionskoeffizienten des Stromsystems geführt. Während dieser im Jahr 2006 noch durchschnittlich bei 0,032 t_{CO2}/MWh lag, erreichte er aufgrund einer verstärkten Nutzung fossiler Energieträger nur sieben Jahre später, in 2013, einen Wert von 0,096 t_{CO2}/MWh (MCTI, 2014b). Betrachtet man

¹ Die Treibhausgasemissionen wurden von 2.099.830 Gg CO₂-Äquivalente in 2000 auf 1.203.424 Gg CO₂-Äquivalente in 2012 gesenkt.

die combined margin Emissionsfaktoren dieser Jahre (zusammengesetzt aus dem Emissionsfaktor der Mittel- und Spitzenlastkraftwerke und den neu hinzugebauten Kraftwerken) beobachtet man einen Anstieg von 0,20 t_{CO2}/MWh in 2006 auf 0,43 t_{CO2}/MWh in 2014 (MCTI, 2014b).

Der Emissionskoeffizient ist im internationalen Vergleich noch relativ niedrig². In diesem Kapitel wird jedoch gezeigt, dass bis 2050 mit einer Vervierfachung des aktuellen Emissionskoeffizienten zu rechnen ist, sofern keine gezielten Maßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel 2.2.3). Der Grund hierfür liegt hauptsächlich in der dynamischen Entwicklung des Energiesektors. Brasilien hat im Vergleich zu den Industriestaaten einen niedrigen Stromkonsum pro Kopf. Im Jahr 2012 betrug dieser 2545 kWh pro Jahr und Einwohner. Bis 2050 rechnet man in Brasilien mit einem Anstieg auf etwa 7200 kWh (EPE 2014), was in etwa dem aktuellen pro Kopf-Verbrauch in Deutschland entspricht (Statista 2014b). Analysen zeigen auf, dass in einem Szenario, in dem der Stromsektor ausschließlich nach dem Kriterium der geringsten Kosten expandiert und klimapolitische Maßnahmen nicht ergriffen werden, fossile Energieträger eine zunehmend wichtigere Rolle im Stromsektor spielen. Kohlekraftwerke könnten im Jahr 2050 eine installierte Leistung von über 50 GW erreichen, während das Wasserkraftpotential laut der durchgeführten Analysen zwischen 2030 und 2040 ausgeschöpft wäre.

2.2 Der brasilianische Energiesektor

2.2.1 Primärenergie und Stromproduktion

Während der letzten Dekade stieg die in Brasilien eingesetzte Primärenergie mit einer jährlichen Wachstumsrate von durchschnittlich 3,4% und erreichte im Jahr 2013 etwa 3.000 TWh. Diese Wachstumsrate entspricht dem durchschnittlichen jährlichen Wachstum des Bruttoinlandsproduktes dieses Zeitraumes (3,5%, IPEA 2014). Die erneuerbaren Energien tragen relativ konstant mit etwa 50 % zur Primärenergiebereitstellung bei. Den wichtigsten Beitrag liefern die aus Zuckerrohr gewonnenen Energieträger (Ethanol und Bagasse) und die Wasserkraft (EPE 2014a).

Die Stromproduktion wuchs zwischen 2004 und 2013 von 387 auf 570 TWh. Während die Wasserkraft im Jahr 2004 mit 83% zur Stromproduktion beitrug, erreichte ihr Anteil im Jahr 2013 nur noch 63%. Ein verstärkter Abfall der Wasserkraft war vor allem ab 2011 zu beobachten (siehe Abb. 2), welcher durch in den Jahren 2012 und 2014 aufgetretene Trockenperioden verursacht wurde. Hierbei ist anzumerken, dass sich das verminderte Wasserkraftpotential nicht ausschließlich auf die Trockenheit zurückführen lässt, sondern auch auf Fehler in der Beurteilung der installierten Kapazität (PSR 2014). Der Ausfall eines Teils der Wasserkraft und ihr Ersatz durch Kohle- und Gaskraftwerke führte zu einer signifikanten Erhöhung der Treibhausgasemissionen des Stromsektors. Anders als geplant waren die fossilen Kraftwerke auch dauerhaft im Einsatz und haben so maßgeblich zu einer Erhöhung des Treibhausgasausstoßes beigetragen.

² Der Emissionskoeffizient des deutschen Stromsystems belief sich in 2013 auf 0,6 t_{CO2}/MWh (Statista 2014a)

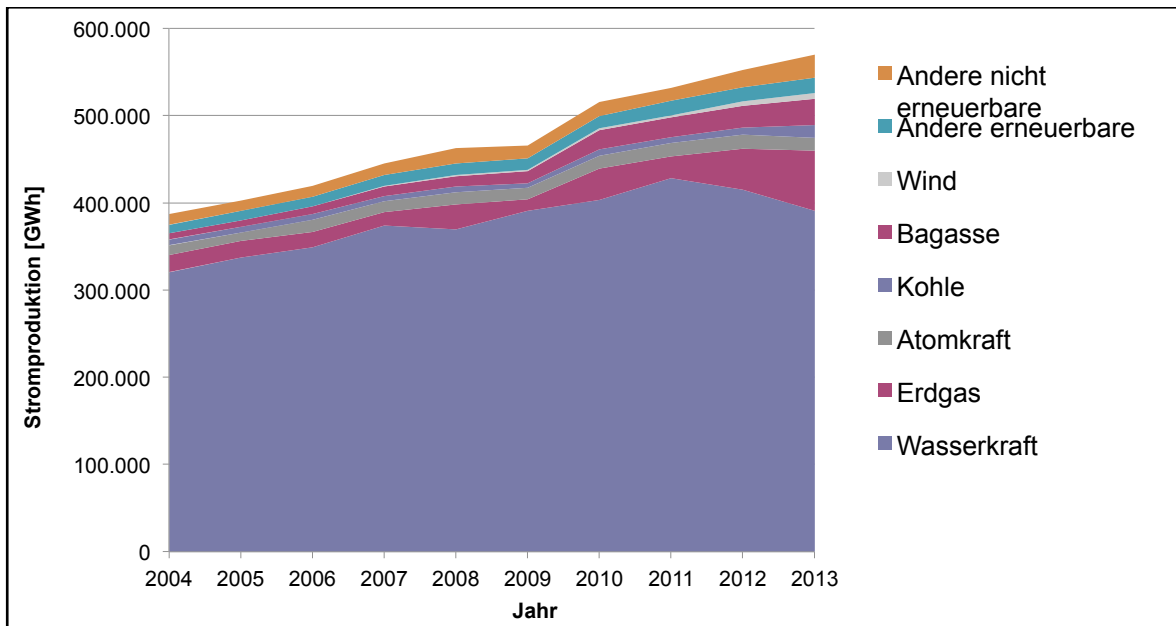


Abb. 2: Entwicklung der Stromproduktion Brasilien zwischen 2004 und 2013 (Quelle: EPE 2014a)

Im betrachteten Zeitraum gab es auch Tendenzen der verstärkten Nutzung alternativer erneuerbarer Energieträger. Die installierte Leistung an Windkraft stieg von 61 MW auf 6.576 MW an, und die der mit Bagasse befeuerte Biomasseanlagen von 6.967 MW auf 29.871 MW. Netzgebundene Photovoltaikanlagen trugen bis Ende 2014 nur in etwa 15 MW zur installierten Leistung bei (ANEEL 2014).

2.2.2 Ressourcen und Potentiale

Konventionelle Energieträger

Brasilien verfügt über bedeutende Ressourcen konventioneller Energieträger, zu denen neben Kohle, Erdöl und Gas auch große Wasserkraftwerke gehören. Die inventarisierten Reserven dieser Energieträger sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tab. 1 Reserven konventioneller Energieträger

Energieträger	Reserve	Reserve in TWh
Kohle	2.487 Mt	7.900
Erdöl	15,3 Mrd. Barrel	25.260
Erdgas	459 Mrd. m ³	5.300
Uran (U ₃ O ₈)	177 kt	14.600
Wasserkraft	109 GW	950 por ano

* bei einem Nutzungsgrad von 55%

Quelle: Galvão et al. 2010, EPE 2014a, ANP 2014

Die Wasserkraft hat in Brasilien eine große Bedeutung für die Stromerzeugung. Aktuell sind 83 GW installiert. Das verbleibende Potential wird mit 109 GW angegeben (EPE 2014a). Ein zunehmendes Bewusstsein für Umwelt und soziale Probleme limitiert die Möglichkeiten für den Bau großer Wasserkraftwerke: Ungefähr 70 % des verbleibenden Potentials befinden sich im Norden des Landes in den entlegenen Einzugsgebieten des Amazonas und Tocantins/Araguaia. Es handelt sich hierbei um Regionen mit empfindlichen Ökosystemen, in denen indigene Bevölkerung ansässig ist. Zusätzlich wirkt der Infrastrukturbedarf (Netze) limitierend auf die Ausbaumöglichkeiten. Außerdem ist zu bemerken, dass es sich bei neu zu gebauten Wasserkraftwerken aufgrund der geographischen Bedingungen größtenteils um Laufwasserkraftwerke handelt, die nur in geringem Umfang Regelenergie zur Verfügung stellen können.

Alternative erneuerbare Energien

Als alternative erneuerbare Energien werden in Brasilien die Wind- und Solarenergie bezeichnet, sowie die Energie aus kleinen Wasserkraftwerken und Biomasse. Die Inventarisierung dieser Energieträger ist komplex und die verfügbaren Daten weisen teilweise große Abweichungen auf. Da sich die genaue Definition der Potentiale als schwierig erweist, gibt dieses Kapitel nur einige wichtige Eckdaten an, die Brasiliens hohe Potentiale für die Nutzung alternativer erneuerbarer Energien aufzeigen.

Das Potential für die Anwendung von Onshore-Windkraft konzentriert sich hauptsächlich auf die Küstenregionen im Nordosten und Süden. Nach dem Stand der Technik des Jahres 2010 sollte das Potential bei etwa 300 GW liegen (Simões 2010). Für das Offshore-Windkraftpotential wurde in einer Studie von Ortiz und Kampel (2011) ein Potential von 260 GW angegeben für eine maximale Entfernung zur Küste von 50 km und 510 GW für eine maximale Entfernung von 100 km. Aufgrund der höheren Kosten für Offshore Anlagen steht die Erschließung dieses Potentials jedoch noch nicht zur Diskussion.

Auch die Potentiale für Solarenergie sind bedeutend in Brasilien, sowohl für die Anwendung von PV-Anlagen, als auch für die Anwendung von CSP. Hinsichtlich der Anwendung von CSP muss die Direktnormalstrahlung betrachtet werden, die sich über 6,0 – 6,5 kWh/m²/Tag befinden sollte. Diese Werte sind in Brasilien in einigen Regionen anzutreffen, die insgesamt eine Fläche von fast 100.000 km² ausmachen und größtenteils im Nordosten im Bundesstaat Bahia liegen. Jüngsten Studien zufolge könnte somit eine Kapazität von 203 GW installiert werden (BURGI 2013). Außerdem trifft man in Brasilien die Besonderheit an, dass es in Regionen mit geeigneter Sonneneinstrahlung auch eine relativ hohe Verfügbarkeit an Biomasse und Wasser gibt, so dass die Hybridisierung von CSP- und Biomasseanlagen zur Diskussion steht (SORIA et al. 2015).

PV-Anlagen können auch bei geringeren Werten der Direktnormalstrahlung eingesetzt werden, so dass deren Anwendung auch in anderen Teilen Brasiliens sinnvoll ist. Die mittleren Jahreswerte befinden sich in Brasilien zwischen 1.200 und 2.400 kWh/m²/Jahr, und befinden sich somit auf einem etwas höheren Niveau als die in Spanien gemessenen Jahresmittelwerte (1.200 e 1.850 kWh/m²/Jahr, EPE 2012)

Die installierte Leistung kleiner Wasserkraftwerke beläuft sich aktuell auf knappe 5 GW. Das noch nicht genutzte Potential für kleine Wasserkraftwerke ist im Vergleich zum Potential von Wind und Sonne relativ gering und wird auf 14 GW geschätzt (Eletrosul 2014).

Brasilien verfügt aufgrund seiner klimatischen Bedingungen und seiner räumlichen Ausdehnung über ein großes Biomassepotential. Bei der Abschätzung dieses Potentials muss zwischen Energiepflanzen und Abfällen aus Tierhaltung und Land- und Forstwirtschaft unterschieden werden. Die wichtigsten organischen Abfälle aus der Landwirtschaft fallen bei der Produktion und Verarbeitung von Zuckerrohr an. Bis 2023 könnte eine zusätzliche Leistung von 7,7 GW installiert werden (EPE 2014b). Berücksichtigt man auch Abfälle aus der Produktion von Reis, Mais, Soja, Maniok und Kaffee beliefe sich das Potential der Stromproduktion, unter Berücksichtigung der Heizwerte und einer Umwandlungseffizienz von 30%, auf einen Wert von etwa 30 GW (Schaeffer et. al. 2014a). Das Potential der Biogasproduktion aus Abfällen ist im Vergleich dazu etwas geringer und beliefe sich nur auf etwa 9 TWh, wobei ca. 15 % aus der Behandlung häuslicher Abwasser gewonnen werden könnten, 25% aus der Nutzung gewerblicher Abwässer, und jeweils 30% aus der Gewinnung von Deponiegas der Nutzung von Mist und Gülle aus der intensiven Tierhaltung (Zanette 2009). Wichtige Energiepflanzen sind vor allem Energiewälder aus schnellwüchsigen Eukalyptusarten und Energiegräser wie Zuckerrohr und Elefantengras. Das Potential für Energiepflanzen hängt direkt von den Möglichkeiten der Expansion von Anbauflächen ab, wobei vorläufige Studien für das Jahr 2050 ergaben, dass ein Ausbau der Produktion für eine Kapazität von etwa 30 GW.

Energieeffizienz

In einer Studie aus dem Jahr 2013 gibt die EPE (2013) das Potential zur Steigerung der Energieeffizienz bezogen auf den Endenergieverbrauch im Jahr 2012 mit 232 TWh an. Vergleicht man dieses Potential mit dem in Tabelle 1 angegebenen Zahlen, erkennt man die Bedeutung dieses Energieeinsparpotentials, das etwa einem Viertel des verbleibenden Wasserkraftpotentials entspricht. Dieses Potential ist auf die Sektoren Haushalte (18%), Gewerbe (5%), Transport (37%), Industrie (37%) und Landwirtschaft (3%) aufgeteilt. Zudem wird zwischen den Bereichen Antriebsenergie, Prozesswärme, direkte Erwärmung, Kühlung, Beleuchtung und elektrochemischen Prozesse unterschieden. Eine detaillierte Auflistung der Einsparpotentiale ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2 Auflistung der Energieeinsparpotenziale in Brasilien in TWh

	Haushalte	Gewerbe	Transport	Industrie	Landwirtschaft	Gesamt
Antrieb	0	1	86	14	3	105
Prozesswärme	1	0	0	31	1	32
Direkte Erwärmung	21	1	0	37	1	60
Kühlung	5	3	0	1	0	9
Beleuchtung	13	8	0	1	0	23
Elektrochemie	0	0	0	3	0	3
Gesamt	41	12	86	87	6	232

Quelle: EPE 2013

2.2.3 Die Rolle erneuerbarer Energieträger beim Ausbau der Stromproduktion

Im Jahr 2014 erstellte das Programm für Energieplanung der staatlichen Universität von Rio de Janeiro (PPE–COPPE/UFRJ) im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft, Technologie und Innovation (MCTI) detaillierte Analysen zur Entwicklung des Energiesektors für den Zeithorizont 2010 - 2050. Die Analysen wurden mit Hilfe einer am IASA entworfenen und am PPE weiterentwickelten Modellierungssoftware erstellt (Schaeffer et al. 2014b).

Die Analysen zeigen auf, dass in einem Szenario, in dem der Stromsektor ausschließlich nach dem Kriterium der geringsten Kosten expandiert und klimapolitische Maßnahmen nicht ergriffen werden, fossile Kraftstoffe eine zunehmend wichtigere Rolle im Stromsektor spielen werden (siehe Abb. 3 und Abb. 4). Unter diesen Bedingungen würden Kohlekraftwerke im Jahr 2050 eine installierte Leistung von über 50 GW erreichen. Öl und Gas, die im Vergleich zu Kohle als klimafreundlicher betrachtet werden können, verringern ihre Anteile am Strommix, da die Potentiale dieser Kraftstoffe vermehrt in den Bereichen Transport und Industrie konsumiert würden. Die Potenziale der Wasserkraft sind laut der durchgeführten Analysen zwischen 2030 und 2040 erschöpft. Hinsichtlich der Einführung alternativer erneuerbarer Energien kann man ein kontinuierliches Wachstum nur bei der Windkraft beobachten. Die Nutzung von Biomasse stagniert über den betrachteten Zeitraum und Solarenergie kommt vermehrt nur in Form von PV-Dachanlagen ab 2040 zum Einsatz.³ Als Folge dieses Ausbaus würde der Emissionsfaktor des Stromsektors von durchschnittlich $0,08 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}$ im Jahr 2010 auf $0,35 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}$ im Jahr 2050 anwachsen.

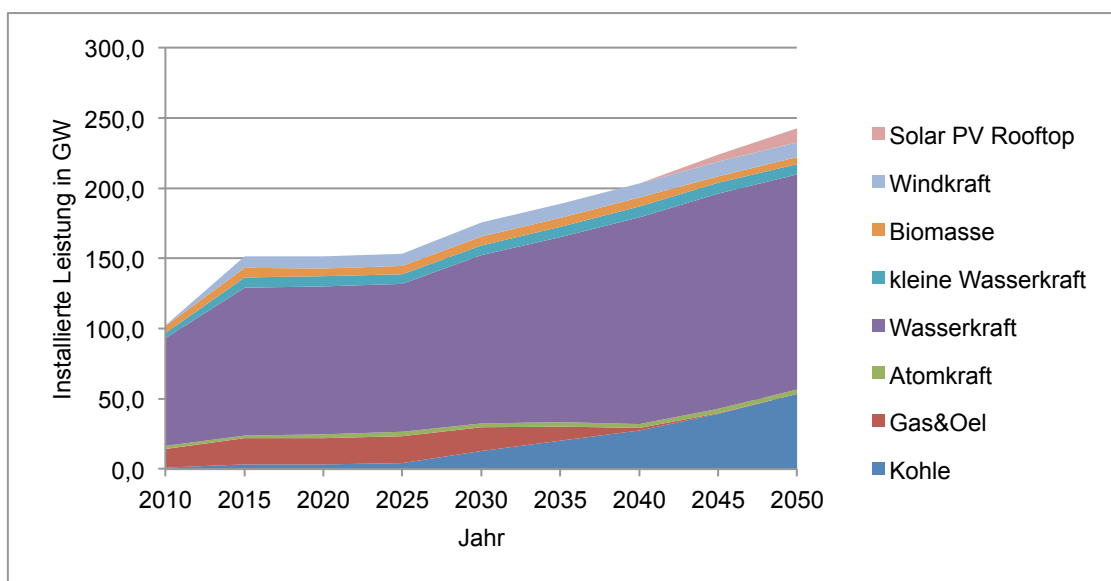


Abb. 3: Expansion des Stromsektors zwischen 2010 und 2050 nach dem Kriterium der geringsten Produktionskosten – Installierte Leistung (Quelle: Schaeffer et al. 2014b)

³ In den Jahren 2013 und 2014 wurde die Einführung von Solaranlagen durch Auktionen gezielt gefördert, so dass die aktuellen Entwicklungen (beschrieben in Kapitel 2.4) dem Ergebnis der Studie zu widersprechen scheinen. Deswegen soll hier noch einmal betont werden, dass die Ergebnisse sich auf ein Szenario ohne jedwelche Art von Subventionen bezieht. Ohne gezielte Förderung würden PV-Anlagen nicht zum Einsatz kommen.

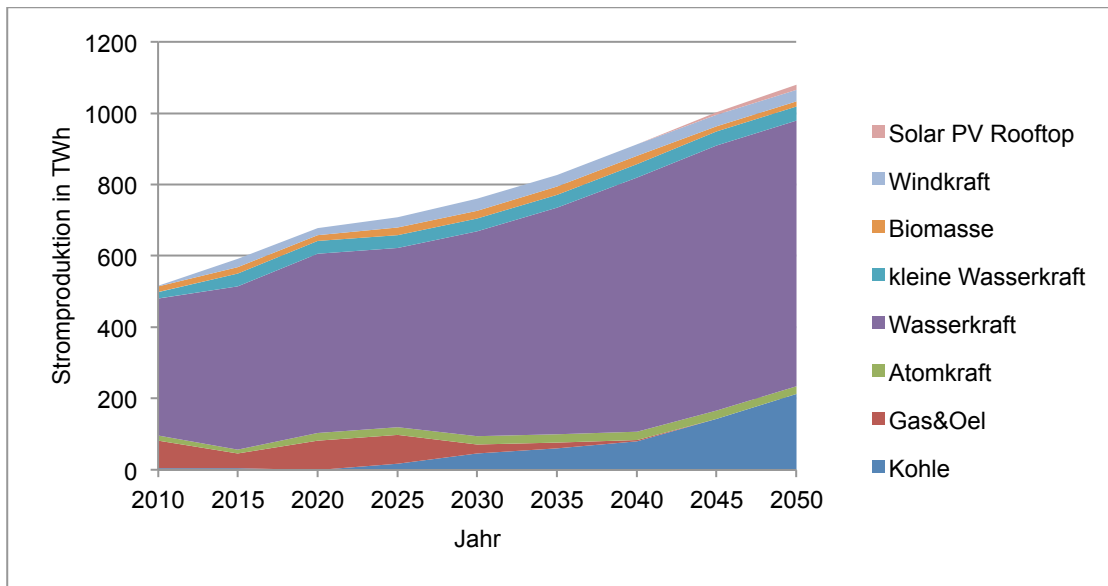


Abb. 4: Expansion des Stromsektors zwischen 2010 und 2050 nach dem Kriterium der geringsten Produktionskosten – Stromproduktion (Quelle: Schaeffer et al. 2014b)

2.3 Die Struktur des Stromsektors

2.3.1 Überblick über die institutionellen Akteure des Energiesektors

Die Formulierung politischer Richtlinien und Strategien liegen generell in der Verantwortung der Ministerien. An Ministerien angebundene Einrichtungen bestehen aus Räten, deren Aufgabe darin besteht, Richtlinien vorzuschlagen und die Durchführung von Programmen zu überwachen, und Regulierungsbehörden, welche mit der Kontrolle der öffentlichen Dienste betraut sind. Weiterhin gibt es in Brasilien auch Ministerien, denen Planungsbehörden ange-bunden sind. Diese sind normalerweise als staatliche Unternehmen organisiert und haben eine entscheidende Rolle bei der Ausarbeitung von Strategien.

Die Akteure des Energiesektors bestehen aus verschiedenen Ministerien, wobei das Ministerium für Bergbau und Energie (MME) eine zentrale Rolle spielt, vor allem aufgrund der ihm untergeordneten Organe. Im Bereich des Stromsektors sind hier die Regulierungsbehörde ANEEL und die Energieplanungsbehörde EPE hervorzuheben. Während die EPE der wichtigste Berater im Bereich der Formulierung der Energiepolitik ist, repräsentiert die ANEEL das Organ, in dem die Regeln und Verordnungen zu deren Umsetzung formuliert werden. Zusätzlich ist das MME auch für die Themen Bergbau und fossile Energieträger verantwortlich und richtet seine Arbeit stark auf die Versorgungssicherheit aus. Die Themen Klimaschutz, Umweltschutz und Nachhaltigkeit werden vom MME nur sehr begrenzt aufgenommen. Aus diesem Grund treten bei der Einführung erneuerbarer Energien oft andere Akteure in den Vordergrund.

Im Bereich Klimaschutz ist das Umweltministerium (MMA) als federführende Einheit bei der Formulierung der Klimapolitik anzuführen, wobei die Einführung alternativer erneuerbarer Energietechnologien als eine wichtige Säule angeführt wird. Auch das Ministerium für Wissenschaft, Technologie und Innovation (MCTI) ist ein wichtiger Akteur im Bereich Klimaschutz, zum einen, da dieses Ministerium für die Inventarisierung der Treibhausgasemissio-

nen zuständig ist, und zum anderen, da in diesem Ministerium die Strategien für Forschung und Entwicklung definiert werden. Hierbei ist anzumerken, dass der Klimaschutz als eines der richtungsgebenden Themen genannt wird, was Forschung und Entwicklung im Bereich alternativer erneuerbarer Energien impliziert.

Für den Bereich Biomasse- und Biogasnutzung sind außerdem das Ministerium für Landwirtschaft (MAPA) und die ihm angegliederten Organe CONAB und EMBRAPA verantwortlich. Bei CONAB und EMBRAPA handelt es sich um Organe, die als staatliche Unternehmen organisiert sind und die sowohl bei der Formulierung, als auch bei der Umsetzung der Politik im Bereich Landwirtschaft eingebunden werden. Außerdem ist im Bereich Biogas auch das Städteministerium als wichtiger Akteur zu nennen, zuständig für die Bereiche Abfall und Abwasser.

Abschließend muss noch ein weiteres Organ genannt werden, das eine entscheidende Rolle im Stromsektor spielt. Es handelt sich um den Betreiber des Stromnetzes ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). Der ONS ist für den koordinierten Betrieb der Anlagen zur Stromerzeugung und –übertragung verantwortlich, mit dem Ziel das Zusammenspiel zwischen den Großwasserkraftwerken und sonstigen Anlagen hinsichtlich Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu optimieren. Diese Aufgabe ist hinsichtlich der Ausmaße und Vernetzung des brasilianischen Stromnetzes besonders komplex. Die Einbringung des ONS ist somit von großer Bedeutung bei der Planung der Entwicklung des Stromsektors.

2.3.2 Der Prozess der Energieplanung und die Stromauktionen

Der Prozess der Energieplanung ist Aufgabe des MME, welches jedoch faktisch nicht über die Kapazitäten verfügt, den Planungsprozess autonom durchzuführen. Aus diesem Grunde wurde im Jahr 2004 im Zuge einer umfassenden Reform des Energiesektors die EPE (Empresa de Pesquisa Energética) gegründet, ein staatliches Unternehmen, das an das Ministerium für Bergbau und Energie (Ministerio de Minas e Energia - MME) angebunden ist. Die EPE hat zur Hauptaufgabe, das MME in planerischen Entscheidungen zu unterstützen. Dazu veröffentlicht sie in jährlichem Abstand, neben diversen Studien in allen Bereichen des Energiesektors, einen Expansionsplan für einen Zeithorizont von 10 Jahren, den sogenannten PDE (Plano Decenal de Energia).

Zum Verständnis des Planungsprozesses in Brasilien ist es hierbei wichtig zu beachten, dass es bei den PDEs nicht darum geht, Planungsziele zu setzen auf die streng hingearbeitet wird. Es handelt sich vielmehr um Kurzzeitszenarien, die jährlich gemäß der aktuellen politischen, technischen und wirtschaftlichen Tendenzen aktualisiert werden. Betrachtet man Ausbauszenarien der PDEs der letzten Jahre wird dieses deutlich. Für den Ausbau der Windkraft wurde im PDE aus dem Jahr 2009 beispielsweise ein Zubau bis 6 GW im Jahr 2019 vorausgesagt. Da sich der Ausbau der Windkraft jedoch weitaus schneller entwickelte, wurde diese Zahl in den folgenden PDEs nach oben korrigiert, so dass der PDE aus dem Jahr 2013 eine installierte Leistung von 18 GW für Windkraft in 2019 erwartet. Für Solaranlagen konnte man zwischen den Jahren 2012 und 2013 eine interessante Änderung der Expansionsplanung beobachten. Während die PDEs bis 2012 keinen Ausbau der Solarenergie in den Expansionsplan aufnahmen, gibt der PDE 2013 ein jährliches Wachstum von 500 MW ab 2017 an. Diese Änderung zeichnet einen politischen Richtungswechsel nach: Während bis 2012 die Subvention von Solarenergie ausgeschlossen wurde, um keine Verteuerung

des brasilianischen Strommixes zu gestatten, wurden in 2013 gesonderte Konditionen für Solaranlagen eingeführt, die ihren Ausbau fördern.

Die angesprochenen Sonderkonditionen werden anhand der Regelungen der Stromauktionen festgelegt. Die Stromauktionen sind seit den Reformen in 2004 das hauptsächlich angewandte Instrument für die Expansion der Stromproduktion. Wie viel Kapazität für welchen Zeithorizont versteigert wird, wird vom MME basierend auf den Empfehlungen der EPE und Angaben des ONS festgelegt. Hierbei wird unterschieden zwischen:

- Auktionen für existierende Kraftwerke: Bei diesen Auktionen wird ausschließlich Strom aus bereits existierenden Kraftwerken verhandelt, um auslaufende Versorgungsverträge zu erneuern. Diese Verträge können Laufzeiten von 3 bis 15 Jahren aufweisen.
- Auktionen für neue Kraftwerke: Diese Auktionen definieren die Strompreise für Lieferungen aus neuen Kraftwerken. Somit werden diese Auktionen, je nach Technologie, 3 bis 5 Jahre vor dem geplanten Beginn der Stromlieferung durchgeführt. Die hier ausgehandelten Verträge haben Vertragslaufzeiten zwischen 15 und 35 Jahren.
- Korrekturauktionen: Diese Auktionen dienen der Korrektur in Fällen in denen Stromverteilungsunternehmen die Stromnachfrage nicht korrekt prognostiziert haben und zusätzlich zu dem in Fünfjahresverträgen eingekauften Strom weitere Strommengen beziehen müssen. Diese Auktionen werden separat für die unterschiedlichen Stromverteiler organisiert und führen zum Abschluss von Zweijahresverträgen.
- Reserveauktionen: Diese Auktionen sollen die Versorgungssicherheit erhöhen und nehmen dazu Produktionskapazitäten aus neuen oder bestehenden Anlagen unter Vertrag.

Für jede Auktion werden bestimmte Regelungen festgelegt, die auf die Resultate der Auktionen Einfluss nehmen. So wird in der Ausschreibung einer Auktion normalerweise festgelegt, welche Energietechnologien teilnehmen dürfen und welcher Höchstpreis für eine Megawattstunde für die verschiedenen Technologien angesetzt wird. In der ersten Auktion, in der Solarenergie explizit gefördert wurde, waren beispielsweise Windkraft-, Biogas- und Solaranlagen zugelassen, wobei für Solaranlagen ein Höchstpreis von 262 R\$/MWh angesetzt wurde, für Biogasanlagen 169 R\$/MWh und für Windkraftanlagen 144 R\$/MWh (CCEE 2014). Die Energieauktionen bieten somit einen höchst flexiblen Mechanismus zur Lenkung der Entwicklung des Stromsektors, mit dem das MME schnell und kurzfristig auf die aktuellen Tendenzen reagiert. Werden die Auktionen jedoch so ausgeführt, dass alle Energieträger untereinander konkurrieren, kommen typischerweise nur die konventionellen Technologien, die die niedrigsten Produktionskosten vorweisen, zum Zuge. Je nach Management des Auktionssystemes kann dieses somit von Vor- oder von Nachteil für die Einführung alternativer erneuerbarer Energien sein.

Abschließend soll hier noch betont werden, dass eine rigide Langzeitplanung keine typische Charakteristik des Sektors ist, wie an den in diesem Abschnitt aufgeführten Beispielen deutlich zu erkennen ist.

2.3.3 Besonderheiten bei der Projektfinanzierung im Stromsektor

Die Finanzierung von Projekten zum Ausbau des Stromsektors wird weitgehend über die nationale Entwicklungsbank (Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDES) nach den Regeln der Projektfinanzierung vollzogen. Dabei werden über verschiedene Programme günstige Finanzierungslinien angeboten. Diese günstigen Konditionen wurden vor allem durch die Reformen von 2004 ermöglicht, durch die die Investitionsrisiken für Projekte der Stromproduktion gesenkt wurden. Weiterhin ist bei Finanzierungen im Stromsektor zu beachten, dass die staatlichen und halbstaatlichen Unternehmen seit 2001 an Verschuldungsgrenzen im nationalen Finanzierungssystem gebunden sind.⁴ Aus diesen Gründen agieren die staatlichen Unternehmen hauptsächlich in Partnerschaft mit privaten Unternehmen in SPEs (Special Purpose Entities), bei denen die Partner aus dem privaten Sektor die finanzielle Kontrolle innehaben und der staatliche Partner mit Eigenmitteln (Equity der Aktionäre) und Knowhow zu den Projekten beitragen. Der Charakter des staatlichen Unternehmens wird nicht auf die SPEs übertragen, so dass für diese Einheiten die strengeren Regelungen der Verschuldung nicht anwendbar sind.

Außerhalb der Aktivitäten der SPEs sind staatliche Unternehmen nicht nur durch Verschuldungsgrenzen in Ihren Handlungen limitiert: Staatliche Unternehmen sind bei allen Vertragsabschlüssen, die öffentliche Arbeiten, Dienstleistungen, Käufe und Veräußerungen zum Gegenstand haben, dazu verpflichtet ein öffentliches Ausschreibungsverfahren (Vergabeverfahren) durchzuführen. Das übermäßig strikte und formelle System soll vor allem Missbrauch und Korruption bei der Vergabe von öffentlichen Aufträgen eindämmen. Die Kehrseite kommt in Form langwieriger und kostenintensiver Verfahren zum Tragen. Auch Einrichtungen wie die Regulierungsbehörden müssen sich an diese Regelung halten. Aus diesem Grunde sind Beratungsleistungen, die über Dritte finanziert werden, wie es zum Beispiel bei den Leistungen der GIZ erfolgt, die einzige Möglichkeit, kurzfristige und flexible Beratung zu erhalten.

Abschließend muss noch erwähnt werden dass der BNDES das einzige brasilianische Geldinstitut ist, das akzeptable Konditionen für die Finanzierung von Infrastrukturprojekten bietet, so dass Unternehmen zwingend mit den vom BNDES gegebenen Konditionen arbeiten müssen. Aus diesem Grund kann der BNDES entscheidend auf Entwicklungen bei der Einführung neuer Energietechnologien einwirken. Einer der wichtigsten Diskussionspunkte sind hier die Vorschriften zum lokal erbrachten Anteil an der Gesamtwertschöpfung (local content). Hier werden vom BNDES normalerweise hohe Werte angesetzt, um die Ansiedlung der Wertschöpfungsketten zu fördern und die Abhängigkeit von Importen zu minimieren. Diese Vorschriften wirken jedoch oft als Barriere für die Einführung neuer Technologien und hemmen Innovationen, da die lokal angesiedelten Unternehmen nicht mit einem internationalen Markt konkurrieren müssen.

Neben dem BNDES gibt es noch weitere regionale und auf Länderebene organisierte Entwicklungsbanken, wie zum Beispiel die Banco do Nordeste (BNB), die Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) und die Agência de Fomento do Estado da Bahia (Desenbahia). Diese Banken arbeiten in erster Linie mit von den Landesregierungen und vom BNDES zu Verfügung gestellten Geldern. Im Vergleich zum BNDES ist das Finanzierungsvo-

⁴ Die eingeführten Obergrenze wurden jedoch nach den Stromengpässen von 2001 teilweise wieder flexibilisiert, wenn es um die direkte Realisierung von Projekten des Kapazitätsausbaus geht.

lumen diese Banken jedoch sehr gering. Zwischen 2006 und 2009 belief sich das vom BNDES an Landesentwicklungsbanken weitergeleitete Geld auf 4% der gesamten indirekten Finanzierungen des BNDES (ARAUJO et al. 2013).

Außer den Entwicklungsbanken existiert noch ein weiteres staatliches Geldinstitut, das an der Finanzierung von Infrastrukturprojekten beteiligt wird, die Caixa Econômica Federal (CAIXA). Die Finanzierungsprodukte der CAIXA beziehen sich jedoch hauptsächlich auf Wohnungsbau und sanitäre Grundversorgung. Für den Energiesektor ist die CAIXA ein wichtiger Partner, wenn es um die Finanzierung dezentraler Anlagen geht, wie zum Beispiel PV-Dachanlagen oder Solarthermieanlagen.

Die Local Content Regelungen in Brasilien und Ihre Auswirkungen auf die Einführung neuer Energietechnologien

Die Finanzierung von Infrastrukturprojekten ist in Brasilien schwierig aufgrund des Mangels an Produkten zur Langzeitfinanzierung. Privatbanken arbeiten generell nicht mit Langzeitkrediten, so dass diese fast ausschließlich von den staatlichen Entwicklungsbanken finanziert werden, wobei der BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) die wichtigste Rolle im Bereich Industrie und Infrastruktur zufällt. Für Projekte im Stromsektor wird typischerweise ein subventionierter Basiszins, genannt TJLP (aktuell bei 6,5 %⁵), mit variablen Aufschlägen, die das Kreditrisiko und die Vergütung des BNDES abdecken, angesetzt. Die Aufschläge, die Amortisationsperiode und die maximale Beteiligung des BNDES werden für jede Energietechnologie eigens definiert. Die maximale Beteiligung liegt typischerweise zwischen 60 und 80 %. Generell verfolgt die BNDES die Politik, nur national produzierte Anlagenteile mit dem TJLP zu finanzieren. Importierte Anlagenteile können in definierten Ausnahmefällen in die Finanzierung aufgenommen werden, jedoch zu höheren Zinssätzen und nur, falls es keine nationale Produktion für entsprechende Komponenten gibt.

Diese Politik wurde zunächst auch im PROINFA Programm (näher beschrieben in Kap. 2.4.1) für Windkraftanlagen beibehalten. Da es jedoch zu diesem Zeitpunkt keine Regelungen hinsichtlich eines stetigen Ausbaus der Windenergie gab, fand sich unter Unternehmen keine Bereitschaft, in nationale Produktionslinien zu investieren, was zu Schwierigkeiten in der Finanzierung und folglich zu Verzögerungen bei der Einführung dieser Technologie führte. Aus diesem Grunde wurden die Regelungen der Finanzierung zunächst dahingehend geändert, dass eine größere Zahl an importierten Anlagenteilen finanziert werden konnte. In 2012 wurde schließlich eine Regelung eingeführt, die bis zum Jahr 2016 eine kontinuierliche Verringerung der Finanzierung importierter Anlagenteile vorsieht, so dass bis 2016 vollständige Produktionslinien im Land installiert sein sollten. Für Solar PV Anlagen wurden in 2015 ähnliche Regelungen eingeführt. In diesem Fall soll für Dünnschichtmodule die vollständige Nationalisierung bis 2018 erfolgen. Für Siliziummodule wurden die Regelungen der progressiven Nationalisierung über einen Zeitraum bis 2020 definiert.

⁵ Stand Juli 2015

2.3.4 Förderprogramme zur Einführung alternativer erneuerbarer Energien

In Brasilien wurde eine Reihe von Programmen ausgearbeitet die direkt oder indirekt die Nutzung alternativer erneuerbarer Energien fördern. Hierzu zählen sowohl Programme zur Finanzierung von Forschung und Entwicklung als auch Programme zur Projektförderung.

CNPq und CAPES sind Institutionen, die in erster Linie Forschung und Entwicklung an Universitäten und speziellen Forschungseinrichtungen fördern. Die Finanzierung von Studien- und Forschungsstipendien in Brasilien wird zu weiten Teilen über diese beiden Institutionen durchgeführt. Hierbei ist zu beachten, dass die Mittel der CAPES hauptsächlich in Stipendien für Postgraduierte fließen, während CNPq sowohl Stipendien als auch Infrastruktur und Ausstattung für Forschungseinrichtungen finanziert. Beide Institutionen sind an der Formulierung von Förderprogrammen beteiligt, was sie zu wichtigen Akteuren macht, wenn es um die Entwicklung spezifischer Technologien geht.

Hinsichtlich der Forschungsaktivitäten in Unternehmen ist einer der wichtigsten Fördermechanismen das Programm „P&D“ der ANEEL. Dieses Programm sieht vor, dass alle im Stromsektor aktiven Unternehmen ein Prozent ihres Erlöses in Forschung und Entwicklung investieren müssen⁶. Im Jahr 2012 wurden über dieses Programm insgesamt R\$ 860 Millionen speziell für Projekte im Bereich Solar PV und Biogas bereitgestellt. Weitere R\$ 2 Milliarden wurden in Projekte in anderen Bereichen der Stromproduktion und –übertragung investiert (ANEEL 2013). Probleme bei dem P&D-Programm ergeben sich immer wieder dadurch, dass nicht genügend Projekte eingereicht werden, so dass zu Verfügung sehende Gelder nicht sinnvoll eingesetzt werden.

Weitere wichtige Förderprogramme werden über die FINEP abgewickelt. Bei den Programmen der FINEP geht es hauptsächlich um anwendungsnahe Entwicklungen und die Förderung des Markteinstiegs neuer Technologien. Im Energiebereich sind hier zum Beispiel die Programme INOVA ENERGIA und INOVA SUSTENTABILIDADE zu nennen. Bei INOVA ENERGIA handelt es sich um ein Programm das gemeinsam mit dem BNDES und der ANEEL durchgeführt wird, und bei dem, unter anderem, gezielt die Entwicklung der Produktionsketten für Solar- und Windkraftanlagen gefördert werden soll. Das Programm stellt für den Zeitraum von 2013 bis 2016 eine Summe von R\$ 3 Milliarden bereit. Das Programm INOVA SUSTENTABILIDADE wird in Zusammenarbeit mit dem MMA und dem BNDES realisiert und soll Innovationen für nachhaltige Produktionslinien und die Wiederherstellung und Erhaltung von Ökosystemen fördern, wobei das Gebiet „nachhaltige Produktion“ vor allem Themen der Energie- und Rohstoffeffizienz in den Vordergrund rückt. Für dieses Programm stehen zwischen 2014 und 2016 R\$ 2 Milliarden zur Verfügung (FINEP 2014). Die Gelder stammen zu unterschiedlichen Anteilen aus Mitteln der FINEP, BNDES und ANEEL.

Letztendlich muss an dieser Stelle noch das Programm zur Wachstumsbeschleunigung PAC angeführt werden. Dieses Programm wurde in 2007 angestoßen und hat zum Ziel, durch Steuererlassungen und spezielle Finanzierungsprogramme die Planung und Ausführung von Infrastrukturprojekten zu fördern. Bis Ende des Jahres 2013 wurden im Rahmen der zweiten Phase des Programmes R\$ 773,4 Milliarden investiert. Der größte Anteil fällt hierbei auf den Sozialwohnungsbau (R\$ 328 Milliarden) und den Bau großer Infrastrukturprojekte im Ener-

⁶ Für Unternehmen die im Bereich der Stromverteilung tätig sind, fließen nur 0,5 % in das Programm P&D. Die restlichen 0,5 % müssen in ein Programm zur Förderung der Energieeffizienz (PEE) investiert werden.

giebereich (R\$ 197 Milliarden), wobei vor allem große Wasserkraftwerke und Projekte zur Produktion und Aufbereitung von Erdöl und Erdgas eine Rolle spielen. Wichtige Segmente für Projekte der nachhaltigen Entwicklung im Energiebereich sind vor allem der Bereich des Sozialwohnungsbaus (unter dem Projektnamen „Minha Casa, Minha Vida“) und der Bereich der Stadtplanung, wo Maßnahmen der Energieeffizienz im Wohnungsbau, der Wasserversorgung und Abwasserbehandlung durchgeführt werden (PAC 2014).

2.4 Entwicklungen im Bereich 4E

2.4.1 Alternative erneuerbare Energien

PROINFA und Energieauktionen

Im Jahre 2002 wurde das Programm zur Förderung alternativer Energieträger zur Stromproduktion (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA) eingeführt. Das Programm hatte zum Ziel, Strom aus Wind, Biomasse und kleinen Wasserkraftwerken (KWKW) unter Vertrag zu nehmen. Während der ersten Etappe sollten je Energieträger 1100 MW installiert werden, die über Feed-In-Tarifs über 20 Jahre subventioniert werden sollten⁷. Tatsächlich wurden in dieser ersten Phase 2.527 MW unter Vertrag genommen (1.192 MW KWKW, 1.422 MW Wind und 685 MW Biomasse). Bei der Umsetzung der Projekte kam es zu erheblichen zeitlichen Verzögerungen bei den Windkraftanlagen vor allem aufgrund der Auflagen hinsichtlich des lokalen Anteils der Anlagen (local content). Die Ansiedelung einer lokalen Produktion wurde während der ersten Phase nicht erreicht. In 2005 gab es lediglich zwei Unternehmen, die in Brasilien Windkraftanlagen herstellen konnten, mit einer Gesamtkapazität von 550 MW/Jahr. Das Ausbleiben der Entwicklung einer lokalen Produktion ließ sich in dieser Phase vor allem auf Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Regelungen zurückführen. Zur Umsetzung der Projekte wurden schließlich die Auflagen hinsichtlich des lokalen Anteils flexibilisiert. Infolge des weiteren schrittweisen Ausbaus dieser Technologie konnte die Einführung nationaler Produktionslinien realisiert werden. Im Jahr 2013 erreichte die jährliche Produktionskapazität drei Gigawatt (LAGE & PROCESSI 2013). Hinsichtlich der Schaffung von Arbeitsplätzen rechnet man bei der Wertschöpfungskette der Windkraft in Brasilien mit zwölf direkten und fünf indirekten Arbeitsplätzen pro Jahr und Megawatt (Simas und Pacca 2013).

Ab 2007 wurden alternative erneuerbare Energien auch über Auktionen unter Vertrag genommen, wobei zunächst nur Biomasse- und kleine Wasserkraftwerke akzeptable Produktionskosten aufwiesen (Biomasse lag durchschnittlich bei 134,99 R\$/MWh, KWKW bei 138,84 R\$/MWh). Die Windkraft kam bei dieser Auktion aufgrund ihrer höheren Stromproduktionskosten nicht zum Zuge. Zwischen 2007 und 2014 wurden insgesamt 21 Auktionen durchge-

⁷ Die festgelegten Feed-In Tarife lagen für Windkraft zwischen R\$ 200/MWh - R\$ 230/MWh, für kleine Wasserkraftanlagen bei R\$130/MWh, für Biogasanlagen bei R\$ 160/MWh und für Biomasseanlagen bei R\$ 105/MWh – 115 R\$/MWh (Dutra 2007).

führt, von denen sieben ausschließlich für alternative erneuerbare Energieträger⁸ abgehalten wurden. Dabei ist zu vermerken, dass auch in den konventionellen A-3- und A-5 - Auktionen alternative erneuerbare Energieträger erfolgreich mitbieten konnten, zunächst nur im Bereich Biomasse und Kleinwasserkraft, ab 2009 jedoch auch im Bereich Wind.

Die unter Vertrag genommenen Kapazitäten sind in der Grafik in Abbildung 6 dargestellt. Die Grafik zeigt, dass bis 2008 hauptsächlich konventionelle Energieträger und Biomasse eine wichtige Rolle bei der Expansion spielten, wobei sich das Preisniveau der verschiedenen Energieträger, meist im Bereich zwischen etwa 130 R\$/MWh und 145 R\$/MWh befand. Die Windenergie kam ab 2009 durch eine Auktion zum Zuge, bei der ausschließlich Windkraftanlagen zugelassen wurden. Bei dieser Auktion wurde ein durchschnittlicher Preis von 148 R\$/MWh erreicht, obwohl der Höchstpreis der Auktion auf 189 R\$/MWh festgelegt worden war. Als Konsequenz dieser Preisentwicklung wurde die Windkraft im Zeitraum zwischen 2009 und 2014 zum wichtigsten Energieträger für die Expansion des brasilianischen Stromsektor. Insgesamt wurden in dem Zeitraum 13.081 MW Windkraft versteigert. Die durchschnittlichen Preise sanken zunächst bis auf 87,97 R\$/MWh, was sich auf besonders betreiberfreundliche Regelungen bei Netzanbindung, local content und Angaben zum Jahresenergieertrag zurückführen ließ, die jedoch zu Problemen bei der Realisierung der Projekte führten⁹. Revisionen einiger Regelungen provozierten einem erneuten Preisanstieg, so dass sich der durchschnittliche Preis bei der Reserveauktion in 2014 wieder bei 142,32 R\$/MWh befand (der erlaubte Höchstpreis lag bei dieser Auktion bei 144,00 R\$/MWh), was in etwa dem Preisniveau von Biomasseanlagen und Wasserkraft entspricht.

Biomasseprojekte konzentrierten sich im betrachteten Zeitraum stark auf die energetische Nutzung von Zuckerrohrbagasse. Im Jahr 2014 entfielen 80% der auf Biomasse basierenden Kapazität auf diesem Energieträger. Weitere 18% stammen aus der energetischen Verwertung von Abfällen in der Industrie. Die Verwertung von Energiepflanzen spielt noch keine relevante Rolle bei der Stromproduktion. Die Datenbank der ANEEL gibt hier lediglich zwei Anlagen zur Nutzung von Miscanthus an. Für die Nutzung von Biogas aus Abfällen wird insgesamt eine Kapazität von 67 MW angegeben, wobei Biogas aus tierischen Abfällen und anderen landwirtschaftlichen Abfällen sich auf etwa 3 MW beläuft. Dazu ist zu bemerken, dass die Nutzung von Biogas bei der letzten Reserveauktion in 2014 explizit aufgenommen wurde, wobei für diesen Energieträger ein gesonderter Höchstpreis von 169,00 R\$/MWh

⁸ Außerdem wurden in diesem Zeitraum die Kapazitäten von drei großen Wasserkraftwerken versteigert, Jirão (3.750 MW), Santo Antônio (3.150 MW) und Belo Monte (11.233 MW). Diese Projekte sind sogenannte Strukturprojekte und werden über speziell für die Projekte ausgerichtete Auktionen versteigert.

⁹ Bis 2012 wurden Netzanlüsse über eigens von der EPE organisierte Auktionen für neue Stromleitungen realisiert. Dieses System führte jedoch zu erheblichen Verspätungen bei den Netzanlässen, so dass ab 2013 der Netzanchluss wieder direkt in der Verantwortung des Windparkprojektes liegt. Auch die Regelungen des local content wurden Ende des Jahres 2012 reformiert. Bis dahin mussten die Windkraftanlagen vorweisen, dass 60 % der Anlage lokal gefertigt wurde, wobei es irrelevant war, welche Anlagenteile einbezogen wurden. Von 2013 an definieren neue Regelungen detailliert, welche Anlagenteile lokal gefertigt werden müssen, wobei die Anforderungen an den lokalen Anteil regelmäßig angehoben werden, mit dem Ziel, dass Windkraftanlagen ab 2016 vollständig national gefertigt werden. Außerdem gab es noch eine Änderung bei den Regelungen bezüglich der Angabe des erwarteten Jahresertrages, die zu einer Verminderung der prognostizierten Erträge und damit automatisch zu einer Erhöhung der erwarteten Stromgestehungskosten führte.

festgelegt wurde. Dennoch wurden bei der Auktion keine Biogasprojekte unter Vertrag genommen.

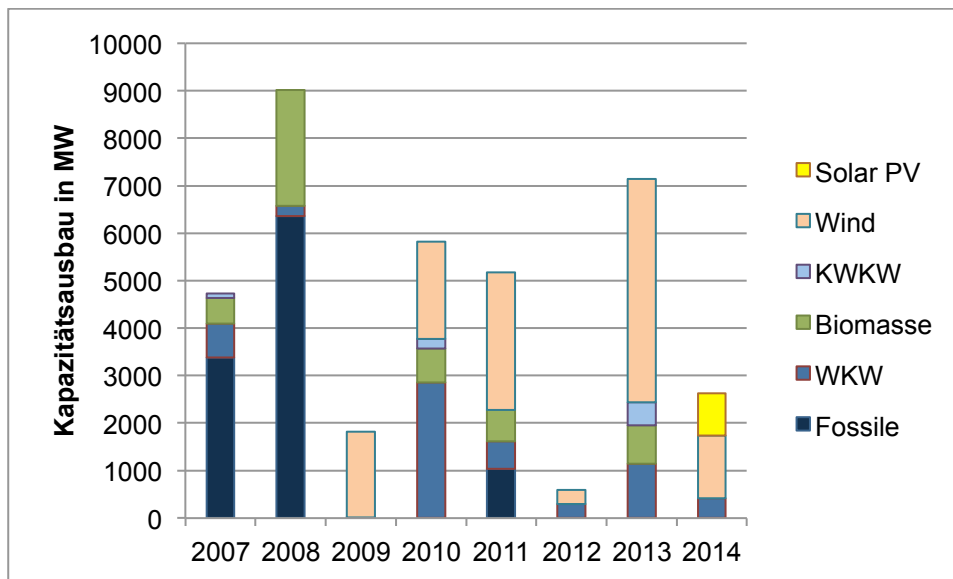


Abb. 5: Ergebnisse der Stromauktionen 2007 – 2014 in MW (Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf CCEE 2014)

In derselben Reserveauktion von 2014 wurde erstmals Solarenergie aus Photovoltaikanlagen unter Vertrag genommen. Der für die Solarenergie festgelegte Höchstpreis belief sich auf 262,00 R\$/MWh. Der erreichte durchschnittliche Auktionspreis lag bei 215,53 R\$/MWh. Dabei ist anzumerken, dass einige Aktivitäten im Bereich Solarenergie diese positive Ergebnis einleiteten:

- In 2011 wurde von ANEEL eine Ausschreibung für Forschung und Entwicklung – Projekte im Bereich PV durchgeführt (Chamada Pública Estratégica de P&D 13/2011). In Rahmen dieser Ausschreibung wurden 18 Projekte zwischen 0,5 und 3 MWp ausgewählt, mit einer Gesamtkapazität von 24 MWp, die bis 2015 installiert sein sollten (CRESESB 2014).
- Im Dezember 2013 wurde von Bundesstaat Pernambuco eine spezielle Auktion organisiert, in der große Stromkonsumenten direkt Strom aus PV-Anlagen ersteigern konnten. Bei diesen Projekten wurden insgesamt 123 MWp an PV-Anlagen unter Vertrag genommen, zu einem durchschnittlichen Preis von 228,63 R\$/MWh (PERNAMBUCO 2013).

Zuletzt ist noch anzumerken, dass PV- und CSP-Anlagen bereits zu den letzten beiden Auktionen des Jahres 2013 zugelassen waren. Bei dieser Auktion stand die Solarenergie jedoch in direkter Konkurrenz zu anderen Energieträgern. Aufgrund der höheren Kosten der Solarenergie kamen in diesen Auktionen keine Verträge zustande.

Die Ansiedelung der Produktion von Photovoltaikanlagen ist im Gegensatz zur Windkraft erst in ihrer Anfangsphase, da die Nachfrage bisher nicht ausreichend war, um eine nationale Produktionskette aufzubauen. Somit war im Jahr 2013 nur ein Unternehmen im Sektor tätig, welches auf der Basis von importierten Solarzellen lediglich die Montage von Modulen durch-

fürte und dabei eine Produktionskapazität von 25 MW erreichte (ESPOSITO & FUCHS, 2013). Nach Schätzungen aus dem Jahr 2012 müssten jährlich mindestens 500 MW installiert werden, um eine vollständige Produktionskette aufzubauen, von der Siliziumaufbereitung bis zum fertigen Modul. Sollte die Produktionskette mit bereits aufbereitetem Silizium arbeiten, würde eine jährliche Produktion von 50 MW ausreichen (ABDI, 2012). Vergleicht man diese Zahlen mit den Ergebnissen der letzten Auktion, kann man mit dem Aufbau nationaler Produktionsketten in den kommenden Jahren rechnen. Konkrete Pläne hierzu werden augenblicklich zum Beispiel in einer Studie im Auftrag des brasilianisch-paraguayische Energieversorger ITAIPU und des Industrieverbands FIEP analysiert, die gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA, Fraunhofer ISE und Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW) eine Marktanalyse für die Installation einer Produktion von jährlich 680 MW durchführen (TSCHAMBER 2014).

Die Einrichtung von Wertschöpfungsketten im Bereich Photovoltaik führen laut Angaben der Firma SOLARPAR zu 2,5 direkten Arbeitsplätzen pro Megawatt bei der Errichtung von Produktionsstätten für Solarmodule und zu 4,4 direkten Arbeitsplätzen pro Megawatt während des Produktionsprozesses. Beachtet man weiterhin alle Aktivitäten, die zur Installation von PV-Anlagen notwendig sind, kann man in Brasilien gemäß SOLARPAR mit etwa 14 Arbeitsplätzen pro installiertem Megawatt rechnen (SOLARPAR 2014).

Hinsichtlich der Produktion von CSP-Anlagen lässt sich vermerken, dass es sich hier um komplexere Anlagen handelt, deren Anlagenteile teils denen konventioneller Kraftwerke gleich sind. Diese Anlagenteile sind weitgehend aus nationaler Produktion erhältlich. Alle weiteren Anlagenteile, die speziell für die CSP-Technologie entwickelt wurden (z.B. Parabolspiegel), müssen bis zu diesem Zeitpunkt jedoch importiert werden. In einer Studie aus dem Jahr 2014 (Soria et al. 2014) über sozioökonomische Auswirkungen der Expansion der CSP-Technologie im Nordosten Brasiliens wurde ermittelt, dass die Installation von CSP-Anlagen in der Größenordnung von 30 MW 1,4 direkte Arbeitsplätze je MW schafft, bei rein lokalen Produktionsketten wären es sogar 2,9 Arbeitsplätze je MW. Der Betrieb solcher Anlagen generiert 0,9 Arbeitsplätze je MW dauerhaft.

Dezentrale Stromerzeugung (Net Metering für Kleinanlagen)

Die dezentrale Stromerzeugung wurde in Brasilien mit einem Dekret aus dem Jahre 2004 (5.163/2004) definiert und reguliert, wobei sich in diese Kategorie auch größere Anlagen einordnen, sofern diese nicht auf Basis konventioneller Energieträger operieren und direkt an ein Verteilungsnetz angeschlossen sind. Der mit diesen Regelungen verbundene bürokratische Aufwand stellte ein Hindernis für kleine dezentrale Anlagen dar, so dass im Jahr 2012 von ANEEL die Beschlüsse n° 481/12 und n° 482/12 eingeführt wurden, welche das Net Metering für Klein- (< 1 MW) – und Kleinstanlagen (< 100 kW) einführen und die generellen Konditionen für deren Netzanschluss regeln. Das Net Metering ist ein Modell zur Vergütung von Strom aus dezentralen Anlagen, bei dem der produzierte Strom mit dem konsumierten Strom verrechnet wird. Sollte die Stromproduktion den Konsum in einer Verrechnungsperiode überschreiten, so kann der positive Saldo nach den aktuellen Regelungen noch über einen Zeitraum von 36 Monaten geltend gemacht werden. Außerdem sehen die Regelungen finanzielle Vergünstigungen bei den Tarifen der Netznutzung und administrative Vereinfachungen vor. Die Regelungen gelten für Kleinanlagen auf Basis aller alternativen erneuerbaren Energieträger, sowie Anlagen der Kraftwärmekopplung.

Besonders im Bereich der Solarenergie wurden durch diese Regelungen erste Erfolge verzeichnet. Bis November 2014 wurden 232 Projekte mit einer Gesamtkapazität von 3.530 kWp installiert. Dennoch ist zu bemerken, dass die Entwicklung in dieser Anfangsphase eher als enttäuschend bewertet wurde. Das langsame Anlaufen der Nutzung von dezentralen PV-Anlagen lässt sich vor allem auf zwei Barrieren zurückführen. Zum einen fehlt es an geeigneten Finanzierungsmöglichkeiten für PV-Anlagen. Zudem ist das Net Metering so gestaltet, dass es dem Stromversorgungsunternehmen erlaubt ist, den vom PV-Anlagenbetreiber bezogenen Strom zu besteuern, unabhängig davon, welche Strommenge in das Netz eingespeist wurde. Die anfallenden Steuern unterscheiden sich in den verschiedenen Bundesländern. Es liegt in der Kompetenz der jeweiligen Bundesländer, PV-Anlagen von der Besteuerung zu befreien. Dies ist bislang allerdings nur in dem Bundesland Minas Gerais geschehen.

Bis 2022 rechnet die EPE mit einem Ausbau der Kapazität auf 1,4 GWp. Betrachtet man die aktuellen Konditionen erscheint diese Schätzung relativ hoch, da dezentrale PV-Anlagen in Brasilien nur in wenigen Regionen die Netzparität erreicht haben¹⁰, und geeignete Finanzierungsprodukte fehlen.

2.4.2 Energieeffizienz

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz existieren in Brasilien seit über 20 Jahren. Vier Maßnahmenkategorien werden unterschieden: Unterstützende Maßnahmen, Kontrolle, Marktmechanismen und Finanzierung.

Die wichtigsten unterstützenden Maßnahmen bestehen aus den Programmen PROCEL (Programm zur Einsparung elektrischer Energie), CONPET (Programm zur rationellen Nutzung von Erdölderivaten und Erdgas) und PBE (Labellingprogramm). Die ersten beiden Programme sind an das Energie- und Bergbauministerium angebunden, letzteres an das Ministerium für Entwicklung, Industrie und Außenhandel (MDIC).

Hinsichtlich der Kontrollmechanismen muss an erster Stelle das Gesetz 10.295/2001 genannt werden, das zum Hauptziel die Offenlegung von Informationen zur Energieeffizienz hat um die Markttransparenz zu verbessern. Desweiteren schreibt das Gesetz die Ausarbeitung eines Maßnahmenprogramms zur Verbesserung der Energieeffizienz über die Festlegung von Mindestgrenzen der Energieeffizienz für Maschinen, Apparate und Gebäude vor. Im Zusammenhang dieses Gesetzes wurde in 2001 ein Führungskomitee gegründet, das für die Umsetzung der im Gesetz festgelegten Maßnahmen verantwortlich ist (Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE).

Eine weitere wichtige Maßnahme wurde mit dem Gesetz n° 9.991 aus dem Jahr 2000 eingeführt, welche auch unter Kap. 2.3.4 bereits erwähnt wurde. In diesem Gesetz wurde festgelegt, dass 0,5% der Erlöse der im Segment der Stromverteilung tätigen Unternehmen in Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz in der Endnutzung investiert werden müssen.

¹⁰ Hierbei muss beachtet werden, dass sich die Stromtarife für Haushalte je nach Region in Brasilien stark unterscheiden. In 2014 lagen die Tarife (vor Steuern und Abgaben) zwischen 197 R\$/MWh und 478 R\$/MWh.

Diverse Maßnahmen zur Energieeffizienz werden auch über andere Sektoren eingeführt, wie zum Beispiel über den Plan zum Klimawandel (Plano Nacional de Mudanças Climáticas) und den Nationalen Plan für Transport und Logistik (Plano Nacional de Logística e Transporte). Der in 2010 vom Ministerium für Bergbau und Energie veröffentlichte Plan zur Energieeffizienz (Plano Nacional de Eficiência Energética) gibt einen Überblick über die eingeführten Maßnahmen und bestehenden Mechanismen und unterstreicht, dass Brasilien zwar bereits über einen breiten Maßnahmenkatalog verfügt, dass jedoch Bedarf besteht, Maßnahmen zu überarbeiten, um unerwünschte Effekte zu eliminieren und dass Anstrengungen unternommen werden müssen, um die nachhaltige Finanzierung zu gewährleisten. Außerdem wird bemängelt, dass die Verantwortlichkeiten auf eine Vielzahl von Einrichtungen verteilt sind und keine koordinierte Aktion stattfindet. Um die von der EPE definierten Einsparpotentiale erreichen zu können, sind weitere Bemühungen erforderlich (MME 2013).

3 Darstellung der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung (ZnE) im Schwerpunkt Energie

3.1 Motivation und Ziele der energiepolitischen Zusammenarbeit

Der Ausbau erneuerbarer Energien und die Ausschöpfung der Energieeffizienzpotentiale sind weltweit die strategischen Hebel für Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung und sind in der Regel mit einem signifikanten Zusatznutzen bspw. durch verbesserte Luftqualität in Städten oder regionale Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte verbunden.

Eine Entwicklung in diese Richtung steht jedoch in Brasilien noch ganz am Anfang. Das traditionell auf Wasserkraft gestützte Stromsystem erreicht bald seine Kapazitätsgrenze, wobei verschiedene Trockenperioden in den letzten Jahren die Situation noch verschärft haben. Als Mittel zur Deckung des stark wachsenden Energiebedarfs setzt die brasilianische Energiepolitik auf vermehrten Ausbau einer fossil gestützten Energiewirtschaft, wie bereits in Kapitel 2 ausgeführt. Alternative Wege, die durch Diversifizierung des Energiemixes und durch Steigerung der Energieeffizienz zu mehr Nachhaltigkeit führen, werden zurzeit noch vernachlässigt.

Brasilien steht also am Scheideweg für eine nachhaltige Entwicklung seiner Energiewirtschaft. Wie Brasilien die sich daraus ergebenden energiepolitischen Herausforderungen angeht, wird nicht nur Folgen für die brasilianische Wirtschaft, sondern – vor dem Hintergrund globaler Interdependenzen und Herausforderungen wie Klimawandel und Verlust an Biodiversität – für die gesamte Welt haben. Die Bundesrepublik Deutschland stellt sich als Industrieland ihrer globalen Verantwortung und betrachtet Brasilien als wichtigen Partner für den Klimaschutz. Deutschland setzt bei seiner Energiewende auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz und kann deshalb Expertise und technologisches Know-how in diese Partnerschaft einbringen.

Hier setzt das Engagement der deutschen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung (ZnE) mit Brasilien im Schwerpunkt Energie an. Die ZnE umfasst die Ausweitung des Angebots an langfristigen Finanzierungsmöglichkeiten, die Unterstützung zur Einführung innovativer Technologien und die Unterstützung der Partner bei der Schaffung, Verbesserung und Umsetzung förderlicher Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Die ZnE steigert das Know-how in spezifischen Technologiebereichen, hilft bei der Umsetzung von nationalen Programmen und verbessert in innovativen Technologiefeldern den Zugang zu bedarfsgerechten Finanzierungsinstrumenten. Ziel der ZnE ist damit einen Beitrag zum regionalen und globalen Klima- und Umweltschutz zu leisten und zur Energieversorgungssicherheit des Landes beizutragen. Nicht zuletzt soll das Engagement im Rahmen der ZnE auch der deutschen Wirtschaft neue und vielversprechende Perspektiven eröffnen.

Ziel der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung (ZnE) ist in diesem Schwerpunkt zusammengefasst die Unterstützung Brasiliens bei der Umsetzung einer klimafreundlichen, nachhaltigen Energiepolitik und Energieversorgung.

3.2 Überblick über die ausgewählten Beispielprojekte des ZnE-Portfolio

Wie bereits weiter oben ausgeführt, umfasst das ZnE-Portfolio langfristige Finanzierungsmöglichkeiten, die Einführung innovativer Technologien und die Unterstützung der Partner bei der Schaffung, Verbesserung und Umsetzung förderlicher Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz.

Die ZnE-Aktivitäten spannen dabei technologisch einen Bogen über die erneuerbaren Energien Kleinwasserkraft, Photovoltaik, konzentrierende solarthermische Kraftwerke zur Stromerzeugung (CSP), solarthermische Warmwasserbereitung, Windkraft und Biogas. Ein weiteres wichtiges Aktionsfeld befasst sich mit der Förderung von Energieeffizienz.

Beispielhaft für das Gesamtportfolio stehen folgende wichtige in dieser Studie näher betrachtete Aktivitäten. Dabei sei explizit darauf hingewiesen, dass die hier betrachteten Maßnahmen und Interventionen nur einer kleinen Teilmenge des gesamten ZnE-Projektportfolios entsprechen, die hier getroffenen Schlussfolgerungen vor diesem Hintergrund entsprechend zu spiegeln sind.

Förderung von Kleinwasserkraft

Die Nutzung von Kleinwasserkraft ist in Brasilien etabliert. Es fehlt jedoch an Finanzierungsinstrumenten zur langfristigen Finanzierung von neuen Kraftwerken und zur Ertüchtigung von bestehenden Anlagen. Hier setzt die beispielhaft ausgewählte FZ-Maßnahmen an.

- Innerhalb des **KV-Investitionsprogramms Erneuerbare Energie - Eletrobras** ist der Bau von Kleinwasserkraftwerken im südbrasilianischen Bundesstaat Santa Catarina in Zusammenarbeit mit der staatlichen Energieholding Eletrobras vorgesehen. Geplant ist ein Kapazitätsszubaue von 53 MW zwischen 2012 und 2016.

Förderung von Photovoltaik

Die ZnE-Aktivitäten zur Förderung sind sehr breit gestreut und adressieren verschiedenste Akteure und Institutionen:

- Im Vorfeld der Einführung des Net Metering im Jahr 2012 unterstützte die GIZ die Regulierungsbehörde ANEEL im Rahmen des **Programms: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (4E/Profree II)** seit 2010 durch **Beratung zur Einführung des Net Metering**. Durch intensiven Transfer von fachspezifischem Know-how wird die GIZ auch die Weiterentwicklung der Regulierung begleiten. Das Net Metering-System ermöglicht den Anschluss dezentraler, netzgebundener PV-Stromerzeugungsanlagen an das Stromsystem.
- Ebenso im Rahmen des **Programms: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (4E/Profree II)** unterstützte die TZ in der laufenden Marktentwicklungsmaßnahme „**America do Sol**“ verschiedene Maßnahmen zur stärkeren Verbreitung des Net Metering. Die NGO Instituto Ideal erstellte dazu eine Internetplattform, die ein Handbuch „Wie bekomme ich Solarstrom für mein Haus!“, einen Solarsimulator für die Vordimensionierung von PV-Anlagen, ein Kataster der Solarfirmen sowie Informationen über einen Solarfonds (Fundo Solar), mit dem Kleinanlagen bis 5 kWp gefördert werden, enthält.

- Die Regulierungsbehörde ANEEL verwaltet zwei umfangreiche Förderprogramme, das Energieeffizienzprogramm PEE und das Forschungs- und Entwicklungsprogramm P&D, mit jährlichen Mitteln von jeweils 100 Mio. Euro. In der laufenden Maßnahme **Beratung zur Ausgestaltung der strategischen F&E-Projekte** im Rahmen des Programms: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (4E/Profree II) berät die GIZ die Regulierungsbehörde ANEEL hinsichtlich Identifizierung, Planung und Abwicklung geeigneter Projekte.
- Im Rahmen des FZ-Vorhabens **Solar WM 2014 Minas Gerais (CEMIG)** wurde das Stadiondach in Belo Horizonte im Jahr 2013 unter großer medialer Aufmerksamkeit mit einer kommerziellen PV-Anlage ausgestattet. Weitere Standorte werden derzeit analysiert.

Förderung von konzentrierenden solarthermischen Kraftwerken (CSP)

Brasilien verfügt im Nordosten des Landes über sehr gute Sonneneinstrahlungswerte, die für die Nutzung der konzentrierenden solarthermischen Kraftwerke eine Vorbedingung sind. Die Einführung dieser Technologie steht jedoch noch am Anfang.

- Das DKTI-Vorhaben **Beratung zur Berücksichtigung von CSP** (2013-2018) will die Voraussetzungen zur Entwicklung und Verbreitung solarthermischer Anlagen zur Erzeugung von Strom und Prozesswärme schaffen. Die ZnE unterstützt Brasilien bei der Einführung von CSP durch Strategieentwicklung, Potenzialstudien, Infokampagnen sowie Know-how- und Technologietransfer. Zu den Rahmenbedingungen, die von der TZ unterstützt werden, zählen Umweltlizenzierung, Regulierung der Einspeisebedingungen, Vermarktungsaspekte, Energieauktionsgestaltung, Einbindung von Forschung und Entwicklung und die Einführung neuer Geschäfts- und Kooperationsmodelle.
- Auch im Technologiefeld CSP berät die GIZ ANEEL hinsichtlich Identifizierung, Planung und Abwicklung geeigneter Projekte in der laufenden Maßnahme **Beratung zur Ausgestaltung der strategischen F&E-Projekte** im Rahmen des Programms: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (4E/Profree II).
- Die FZ-Maßnahme: **Solarthermische Anlagen zur Stromerzeugung** zielt auf die Finanzierung der ersten kommerziellen CSP Anlage industrieller Größenordnung (30-50 MW) in Zusammenarbeit mit dem Energieversorger CHESF ab und beinhaltet zudem zielgerichtete technische Beratung für den Träger im Hinblick auf Solarmessungen, Site-Selection und die unmittelbare Projektvorbereitung.

Förderung von solarthermischer Warmwasserbereitung

Die Erwärmung von Brauchwasser erfolgt in Brasilien größtenteils mit elektrischem Strom (über Durchlauferhitzer).

- Das Beispielprojekt **Mangueira Solarthermie/Tausend Dächer** zeigt die Wirkungen, die sich auf der Grundlage der TZ bei der Förderung der Solarthermie entfalten konnten. Gemeinsam mit der nationalen Entwicklungsbank Caixa Economica Federal, dem brasilianischen Umweltministerium sowie weiteren Partnern unterstützte die GIZ die Verbreitung solarthermischer Anlagen. Im Rahmen des Pilotprojekts Mangueira wurden 496 solarthermische Anlagen in einer Siedlung des sozialen Wohnungsbaus in Rio de Janeiro errichtet und in Betrieb genommen. Das Projekt ist das erste brasilianische Projekt des

mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbaus, bei dem Warmwasserkollektoren installiert wurden.

Förderung von Windkraft

Die Windkraft wird im Rahmen der ZnE mit mehreren Aktivitäten gefördert und hat bereits einen nennenswerten Anteil an der brasilianischen Stromerzeugung erreicht. Die Windkraft wird derzeit noch durch flankierende Programme weiter unterstützt:

- Vor 2009 waren in Brasilien Winddaten nicht verfügbar. In einem ersten Schritt wurden durch die Unterstützung der TZ 18 meteorologische Messtürme gebaut. Als 2009 die erste Windauktion ausgeschrieben und Regeln für die Auktion festgelegt wurden, wurde aufgrund der TZ-Beratung der Bau von Messtürmen in das Regelwerk integriert. Windparks, die in den Auktionen gewinnen, sind seitdem verpflichtet, einen Messturm zu errichten und ihn 20 Jahre lang zu betreiben. Die seit 2011 existierende **AMA-Winddatenbank** erfasst Daten aus Windmessungen, für die höchste Standards festgelegt wurden. Um Windverläufe geografisch zu erfassen, werden alle Messungen landesweit synchronisiert. Das brasilianische Windmesssystem gilt daher als das quantitativ und qualitativ am besten ausgestattete System der Welt (Interview Juárez López, EPE). In einem nächsten Schritt der laufenden Maßnahme stehen Fragen der Nutzung(srechte) für potenzielle Betreiber von Windkraftanlagen im Vordergrund. Aggregierte Daten sowie ein Windindex stehen der Öffentlichkeit bereits zu Verfügung.
- Mit dem Projekt **Ausbildungszentrum Windindustrie** in Kooperation mit SENAI und CTGAS, einem gemeinsamen Trainingszentrum von SENAI und Petrobras, unterstützt die GIZ seit November 2011 die Entwicklung und Umsetzung neuer Bildungsangebote im Bereich Windkraft. In diesem Rahmen wird in Natal im Nordosten Brasiliens ein erstes Trainingszentrum geschaffen, welches die praxisnahe Ausbildung von Servicetechnikern für Betrieb, Wartung von Großwindanlagen auf internationalem Qualitätsniveau zum Ziel hat. Anhand dieses Pilottrainingszentrums sollen dann auch in anderen Bundesstaaten entsprechende Ausbildungsangebote entwickelt werden. Die Erarbeitung des Konzepts fand in Abstimmung mit 10 regionalen Ausbildungszentren der SENAI statt.
- Das **Windparkprogramm I (2009-2011)** umfasst die Finanzierung von Windkraftanlagen über die staatliche brasilianische Entwicklungsbank BNDES, welche die Kreditmittel der KfW an private Investoren weiterleitet, und hat 4 Windparks mit 120 MW installierter Leistung (jährliche Stromerzeugung 316,7 GWh) finanziert. **Das Windparkprogramm II (2014-2017)** setzt die erfolgreiche Zusammenarbeit fort und strebt weitere 330 MW installierte Leistung mit einer jährlichen Stromerzeugung von 1.000 GWh an.

Förderung von Biogas

Brasilien verfügt über enorme Biogaspotenziale, vor allem im Entsorgungsbereich und in der Landwirtschaft. Die betrachteten ZnE-Maßnahmen fördern daher die derzeitige und zukünftige Nutzung der Biomasse zur Energieerzeugung mit einer Reihe von unterschiedlichen Instrumenten. Eine hohe Verzahnung der technischen und finanziellen Zusammenarbeit zeichnet die Maßnahmen aus.

- In der Maßnahme **DKI Biogas (ProBiogás)** unterstützt die ZnE das Städteministerium MCID, um Rahmenbedingungen für die Biogaserzeugung und -nutzung aus flüssigen und festen landwirtschaftlichen und kommunalen Abfällen in der Industrie, bei Versorgungsunternehmen und in Kommunen und Städten zu verbessern. Zur besseren Planung und Umsetzung von Biogasprojekten vermittelt die ZnE organisatorisches und technisches Know-How an Institutionen und Verbände. Darüber hinaus unterstützt sie Partnerschaften und die Bildung von Netzwerken.
- Auf der Umsetzungsebene werden konkrete Modellvorhaben durch das FZ-Vorhaben: **Förderung klimafreundlicher Biogastechnologie** vorbereitet. Die finanzielle Zusammenarbeit (FZ) plant zunächst vier Modellanlagen aus den Bereichen Abwasser, Landwirtschaft und Abfall und die Finanzierung der Biogasnutzung im Rahmen einer umweltgerechten Abwasserbehandlung. Sie arbeitet dazu u.a. mit den Wasserversorgungsunternehmen COPASA (Minas Gerais) und SANEPAR (Paraná) zusammen. Eine Staatsgarantie für COPASA zur Deckung eines Darlehens über 30.000.000 Euro ist beantragt. Flankiert wird dieses Vorhaben von TZ-Maßnahmen wie Beratung, Aus- und Fortbildung, Dialogplattformen, Fachstudienreisen sowie örtlicher Unterstützung von Workshops und Seminaren. Erfahrungen aus diesen Projekten sollen auf Nachfrage sowohl direkt anderen Wasserunternehmen als auch Fachverbänden, Entwicklungsbanken und Fachministerien (Städteministerium, Umweltministerium, Ministerium für Forschung und Technologie) zur Verfügung gestellt werden.
- Auch in der technologieübergreifenden laufenden Maßnahme **Beratung zur Ausgestaltung der strategischen F&E-Projekte** im Rahmen des Programms: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (4E/Profree II) berät die GIZ ANEEL hinsichtlich Identifizierung, Planung und Abwicklung geeigneter Projekte im Technologiefeld Biogas. So hat die Regulierungsbehörde 2013 im Rahmen einer strategischen Forschungsausschreibung insgesamt 16 Biogasprojekte mit einem Gesamtvolumen von 106.000.000 Euro bewilligt.
- Auch im Bereich der Abfallwirtschaft ist die ZnE aktiv. Bis zum August 2014 müssen alle Gemeinden Abfallmanagementpläne erstellt haben, die u. a. vorschreiben, dass die organische Fraktion fester Siedlungsabfälle stabilisiert wird, bevor sie deponiert wird. Die energetische Nutzung wird dabei ausdrücklich als eine mögliche Maßnahme erwähnt. Die ZnE Maßnahme: **Energetische Plattform für die ökologische und effiziente Nutzung fester Siedlungsabfälle** zielt deshalb darauf ab, gemeinsam mit dem Industriepartner ENOB Engenharia Ambiental Ltda. Methoden und Richtlinien für das Management fester Siedlungsabfälle zu entwickeln. Im Mittelpunkt steht dabei die energetische Nutzung von Biogas sowie das technische-wissenschaftliche Monitoring der Abfallbehandlungszentren. Hier steht die Entwicklung der energetischen Nutzung des Biogases allerdings noch am Anfang.

Förderung von Energieeffizienz

Wie schon weiter oben erläutert, kommt der Förderung der Energieeffizienz eine Schlüsselrolle für eine nachhaltige Entwicklung zu. Dies begründet vielfältige ZnE-Aktivitäten auf die-

sem Feld, wobei die ZnE- Aktivitäten sehr heterogen über verschiedenste Handlungsfelder verteilt sind und sehr verschiedenartige Akteure betreffen. Folgende Beispielprojekte wurden in diese Analyse einbezogen:

- In der ausgewählten Maßnahme: **Handbuch der Richtlinien für das PEE** unterstützt die GIZ die Regulierungsbehörde ANEEL bei der Ausgestaltung der Richtlinien für das PEE (Programa de Eficiência Energetica). Laut Regulierung sind alle Stromverteiler in Brasilien verpflichtet, einen Anteil zwischen 0,25 % und 0,75 % ihrer Nettoeinnahmen in Energieeffizienzprojekte zu investieren. Die ANEEL steuert diese Investitionen über ein Handbuch. Die jährlich zur Verfügung stehenden 130 Mio. Euro wurden bislang nicht plangemäß umgesetzt. Die GIZ unterstützt die ANNEEL in diesem Kontext bei der Überarbeitung des Handbuchs und des dazugehörigen Regelwerks. Das neue Regelwerk sieht u. a. eine stärkere Einbindung der Privatwirtschaft in die Projekte vor und integriert auch das neu geschaffene Net Metering. Energieeffizienzprojekte, die komplementär zu Maßnahmen der dezentralen Stromerzeugung sind, werden explizit gefördert.
- Seit der Gründung in 2005 entwickelt und erweitert die Energieplanungsbehörde EPE ihre Datenlage und Methoden zur Energieeffizienz. Zwecks Verbesserung der Förderung von Energieeffizienz identifiziert EPE in einem ersten Schritt, in welchen Sektoren Maßnahmen unter wirtschaftlichen Bedingungen umgesetzt werden können. Hierzu unterstützt die GIZ seit 2011 mit Fachstudien und –beratung die **Ermittlung der Potenziale für Energieeffizienz** mit Hilfe von **Kostenpotenzialkurven**. Die Kostenpotenzialkurven stellen für verschiedene Sektoren, insbesondere aber für die Industrie und den Gebäudereich die Energieeffizienzpotenziale geordnet nach aufsteigenden Kosten dar. Die EPE wird damit in die Lage versetzt, weitere Akteure des Strommarktes bzgl. Ausgestaltung und Fokus von Energieeffizienz-Maßnahmen und Programmen zu beraten. Dadurch, dass die EPE das Bergbau- und Energieministerium (MME) unter anderen auch bei der Gestaltung normativer Richtlinien für die Erhöhung der Energieeffizienz in Brasilien berät, schafft die Maßnahme die notwendige Datengrundlage für nationale Energieeffizienzpolitiken.
- In Kooperation mit dem in Brasilien etablierten und in allen größeren Städten mit Ausbildungszentren vertretenen nationalen Dienstleister für die industrielle Aus- und Weiterbildung SENAI ist die GIZ eng in die **Entwicklung eines Ausbildungskurses „Energiewirtschaft in der Industrie“** eingebunden. Diese Weiterbildung soll ein neues Berufsbild prägen, dessen Aufgabe es ist, Effizienzpotenziale in der Industrie zu identifizieren und Maßnahmen zu deren Erschließung zu entwickeln.
- Eine weitere Fortbildungsmaßnahme zur Förderung der Energieeffizienz leistet die AHK in Kooperation mit der GIZ und KfW. Sie unterstützt die Entwicklung und Durchführung eines „**post graduation course**“ **Energieeffizienz in der Industrie**. Bei dieser Maßnahme werden Angestellte von Industrieunternehmen in Kursen weitergebildet und dadurch in die Lage versetzt, Effizienzmaßnahmen in ihren jeweiligen Betrieben durchzuführen.
- Ziel eines FZ-Programms der KfW ist es, bei der brasilianischen Förderbank „Caixa Econômica Federal“ (CAIXA) ein **Förderprogramm für Energieeffizienzinvestitionen** einzuführen und damit zur Einsparung und effizienten Nutzung von elektrischer Energie beizutragen. Mit einem zinsvergünstigten FZ-Entwicklungskredit der KfW an die CAIXA

sollen im Rahmen der Initiative für Klima- und Umweltschutz (IKLU) der deutschen Bundesregierung Investitionen im Bereich der Energieeffizienz in Brasilien finanziert werden. Das Programm richtet sich an öffentliche und private Unternehmen, die eine Senkung ihrer Betriebskosten über die Reduzierung des Energieverbrauchs anstreben und beinhaltet zwei komplementäre Instrumente:

- (1) Mit einem FZ-Entwicklungskredit (zinsverbilligtes Darlehen) über bis zu 150 Mio. EUR oder dem Gegenwert in USD sollen EE-Darlehen CAIXA zu attraktiven Konditionen refinanziert werden.
- (2) Mit einer FZ-Begleitmaßnahme (BM) über bis zu 4,5 Mio. EUR soll einerseits die CAIXA bei der EE-Produktentwicklung und Umsetzung des Programms begleitet werden. Zweitens sollen die Endkreditnehmer und Investoren bei der Identifizierung und Vorbereitung von EE-Investitionen unterstützt werden. Dabei sollen auch die Klimawirkungen, die sich aus der Reduzierung des Energieverbrauchs auf Unternehmensebene ergeben, nachgewiesen werden.

Damit soll das Vorhaben einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz sowie zur Energiesicherheit in Brasilien leisten. Es handelt sich um das erste Förderprogramm in Brasilien, das Unternehmen ein maßgeschneidertes Paket von attraktiven Finanzierungsmöglichkeiten in Kombination mit spezifischen Beratungsleistungen anbietet. Die Konzeption des Programms orientiert an den umfangreichen Erfahrungen der KfW mit EE-Förderprogrammen in Deutschland und in Partnerländern der Entwicklungszusammenarbeit. Das Kreditprogramm trägt durch seinen Pilotcharakter dazu bei, die Finanzierung von Energieeffizienzmaßnahmen über den Finanzsektor nachhaltig in der brasilianischen Wirtschaft zu verankern.

- Auch die DEG und die IPEX bieten günstige **Kredite für Effizienzmaßnahmen in der Industrie** an..Eine wichtige Voraussetzung für die Kreditvergabe ist ein verpflichtendes Energieaudit in dem jeweiligen Industriebetrieb.

4 Analyse der Wirkungshypothesen der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für ZnE

4.1 Die ZnE im Licht der Transitionsforschung

Maßnahmen der ZnE greifen in ein bestehendes System ein, in feste Strukturen und Regime. Die relevanten sozio-technischen Regime oder Teilregime (z.B. Kraftwerksstruktur, Marktstrukturen) werden zunächst geprägt durch interne Wechselwirkungen. Darüber hinaus bestimmen aber auch übergeordnete Faktoren (z.B. demografische Entwicklung, Konsummuster) in zentralem Maße die Fortentwicklung respektive Fortentwicklungsmöglichkeiten der Regime. Diese Faktoren lassen sich nur sehr schwer kurz- oder mittelfristig aktiv verändern und prägen eine „sozio-technischen Landschaft“, in der sich die verschiedenen Regime einzuordnen haben. Auf der anderen Seite unterliegen die Regime einem stetigen Veränderungsdruck durch Nischeninnovationen, die in der Lage sind, bestehende Routinen aufzubrechen und neue Wege erfolgreich auszuprobieren. Folgt man der Theorie der Transitionsforschung (im Besonderen dem Mehrebenenansatz; vgl. Abb. 16), dann sind es genau diese

Increasing structuration
of activities in local practices

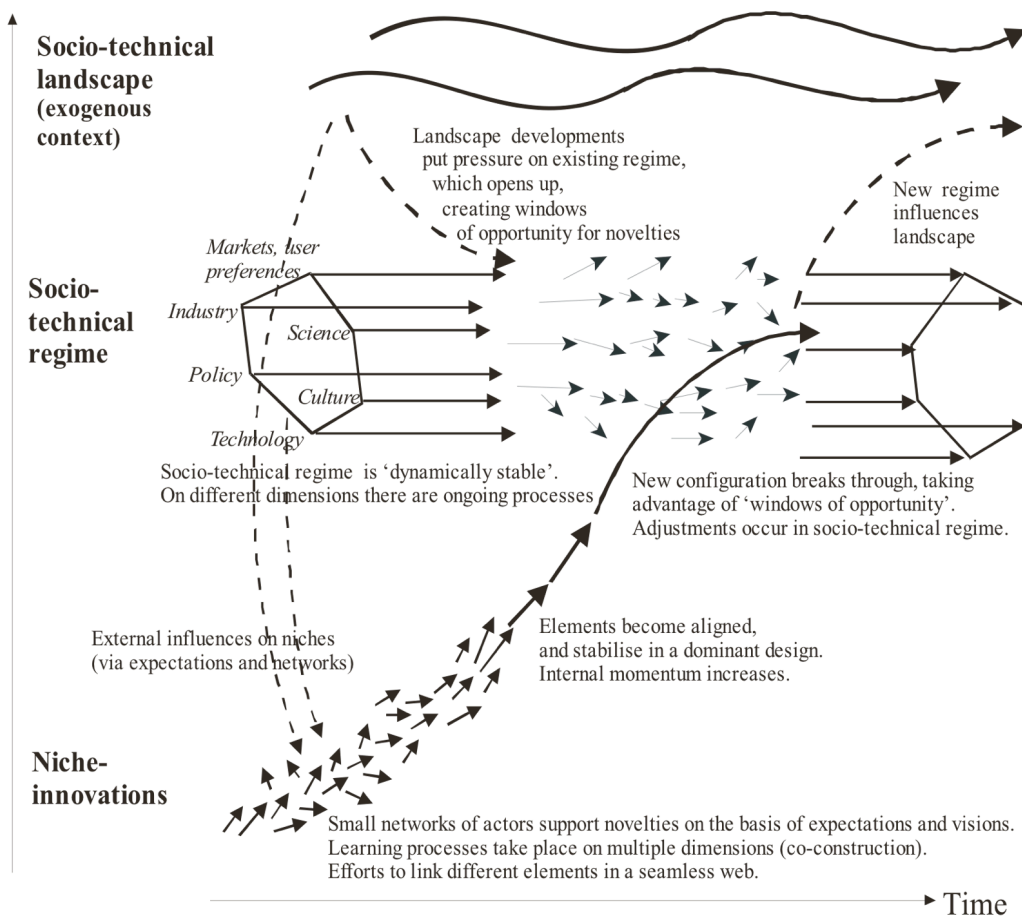


Abb. 6: Mehrebenenansatz der Transitionsforschung

Nischeninnovationen, die es lohnt zu identifizieren, systematisch zu entwickeln, in ihrer Wirkung zu evaluieren und im Erfolgsfall zu replizieren.

Die notwendige Kraft zur Veränderung sozio-technischer Regime entwickeln dabei nicht nur rein technische Innovationen, notwendig ist viel mehr deren frühe Einbettung in die geeigneten ökonomischen, politischen, kulturellen, sozialen und institutionellen Kontexte. Gefragt sind in diesem Sinne sogenannte Systeminnovationen, d.h. zum Beispiel die Verbindung neuer Technologien mit neuen Geschäftsfeldideen (spezifische Serviceangebote, Leasingpakete etc.) oder intelligenten Beteiligungsmuster. Maßnahmen der ZnE, die derartige Innovationen und deren Umsetzung adressieren, lassen eine besonders hohe Hebelwirkung erwarten.

Das hier betrachtete sozio-technische Regime „Stromsystem“, das durch die ZnE hauptsächlich adressiert wird, kann durch geeignete Teilsysteme dargestellt werden. Durch Analyse der Wirkungen der Programme und Maßnahmen auf diese Teilsysteme lassen sich Synergien und Lücken identifizieren und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der ZnE ableiten.

Die Teilsysteme des brasilianischen Stromsystems lassen sich wie nachfolgend dargestellt beschreiben. Die einzelnen Regime werden dabei jeweils der aktuellen Ausgangsbedingungen charakterisiert und Veränderungsbedarfe dort wo möglich angedeutet.

- **Infrastruktur: Stromnetze, Systemintegration**

Brasilien verfügt über ein Stromnetz, genannt *Sistema Interligado Nacional*, oder kurz SIN, das sich über das gesamte Land erstreckt. Das SIN wird zu großen Teilen von Wasserkraftwerken gespeist, die relativ weit von den großen Verbrauchern entfernt liegen, was zu langen Transportwegen und relativ hohen Transportverlusten führt. Auch die Zuverlässigkeit der Stromversorgung ist durch die weiten Transportwege und vielfach veraltete Betriebsmittel des Übertragungssystems verringert. Hinzu kommt, dass die Übertragungskapazitäten nicht ausreichend sind, um die wachsende Stromnachfrage in den Verbrauchszentren mittels interregionalem Stromtransfer zu bedienen. Die Operation des Stromnetzes ist optimiert für die maximale Nutzung der Wasserkraft, die die Grundlast bereitstellt. Eine vermehrte Nutzung intermittierender Ressourcen wie Windkraft und Solarenergie erfordert den Einsatz von technischen Optionen zum Fluktationsausgleich. Grundsätzlich kann die Wasserkraft einen Beitrag zum Ausgleich dieser neuen Energieträger leisten. Konkrete Pläne zur Umstrukturierung der Netzoperation und damit zur Systemintegration dieser neuen Erzeugungsstrukturen liegen bisher jedoch noch nicht vor.

- **Marktstrukturen: Finanzierungsbedingungen, Akteursstrukturen**

Die Finanzierung von Infrastrukturprojekten mit in der Regel langen Amortisationszeiträumen ist in Brasilien schwierig. Es fehlt an Angeboten zu Langzeitfinanzierung, die fast ausschließlich von den staatlichen Entwicklungsbanken gemacht werden, wobei die BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) die wichtigste Rolle im Bereich Industrie und Infrastruktur einnimmt. Privatbanken funktionieren bei der Langzeitfinanzierung allenfalls als Vermittler von Geldern des BNDES oder anderen externen Quellen. Die Finanzierung über die BNDES funktioniert normalerweise über subventionierte Zinssätze, welche unter dem Referenzzinssatz liegen. Die Kredite der

BNDES werden dabei hauptsächlich aus Fonds und Auslagen der Staatskasse und dem Fonds der Arbeitslosenversicherung FAT gespeist.

Die Akteure des Energiesektors bestehen auf staatlicher Seite aus verschiedenen Ministerien, wobei das Ministerium für Bergbau und Energie eine zentrale Rolle spielt. Im Bereich des Stromsektors sind hier die ihm untergeordnete Regulierungsbehörde ANEEL und die Energieplanungsbehörde EPE hervorzuheben. Während die EPE der wichtigste Berater im Bereich der Formulierung der Energiepolitik ist, repräsentiert die ANEEL das Organ in dem die Regeln und Verordnungen zu deren Umsetzung formuliert werden.

Auf der Angebotsseite des Stromsystems existiert mit den Betreibern und Zulieferern im Bereich der Kraftwerkstechnik, der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Akteure.

- **Technologie-Portfolio: Verfügbarkeit, technische Qualifizierung**

In Bezug auf die Nutzung erneuerbarer Energien verfügt Brasilien über einen reichen Erfahrungsschatz im Bereich Wasserkraft und Biomasse. In beiden Bereichen sind nationale Unternehmen in der Lage, Anlagen zu entwerfen und als Turn-key Projekte zu realisieren. Im Bereich Windenergie kann man seit 2009 die Entwicklung einer nationalen Wertschöpfungskette beobachten, die dazu führte dass sich bis in 2013 sieben Montagefirmen für Windkraftanlagen in Brasilien angesiedelt haben. Hinzu kommen jeweils vier Produzenten für Rotoren und Türme. In den Bereichen Anlagenbetrieb und Ausbildung herrscht jedoch weiterhin ein Mangel an Fachkräften zum verstärkten Ausbau des Sektors. Im Bereich Solarenergie hat sich bis 2014 nur ein Betrieb angesiedelt, der Module aus importierten Solarzellen herstellt. Die neuesten Entwicklungen bezüglich der Solarauktionen führten dazu, dass eine Reihe von Projekten zur Einführung von nationalen Produktionsstätten angekündigt wurden. Von zentraler Bedeutung sind hierfür hinreichend attraktive Standortbedingungen und die Aussichten auf stabile Märkte.

- **Politikrahmen: Gesetze, Regulierungen**

Im brasilianischen Stromsektor stehen die Versorgungssicherheit und die Stabilität der Tarife sowohl für die privaten als auch für die industriellen Stromkunden im Vordergrund. Eine breit und auf einen langen Zeitraum angelegte Subventionspolitik für erneuerbare Energien, wie z.B. die Einführung von Feed-In-Tarifen, wurde bisher abgelehnt. Dennoch wurden seit 2004 diverse Maßnahmen zur Unterstützung erneuerbarer Energien ergriffen, deren Regularien jedoch immer nur für kurze Zeiträume Gültigkeit hatten, so dass diese keine ausreichenden Anreize für Investoren darstellten. Hierzu zählen das PROINFA-Programm und diverse Energieauktionen, in denen spezifische Regeln und Strompreise für erneuerbare Energien definiert wurden.

- **Wissenschaftssystem: Wissensbasis, akademische Qualifizierung**

Vergleicht man Indikatoren für Forschung und Entwicklung Brasiliens mit denen Deutschlands, kann man beobachten, dass Brasiliens Forschungslandschaft noch deutlich weniger entwickelt ist. Nach Zahlen der Weltbank für das Jahr 2010 beläuft sich in Deutschland die Zahl der in Forschung und Entwicklung Beschäftigten auf 3667 pro Mio. Einwohner, während es in Brasilien nur 629 sind. Auch das Verhältnis der öffentlichen Ausgaben für F&E zum BIP liegt in Brasilien mit 1,1 % deutlich unterhalb der in Deutsch-

land gemessenen 2,7 %. Hinsichtlich der Aufteilung der investierten Gelder nach Forschungsfeldern ist zu beobachten, dass Energieforschung nur eine relativ geringe Rolle spielt. Nur 0,9 % der Forschungsgelder flossen 2010 in die Energieforschung. Dementsprechend ist auch die Verzahnung zwischen Forschungsinstituten und der Industrie schwach ausgeprägt.

- **Gesellschaftliche Akteure: Bewusstsein, Präferenzen, Routinen, gesellschaftliche Akzeptanz, Change Agents**

In Brasilien konnte man über die letzten 20 Jahre einen kontinuierlichen Anstieg des Umweltbewusstseins der Bevölkerung beobachten, wobei auch das Bewusstsein bezüglich der Verantwortung jedes einzelnen Bürgers angestiegen ist. Dennoch wird die Verantwortung für Umweltschutz generell den Bundes-, Landes- oder Kommunalregierungen zugeschrieben. Da in Brasilien die Bürgerbeteiligung in der Politik noch sehr gering ausgeprägt ist (so gering, dass der Index of Democracy 2014 des Economist Intelligence Unit's Brasilien als unvollständige Demokratie kategorisiert), trifft die Implementierung alternativer erneuerbarer Energien generell weder auf einen besonderen Rückhalt noch auf Widerstand. Grund für die grundsätzlich geringe Sensibilisierung in Bezug auf erneuerbare Energien ist, dass in Brasilien eine Reihe von anderen Problemen im Vordergrund stehen. Eine Umfrage aus dem Jahr 2012 identifizierte die folgenden Themen für die Bevölkerung als dringlichere Probleme: (1) Gesundheitssystem, (2) Gewalt und Kriminalität, (3) Arbeitslosigkeit (4) Schulsystem und (5) Korruption in der Politik.

Bei der Implementierung großer Wasserkraftwerke konnte man jedoch trotz der im Allgemeinen geringen Bürgerbeteiligung erhebliche Proteste beobachten, sowohl bei der lokalen Bevölkerung als auch in landesweiten Kampagnen.

4.2 Methodisches Vorgehen

Durch umfassende Dokumentenanalyse und leitfadengestützte Interviews wurden die aus den Wirkungshypothesen abgeleiteten Fragestellungen untersucht. Dazu wurden die Wirkungshypothesen für jedes Technologiefeld in kleinere Analyseeinheiten und Kernaussagen und entsprechende Teilfragen zerlegt.

Es wurden im Auftrag der deutschen Bundesregierung von GIZ und KfW durchgeführte Vorhaben in den Technologien der erneuerbaren Quellen Kleinwasserkraft, Photovoltaik, CSP, Solarthermie, Windkraft, Biomasse sowie im Bereich der Energieeffizienz betrachtet.

Die Analyse war aufgehängt an repräsentativen Einzelprojekten aus dem Energieportfolio, die das Spektrum der ZnE-Aktivitäten abdecken. Die Liste dieser Projekte, der Gesprächspartner der KfW, der GIZ und der brasilianischen Partnerinstitutionen findet sich im Anhang.

Die Projekte sind von der KfW und der GIZ in Abstimmung mit dem Länderteam ausgewählt worden, repräsentieren typische und wichtige Projekte aus dem Bereich ZnE, die Auswahl erhebt aber weder den Anspruch auf Vollständigkeit noch auf Repräsentativität.

Für die ausgewählten Technologiebereiche wurde jeweils systematisch analysiert, inwieweit die einzelnen Wirkungshypothesen bestätigt werden konnten. Insbesondere sollte der Wirkungshebel der von Deutschland aus eingesetzten Ressourcen kritisch hinterfragt werden.

Unter dem Wirkungshebel wird hier – in Abgrenzung zur DAC-Methodik - das Verhältnis der bereits erreichten oder in Zukunft erwarteten Wirkungen zu den von Deutschland eingesetzten Ressourcen verstanden. Mit Blick auf die ZnE-Aktivitäten kann der Wirkungshebel jedoch nicht nur als ein quantitativer Wert gesehen werden (z.B. resultierende Minderung der CO₂-Emissionen), da eine rein quantitative Betrachtung viele Effekte, die quantitativ nicht erfasst werden können oder erst in der Zukunft erwartet werden, ausblendet. Dies gilt zum Beispiel für Maßnahmen, die im Sinne von Vorleistungen (z.B. Qualifizierungsmaßnahmen) erst den Boden bereiten für im späteren Zeitverlauf durch weitere Maßnahmen dann ausschöpfbare und quantitativ messbare Erfolge.

Die hier durchgeführte Analyse grenzt sich dabei bewusst von einer klassischen Analyse respektive Evaluation von Einzelprojekten ab. Im Gegensatz zur quantitativen Beurteilung von Einzelprojekten steht hier die Beurteilung des Gesamt-Wirkungshebels im Mittelpunkt, so dass die ZnE-Aktivitäten in einem breiteren Wirkungszusammenhang betrachtet werden. Aufgrund der hierdurch bedingten Komplexitätserhöhung muss die Bewertung der Aktivitäten zwangsläufig stärker qualitativ orientierend ausfallen.

Insgesamt ist zu konstatieren, dass das gewählte Untersuchungsdesign im Vergleich zu einer vollständigen und umfassenden Analyse des gesamten Projektportfolios notwendigerweise Grenzen hat. Dies in Bezug auf die limitierte Anzahl der für die Analyse zur Verfügung stehenden Projekte ebenso wie für die Möglichkeit der Durchführung von Interviews. Gleichwohl vermittelt die Untersuchung einen robusten Eindruck von der grundsätzlichen Wirkungsweise der ZnE-Aktivitäten und lässt eine plausible Überprüfung der Wirkungshypothesen zu.

Die Analyse der einzelnen Technologiebereiche folgt einer einheitlichen Gliederung. Es erfolgt

- eine Diskussion des Beitrags der ZnE-Aktivitäten zu den übergeordneten Zielen, die brasilianische Energiematrix zu wettbewerbsfähigen Kosten zu diversifizieren, die Energieversorgungssicherheit zu erhöhen und die Emissionen von THG zu begrenzen und gleichzeitig nachhaltiges wirtschaftliches Wachstum und sozialen Fortschritt zu fördern,
- unter Rückgriff auf die Grundlagen der Transitionsforschung eine Einordnung der Wirkung auf das Regime des Stromsystems,
- eine Einschätzung der resultierenden Chancen für deutsche und europäische Unternehmen und
- eine Diskussion des Mehrwertes der ZnE.

Die jeweiligen Technologiekapitel schließen mit einem kurzen Fazit ab.

4.3 Die Technologien im Wirkungszusammenhang

4.3.1 Kleinwasserkraft

Beitrag zu übergeordneten Zielen

Mit der Förderung von Kleinwasserkraftwerken leistet die ZnE einen Beitrag zum Ausbau der nicht-konventionellen erneuerbaren Energien und trägt durch die Vermeidung von CO₂-Emissionen zu einer klimafreundlichen Diversifizierung der Energiematrix bei.

Der Beitrag zum Klimaschutz ist messbar gegeben: Laut Berichterstattung der Durchführungsorganisationen aus dem Jahr 2014 werden im Beispielprojekt KV-Investitionsprogramm Erneuerbare Energie/Eletrabras mit den beiden bereits fertig gestellten Kleinwasserkraftwerken THG-Reduktionen von 40.900 t CO₂¹¹ pro Jahr erreicht (GIZ, KfW, PTB 2014). Mit der Fertigstellung des dritten geplanten Kraftwerks könnte der Zielwert von 66.000 Tonnen eingespartem CO₂ pro Jahr erreicht werden. Mit derzeit 75,2 GWh gesicherter jährlicher Stromerzeugung tragen die fertig gestellten Kleinwasserkraftwerke zu einer Diversifizierung des Strommixes bei. Die finanzierten Anlagen weisen damit einen messbaren Erfolg von stabiler Leistung und CO₂-Reduktion auf.

Wirkung auf das Regime Stromsystem

Die Hebelwirkung der eingesetzten Haushaltsmittel wird durch einen zinsverbilligten Kredit der KfW (Instrument der integrierten Verbundfinanzierung) und wesentliche Eigenbeiträge des Projektträgers sichergestellt. Das Gesamtinvestitionsvolumen des Investitionsprogramms wird rund 92 Mio. Euro, davon 64,4 Mio. Euro KfW-Darlehen, betragen (GIZ, KfW, PTB 2014).

Mit Unterstützung der deutschen ZnE wurde die Einführung staatlicher Finanzierungslinien für KWKW erzielt, wodurch die finanzielle Hebelwirkung in Zukunft gesteigert werden kann.

Der Energieversorger Eletrosul nutzt die im Rahmen des Pilotvorhabens gesammelten Erfahrungen zur Umsetzung weiterer national geförderter KWKW-Vorhaben, bspw. im Rahmen einer Finanzierung durch den BNDES. In diesem Fall besteht eine weitere Hebelwirkung in Spill-over-Effekten: Technische Standards aus dem Pilotvorhaben werden in Folgeprojekten übernommen.

Die betrachteten FZ-Maßnahmen zur Förderung der Kleinwasserkraft wirken also auf das Regime Stromsystem in erster Linie auf die Teilsysteme Marktstrukturen und Infrastruktur, durch die Nutzung von nationaler Finanzierung in der Folge ist indirekt auch eine Auswirkung auf den Politikrahmen zu erwarten.

¹¹ Als Berechnungsgrundlage wurde angenommen, dass KWKW den Zubau von Gas- und Kohlekraftwerken substituieren, woraus ein CO₂-Koeffizient von 0.54 kg CO₂/kWh folgt.

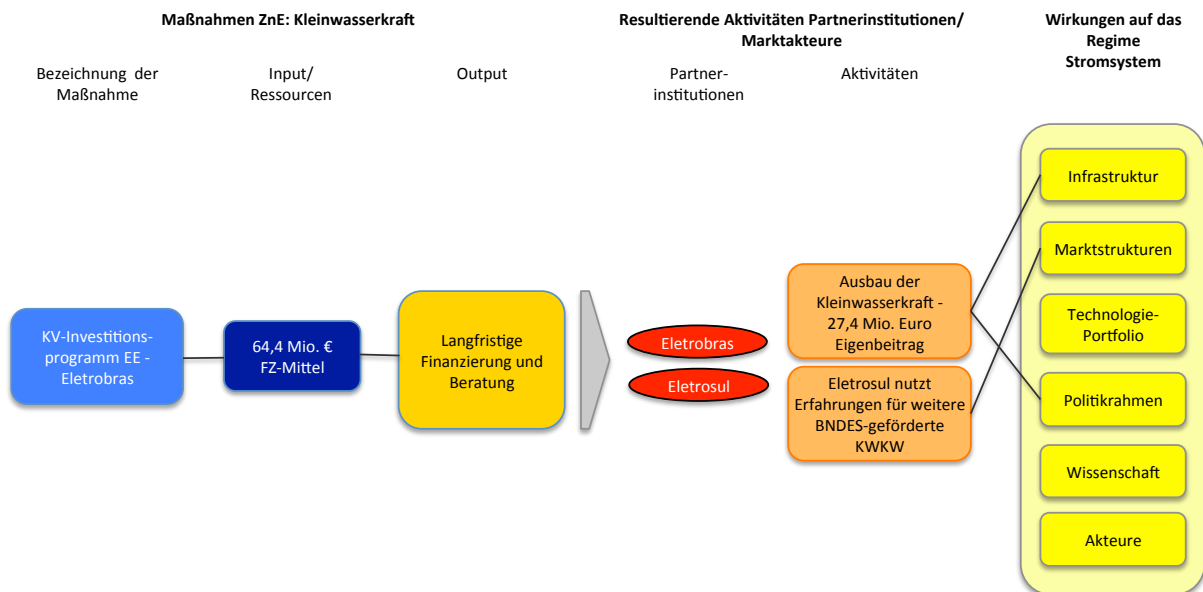


Abb. 7: Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich KWKW im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)

Chancen für deutsche und europäische Unternehmen

Da sich die Kleinwasserkraft in Brasilien in den letzten Jahren (v.a. gegenüber der Windkraft) als vergleichsweise teuer herausgestellt hat, wird sie von den Energieerzeugern weniger stark ausgebaut als vorgesehen (GIZ, KfW, PBT 2014).

Das Marktpotenzial der Kleinwasserkraft kann nicht allgemein in konkreten Zahlen angegeben werden. Jedes Projekt muss einzeln analysiert werden. Kosten und Nutzen können sich in den unterschiedlichen Projekten stark unterscheiden (Interview Daniel Padilha, CEMIG).

Die günstigen Finanzierungskonditionen der deutschen FZ können dazu beitragen, die Wirtschaftlichkeit der KWKW zu erhöhen. Bei Investitionen in Bau und Instandhaltung von KWKW bestehen Chancen für ein Engagement deutscher und europäischer Firmen. Zwei der drei geplanten Kleinwasserkraftwerke wurden bereits fertiggestellt. Sie wurden von der brasilianischen Tochtergesellschaft der deutschen Firma Siemens erbaut.

Mehrwert der ZnE

Eine wichtige Voraussetzung für die Entfaltung und damit für den Mehrwert der ZnE wird dadurch sichergestellt, dass GIZ und KfW mit Energieversorgungsunternehmen zusammenarbeiten, die für eine Diversifizierung der Stromerzeugung und damit auch für den Ausbau der Kleinwasserkraft offen sind. Bau und Erneuerung von Kleinwasserkraftwerken können insgesamt als breitenwirksame Programme bezeichnet werden, bei denen die eingesetzten Haushaltsmittel eine nachweisbare Klimawirkung erzielen.

Der Energieversorger Eletrosul hätte die beiden KWKW-Projekte, die durch Zuschüsse des BMZ finanziert wurden, auch ohne die KfW umgesetzt. Allerdings bietet die KfW bessere Konditionen als die nationale Förderbank BNDES (Interview Aumary Gregório, Eletrosul).

Fazit

Die finanzierten Kleinwasserkraftanlagen weisen einen messbaren Erfolg von stabiler Leistung und CO₂-Reduktionen auf: Durch die Finanzierung und Nutzung von derzeit 40 MW Kleinwasserkraft können CO₂-Emissionen in Höhe 40,9 t jährlich vermieden werden. Weitere Klimaschutzwirkungen sind nach Inbetriebnahme der geplanten Anlagen zu erwarten.

Bezüglich der Wirkungen auf die einzelnen Teilsysteme des Stromsystems (vgl. Abb. 7) wird hauptsächlich auf eine Stärkung der Infrastruktur und der Marktstrukturen gezielt. Durch die mit deutscher Unterstützung eingeführten staatlichen Finanzierungslinien für KWKW wurde aber auch der Politikrahmen beeinflusst. Die Teilsysteme Technologie-Portfolio, Wissenschaft und Akteure werden nicht adressiert. Es ist davon auszugehen, dass die gesellschaftliche Akzeptanz für KWKW gegeben ist, es bleibt daher für die Zukunft zu prüfen, ob in Brasilien genügend technisches und akademisches Know-how für eine Weiterentwicklung der KWKW vorhanden ist. Ggf. sind für die Zukunft Maßnahmen in diesen Feldern anzudenken.

4.3.2 Photovoltaik

Beitrag zu übergeordneten Zielen

Die Energieplanungsbehörde EPE rechnet mit einem dezentralen und über Auktionen gesteuerten Zubau an Photovoltaik (PV) von derzeit ca. 15 MWp auf insgesamt 3.500 MWp bis 2019 (GIZ, KfW, PTB 2014). Mit diesem Ausbau wären jährliche THG-Reduktionen in Höhe von ca. 37.500 t verbunden.

Ein solcher Ausbau trägt zu einer Diversifizierung der Energiematrix bei. Anfangs waren die Kosten zwar noch nicht wettbewerbsfähig, wie die Ergebnisse der ersten Solarauktionen zeigen, innerhalb kurzer Zeit ist die Stromerzeugung mittels PV aber konkurrenzfähig geworden. Insgesamt trägt der Ausbau der PV mittelfristig zu einer umweltfreundlichen, sicheren und effizienten Energieversorgung bei.

Daran, dass eine solche Entwicklung überhaupt zustande kam, haben die GIZ und die KfW durch ihre Vorhaben einen entscheidenden Anteil.

Durch Regelungen des Net Meterings, die mit Unterstützung der GIZ entwickelt wurden, dürfen seit 2012 dezentrale PV-Anlagen ans Stromnetz angeschlossen werden. Sie ergänzen zentrale Stromerzeugungsformen und erhöhen dadurch die Energiesicherheit. Bis Mitte August 2014 waren 144 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 2.340 kWp offiziell bei der ANEEL als Net Metering-Nutzer registriert (GIZ, KfW, PTB 2014, S. 11), bis Ende 2014 waren es nach Auskunft von ANEEL bereits 288 Anlagen.

Auch die von der GIZ unterstützten strategischen Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu Photovoltaik geben einen strategischen Impuls zur Weiterentwicklung der PV. Sie stellen die ersten spezifischen Fördermaßnahmen für diese Technologie in Brasilien dar.

Genauso tragen die Aktivitäten im Rahmen der Maßnahme America do Sol indirekt, aber entscheidend dazu bei, dass sich mittelfristig Veränderungen der Energiematrix ergeben.

Eine direkte Wirkung zeigt die PV-Pilotanlage auf dem Stadionsdach in Mineirão. Durch den Zubau von 1,4 MW im Jahr 2013 können 557 t CO₂-Emissionen¹² jährlich vermieden werden. Durch die Replizierung auf weiteren Stadionsdächern in Brasilien sind weitere Klimaschutzwirkungen zu erwarten. So sind im Jahr 2014 u. a. mit dem WM-Finalstadion Maracanã in Rio de Janeiro (400 kWp) und Recife (1 MWp) insgesamt drei Projekte mit einer Gesamtleistung von 5 MWp ans Netz gegangen (GIZ, KfW, PTB 2014, S. 11). Insbesondere Investoren, die den Solartstrom auch zu Marketingzwecken nutzen, profitieren von den PV-Anlagen auf den Stadionsdächern. Derzeit werden etwa 17 MWp installiert, wovon bereits rund 15 MWp bei der ANEEL registriert sind.

Wirkung auf das Regime Stromsystem

Bereits vor Verabschiedung des Net Metering wurde es durch Sondergenehmigung der ANEEL im Jahr 2011 im Solarstadion Pituaçu Solar in einem ersten Projekt angewendet. Diese praktische Erfahrung, finanziert durch das brasilianische EE-Programm PEE war als Vorläuferprojekt sowohl für das Net Metering als auch für die Stadionsdach PV-Anlage fundamental für die ANEEL. Die TZ hat das Projekt von der Konzeption bis zu den finalen Leistungstests begleitet.

Die 2012 von ANEEL beschlossene Resolution 482/2012 ermöglichte dann erstmals die dezentrale Einspeisung mit erneuerbaren Energien, vergütet zu Strom-Endtarifen. Die Regulierungsbehörde ANEEL suchte nach einer Einspeiseregelung, die relativ schnell und ohne Subventionierung und somit auch ohne politische Zustimmung umsetzbar ist. Das Net Metering für regenerativen Strom ist ein marktbasierter Verbreitungsansatz. Die meisten angeschlossenen PV-Anlagen kommen aus dem Haushaltssektor und der Provinz Minas Gerais (Interview Fabio Stacke, ANEEL).

Im weiteren Verlauf hat die TZ-Beratung im Rahmen öffentlicher Anhörungen durch einen Review der Anschlussbedingungen zu einer Verbesserung beigetragen. So konnten bspw. Überregulierungen und unnötige Zusatzkosten identifiziert werden.¹³ Darüber hinaus hat die GIZ den Prozess mit zahlreichen Fachstudien und Beratung zur Erstellung von Regelwerken unterstützt. Die TZ-Beratung hat auch dazu beigetragen, die neue Regulierung über Workshops und Handbücher zu verbreiten.

Durch die Entwicklungen bei der dezentralen Stromerzeugung, vor allem der PV, wurde das Interesse an Solarstrom beim MME geweckt. Die Entscheidung des MME, die Stromerzeugungstechnologien PV und CSP für die nationalen Auktionen ab Mitte 2013 zuzulassen, entstand u.a. durch den Rückhalt von ANEEL und EPE, die beide seit 2009 durch die ZnE speziell zum Thema Solarenergie beraten wurden (GIZ, KfW, PTB 2014, S. 19). Im November 2013 wurden erstmals PV-Kraftwerke bei einer staatlichen Stromauktion zugelassen. Die Aktion diente als Test für die erste spezifische PV-Stromauktion im Oktober 2014.

¹² Erwartete Stromproduktion 1984 MWh/a, CO₂-Faktor 0,281 t CO₂/MWh (Quelle: KfW, Programmanschlag Teil B FZ-Modul: Solar-WM Minas Gerais (CEMIG), 2011)

¹³ Ein wesentlicher Kostenfaktor bei kleinen Haushaltsanlagen war bisher der obligatorische Lasttrennschalter, der im Erdgeschoß sichtbar an der Außenwand angebracht werden musste. In Deutschland ist ein solcher Schalter erst ab einer Anlagengröße über 30 kWp üblich.

Zur Verbreitung der neuen Regulierung trägt auch die Unterstützung der NGO Instituto Ideal durch die deutsche TZ bei. Zwei Mitarbeiter des Instituto Ideal werden von der GIZ finanziert und haben dort Vollzeitarbeitsplätze. Durch einen Zuschuss der KfW werden Informationen zu Net Metering und Solarenergie aufbereitet und in Lateinamerika verbreitet. Von 90.000 gedruckten Broschüren wurden bereits 60.000 verteilt. Der Internetauftritt www.americadosol.org verzeichnete im ersten Halbjahr 2014 etwa 151.000 Besuche. Die NGO führt regelmäßig Veranstaltungen überwiegend in Form eintägiger Konferenzen durch. Im Rahmen des Solarfonds Fundo Solar, in Kooperation mit dem Grüner Strom Label, wurden Erfahrungen aus der Umsetzungspraxis der Projekte zusammengestellt. Diese Erfahrungen werden von ANEEL aktiv nachgefragt.

Das Instituto Ideal hatte darüber hinaus einen direkten Einfluss auf die Veränderung des normativen und regulatorischen Rahmens nach der Verabschiedung des Net Metering, dadurch, dass ein Mitarbeiter der NGO in der Arbeitsgruppe zur Entwicklung des Net Metering vertreten war (Interview Mauro Passos und Ricardo Ruether, Instituto Ideal). Mit den beschriebenen Aktivitäten trägt die von der ZnE finanziell und personell unterstützte NGO zur Entwicklung und Verbreitung des Net Metering bei.

Nachdem bereits im Jahr 2011 mit dem Solarstadion Piteuaçu Solar die Machbarkeit von PV auf Stadiondächern in Brasilien demonstriert worden war, wurde im Jahr 2013 die erste PV-Anlage auf dem Dach eines WM-Stadions in Mineirão eingeweiht. Mit diesem Vorhaben sollte das wirtschaftliche Potenzial netzgebundener Photovoltaik in Brasilien nachgewiesen werden und eine Verbreitung der Technologie erreicht werden. Der Demonstrationscharakter bezieht sich auf das Geschäftsmodell des „green marketing“. Der generierte Strom wird an einen unabhängigen Stromkunden verkauft, der einen höheren Preis für den grünen Strom bezahlt. Zur Schulung und zum Wissenstransfer wurden Besuchsreisen zu bestehenden Anlagen organisiert. Diesen Missionen wird eine wichtige Rolle und sehr positive Wirkungen zugeschrieben. Die Planung und Durchführung des Projekts erfolgte durch eine brasilianische Consultingfirma und ein spanisches Unternehmen. Wichtig war die Begleitung durch die GIZ, da das Know-how im Bereich PV bei brasilianischen Firmen noch als unzureichend angesehen werden kann. Das Vorhaben umfasst ein geplantes Gesamtinvestitionsvolumen von 12,5 Mio. Euro, welches sich aus einem zinsverbilligten Darlehen in Höhe von 10 Mio. Euro und einem Eigenbeitrag der CEMIG zusammensetzt. Für das Mineirão wurden rund 40 % des Gesamtinvestitionsvolumens eingesetzt. Weitere PV-Standorte befinden sich in der Analyse.

Nicht unter den betrachteten Beispielmaßnahmen aufgeführt, aber dennoch erwähnenswert ist, dass zur Entwicklung von Aus- und Weiterbildungsprogrammen im Bereich PV die TZ mit SENAI, dem nationalen Dienstleister für die industrielle Aus- und Weiterbildung zusammenarbeitet. Die entwickelten Konzepte gelten als Grundlage für Bildungsangebote in ausgewählten regionalen Zentren von SENAI. An der Entwicklung der Bildungsangebote im Bereich 4E sind Experten aus 18 Regionalabteilungen beteiligt, die in entsprechenden Arbeitsgruppen über das SENAI Energienetzwerk organisiert sind. Hier wird mit geringen Mitteln eine zukünftige wirksame Verbreitung angestrebt.

In Abb. 8 sind die Wirkungen der ZnE-Aktivitäten im Bereich der Photovoltaik auf die Teilsystem des Regimes Stromsystem dargestellt. Die vielfältigen Verbindungen der Aktivitäten der Partnerinstitutionen zu den Teilsystemen des Stromsystems machen deutlich, dass alle Teil-

systeme aus verschiedenen Richtungen adressiert werden, so dass eine systemische Unterstützung der Photovoltaik durch die ZnE in Brasilien vorliegt.

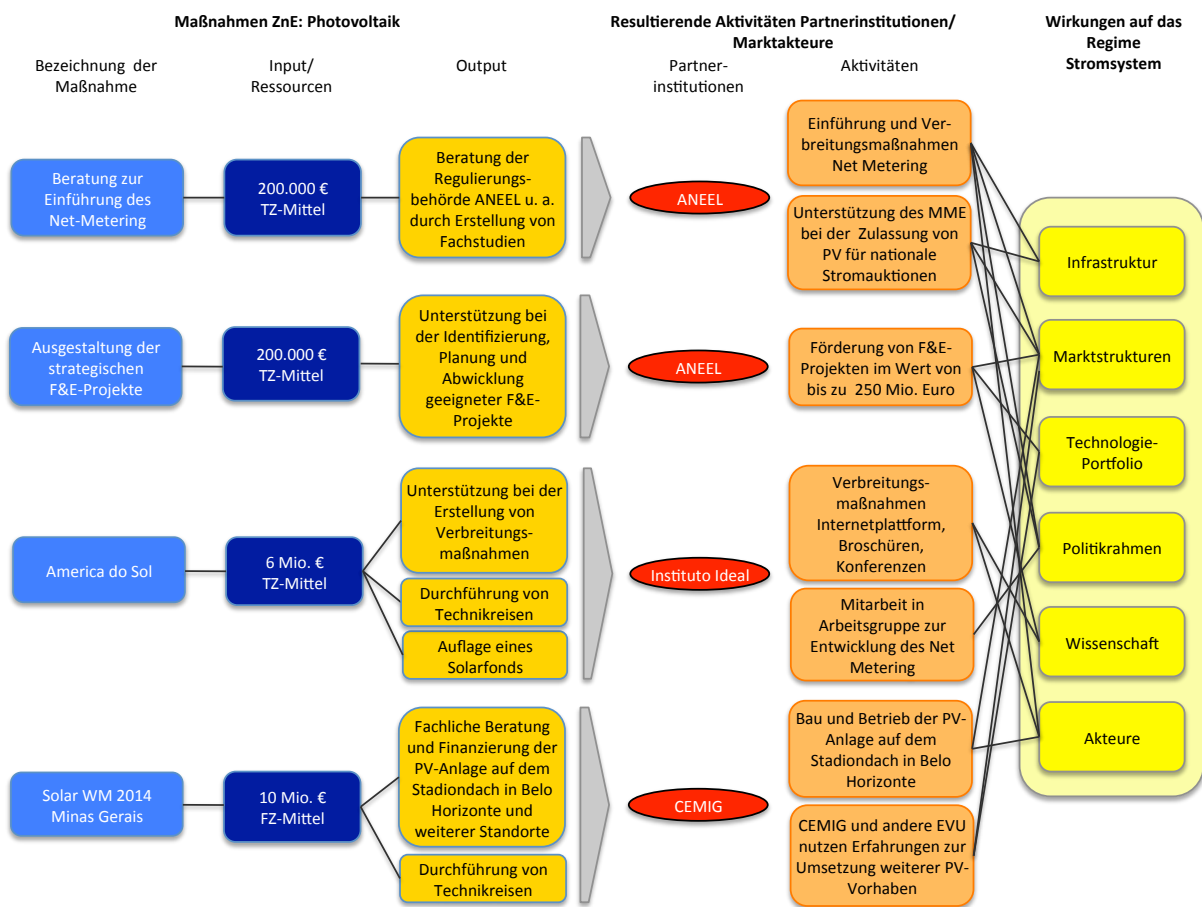


Abb. 8: Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Photovoltaik im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)

Chancen für deutsche und europäische Unternehmen

Die Potenziale zur Nutzung von Sonnenenergie in Brasilien sind groß und die Photovoltaik steht noch am Anfang der Marktentwicklung. Der brasilianische Markt für PV hat in den kommenden Jahren gute Wachstumschancen. Zahlreiche Aktivitäten der ZnE konnten strategische Impulse setzen und tragen dazu bei, dass die PV mittelfristig eine ähnliche Entwicklung wie die Windkraft nehmen könnte. So wird erwartet, dass die Net Metering-Regelung insbesondere für PV genutzt wird und dadurch der Technologie zur Marktfähigkeit verhilft. Zu den Haupttreibern zählen auch die Auktionen für Freiflächenanlagen. Der zunehmende Energiebedarf, steigende Elektrizitätspreise und die wachsende Bekanntheit der Technologie in der Bevölkerung in Kombination mit sinkenden Systempreisen treiben das Marktwachstum weiter voran. Die Entscheidung des MME, Solarenergien zu den nationalen Auktionen zuzulassen, ist ebenso ein positives Signal. Die ZnE kann durch Beratung von ANEEL speziell zum Thema Solarenergie auf einen stabilen Markt im Rahmen der Auktionen hinwirken (GIZ, KfW, PTB 2014).

Die Net Metering-Regelung bietet im PV-Bereich vor allem mittelständischen Unternehmen Möglichkeiten zur Markterschließung in Brasilien. Die Internetplattform America do Sol bietet auch deutschen und europäischen Unternehmen die Möglichkeit, ihre Vertretungen im Firmenregister einzutragen. An einigen strategischen F&E-Projekten sind deutsche Forschungsinstitutionen und Firmen direkt beteiligt.

Auch deutsche Projektentwickler haben Angebote im ersten bundesweiten Vergabeverfahren speziell für PV-Projekte eingereicht. Bis 2018 erwartet die EPE PV-Kapazitäten in Höhe von 3.500 MW – der derzeitige Stand liegt bei 15 MW installierten Kapazitäten. Die deutsche Firma Sowitec gewann eines der sechs vom Bundesstaat Pernambuco vergebenen PV-Projekte und wird bis 2015 eine 30-MW-Anlage installieren.

Zu den in Brasilien tätigen Unternehmen mit deutschen Wurzeln zählt bspw. ENEVA, hervorgegangen aus der deutschen E.ON und der Stromsparte von Eike Batistas EBX-Konzern (AHK 2014). Das Beispiel der ENEVA, das derzeit ums Überleben kämpft, zeigt aber auch, wie schwierig es für deutsche und europäische Unternehmen ist, in Brasilien erfolgreich zu sein. Die in Kap. 2.3.3 beschriebenen Local Content Regelungen stellen für Unternehmen wegen der Importbarrieren ein starkes Hemmnis für ein Engagement dar. Eine Auflistung der auf dem brasilianischen Solarmarkt tätigen deutschen und europäischen Firmen findet sich im Anhang 6.6.

Gute Einstrahlungsbedingungen, relativ hohe Endkundenpreise und ein unbürokratisches Net Metering sind jedoch für eine dynamische Marktentwicklung nicht ausreichend. Vor allem die Einführung zinsgünstiger Kredite ist fundamental für die Attraktivität von PV-Investitionen, ebenso wie die Zurückführung hoher Importzölle und Steuerbelastungen (Interview Sebastian Blum und Philipp Hein, IPEX & DEG).

Mehrwert der ZnE

Die ZnE konnte in Bezug auf PV strategische Impulse im brasilianischen Energiesektor setzen. Seit 2012 dürfen dezentrale Anlagen ans Stromnetz angeschlossen werden, was einen Paradigmenwechsel im stark auf zentrale Erzeugung ausgerichteten brasilianischen Stromsektor darstellt.

Im Rahmen des F&E-Programms der ANEEL waren ursprünglich keine Investitionen in kommerzielle PV-Stromerzeugungsanlagen vorgesehen. Dies beschränkte den Mittelabfluss der Förderprogramme. Durch das „Strategische F&E-Projekt“ zum Thema Photovoltaik eröffnet sich für die Energieversorger zum ersten Mal die Möglichkeit, ihre F&E-Mittel in Photovoltaik zu investieren. Möglich wurde dies durch eine langjährige und vertrauensvolle Zusammenarbeit der GIZ mit ANEEL. Im Zusammenhang mit der Entwicklung und Weiterentwicklung des Net Metering wird als Gewinn hervorgehoben, dass in der Zusammenarbeit mit der GIZ Beratungsthemen frei gewählt werden können und die Beratung qualitativ hochwertig ist (Interview Fabio Stacke, ANEEL).

Es bestehen immer noch zahlreiche Hemmnisse, die den Ausbau der PV erschweren, vor allem bedingt durch die begrenzten Fördermechanismen, die hohen Finanzierungskosten und Local-Content-Bestimmungen der nationalen Förderbank BNDES. Die PV hat bereits Netzparität erreicht, d.h. sie ist wettbewerbsfähig zu anderen neu errichteten Stromerzeugungsanlagen.

Der Marktentwicklung zuträglich wäre aus Sicht von ANEEL ein Kapazitätsausbau bei den Installateuren. Darüber hinaus fehlt ein unkomplizierter Zugang zu finanzieller Förderung. Die GIZ ist zusammen mit dem Grünen Strom Label und dem Instituto Ideal mit der Gründung des Solarfonds „Fundo Solar“ mit gutem Beispiel vorangegangen. Die Zusammenarbeit mit einer NGO wie dem Instituto Ideal hat sich daher als sehr fruchtbar erwiesen.

Ein weiteres Hemmnis für potenzielle Investoren von PV-Anlagen besteht darin, dass die BNDES Stromlieferverträge über 30 Jahre fordert. Der Vorteil der Zusammenarbeit mit der KfW liegt z.B. für Eletrosul (Interview Aumary Gregório, Electrosul) darin, dass bei einem KfW-Darlehen die brasilianische Regierung bürgt, und solche Langzeitverträge daher nicht nötig sind.

Fazit

PV trägt zur Diversifizierung der Energiematrix bei. Die EPE rechnet mit einem Ausbau der PV in Höhe von 3.500 MWp bis 2019. Zur Energiesicherheit leistet die PV dadurch einen Beitrag, dass sie zentrale Stromerzeugungsformen durch dezentrale Stromerzeugungsformen ergänzt. Die ZnE hat einen wesentlichen Impuls zur Entwicklung des PV-Marktes gesetzt, insbesondere durch die Beratung zur Einführung des Net Metering im Jahr 2012. Die Verbreitung der Regulierung erfolgt vor allem über die Internetplattform „America do Sol“ des von der ZnE unterstützten Instituto Ideal. Weiterhin führte die Beratung zu PV-Auktionen zu einer spezifischen PV-Auktion im August 2014. Die ZnE trägt damit maßgeblich zur Marktentwicklung der PV bei, deren Haupttreiber die Stromauktionen und das Net Metering sind.

Die Photovoltaik könnte mittelfristig eine ähnlich erfolgreiche Entwicklung wie die Windkraft nehmen. Dazu hat die ZnE wichtige Impulse gegeben. Doch fehlt im dezentralen Bereich ein unkomplizierter Zugang zu finanzieller Förderung für Anlagen im Net Metering. Auch Local-Content Bestimmungen erschweren die Entwicklung, da noch keine eigenständige PV-Produktion in Brasilien existiert.

Die Zusammenarbeit mit Nichtregierungsorganisationen scheint ein ausbaufähiges Modell zu sein, um Technologien und zugehörige Regulierungen bei Endverbrauchern bekannt zu machen.

Insgesamt zeigt die Analyse, dass die ZnE alle Teilsystem des Stromsystems fördert, aber noch eine Reihe von Markthemmnissen existiert, die überwunden werden müssen.

4.3.3 CSP

Beitrag zu übergeordneten Zielen

Durch die Einführung von CSP wird die brasilianische Energiematrix um eine weitere Energieerzeugungsform ergänzt. Die Technologie bietet darüber hinaus den Vorteil, bei ausreichend großem thermischen Speicher bis zu einem gewissen Grad regelbar zu sein und damit weitergehende Systemdienstleistungen bereitstellen zu können. CSP-Kraftwerke leisten einen direkten Beitrag zum Klimaschutz, da sie fossile Kraftwerke ersetzen. Die Technologie kann im strukturschwachen Nordosten einen Beitrag zur Regionalentwicklung leisten, da die

Potenziale für lokale Fertigung hohe mittel- und langfristige Impulse für die Entwicklung der Region ermöglichen.

Darüber hinaus bietet sie Lösungen für spezifische Umweltprobleme. Industriezweige im Nordosten mit Prozessen wie Gipstrocknung, Fruchtsaftherstellung und Textilverarbeitung nutzen oft Holz aus illegalem Einschlag zur Erzeugung der Prozesswärme. Durch den Einsatz von CSP kann die Abholzung zur Prozesswärmeerzeugung reduziert werden. Damit kann CSP potentiell einen Beitrag nicht nur zum Klimaschutz, sondern auch zu einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung und zu sozialem Fortschritt in Brasilien leisten.

Wirkung auf das Regime Stromsystem

Das CSP-DKTI-Vorhaben läuft erst seit zweieinhalb Jahren. Dennoch konnten bereits durch verbesserte Rahmenbedingungen und nationale Finanzierungslinien für CSP deutliche Wirkungen erzielt werden. Der Großteil der Wirkungen wird sich jedoch erst mittel- und langfristig einstellen.

Bereits erreicht wurden Wirkungen in Form von Know-how-Transfer: Die Beratung der Partnerorganisationen MCTI und EPE im Rahmen der TZ-Maßnahme erfolgt auf hohem methodischen und fachlichen Niveau, Planer und Betriebspersonal werden weitergebildet. Fünf Förderprogramme haben das übertragene Fachwissen und gemeinsam erarbeitete Methoden bereits erfolgreich angewendet. Ein wesentliches Ergebnis ist, dass CSP von der Energieplanungsbehörde EPE in die Energieplanung einbezogen wird.

Neben der Stromerzeugung werden im Rahmen der TZ-Maßnahme auch gezielt Ansätze für die Erzeugung und Nutzung von Prozesswärme entwickelt, so dass sich eine größere Anwendungsbreite als durch alleinige Fokussierung auf die Stromerzeugung ergibt. ANEEL, EPE, das Umweltministerium, das Industrieministerium und der Industrieentwicklungsvorband (ABDI) speisen diese Erfahrungen direkt in die entstehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen ein. Hier arbeiten die Akteure der Wertschöpfungskette und die Gestalter der Rahmenbedingungen eng zusammen.

Seit November 2013 sind CSP-Projekte teilweise in nationalen Energieauktionen zugelassen. Aufgrund mangelnder technischer Qualität erhielt jedoch keines der Projekte bisher den Zuschlag.

Das Technologieförderprogramm Inova stellt zinsgünstige Darlehen und Zuschüsse in Höhe von 1 Milliarde Euro für Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie die Ansiedlung von Industrie in innovativen Bereichen bereit. Unter den ausgewählten Projekten ist ein CSP-Biomasse-Kraftwerk mit Trainingszentrum.

Aktivitäten in den Bereichen Wissenschaft und Ausbildung tragen zum Know-how-Transfer bei und umfassen Curricula-Entwicklung sowie Forschungskooperationsprojekte zwischen deutschen und brasilianischen Hochschulen. Gemeinsam mit DAAD, CAPES und MCTI wurden die Bewertungskriterien für eingehende Hochschulkooperationsprojekte entwickelt. Kontaktseminare für deutsche und brasilianische Wissenschaftler hatten dabei eine dammbrechende Wirkung. Insbesondere durch die schnell veröffentlichten und finanziell gut ausgestatteten Ausschreibungen für Forschung durch CAPES und CNPq kam es zu einem Sprung in der angewandten Forschung zu CSP.

Zusätzlich zu den Partnerbeiträgen (Personal, Veranstaltungen, Studienreisen) und der laufenden Förderung (rund 1.170.000 Euro) für CSP-Forschung veröffentlichte der nationale Forschungsrat im Juli 2014 eine landesweite Ausschreibung für Forschungsnetzwerke, die erstmals auch CSP berücksichtigt. Außerdem finanziert CAPES aus Haushaltsmitteln die brasilianischen Partner der Hochschulkooperationsprojekte mit rund 516.000 Euro. Diese Leistungen sieht das MCTI als direkte Partnerbeiträge zum DKTI-Projekt.

ANEEL hat angekündigt, CSP-Projekte im Rahmen ihrer strategischen F&E-Ausschreibung zu fördern, diese Ausschreibung ist aber noch nicht veröffentlicht. EVUs können trotzdem CSP-Projekte außerhalb der strategischen Ausschreibung einreichen, allerdings hat bisher kein EVU davon Gebrauch gemacht.

Im Rahmen einer FZ-Maßnahme ist zudem die Finanzierung eines ersten kommerziellen CSP Kraftwerks industrieller Größenordnung in Zusammenarbeit mit dem Energieversorger CHESF geplant. Der Mitteleinsatz deutscher öffentlicher Gelder beläuft sich dabei insgesamt bisher auf 638.000 an SBF Mitteln zur Projektvorbereitung sowie auf die Bereitstellung eines Gesamtkredits in Höhe von 75 Mio. Euro zur Projektdurchführung.

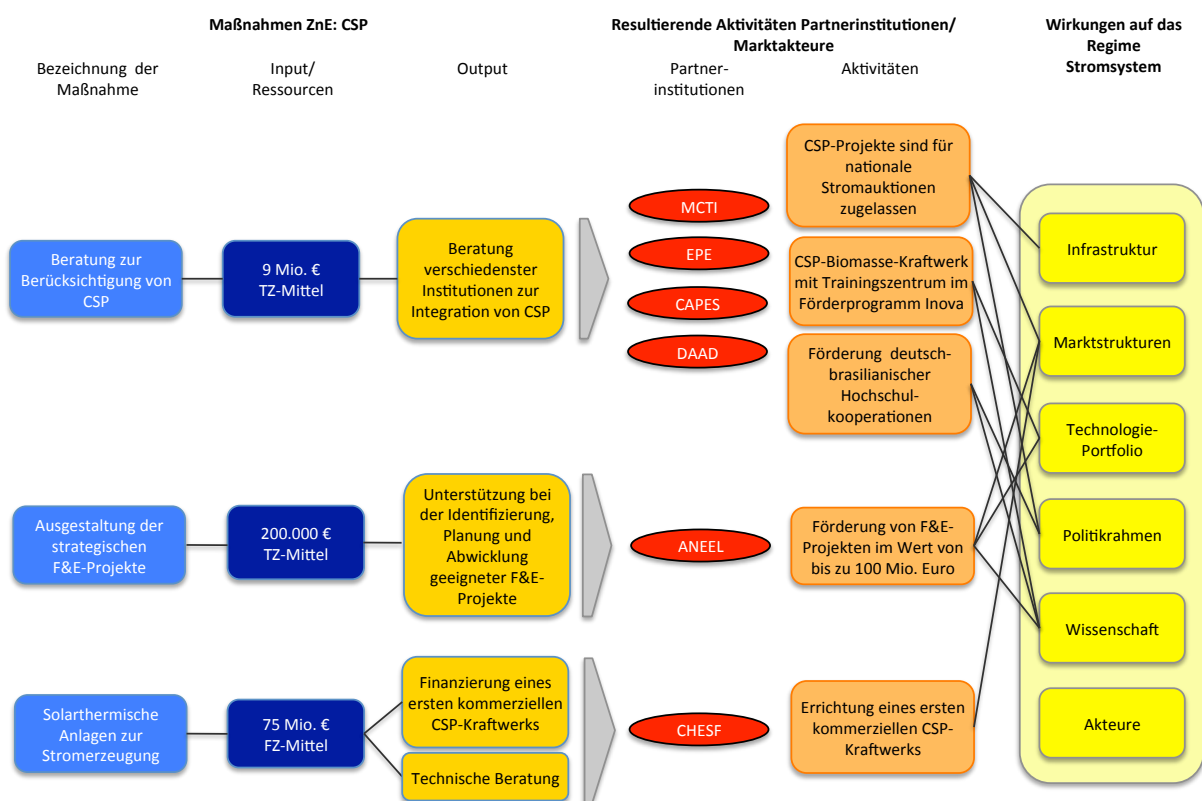


Abb. 9: Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich CSP im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)

Bei der Analyse der Wirkungen der ZnE im Bereich CSP auf die Teilsysteme des Regimes Stromsystem fällt auf (vgl. Abb. 9), dass insbesondere die wissenschaftliche Ebene sehr stark adressiert wird. Dies spiegelt die derzeitige Wahrnehmung dieser Technologie als noch stark entwicklungsbedürftig wieder und erklärt das Interesse der brasilianischen Regierung an Innovationen durch CSP. Entsprechend sind auch noch keine kommerziellen CSP-

Projekte in den Stromauktionen oder im Rahmen der FZ-Maßnahme realisiert worden. Auch sind die Rahmenbedingungen für CSP-Projekte noch nicht so gut gestaltet, dass sich diese bisher in Auktionen in direkter Konkurrenz gegen die günstigeren Windenergie- oder Photovoltaikprojekte durchsetzen konnten.

Die CSP-Technologie steht in Brasilien noch am Anfang, so dass gesellschaftliche Akteure in die Maßnahmen noch nicht integriert sind.

Chancen für deutsche und europäische Unternehmen

Die ZnE trägt maßgeblich zu einer beschleunigten Entwicklung des CSP-Marktes bei. Hohe Qualitätsstandards erhöhen auch die Marktchancen von deutschen und europäischen Technologielieferanten. Vor allem Receiver und Vakuumröhren könnten von deutschen und europäischen Firmen exportiert werden. Auf dem brasilianischen Markt aktiv sind bspw. die Firmen Schleicher, Kanne-Gruppe und Grenzebach.

Diverse deutsche Consultingfirmen sind direkt an Maßnahmen und der Umsetzung von Pilotvorhaben beteiligt. ANEEL plant, im Rahmen der Ausgestaltung der F&E-Projekte in einem strategischen Call CSP-Pilotprojekte auszuschreiben, von denen auch deutsche und europäische Consultingfirmen wie Pro Target, Fichtner, Integration und GFA profitieren können. Auch Forschungsinstitutionen wie das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum sowie Fraunhofer ISE können Beratungsleistungen erbringen.

Mehrwert der ZnE

Bei der konzentrierenden Solarthermie handelt es sich um eine sehr komplexe Technologie. Das größte Hemmnis besteht in den hohen Kosten und mangelnden Erfahrungen. CSP muss daher ganzheitlich gefördert werden: die Lehr- und Forschungsaktivitäten an den Universitäten müssen intensiviert werden und Anreize müssen geschaffen werden, um solarthermische Kraftwerke in Brasilien betreiben zu können. Vor allem muss analysiert werden, wie die Technologie an die brasilianischen Rahmenbedingungen angepasst werden kann. Diese Herausforderung bietet Chancen für deutsche und europäische Firmen, da sie bereits über zahlreiche Praxiserfahrungen verfügt.

Die ZnE verfolgt einen umfassenden Ansatz, der auf den Säulen Rahmenbedingungen, Wertschöpfungskette sowie Wissenschaft und Ausbildung fußt. Die ZnE zeigt die hierfür notwendigen Managementqualitäten: Sie stellt Kontakte zu Unternehmen und Forschungsinstitutionen her. Von der engen und vertrauensvollen Zusammenarbeit mit Akteuren wie ANEEL und EPE profitieren auch weitere Akteure wie das MCTI. Es findet Netzwerkbildung statt. Darüber hinaus charakterisiert die Zusammenarbeit mit Deutschland – im Unterschied zur bilateralen Kooperation mit anderen Ländern – ihre Flexibilität. So war bspw. ein Technologietransfer im Bereich Methoden zur Messung von Solareinstrahlung ursprünglich nicht vorgesehen, konnte aber unbürokratisch organisiert werden.

Neben der Flexibilität in der Beratung sind die technische Kompetenz und die Vermittlung der Kontakte zu kompetenten Partnern entscheidende Erfolgsfaktoren. Die BNDES verfügt nicht über Finanzierungslinien für kommerzielle CSP-Anlagen in der von der FZ unterstützten Größenordnung von mindestens 50 MW. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die FZ mit ihrer Förderung mittelfristig ein Signal an die brasilianische Förderbank sendet.

Das Thema Innovationen wird in mehreren brasilianischen Ministerien bearbeitet. Die ZnE nutzt Opportunitäten, indem sie mit dem Wissenschaftsministerium zusammenarbeitet, das großes Interesse an der Einführung von CSP hat. Opportunitäten werden auch genutzt, indem Mittel zur Regionalentwicklung des Nordostens für die Förderung von CSP genutzt werden. Dadurch, dass die ZnE sich bei CSP nicht allein auf die Stromerzeugung konzentriert, sondern gleichermaßen die Produktion von Prozesswärme berücksichtigt, lassen sich im Nordosten ganzheitliche Lösungen für spezifische Umweltprobleme entwickeln (Holzeinschlag zur Erzeugung von Prozesswärme in der Gipsherstellung).

In der Zusammenarbeit mit CHESF wird das Gesamtpaket aus Finanzierung und Beratung als Mehrwert gesehen, d.h. Besuchsreisen zu Standorten in Europa, die Einstrahlungsmessungen und der strukturelle Effekt des Technologietransfers (Interview Pedro Bezerra, CHESF).

Fazit

Die ZnE kann durch die Förderung von CSP mittel- bis langfristig hohe positive Wirkungen auf die Diversifizierung der Energiematrix, die Energiesicherheit und den Klimaschutz erzielen. Zwar ist CSP preislich noch nicht wettbewerbsfähig mit konventionellen Alternativen, aber eine sehr innovative Technologie, die auch Beiträge zur Regionalentwicklung und zur Lösung spezieller Umweltprobleme (Abholzung in der Catinga) leisten kann.

Hebelwirkungen sind erst mittelfristig zu erwarten. Es ist schon jetzt absehbar, dass auch durch Wissenschafts- und Hochschulkooperationen Mittel in größerem Umfang akquiriert werden können. Ein Markt für CSP könnte sich auch aufgrund der Förderaktivitäten der ZnE in den nächsten Jahren entwickeln.

Die Analyse des Regimes Stromsystem zeigt entsprechend des Entwicklungsstandes von CSP in Brasilien einen Schwerpunkt auf Forschungsaktivitäten, die vermutlich in den nächsten Jahren in erste kommerzielle Anlagen münden werden. Derzeit scheint das Wissenschaftsministerium ein starker Treiber dieser Entwicklung zu sein. Die Gesellschaft hat von den Aktivitäten und Möglichkeiten bei CSP aber offenbar noch kein Bewusstsein entwickelt. Zur Stärkung, Beschleunigung und nachhaltigen Verankerung der Markteinführung kann es daher sinnvoll sein, die gesellschaftlichen Akteure frühzeitig einzubinden.

4.3.4 Solarthermie

Beitrag zu übergeordneten Zielen

Durch die in Brasilien übliche Erwärmung von Brauchwasser mit elektrischem Strom entstehen hohe Lastspitzen, vor allem zwischen 18 und 21 Uhr. Durch die Verbreitung von Solarthermie können Lastspitzen abgebaut und Kraftwerkskapazitäten eingespart werden. Ausgehend von dem Beispielprojekt: Mangueira Solarthermie/Tausend Dächer hat die brasilianische Regierung die Förderung von solarthermischen Anlagen in das soziale Wohnungsbauprogramm Minha Casa Minha Vida integriert und im Rahmen dieses Programms ca. 200.000 Anlagen finanziert. Damit werden insgesamt ca. 7.000 t CO₂-Äquivalente pro Jahr eingespart, womit es einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz leistet.

Wirkung auf das Regime Stromsystem

Ausgehend von dem Demonstrationsprojekt Mangueira Solarthermie/Tausend Dächer hat die brasilianische Regierung die Förderung von solarthermischen Anlagen in das soziale Wohnungsbauprogramm Minha Casa Minha Vida (Mein Haus, mein Leben - MCMV) integriert. Bislang wurden im Rahmen dieses Programms ca. 200.000 Anlagen bundesweit finanziert. Seit 2011 ist die Ausstattung von Sozialwohnungen mit Solarthermie in Einfamilienwohnungen brasilienweit verpflichtend. Das führte dazu, dass nationale Qualitätsstandards eingeführt wurden und dass Techniker Schulungen zur Planung, Installation, Wartung und Unterhaltung solarthermischer Anlagen erhalten.

Der finanzielle Wirkungshebel ist als hoch zu bezeichnen: Durch den Einsatz eines Budgets der ZnE in Höhe von 1,74 Mio. Euro konnten Investitionen in der Größenordnung von 194,5 Mio. Euro ausgelöst werden (inklusive der Subventionsmittel im Rahmen des MCMV).

Zusätzlich wird das brasilianische Umweltministerium (MMA) unterstützt. 2009 wurde auf Anregung der GIZ eine interministerielle Arbeitsgruppe zum Thema Solarthermie eingerichtet. Durch Umsetzung von etwa 5 Aktionslinien besteht die Zielsetzung, die installierte Fläche solarthermischer Anlagen in Brasilien bis 2015 von knapp 7,5 Mio. m² (Basisjahr 2010) auf ca. 15 Mio. m² zu verdoppeln. Die Einrichtung der interministeriellen Arbeitsgruppe sorgt dafür, dass die solare Warmwasserbereitung koordiniert mit einem Strategieplan zur Verbreitung der Solarthermie angegangen wird, und das Thema Solarthermie heute auch außerhalb des sozialen Wohnungsbaus Beachtung findet. Die GIZ ist Teilnehmer der Arbeitsgruppe.

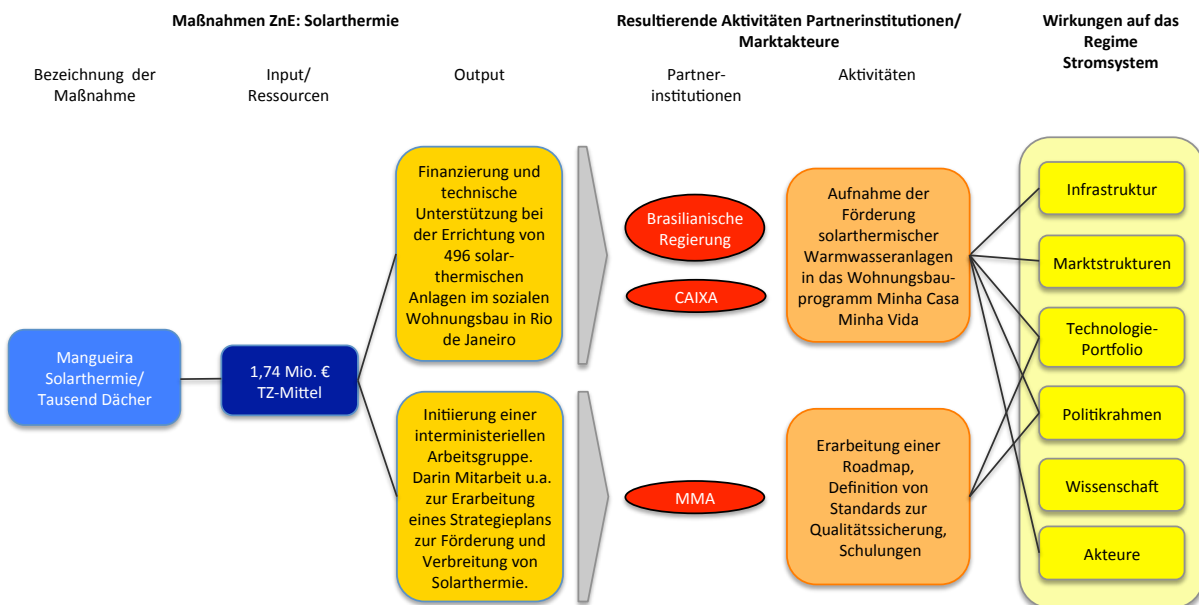


Abb. 10: Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Solarthermie im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)

Die Wirkung der resultierenden Aktivitäten der betrachteten Maßnahme im Wirkungszusammenhang in Bezug auf die Teilsysteme des Stromsystems ist vielfältig und adressiert fast alle Teilsysteme des Stromsystems (vgl. Abb. 10). Zum einen wird die Infrastruktur entlastet, und es werden Marktstrukturen für eine neue innovative Technologie aufgebaut. Basis für

diese Entwicklung ist ein veränderter Politikrahmen u. a. durch Integration der Solarthermie in das Förderprogramm Minha Casa Minha Vida gepaart mit Standards zur Qualitätssicherung und Schulungen.

Chancen für deutsche und europäische Unternehmen

Der Markt für solare Warmwasserbereitung wächst seit 2007 jährlich um ca. 20 % an (AHK 2013). Etwa 100-140 Produzenten von Kollektoren oder Systemen sind derzeit am Markt aktiv, Qualität und Preise liegen allerdings weit unter deutschem Standard. Zu den größeren landesweit agierenden Herstellern zählt die Firma Bosch/Heliotek¹⁴.

Durch die technische Beratung im Rahmen der deutschen Zusammenarbeit werden heute hohe technische Standards bei solarthermischen Warmwasseranlagen gefordert. Davon können auch deutsche und europäische Firmen profitieren. Verwendet werden in Brasilien vor allem Flachkollektoren. Nicht nur im sozialen Wohnungsbau ist die Verwendung von Solarthermie zur Warmwasserbereitung verpflichtend, die Stadt São Paulo hat gesetzlich veranlasst, dass Bauunternehmen sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude nur noch mit Anlagen zur solaren Warmwasserbereitung übergeben dürfen. In weiteren 80 Städten des Landes stehen ähnliche Gesetzesvorhaben zur Entscheidung und Umsetzung aus.

Mehrwert der ZnE

Zwar gab es in Brasilien bereits Ansätze zur Verbreitung der solarthermischen Warmwasserbereitung. Diese waren allerdings nicht sehr erfolgreich, obwohl die rechtlichen Rahmenbedingungen bereits teilweise gegeben waren. Die TZ hat Opportunitäten genutzt, indem sie über das Pilotprojekt Mangueira Solarthermie/Tausend Dächer die Zusammenarbeit mit den für diesen Sektor relevanten Akteuren, insbesondere mit dem Umweltministerium, aber auch mit dem Energie- und dem Städteministerium gesucht hat. Dies hat in der Folge dann erst zu der starken Verbreitung beigetragen.

Fazit

Die ZnE-Maßnahme Mangueira Solarthermie/1000 Dächer hat stark zu der Verbreitung und zur Qualitätssteigerung von solarthermischen Anlagen in Brasilien beigetragen. Der Markt für solarthermische Anlagen wächst sehr stark, nicht zuletzt durch eine Gestaltung des Politikrahmens, der die Verwendung von solarthermischer Warmwasserbereitung im sozialen Wohnungsbau verpflichtend vorschreibt.

Alle Teilsysteme des Regimes Stromsystems werden durch die ZnE-Maßnahme aktiviert, außer das Feld der Wissenschaft. Hier wäre zu prüfen, ob Evaluierungsmaßnahmen oder Begleitforschung zu Problemen beim Einsatz von Solarthermie im sozialen Wohnungsbau bereits an anderer Stelle erfolgen oder ob sie ggf. in zukünftige Programme mit aufgenommen werden sollten.

¹⁴ Bosch hatte 2012 die Firma Heliotek, einen brasilianischen Hersteller von Solarthermie-Systemen übernommen, um seinen Zugang zu dem brasilianischen Markt zu verbessern.

4.3.5 Windkraft

Beitrag zu übergeordneten Zielen

Die ZnE-Aktivitäten tragen auf ganz unterschiedliche Weise zu den übergeordneten Zielen bei.

Die AMA Winddatenbank trägt dazu bei, Kenntnisse über die Charakteristika der Windverhältnisse in verschiedenen Regionen Brasiliens zu erhalten. Dies ermöglicht eine adäquate Berücksichtigung von Windenergie in der mittel- und langfristigen Energieplanung und gibt damit Impulse für eine zunehmende Nutzung dieser erneuerbaren Energie und damit zur Diversifizierung der Energiematrix und zur CO₂-Einsparung.

Das Ausbildungszentrum Windindustrie trägt dazu bei, dem Fachkräftemangel in der brasilianischen Windindustrie mittelfristig entgegen zu wirken. So kann das von der Energieplanungsbehörde festgelegte Ausbauziel für Windkraft erreicht werden. Die Entwicklung der brasilianischen Windkraftbranche führt darüber hinaus zu Beschäftigungseffekten und trägt damit zu einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung und sozialem Fortschritt bei.

Im Rahmen des Windparkprogramms I (2009-2011) wurden 4 Windparks mit 120 MW Leistung installiert (GIZ, KfW, PTB 2014). Dies entsprach zum Zeitpunkt der Fertigstellung rund 20 % der gesamten installierten Leistung im Windenergiebereich Brasiliens. Die gesicherte jährliche Stromerzeugung in den vier Windparks beläuft sich auf 316.700 MWh. Etwa 89.000 Tonnen CO₂¹⁵ werden dadurch jährlich eingespart. Durch die im Rahmen des einsetzenden Windparkprogramms II (2014-2017) zu finanzierenden Windparks werden voraussichtlich insgesamt bis zu 281.000 t CO₂ pro Jahr eingespart werden kann. Bei Programmende soll die installierte Windkraftkapazität 330 MW und die gesicherte jährliche Stromerzeugung 1.000 GWh betragen. Die Windkraft hat im Jahr 2014 bereits einen Anteil von 3 % am brasilianischen Strommix der installierten Leistung (4 GW) erreicht.

In der Summe ergeben sich hohe messbare Wirkungen auf die Diversifizierung des Strommixes, die Energiesicherheit und den Klimaschutz.

Wirkung auf das Regime Stromsystem

Die TZ-Maßnahme AMA-Winddatenbank führte zu einer der weltweit umfassendsten Datenbanken zur Erfassung von Winddaten in einem Land. Durch die TZ-Beratung wurde die Datenspeicherung der Winddatenbank inklusive hoher Messstandards in die Auktionsregeln integriert. So konnten Spill-over Effekte bei Windmessungen erreicht werden. Bis dato liefern 250 Messtürme qualitativ hochwertige Winddaten an EPE. Auf Basis der umfangreichen Winddatenbank AMA der EPE veröffentlicht die EPE nun vierteljährlich einen Windindex auf ihrer Internetseite. Dieser bietet Projektentwicklern eine Orientierung bei der Standortwahl für neue Windparks (GIZ, KfW, PTB 2014). Windkraftanlagenhersteller und Messtechnik-Lieferanten nutzen die Datenbank, um das Langfristverhalten ihrer Komponenten und Messgeräte z.B. im Hinblick auf Feuchtigkeit und Temperatur zu testen. Damit trägt die Datenbank auch zur Technologieentwicklung bei (Interview Juárez López, EPE).

¹⁵ CO₂-Faktor 0,281 t CO₂/MWh

Zur Stärkung der technischen Qualifizierung von technischem Personal arbeitet die TZ mit dem Weiterbildungseinrichtung SENAI zusammen. SENAI hat zur Erarbeitung von Bildungskonzepten unter anderem eine Arbeitsgruppe mit Vertretern von Unternehmen und Verbänden zu Windenergie eingerichtet. Zwei Konzepte zu Windtechnik wurden im Oktober 2013 veröffentlicht, die in allen SENAI Bildungseinrichtungen als Grundlage für Qualifizierungen dienen (GIZ, KfW, PTB 2014). Etwa 150 Personen nehmen jährlich an den Fortbildungen teil.

Das Ausbildungszentrum Windenergie hat einen hohen finanziellen Wirkungshebel. Der Beitrag der ZnE liegt bei ca. 250.000 Euro, während sich das Investitionsvolumen in Natal insgesamt auf circa 1 Million Euro beläuft. Jedes weitere regionale Trainingszentrum ist ebenfalls mit Investitionskosten in Höhe von 1 Million Euro verbunden. Das Konzept soll brasilienweit zum Einsatz kommen. So hat ein weiteres Trainingszentrum in Fortaleza kürzlich mit dem Aufbau begonnen.

Durch die Windparkprogramme konnten erhebliche Investitionen seitens der BNDES und privater Investoren mobilisiert werden. So kamen zu den 135,6 Mio. USD des FZ-Darlehens Eigenmittel der BNDES in Höhe von 183,5 Mio. USD und Eigenmittel der Windparkbetreiber von 107,5 Mio. USD. Die Gesamtkosten für das Windparkprogramm II belaufen sich voraussichtlich auf rund 670 Mio. USD, die aus einem FZ-Entwicklungskredit (zinsverbilligtes Darlehen) in Höhe von 335 Mio. USD, einem Eigenbeitrag der BNDES in Höhe von 167,5 Mio. USD sowie einem Eigenbeitrag der Endkreditnehmer in Höhe von mindestens 167,5 Mio. USD finanziert werden sollen (GIZ, KfW, PTB 2014).

Die Windparkprogramme haben einen großen Einfluss auf den Start der Marktentwicklung insgesamt. Im Rahmen der Vorhaben leistet die FZ auch eine technologische Beratung. Diese trägt dazu bei, hohe Anforderungen an Windparks sicherzustellen. So ist die KfW unterstützend tätig bei der Definition von Qualitätskriterien in den Ausschreibungen, bei der Organisation in den Betrieben (z.B. den Energieversorgern), bei der Standortsuche und bei der Vertragsgestaltung.

Wie die Analyse der Wirkungen auf das Regime Stromsystem zeigt (vgl. Abb. 11), werden fast alle Teilsysteme angesprochen. Entsprechend kann die Unterstützung beim Aufbau der Windenergie durch die ZnE auch als Erfolg betrachtet werden. Die verschiedenen Aktivitäten greifen gut ineinander. Nur die Einbeziehung der Gesellschaft wird in den ZnE-Maßnahmen nicht thematisiert. Das ist möglicherweise in Brasilien nicht notwendig, da es bis jetzt noch keinen breit getragenen Widerstand der Bevölkerung gegen einzelne Windparkstandorte gibt.

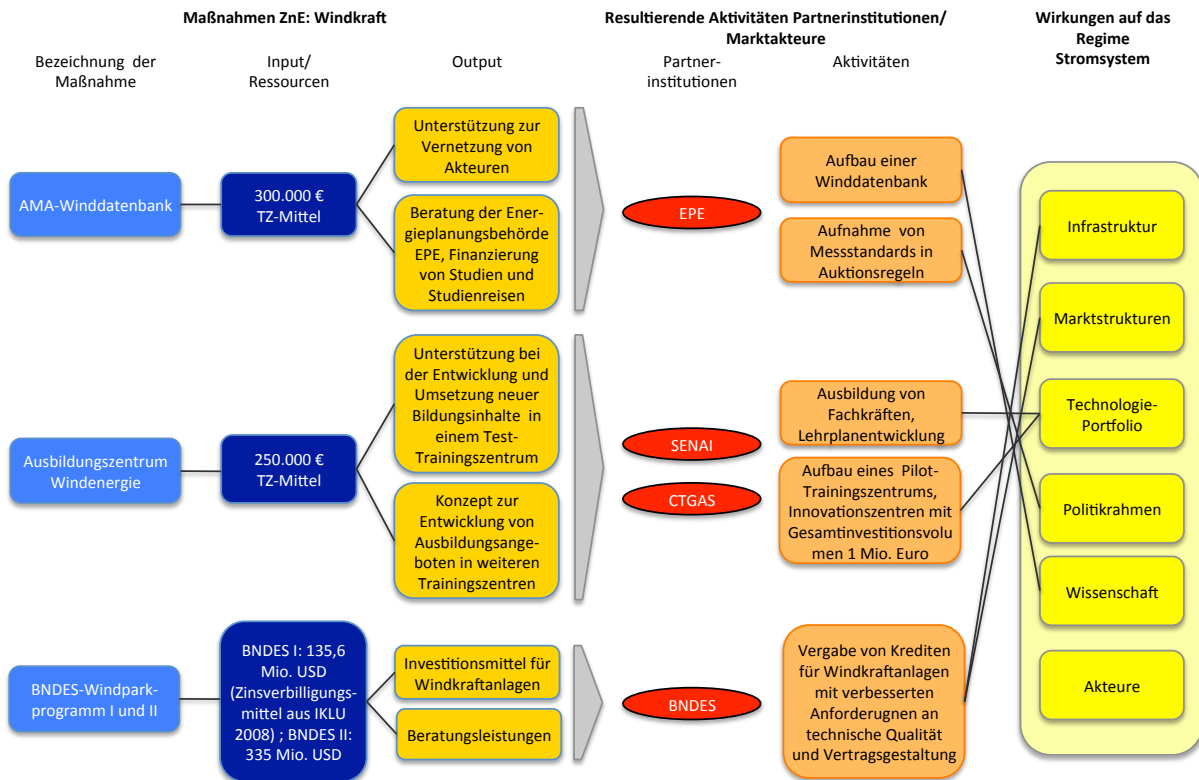


Abb. 11: Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Windkraft im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)

Chancen für deutsche und europäische Unternehmen

Der brasilianische Windmarkt gehört zu den attraktivsten weltweit. Schon jetzt rangiert er in Sachen Wachstum hinter China auf Platz zwei (Larive 2014). Das Marktwachstum wird angetrieben durch sehr gute Windpotenziale, das Auktionssystem und günstige Finanzierungsmöglichkeiten der brasilianischen Entwicklungsbank. In den kommenden Jahren ist mit einem starken Wachstum der Onshore-Branche um jährlich 2 MW zu rechnen. Bezüglich der Offshore-Potenziale gehen Branchenkenner davon aus, dass sich kein Offshore-Windmarkt in Brasilien in den nächsten 10 bis 20 Jahren entwickeln wird.

An dieser Marktentwicklung hatte auch die ZnE ihren Anteil. Deutsche und europäische Unternehmen beteiligen sich stark an dem seit 2009 entstandenen Markt. Zahlreiche internationale Firmen haben sich bereits in Brasilien angesiedelt, um Zugang zur BNDES-Förderung zu bekommen, darunter auch deutsche Anlagenhersteller wie Siemens, Wobben/Enercon und Vulcan. Die Turbinenhersteller Vestas aus Dänemark, Alstom aus Frankreich und Acciona aus Spanien sind ebenfalls in Brasilien tätig. Eine Auflistung der deutschen und europäischen Firmen, die auf dem brasilianischen Windenergiemarkt aktiv sind, findet sich im Anhang 6.5.

Einen limitierenden Faktor stellt der Fachkräftemangel entlang der gesamten Wertschöpfungskette dar. Der nationale Verband für Windenergie ABEOLICA schätzt, dass 200.000 Fachkräfte in den kommenden 10 Jahren fehlen werden. Die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal durch den Aufbau der Ausbildungszentren stellt daher für die Zukunft eine Verbesserung der Marktbedingungen für alle Wettbewerber dar. Die Einführung internationaler

Standards auch in der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften erleichtert die Anpassungen an den brasilianischen Markt auch für ausländische Unternehmen.

Einige dieser Firmen kämpfen allerdings mit Problemen aufgrund der Importbarrieren durch die Local Content Regelungen. Für ausländische Unternehmen gilt, dass ein festgesetzter Anteil der Bauteile in Brasilien hergestellt sein muss (siehe dazu auch den Kasten „Local Content Regelungen“ in Abschnitt 2.3.3). Unternehmen müssen von BNDES zertifiziert sein, um Maschinenteile mit Krediten dieser Bank zu kaufen. Unter anderem müssen mindestens 70 Prozent der in den Türmen verbauten Stahlplatten sowie sämtlicher Beton aus Brasilien stammen (Windmesse 2013). So treten immer noch Fehler in der Planung und Ausführung und durch die Verwendung qualitativ schlechter Komponenten auf. Qualitativ hochwertige Komponenten vermeiden dagegen teure Wartungszeiten und Stillstandszeiten (Interview Oscar Gonzalez, KfW). Ausländische Zulieferer müssen somit entweder mit heimischen Zulieferern zusammenarbeiten oder aber eigene Werke im Land bauen. Insbesondere bei elektronischen Bauteilen fällt es der Industrie schwer, auf einheimische Produkte zurückzugreifen oder sie in eigenen Werken in Brasilien herzustellen, da die dazu notwendige Wertschöpfungskette in Brasilien noch nicht existiert.

Mehrwert der ZnE

Die ZnE hat sowohl durch ihre Beratungsleistungen als auch durch die Finanzierung von Windparks strategische Impulse zur Marktentwicklung gegeben. Dies verdeutlichen beispielhaft die TZ-Maßnahme „AMA-Winddatenbank“ und die Windparkprogramme I und II der finanziellen Zusammenarbeit.

Die TZ verfügt über Arbeitsplätze in der EPE. Durch die enge und oft als vertrauensvoll beschriebene Zusammenarbeit ist die TZ in der Lage, gezielt auf Bedarfe der Partnerinstitution einzugehen. Die TZ organisiert unbürokratisch Besuchsreisen, leistet und organisiert Beratung auf hohem fachlichen Niveau, finanziert Studien und stellt die Verbindung zwischen AMA und den Lieferanten von Messtechnik und Windkraftkomponenten her. Die zur Datenspeicherung der AMA-Winddatenbank eingesetzten Messinstrumente sind qualitativ hochwertig (Interview Juárez López, EPE). Durch die Nähe zu den Partnerinstitutionen gelingt es der TZ, Opportunitäten zu nutzen, d.h. Themen und Probleme aufzugreifen und innovative Lösungen anzubieten, so z.B. die Aufnahme verpflichtender Windmessungen in die Auktionsregeln.

Die TZ trägt auf diese Weise durch die technische Beratung und die Definition technischer Standards, die auch in nationale Förderprogramme aufgenommen werden, zur Qualitätssicherung der Windparks bei.

Die FZ ergänzt die TZ-Aktivitäten und spielt in der Finanzierung von Windparks eine große Rolle. Die durch die FZ ermöglichten Finanzierungsangebote unterscheiden sich deutlich von den sonstigen Angeboten der brasilianischen Förderbank BNDES. Dies zeigt die Zusammenarbeit mit dem Energieversorger Eletrosul, der als Endkreditnehmer die KfW-Finanzierung durchgeleitet über die nationale Förderbank BNDES erhält. Stromabnahmeverträge im Rahmen der BNDES-Finanzierungen im Rahmen der FZ laufen über 20 Jahre, während auf dem freien Markt nur Verträge mit kürzeren Laufzeiten möglich sind. Zusätzlich bietet die KfW eine Stundung für die Rückzahlung von 12 Jahren an. Die günstigen Konditionen der KfW ermöglichen es daher dem Unternehmen, in den Ausbau der Windkraft zu investie-

ren (Interview Tomé Aumary Gregório, Eletrosul). Einschränkend ist jedoch zu sagen, dass Kunden der BNDES den Local-Content-Bestimmungen unterliegen, so dass nicht alle gewünschten Qualitätsanforderungen umgesetzt werden können.

Fazit

Die ZnE erzielt durch die Förderung der Windkraft in Brasilien mit geringen Mitteln hohe Wirkungen für die Diversifizierung der Energiematrix, die Energiesicherheit und den Klimaschutz. Vor allem durch die Auflage von Finanzierungslinien und der Übernahme technischer Standards in die Ausschreibungsunterlagen der nationalen Förderbank BNDES konnte die ZnE bisher nicht nur eine hohe finanzielle Hebelwirkung erreichen, sondern auch zur Qualitätssicherung und Technologieentwicklung beitragen. Durch die Aufnahme von technologischen Standards für Windmessungen in das Regelwerk nationaler Windauktionen werden Spill-over-Effekte und Beiträge zur Technologieentwicklung von Anlagenkomponenten und Messtechnik erreicht. Die ZnE unterstützt in der Zusammenarbeit mit SENAI die weitere Marktentwicklung der Windenergie auch mit der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften.

Damit werden alle bislang wichtigen Teilsysteme des Regimes Stromsysteme bei der Windenergie unterstützt. Nicht adressiert wird bislang die gesellschaftliche Teilhabe. Das mag in Brasilien bisher nicht notwendig gewesen sein, da, anders als z.B. in Deutschland und in anderen Ländern, kein Widerstand gegen Windparkstandorte zu erwarten war. Dies ändert sich aber gerade, und so ist zu beobachten, dass sich auch an brasilianischen Windparkstandorten Widerstand formiert, der in Zukunft noch zunehmen kann. Es wird daher in zukünftigen Programmen zunehmend wichtiger, die gesellschaftlichen Akteure frühzeitig mit in die Planungen einzubeziehen.

Zusammenfassend wird deutlich, dass der Windenergiemarkt sich noch in Entwicklung befindet, weshalb eine weitere Begleitung zukünftig noch sinnvoll ist. Insbesondere ergeben sich speziell bei der Windkraft spezifische Fragen der Systemintegration, die mit zunehmenden Anteilen der Windenergie am Strommix virulenter werden und gelöst werden müssen. Hier kann Deutschland mit seinen Erfahrungen aus dem Energiewendeprozess ein hilfreicher Partner sein.

4.3.6 Biogas

Beitrag zu übergeordneten Zielen

Ein Beitrag zur Diversifizierung der Energiematrix wird durch zweierlei Effekte erreicht. Zum einen wird das in Biogasanlagen erzeugte Biogas energetisch genutzt und ersetzt damit auch fossil betriebene Stromerzeugungsarten, zum anderen vermindert die Behandlung und Stabilisierung der organischen Fraktion der festen Siedlungsabfälle die Emission von Treibhausgasen.

Nach Fertigstellung aller Investitionsvorhaben in diesem Bereich betragen die erwarteten direkten Einsparungen 40.000 t CO₂ jährlich. Die erwarteten indirekten Einsparungen bewegen sich zwischen 500.0000 t und 1 Mio. t CO₂ jährlich ab 2018. Durch eine verbesserte

Siedlungshygiene und zu erwartende Beschäftigungseffekte trägt das DKTI-Vorhaben auch zu einer nachhaltigen Entwicklung und sozialem Fortschritt bei.

Wirkung auf das Regime Stromsystem

Das ZnE-Vorhaben profitieren davon, dass eine Neuregelung der Abfallpolitik aus dem Jahr 2010 wirksam geworden ist. Seit August 2014 müssen Abfälle vor einer Endlagerung behandelt werden und können vor einer Deponierung zur Energieerzeugung genutzt werden. Behandlungstechnologien wie mechanisch-biologische Aufbereitungsanlagen sowie Biogas- und Kompostanlagen werden daher mittelfristig vermehrt installiert und betrieben werden.

Die damit verbundenen Wirkungen auf das Regime Stromsystem (vgl. Abb 12) konzentrieren sich im Wesentlichen auf die vier Teilsysteme Marktstrukturen, Technologieportfolio, Politikrahmen und Wissenschaft. Das ist nachvollziehbar angesichts des innovativen Charakters dieser Technologie in Brasilien. Das Interesse an dieser Technologie ist aber groß, wie z.B. Besuche aus anderen Bundesstaaten beim Referenzprojekt der COPASA zeigen (Interview mit Marcelo Galo, COPASA), so dass die Akteure auch auf eine Verbreitung und die Systemintegration von Biogasanlagen vorbereitet sein sollten. Auch gesellschaftliche Ebene einzubeziehen, ist wichtig. So ist zu erkennen, dass die Einspeiseregulierung des Net Metering bisher für den Ausbau der energetischen Biogasnutzung nicht sehr relevant gewesen ist.

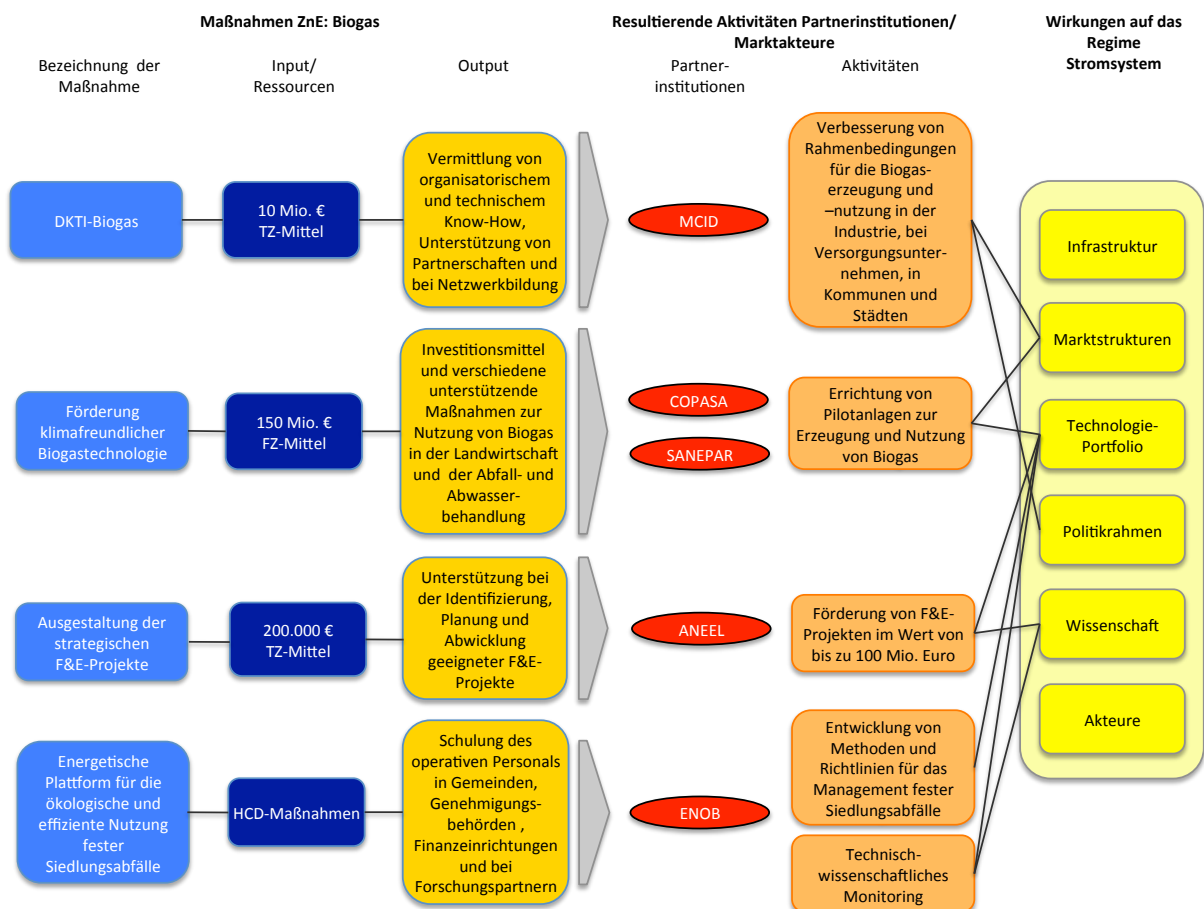


Abb. 12: Die betrachteten ZnE-Maßnahmen im Bereich Biogas im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)

Chancen für deutsche und europäische Unternehmen

Die ZnE trägt insgesamt durch ihre Maßnahmen und Aktivitäten zur einer Marktentwicklung im Bereich Biogas bei.

Mit einer breiten Anwendung der Technologie ist in den nächsten Jahren zu rechnen (Interview mit Waldo Villani, SEMAE). Besuchsreisen nach Deutschland und die Herstellung von Kontakten zu deutschen Lieferanten haben zum Technologietransfer beigetragen.

Eine wesentliche Herausforderung im Rahmen der ZnE ist hier die Anpassung der Biogastechnologien an lokale Bedingungen. Dabei stellen nicht allein wirtschaftliche, sondern auch soziale und klimatische Bedingungen eine Herausforderung dar. In einem Handbuch zur energetischen Nutzung von Biogas in Brasilien, das die TZ u.a. in Zusammenarbeit mit SEMAE und COPASA erstellt hat, werden die Erfahrungen zu wirtschaftlichem Betrieb und notwendige Maßnahmen zur Anpassung an örtliche Bedingungen weitergegeben und damit die Marktdurchdringung gefördert.

Weiterhin hat die ZnE durch Potenzialstudien, die Übersetzung des Leitfadens Biogas, eine Baseline-Studie zu Geschäftsmodellen und die Durchführung eines Biogas-Industrietages zur Entwicklung des Marktes beigetragen. Die ZnE arbeitet zu diesem Zweck mit dem Fachverband Biogas (EZ-Scout der GIZ) und mit Multiplikatoren von SENAI zusammen.

Im Referenzprojekt mit dem Abwasserunternehmen COPASA stammt die eingesetzte Technologie des Gasometers sowie Teile der elektrischen Ausrüstung aus Deutschland. Deutsche Unternehmen sind weltweit führend im Bereich Abfallbehandlungs- und Biogastechnologien, so dass man schließen kann, dass deutsche und europäische Technologieanbieter bei der mechanisch-biologischen Behandlung der Abfälle und Abwässer sowie bei der Biogastechnologie zum Zuge kommen werden.

Auch und vor allem Beratungsleistungen zur Umsetzung von Lösungen in der Wasserreinigung, Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung werden gefragt sein. Sowohl in der Wasserwirtschaft als auch in der Abfallwirtschaft steht Brasilien vor gewaltigen Herausforderungen. Finanzielle Mittel sind vor allem für Maßnahmen der Universalisierung im Rahmen von klassischer Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und Abfallentsorgung vorhanden. Finanzierungsdefizite liegen für komplexe Planungsleistungen und die Umsetzung anspruchsvoller innovativer Technologien vor. Der Nationale Sanierungsplan (Plansab) sieht für die kommenden 20 Jahre Investitionen von über 500 Mrd. R\$ vor. Bis August 2014 hätten eigentlich alle wilden Mülldeponien schließen müssen, was aber viele kleinere Gemeinden ohne professionelle Hilfe nicht schaffen, da in der großen Mehrheit aller brasilianischer Gemeinden keine Umweltfachdezernate operieren und ein eklatanter Fachkräftemangel herrscht. Experten sehen besonderes Wachstumspotenzial in der Wasserwirtschaft mit Chancen für Berater, Technologielieferanten und Hersteller von Automatisierungs- und Überwachungsanlagen (GTAI, 2014a).

Mehrwert der ZnE

Neben der engen Verzahnung von technischer und finanzieller Zusammenarbeit als ein Grundansatz der ZnE-Maßnahmen zeichnen zwei weitere Charakteristika die Arbeitsweise der ZnE im Bereich Biogas aus.

Die ZnE nutzt Opportunitäten, indem sie mit Institutionen zusammenarbeitet, die konkreten Umweltproblemen in Brasilien durch eine ausgebaute Biogasnutzung begegnen wollen. Der Einsatz von Biogastechnologien bietet unterstützende Lösungen zur Umsetzung von Umweltregulierungen wie dem Deponierungsverbot fester Siedlungsabfälle. Abwasserentsorgungsunternehmen suchen nach innovativen technischen Lösungen für die Behandlung von Abwässern. Die energetische Nutzung von Klärgas stellt eine zukunftsfähige Möglichkeit dar, eine betriebssichere und wirtschaftlich konkurrenzfähige Alternative zum Fremdstrombezug aufzubauen. Zudem leistet eine lokale Stromerzeugungslösung auf Basis von Biogas einen Beitrag, weniger Stromübertragungen an Verbrauchsstandorte zu benötigen (Justi, 2013).

Wissenstransfer und technische Beratung bei der Umsetzung von Pilotvorhaben sind bei den Versorgungsunternehmen unabdingbar. Die KfW knüpft daher Auflagen hinsichtlich Umweltschutz und Energieeffizienz an ihre Finanzierungszusagen (Interview mit Marcelo Gaio, COPASA). Die Einführung dieser Innovationen ist ein Kriterium für die Zusammenarbeit mit der KfW.

Fazit

Das derzeitige jährliche Emissionsvolumen des Abfallsektors in Brasilien wird mit 29.700.000 t CO₂-Äquivalente beziffert. Durch die energetische Nutzung von Klär-, Deponie- und Biogas sowie das Ersetzen fossiler Kraftstoffe durch Biomethan können Treibhausgasemissionen in erheblichem Umfang eingespart werden bei gleichzeitigem Aufbau einer innovativen Abfall- und Abwasserbehandlungsinfrastruktur. Der politische Rahmen ist bereits teilweise gesetzt, die Marktentwicklung steht jedoch noch am Anfang.

Durch die zahlreichen Aktivitäten für Biogas im Rahmen der ZnE werden die wesentlichen Teilsysteme des Regimes Stromsystem gefördert.

In einem nächsten Schritt können Defizite bei der Verbreitung des Wissens für kleinere Biomasseanlagen, die sich für das Net Metering eignen, adressiert werden. Auch Fragen der Systemintegration, die bisher noch keine Rolle spielen, können bei einer stärkeren Verbreitung der Technologie relevant werden und sollten in Zukunft aufgegriffen werden.

4.3.7 Energieeffizienz

Beitrag zu übergeordneten Zielen

Angesichts der hohen Energiekosten werden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz für die Energieplanung zunehmend wichtig. Eingesparte Energie kann wie eine Energiequelle angesehen werden, die auf der Erzeugungsseite Investitionen und Brennstoffe einspart und es so auf der Angebotsseite leichter macht, die Energienachfrage zu decken.

Wie bereits in Kap. 2 ausgeführt, bestehen in Brasilien große technisch-wirtschaftliche Effizienzpotenziale. Die ZnE-Aktivitäten zielen insbesondere auf die Verbesserung der Energieeffizienz in Unternehmen, Effizienzverbesserungen im Wohnungsbau bilden aber einen weiteren Schwerpunkt.

Die Aktivitäten zielen ab auf den Aufbau eines Marktes für energieeffiziente Produkte und Dienstleistungen und bieten das Potenzial, damit auch zu übergeordneten Zielen, wie der

Erhöhung der Energieversorgungssicherheit und der Begrenzung von THG beizutragen. Damit einhergehend können qualifizierte Arbeitsplätze geschaffen und so nachhaltiges wirtschaftliches Wachstum und sozialer Fortschritt gefördert werden. Ob dies gelingt, kann noch nicht endgültig beurteilt werden, da sich die Programme noch in der Startphase befinden.

Wirkung auf das Regime Stromsystem

Der Wirkungszusammenhang von den in diese Analyse einbezogenen Beispielprojekten ist zur besseren Veranschaulichung in Abb. 13 dargestellt. Anhand der Projekte wird veranschaulicht, wie die ZnE Aktivitäten auf den unterschiedlichen Akteursebenen wirken, mit dem Ziel, zu einer Markttransformation beizutragen.

Es wird deutlich, dass mit überschaubaren Kosten Veränderungen auf dem Markt angesprochen werden können, die eine Multiplikatorwirkung haben und einen Effizienzmarkt generieren können. Bis auf das Kreditprogramm zur Unterstützung der CAIXA beinhalten alle Programme „Capacity Building“, was traditionell mit relativ geringen Investitionen verbunden ist.

Da die meisten Programme noch nicht sehr lange laufen oder sich noch in der Startphase befinden, kann die beabsichtigte Wirkung noch nicht endgültig beurteilt werden. Es lässt sich jedoch in der Darstellung des Wirkungszusammenhangs das synergetische Zusammenspiel der verschiedenen Maßnahmen gut erkennen.

Alle für eine Startphase wichtigen Marktebenen, vom Capacity Building sowohl auf technischer wie auf wissenschaftlicher Ebene über die Änderung des normativen Rahmens bis hin zu Finanzierungsinstrumenten werden adressiert.

Mögliche zukünftige Auswirkungen auf die Infrastruktur durch Entlastung der Netze werden genauso wie die Einbeziehung der gesellschaftlichen Akteure noch nicht thematisiert.

Chancen für deutsche und europäische Unternehmen

Produkte und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite sind sehr heterogen über alle Technologiefelder von der Beleuchtung über Haushaltsgeräte bis zu Maschinen und Motoren verteilt. Sie lassen sich statistisch deshalb nur schwer gegenüber allgemeinen Produkten abgrenzen.

In Abschnitt 4.3 ist u.a. dargestellt, dass sich die Exportvolumina der Güter für rationelle Energieverwendung überproportional entwickeln. Das bedeutet, dass deutsche und europäische Firmen deutlich von Programmen zur Effizienzsteigerung profitieren würden.

Nicht erfasst sind hier normale Produkte. Auch deren Nachfrage würde von steigenden Effizienzanforderungen und Effizienzprogrammen profitieren, da sich insbesondere deutsche und europäische Produkte durch eine hohe Energieeffizienz auszeichnen.

Auch ist der Anteil der brasilianischen Unternehmen im Beratungsmarkt zur Umsetzung von Projekten zur Energieeffizienz relativ gering.

Für die deutsche und europäische Industrie ergeben sich daraus große Marktchancen. Auch globale Player erkennen dieses Potenzial. So plant z.B. Siemens, seine Investitionen in den brasilianischen Markt zu verdoppeln (AHK 2014).

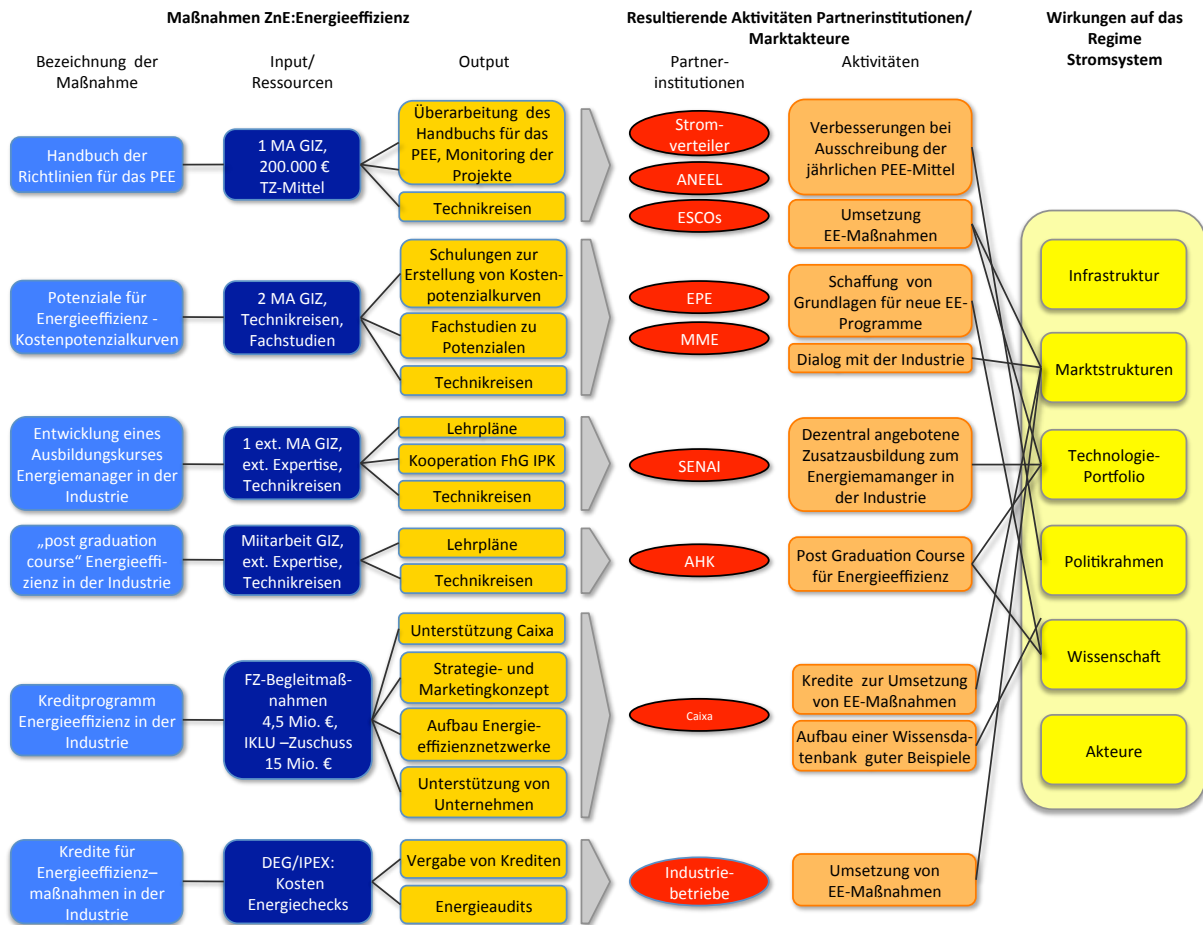


Abb. 13: Die betrachteten ZnE-Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Wirkungszusammenhang (Quelle: eigene Darstellung)

Mehrwert der ZnE

Das Verhältnis zwischen der GIZ und KfW zu den brasilianischen Partnern ist grundsätzlich geprägt von einer vertrauensvollen Zusammenarbeit. Das manifestiert sich auch darin, dass die GIZ-Mitarbeit bei bedeutenden brasilianischen Partnern hoch willkommen ist. Im Fall der Energieeffizienz ist dies z. B. der Fall bei der Energieplanungsbehörde EPE.

Eine häufige Aussage in den Interviews (Interview Ricardo Gorini, EPE und Máximo Pompermayer, ANEEL) war die, dass sich die Unterstützung durch die GIZ von der Zusammenarbeit mit anderen Partnern unterscheidet, sie bedient eine komplexere Nachfrage nach Unterstützung als es zum Beispiel reine Finanzierungsmaßnahmen von Banken oder anderen Institutionen leisten könnten. Die Unterstützung wird als relativ unbürokratisch wahrgenommen. Gerade bei brasilianischen Behörden wie der EPE dauert es relativ lange, externes unterstützendes Knowhow anzufordern. Hier kann die GIZ relativ kurzfristig agieren und ist daher eine große Hilfe.

Die Unterstützung wird als gut strukturiert, zielorientiert, qualitativ hochwertig und neutral wahrgenommen.

Die geplanten KfW-Programme zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie werden als geeignetes Mittel gesehen, die Defizite des brasilianischen Kapitalmarkts auszugleichen,

der von Kurzfristen, hohen Zinsen und Risikoaversion geprägt ist (Interviews Sebastian Blum und Philipp Hein, IPEX & DEG und Daniely Andrade, AHK).

Als begleitende Maßnahmen treffen die von der GIZ unterstützten Aus- und Weiterbildungsaktivitäten zu Energieeffizienz in der Industrie auf eine große Nachfrage.

Kritik wurde in den Interviews nicht geäußert, lediglich die teilweise mangelnde Perspektive durch die zeitliche Begrenzung und den projektartigen Charakter der Zusammenarbeit wurde kritisch gesehen. Hier wurde der Wunsch artikuliert, die Zusammenarbeit zu verstetigen und auszubauen.

Fazit

Brasilien bietet in dem sich gerade entwickelnden Markt für Energieeffizienz gute Möglichkeiten für den Absatz deutscher und europäischer Technologien für Energieeffizienz und Beratungsdienstleistungen.

Die ZnE-Aktivitäten im Bereich Energieeffizienz sind vielfältig und wirken daher auf unterschiedliche Weise auf diesen Markt. Auch wenn die Wirkungen der Programme in die Zukunft gerichtet sind, so lässt sich feststellen, dass durch die mehrdimensionale Herangehensweise Synergieeffekte ermöglicht werden, so dass mit relativ geringem Aufwand eine langfristige Wirkung erzielt werden kann. Dadurch, dass sich ökonomische, technologische und organisatorische Aspekte im Programm mix ergänzen, ist der Ansatz der ZnE-Programme vielversprechend.

Allerdings kann im Bereich der Energieeffizienz kein kurzfristiger Erfolg erwartet werden, die dazu erforderlichen Prozesse sind komplex und langwierig. Daher benötigt die Zusammenarbeit auf diesem Feld einen langen Atem und eine entsprechend langfristige Planungssicherheit.

Wie weiter oben bereits erwähnt, werden nicht alle Teilsysteme des Regimes Stromsystem durch die Maßnahmen adressiert. So werden die Teilsysteme Infrastruktur und die Einbeziehung der gesellschaftlichen Akteure noch nicht thematisiert. Dies könnte in Zukunft stärker in den Fokus rücken, wenn Auswirkungen auf die Infrastruktur durch Lastmanagement (Demand Side Management) dezentraler gesellschaftlicher Akteure, auch unter Einbeziehung von erneuerbaren Energien, interessante neue Perspektiven zur Weiterentwicklung eröffnen.

4.4 Die Rolle deutscher und europäischer Unternehmen auf dem brasilianischen Markt für erneuerbare Energien und Energieeffizienz

4.4.1.1 Weltmarktanteil der deutschen Wirtschaft an Energie- und Klimaschutztechnologien

Von den von GIZ und KfW durchgeführten Maßnahmen bzw. von diesen ausgelösten Effekten profitieren auch die deutsche Wirtschaft und die deutschen Unternehmen. Dabei kann unterschieden werden zwischen

- direktem Nutzen (z.B. bei einer erfolgreichen Beteiligung deutscher Unternehmen an Auktionen oder in Folge von Consultingaufträgen)
- indirektem Nutzen (z.B. in Folge von Impulsen für die Marktentwicklung respektive Marktausweitung; Technologielieferanten aber auch Komponentenhersteller bzw. Zulieferbetriebe profitieren dann entsprechend ihrer Marktanteile)

Aufgrund der Bedeutung der deutschen Wirtschaft im Zulieferbereich und ihrer in vielen Bereichen erarbeiteten Ausnahmestellung (vgl. Abb. 14), der oft unterschätzten Vielfalt an Komponenten und Dienstleistungen (vgl. Abb. 15), die mit Energie- und Klimaschutztechnologien verbunden sind, sind es gerade diese versteckten Marktimpulse, die wirtschaftlich von hohem Interesse sind.

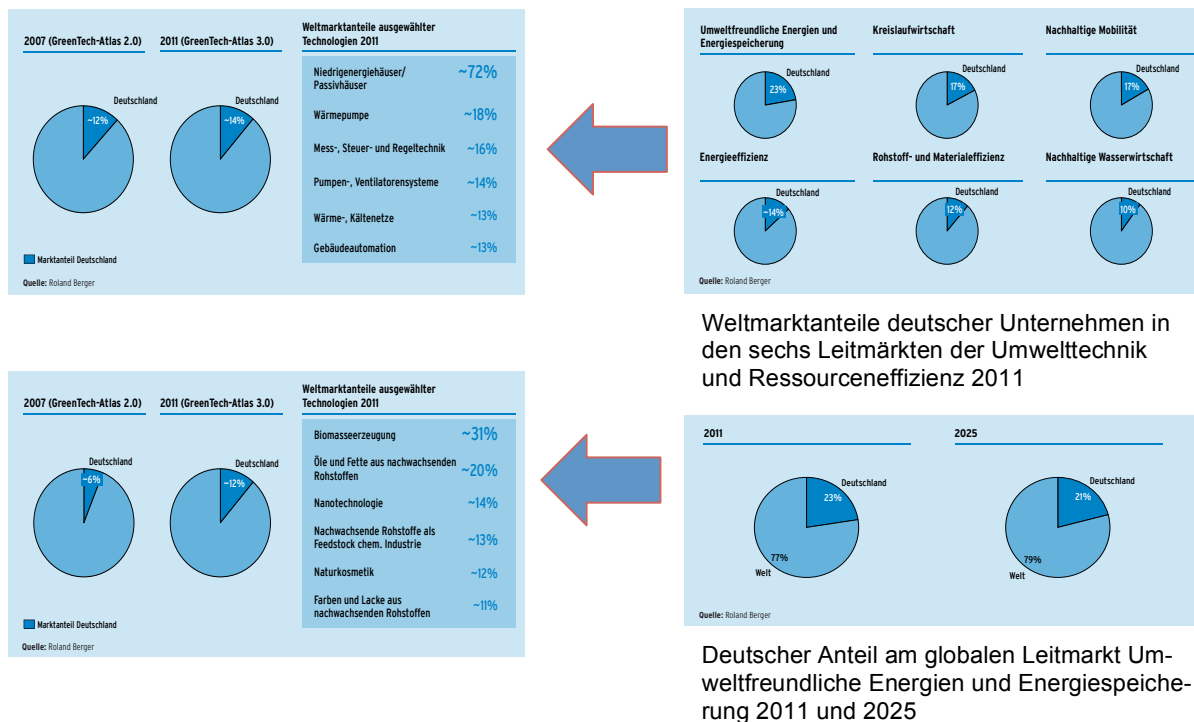


Abb. 14: Marktanteil deutscher Unternehmen (Roland Berger, 2014)

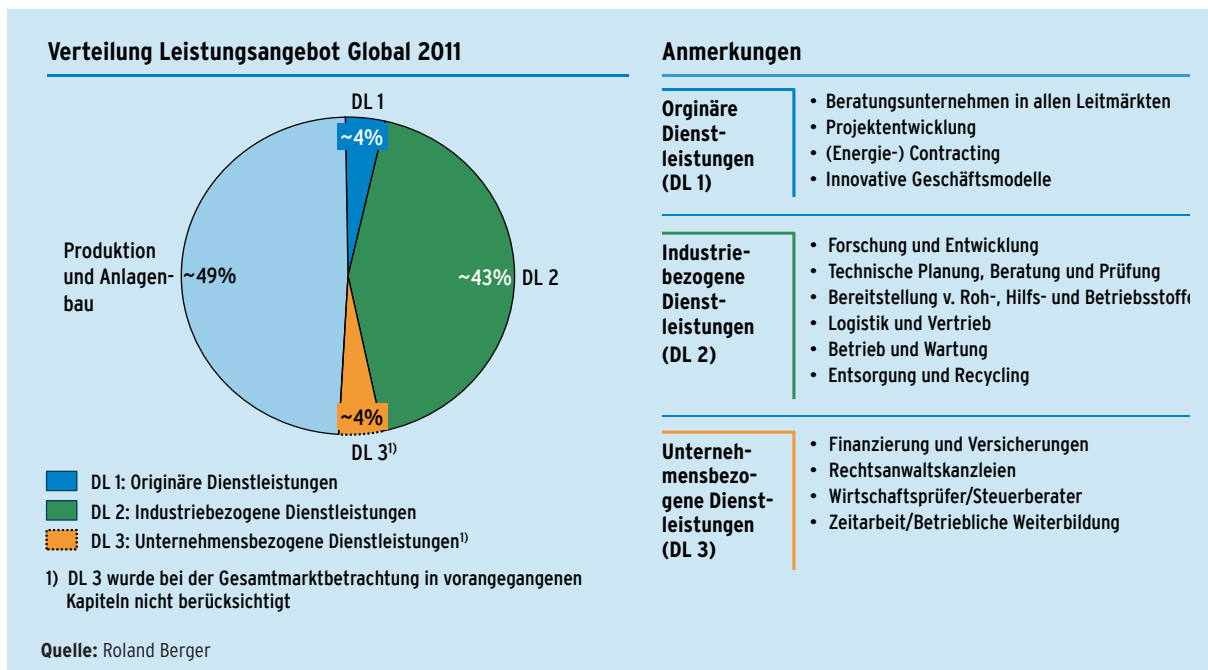


Abb. 15: Anteil der Dienstleistungen am Markt für Umweltechnik und Ressourceneffizienz (Roland Berger, 2014)

Aus deutscher Sicht von besonderem Interesse ist, dass längst nicht nur neue Marktakteure von den wachsenden globalen Märkten partizipieren, sondern auch und gerade traditionelle Unternehmen, die sich aufgrund ihrer gewachsenen Kompetenzen neue Geschäftsfelder erschließen. Beispielhaft dafür stehen im Bereich der Windenergie Thyssen Krupp (als Produzent von Stahl aber auch Turm- und Blattlagern), Henkel (als Lieferant für hochleistungsfähige Klebstoffe), die Forma Dörken (für spezifische Korrosionsschutzsysteme) oder die Gothaer Versicherungsgruppe (für das weltweite Angebot von markt- und risikogerechten Versicherungsprodukten).

4.4.2 Europäisches Exportvolumen von Klimaschutzgütern nach Brasilien

Betrachtet man von allen verarbeitenden Industriewaren die Entwicklung des Exportvolumens von reinen Klimaschutzgütern (Gehrke 2013), also Güter im Bereich der erneuerbaren Energien, der rationellen Energieumwandlung und der rationellen Energieverwendung, so zeigt sich ein deutlicher Anstieg des Exportvolumens insbesondere ab dem Jahr 2009 der von Europa nach Brasilien exportierten Güter (Quelle: UN COMTRADE-Database. - Berechnungen des NIW 2014).

Wie in Abb. 16 erkennbar, trägt Deutschland einen besonders hohen Anteil dazu bei¹⁶.

¹⁶ Der Rückgang des deutschen Anteil in 2012 gegenüber 2011 liegt vermutlich im Rahmen der üblichen jährlichen Schwankungen

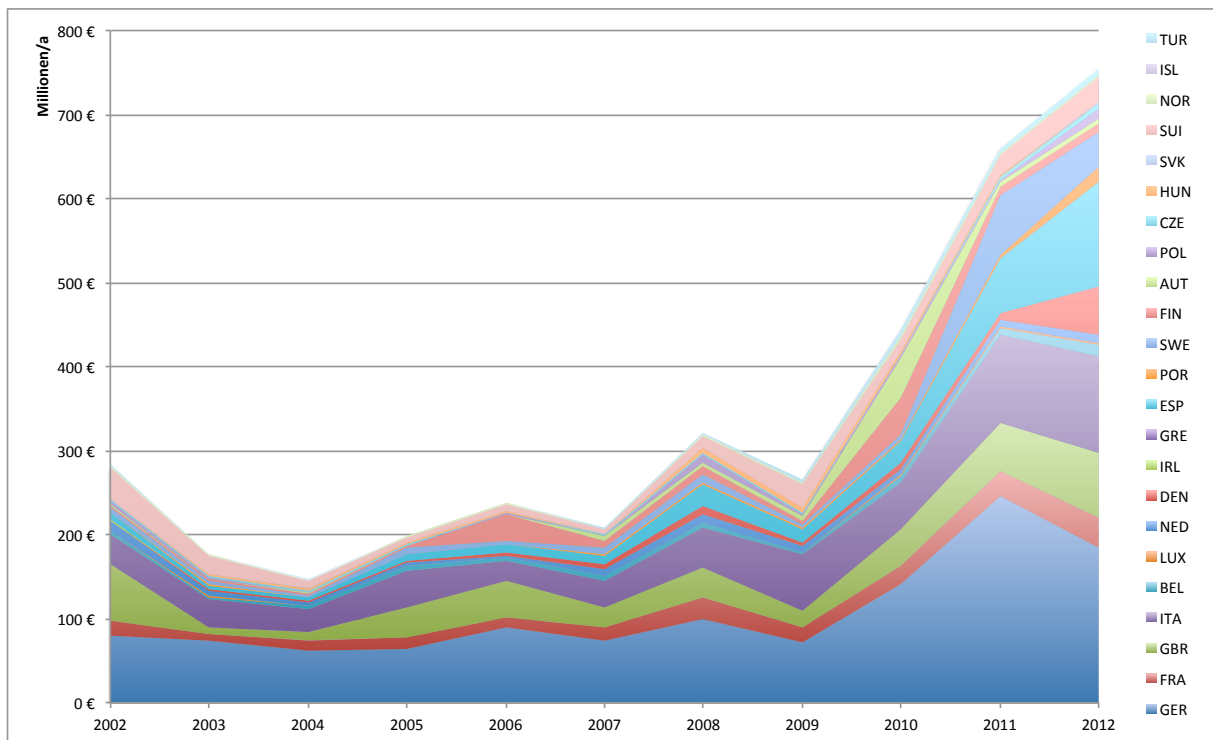


Abb. 16: Ausfuhr von potenziellen Klimaschutzgütern von Europa nach Brasilien in Euro (eigene Darstellung nach Berechnungen des NIW 2014)

Betrachtet man nur den deutschen Exportanteil und differenziert diesen nach den drei verschiedenen Arten von Klimaschutzgütern, so zeigt sich neben der dominanten Rolle der erneuerbaren Energiequellen ein mehr oder weniger stetiger Anstieg insbesondere der Güter zur rationellen Energieverwendung, also zur Steigerung der Energieeffizienz, vgl. Abb. 13.

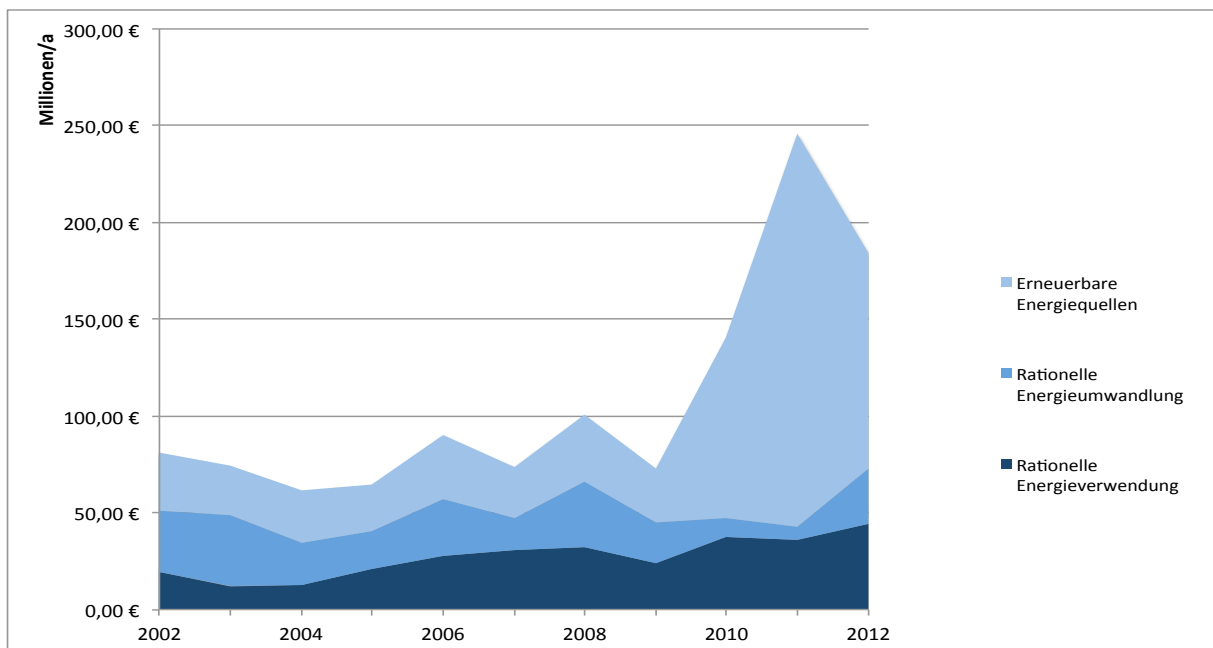


Abb. 17: Ausfuhr von potenziellen Klimaschutzgütern von Deutschland nach Brasilien in Euro (eigene Darstellung nach Berechnungen des NIW 2014)

Betrachtet man das Wachstum des Exportvolumens dieser Güter nach Brasilien über die letzten Jahre, so zeigt sich für europäische Firmen ein jahresdurchschnittliches Wachstum von 2008 bis 2012 von 19,7 %, während das Wachstum für verarbeitende Industriewaren insgesamt in diesem Zeitraum nur bei 6,7 % lag. Deutsche Firmen steigerten in dieser Zeit ihr Exportvolumen um durchschnittlich 12,4 % jährlich, während der Exportzuwachs für verarbeitende Industriewaren nur bei 3,7 % lag.

Das Exportvolumen von Klimaschutzgütern nimmt also deutlich stärker zu als das der verarbeitenden Industriewaren insgesamt. Das Gesamtvolumen und dessen überproportionaler Anstieg sind ein Indiz dafür, dass deutsche und europäische Firmen gut im brasilianischen Markt für Klimaschutzgüter aufgestellt sind. Sie würden daher von einer erhöhten Nachfrage durch Stimulierung der damit verbundenen Märkte unmittelbar profitieren.

4.4.3 Anteil deutscher und europäischer Firmen am FZ-Investitionsvolumen für regenerative Energien

Betrachtet man nur den Anteil deutscher Firmen am FZ-Investitionsvolumen für alle regenerativen Energien, liegt er bei etwa 25 %. In Brasilien angesiedelte deutsche Firmen und brasilianische Unternehmen mit deutschem Hintergrund erreichen einen Anteil von gut 28 %. Insgesamt sind europäische Firmen mit etwa 41 % am FZ-Investitionsvolumen beteiligt.

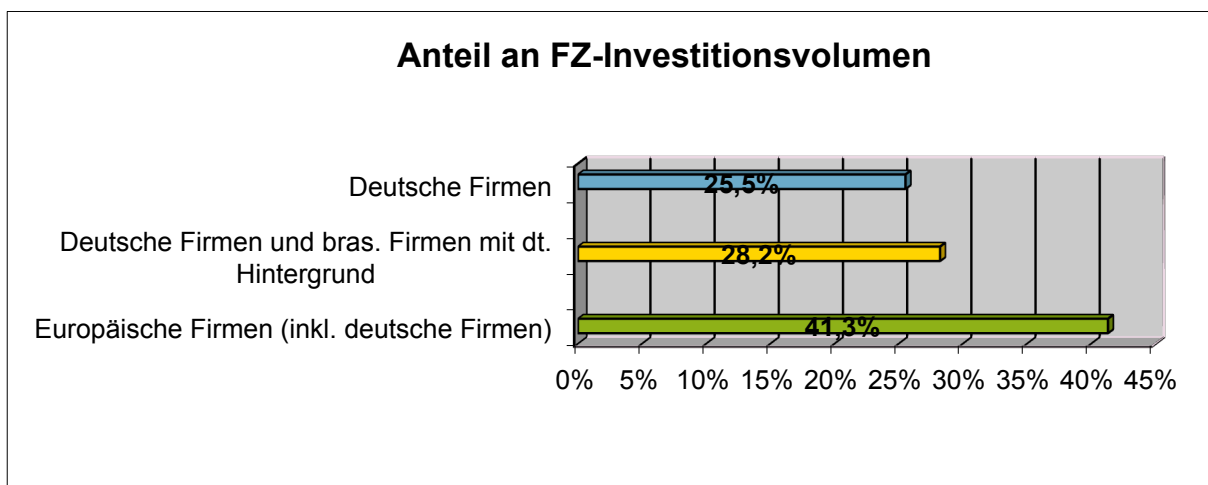


Abb. 18: Anteil deutscher und europäischer Firmen am FZ-Investitionsvolumen in Brasilien (Quelle: KfW)

Die folgende Grafik zeigt, dass der höchste Anteil europäischer Lieferungen und Leistungen mit 62 % aus Deutschland stammt, gefolgt von Frankreich und Dänemark mit jeweils 18 %. Auch aus dieser Betrachtung wird deutlich, dass deutsche und europäische Unternehmen von der ZnE im Bereich erneuerbare Energien stark profitieren.

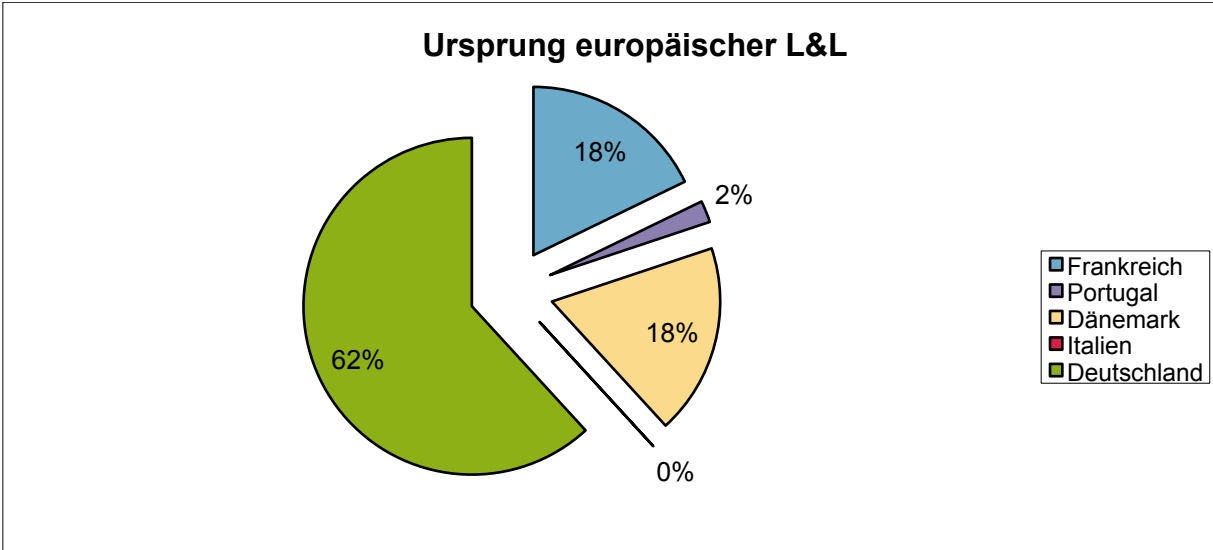


Abb. 19: Ursprung europäischer Lieferungen und Leistungen (Quelle: KfW)

5 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für die weitere Ausgestaltung der deutsch-brasilianischen Zusammenarbeit für ZnE

Insgesamt zeigen die betrachteten Beispielprojekte, dass die ZnE die Ziele der energiepolitischen Partnerschaft zwischen Brasilien und Deutschland unterstützen. Sie sind geeignet, die Ziele Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung sowie Klimaschutz und Innovationsförderung zu fördern.

Wie die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführte Analyse der Beispielprojekte und -maßnahmen zeigt, tragen die Aktivitäten zur Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz im Rahmen der deutsch-brasilianischen ZnE grundsätzlich zur Diversifizierung der Energiematrix im Land bei. Sie unterstützen in beiden Bereichen die Ausschöpfung der hohen Potenziale, die eingesetzten Ressourcen haben überwiegend einen hohen Wirkungshebel und eröffnen zugleich Chancen für die Beteiligung von deutschen und europäischen Firmen an der Markterschließung und -durchdringung. Damit können die im Zentrum der Analyse stehenden drei Wirkungshypothesen für die betrachteten Beispiele als weitgehend bestätigt gelten.

Der Ausbau erneuerbarer Energien fasst in Brasilien zwar langsam Fuß (unter anderem durch die erfolgreich durchgeführten und mittlerweile etablierten Ausschreibungen), er befindet sich aber dennoch in einem frühen Stadium und ist weiter auf Anschubhilfe angewiesen. So sind die erneuerbaren Energieoptionen Kleinwasserkraft, Solarthermie und Windkraft, auch Dank der Unterstützung durch ZnE-Vorhaben, bereits – wenn auch bezogen auf die Potentiale noch auf niedrigem Niveau – etabliert. Durch die Einbindung internationaler Erfahrungen in die Gestaltung von Pilotanwendungen und die Entwicklung des normativen Rahmens sowie insbesondere durch den kontinuierlichen vertrauensvollen Austausch mit zentralen Akteuren im Land konnte ein erheblicher Wirkungshebel erreicht werden.

Photovoltaik, solarthermische Kraftwerke (CSP) und Biogas befinden sich dagegen noch in einer sehr frühen Markteinführungsphase. Ungeachtet der großen Potentiale und bereits durchgeführten Maßnahmen steht auch die konsequente Ausschöpfung der Möglichkeiten zur Energieeffizienzsteigerung in Brasilien eher noch am Anfang. Grundsätzlich bestehen aber auch in diesen Bereichen gute Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zukunft in Brasilien. Im Rahmen der ZnE sind auch in diesen Felder bereits wichtige Anstöße gegeben worden und erste zentrale Meilensteine erreicht worden.

Für eine erfolgreiche Marktdurchdringung einer Technologie sind zum einen die technischen und natürlichen Randbedingungen wie Solareinstrahlung oder Abfallmenge wichtig, zum andern sind effektive Finanzierungsinstrumente, förderliche politische und institutionelle Rahmenbedingungen, die Definition von technologischen Standards und der Aufbau einer adäquaten Infrastruktur erforderlich. Internationaler Erfahrungsaustausch und Maßnahmen des Capacity Building können dafür einen wichtigen Beitrag leisten, nicht nur einen generellen Zugang zu Technologien zu haben, sondern diese auch möglichst effizient einzusetzen.

Die natürlichen Potenziale für erneuerbare Energien sind in Brasilien für fast alle erneuerbaren Energien hervorragend. Bei Finanzierungsinstrumenten, förderlichen Rahmenbedingungen, Definition von technologischen Standards und dem Aufbau einer Infrastruktur setzen die Vorhaben der GIZ und KfW gezielt an bestehenden Schwachstellen an und adressieren die

relevanten Akteure. So haben sich auch und gerade unterstützt und zum Teil auch getrieben durch ZnE-Aktivitäten die Rahmendbedingungen für erneuerbare Energien in den letzten Jahren in Brasilien bereits deutlich verbessert. Beispiele dafür sind: Solarthermie wurde zum Standard für Neubauten im sozialen Wohnungsbau gemacht, Net Metering für die dezentrale netzgebundene Stromerzeugungsanlagen bis 1 Megawatt etabliert, und Windenergie ist fest in der Energieplanung verankert.

Auch die Bedeutung der Energieeffizienz als wichtiger Wegbereiter und ganz wichtiges ergänzendes, komplementäres Element der weiteren Verbreitung erneuerbarer Energien konnte durch die ZnE-Aktivitäten deutlicher herausgearbeitet werden. Je weniger Energie verbraucht wird, desto einfacher ist es, höhere Anteile aus erneuerbarer Energiequellen im Energiemix zu erreichen, und desto geringer ist der Bedarf an zusätzlichen Infrastrukturen. Darüber hinaus führen Energieeffizienzmaßnahmen sehr häufig zu einer Kosteneinsparung.

An den bisher erreichten Erfolgen im Rahmen der ZnE sollte in der Zukunft konsequent angeknüpft werden. Es gilt daher für die Zukunft, auch weiterhin den Ausbau der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz mit effektiven TZ- und FZ-Vorhaben unvermindert zu unterstützen, damit sie ihre Nische verlassen und in eine vielversprechende dynamische sowie mehr und mehr selbstgetragene Marktentwicklung einsteigen können. Dort, wo heute schon eine dynamische Entwicklung in Gang gesetzt wurde, sollten weitere flankierende Maßnahmen dafür sorgen, dass diese Dynamik nicht abbricht und eine kontinuierliche Entwicklung möglich wird.

Hinsichtlich der Wirkung der ZnE sollte kein zu kurzfristiger Erfolg erwartet werden, Transformationsprozesse im Energiesystem sind komplex und langwierig. Daher benötigt die Zusammenarbeit auf diesem Feld einen langen Atem und eine entsprechend langfristige Planungssicherheit.

Folgende Aufgabenbereiche zeichnen sich für die ZnE aus heutiger Sicht ab:

- a) Eine weitere Unterstützung Brasiliens bei der Gestaltung eines nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystems durch die ZnE ist in allen Bereichen erforderlich. Auch die technologische und finanzielle Begleitung der Windkraft ist in Zukunft weiterhin noch sinnvoll, da die Windkraft noch immer Optimierungspotenzial besitzt. Die Systemintegration auch hoher Windkraftanteile in das brasilianische Energiesystem mit den hiermit verbundenen Fragen des Ausgleichs des fluktuierenden Energieangebotes (Bedarf und Angebot von Flexibilitätsoptionen) sollte dabei ein Schwerpunkt künftiger Beratung werden. Die Frage der Einbindung der sehr guten Potenziale der Windkraft im Nordosten und Südosten Brasiliens bietet sich auch unter regionalökonomischen Gesichtspunkten als Schwerpunkt der ZnE an.

Gerade in Bezug auf die Systemintegration kann ein Erfahrungsaustausch mit Deutschland einen wichtigen Beitrag leisten. Mit den stetig wachsenden Anteilen an Windenergie und Solarstrom im Netz hat Deutschland in den letzten Jahren bereits erhebliche Kompetenzen und ganz praktische Expertise im Umgang mit fluktuierend einspeisenden Stromquellen sammeln können und befindet sich hier weiter in einem Lernprozess. Wesentliche Stichworte für zukünftige Aufgaben sind u.a.:

- Aktive Gestaltung der Systemintegration durch Anpassung und Ausbau der Netzinfrastrukturen sowie Einsatz von optimierten und intelligenten Stromübertragungs-, Stromtransport- und Stromverteilungstechnologien
 - Bessere Abstimmung zwischen Standorten für die Stromerzeugung und den Abnehmerzentren (Verringerung von Netzverlusten und Ausbauerfordernissen)
 - Stärkere aktive Einbindung der Verbraucher durch Lastmanagement (Demand Side Management)
 - Analyse der Speichermöglichkeiten von Strom (Kurz-, Mittel- und Langzeitspeicher)
 - Analyse der stärkeren Verzahnungsmöglichkeiten zwischen den Infrastrukturen durch Power to X-Ansätzen (perspektivische Umwandlung von zeitweise auftretenden Überschussströmen in Wärme, Gas, Kraftstoffe oder Grundstoffe für die chemische Industrie) und damit perspektivische Beiträge zur Dekarbonisierung der Endenergiesektoren
 - Entwicklung der marktlichen und rechtlichen Bedingungen für rechtzeitige Investitionen in Netzinfrastruktur und die verschiedenen Flexibilitätsoptionen
 - Entwicklung und Optimierung der relevanten Planungsinstrumente und Optimierungsmodelle (Prognosesysteme, Kraftwerkseinsatzplanung)
- b) Unter Regionalentwicklungsaspekten könnte in Zusammenarbeit mit interessierten Partnern ein weiterer Fokus der ZnE auf die Analyse von Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekten durch CSP im Nordosten gelegt und bei positiven Ergebnissen Möglichkeiten aktiv unterstützt werden, an der Wertschöpfungskette wirtschaftlich partizipieren zu können.
- c) Unabhängig von der Betrachtung von Einzeltechnologien erscheint die Analyse und Kommunikation des Zusatznutzens von Klimaschutzmaßnahmen (Co-Benefits) für die gesellschaftliche Akzeptanz und die Erhöhung der Umsetzungsintensität von hoher Relevanz. Gerade für den Ausbau erneuerbarer Energien und die Steigerung der Energieeffizienz kann ein vielschichtiger Zusatznutzen erwartet werden. Dieser reicht u.a. von der Diversifizierung des Energieangebotes und damit der Verringerung der Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern bis hin zu Beiträgen zur Erhöhung der Luftqualität, der Möglichkeiten der verstärkten Teilhabe und regionalwirtschaftlichen Effekten und Beschäftigungsimpulsen.
- d) Vielversprechend für die Zukunft ist auch die Identifikation und Umsetzung sowie Begleitung von Systemlösungen, d.h. Lösungen, die auf eine gezielte Kopplung von Energieeffizienzmaßnahmen mit Projekten aus dem Bereich erneuerbarer Energien setzen und Synergieeffekte zwischen beiden Optionen in den Blick nehmen, statt wie häufig parallele Entwicklungen zu verfolgen und für die jeweiligen Versorgungssituationen suboptimale Lösungen zu entwickeln. Gerade im Bereich der Stärkung der Systemperspektive ist ein internationaler Erfahrungsaustausch und die Entwicklung von guten Beispielen ein vielversprechender Ansatz.
- e) Weitere interessante Erweiterungen des ZnE-Portfolios könnten die Themen Klimaschutz in Städten oder Stadtquartieren (low carbon cities und low carbon city quarters) und Klimaschutz durch intelligente Mobilitätskonzepte (z.B. im Bereich des öffentlichen Perso-

nen-Nahverkehrs (ÖPNV)) darstellen, da Städte nicht nur substantieller Entstehungsort von Emissionen sind, sondern nachhaltige urbane Infrastrukturen auch zentrale Treiber von Entwicklungen darstellen, und innovative und fortschrittliche Städte häufig als Kristallisationspunkt für Transformationsprozesse wirken. Nicht zuletzt spielen Städte und insbesondere Mobilität in Städten eine große Rolle, da sich hier Problemdimensionen und Herausforderungen bündeln (z.B. Verbesserung der Luftqualität, Klimaschutz, Erhöhung der Lebensqualität) und gemeinschaftliche Lösungen gesucht werden müssen. Neben der Unterstützung von Maßnahmen in Kooperation mit einzelnen Städten eröffnet auch das Bilden von Städtenetzwerken vielversprechende Chancen.

Vielversprechend erscheint in Bezug auf Städte (bzw. auch Stadtquartiere) der Ansatz der Reallabore und die Fokussierung auf zunächst einzelne Beispiele als Lernort. Die international stark aufkommende Bedeutung von Reallaboren ist einerseits dem Umstand geschuldet, dass längst nicht mehr nur neue Technologien Transformationsansätze bestimmen, sondern das bessere Wissen über die sozio-technischen Interaktionen in den Systemen und die Frage der intelligenten Einbettung von Technologien in die notwendigen kulturellen, institutionellen und sozialen Kontexte. Aufgrund der Komplexität der Systeme können diese selten als Ganzes durchdrungen werden, Reallabore können daher dabei helfen „im Kleinen“ zentrale Bausteine für das Systemverständnis zu generieren.

Definition Reallabor

Ein Reallabor bezeichnet einen gesellschaftlichen Kontext, in dem Forscherinnen und Forscher Interventionen im Sinne von „Realexperimenten“ durchführen, um über soziale Dynamiken und Prozesse zu lernen.

Die Idee des Reallabors überträgt den naturwissenschaftlichen Laborbegriff in die Analyse gesellschaftlicher und politischer Prozesse. Sie knüpft an die experimentelle Wende in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften an. Es bestehen enge Verbindungen zu Konzepten der Feld- und Aktionsforschung.

Städte stellen eine Art Mikrokosmos dar und sind schon aus diesem Grund wichtige Lernorte. Gleichermäßen sind Städte auch Multiplikatoren, die es ermöglichen gemachte Erfahrungen schnell zu verbreiten.

Die ZnE sollte zukünftig stärker dem Transitionsansatz strategisch folgen und einen systematischen Prozess verfolgen. Es geht dabei nicht nur um das punktuelle Erkennen von vielversprechenden Nischeninnovationen, sondern um einen systematischen, geordneten Prozess, der mehrere Teilschritte umfasst:

- Systematische Analyse des Regimes (z.B. Stromsystem) und der das Regime konstituierenden Teilregime (Marktstrukturen, Politikrahmen etc.) inklusive Analyse der relevanten Akteure, der Entscheidungsgrundlagen und –maxime der Akteure, der Interdependenzen im System und sozio-technischen Zusammenhänge). Auch wenn dieser Schritt heute bereits implizit in vielen Projekten von GIZ und KfW mitgedacht bzw. teilweise umgesetzt wird, fehlt es doch häufig an der ganzheitlichen und geordneten Analyse der relevanten Regime.

- Identifikation von vielversprechenden Nischeninnovation und Spezifikation ihrer Wirkung auf das Regime respektive die Teilregime
- Umsichtige Begleitung und Evaluation der Umsetzung der Nischeninnovation
- Aufnahme der gemachten Erfahrungen und Upscaling

So ausgeführt, hilft der Transitionsansatz nicht nur innovative Ansätze mit Blick auf ihren Anwendungsbereich (welche Regime sollen verändert werden) zu schärfen bzw. an diesen anzupassen, sondern auch zu hinterfragen ob für den angestrebten Effekt alle Teilregime hinreichende Veränderungsimpulse bekommen haben.

6 Anhang

6.1 Betrachtete Einzelprojekte

Titel der Maßnahme	Partner	Technologie
Beratung zur Einführung des Net Metering	ANEEL	Erneuerbare Energien
Beratung zur Ausgestaltung der strategischen F&E-Projekte	ANEEL	Erneuerbare Energien
KV-Investitionsprogramm Erneuerbare Energien	Elektrobras	KWKW
Offenes Programm 4E	Elektrobras	Erneuerbare Energien (und Energieeffizienz)
America de Sol	Instituto Ideal	PV
CEMIG Solar WM 2014 – Minas Gerais	CEMIG	PV
Beratung zur Berücksichtigung von CSP	MCTI, EPE	CSP
Solarthermische Anlagen zur Stromerzeugung	CHESF	CSP
Mangueira Solarthermie/Tausend Dächer	CAIXA	Solar (Heißwasser)
AMA Winddatenbank	EPE	Wind
Ausbildungszentrum Windindustrie	SENAI, CTGAS	Wind
Windparkprogramm BNDES	BNDES	Wind
Handbuch der Richtlinien für das PEE (Program de Eficiencia de Energetica)	ANEEL	Energieeffizienz
Potenziale für Energieeffizienz	EPE	Energieeffizienz
Energieeffizienzprogramm CAIXA	CAIXA	Energieeffizienz Industrie

6.2 Durchgeführte Interviews mit Mitarbeitern der KfW

- Dr. Christoph Sigrist (Teamleiter)
- Pascal Saavedra-Lux (Projektmanager Energie, betreut CAIXA EE-Programm)
- Karim oud Chih (Senior Projektmanager/Prokurist, betreut
 - a) BNDES Wind, KWKW und PV;
 - b) CEMIG PV, Reha KWKW und EE Übertragung;
 - c) Eletrosul KWKW und PV sowie temporär Wind und Biogas)
- Oscar Gonzalez (Technischer Sachverständiger, v.a. KWKW und Wind Brasilien)
- Josef Langenkamp (Technischer Sachverständiger, v.a. CSP und PV Brasilien)
- Jens Wirth (Projektmanager, betreut DKT CSP, Solar Nordeste CHESF CSP und CO-PEL Wind)

6.3 Durchgeführte Interviews mit Mitarbeitern der GIZ

- Dr. Jens Giersdorf/ Victor Valente (Kordinator Biogas aus Abfall und Abwasser)
- Victor Valente (Kordinator Biogas Abwasser)
- Thorsten Schwab (Programmleiter Energie, Leiter CSP)
- Klaus Albrechtsen (Kordinator Qualifizierung Erneuerbare und Energieeffizienz)
- Dr. Johannes Kissel (Kordinator Erneuerbare Energien)
- Ricardo Kuelheim (Kordinator Solarthermie)
- Sebastian Schreier (Kordinator Energieeffizienz)

6.4 Durchgeführte Interviews mit Partnerinstitutionen der GIZ und KfW in Brasilien

Institution	Ort	Inhalt	Gesprächspartner
Copasa	Belo Horizonte	Para Opeba, Schutz des Wassereinzugsgebiets Paraopeba	Marcelo Gaio, Vanessa Souza
CEMIG	Belo Horizonte	Solar PV	Paulo Eduardo Guimaraes
ABC	Brasília	Vorstellung der Studie	Juliana Fronzaglia, Rodrigo Martins Vieira
Biogas Projekt	Telko	Biogas	Waldo Vilani
CHESF	Telko	Solar PV & CSP	Pedro Bezerra

SENAI	Brasília	Weiterbildungsangebote	Mateus Simoes de Freitas
MME	Brasília	Brasilianisch-deutsche Zusammenarbeit im Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz	Paula Baratella, Carlos Alexandre Principe Pires
Brasilianisches Außenministerium, Energieabteilung	Brasília	Brasilianisch-deutsche Zusammenarbeit im Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz	Mariangela Rebuá, Emerson Kloss, Alexandre Nina, Mateus Caiado, Luiz Gonzaga, Juliana Fronzaglia
ANEEL	Brasília	Energieeffizienz	Máximo Pompermayer
ANEEL	Brasília	P&D Estratégico	Fabio Stacke
CAIXA	Brasília	Solarthermie, Energieeffizienz	Mara Motta, Joao Curtes
MCID	Brasília	Biogas	Ernani Ciríaco de Miranda
AHK	São Paulo	Finanzierung	Daniely Andrade
IPEX & DEG	São Paulo	Finanzierung	Sebastian Blum, Philipp Hein
Eletrosul	Florianópolis	KWKW, PV	Tomé, Aumary Gregório
Instituto Ideal	Florianópolis	PV	Mauro Passos, Ricardo Ruether
EPE	Rio de Janeiro	Energieeffizienz	Ricardo Gorini
EPE	Rio de Janeiro	Biogas	Thiago Ivanoski Teixeira
EPE	Rio de Janeiro	Windkraft (AMA)	Juarez Lopes
BNDES	Rio de Janeiro	Windkraft	Vivian Santos, Antônio Tovar

6.5 Deutsche und europäische Firmen auf dem brasilianischen Windenergiemarkt

Firmenname	Beschreibung	Herkunftsland
Acciona	Turbinenhersteller	Spanien
Alstom	Turbinenhersteller	Frankreich
Fuhrländer	Turbinenhersteller	Deutschland
Gamesa	Turbinenhersteller	Spanien
Siemens	Turbinenhersteller	Deutschland
Vestas do Brasil	Turbinenhersteller	Dänemark
WEG	Turbinenhersteller	Brasilien/Spanien
Wobben Windower	Turbinenhersteller	Deutschland
ABB	Hersteller von Teilen und Komponenten	Schweiz
Bosch Rexroth	Hersteller von Teilen und Komponenten	Deutschland
Gestamp	Hersteller von Teilen und Komponenten	Spanien
IRAETA	Hersteller von Teilen und Komponenten	Spanien
RM Eólica	Hersteller von Teilen und Komponenten	Spanien
Semikron Semicondutores	Hersteller von Teilen und Komponenten	Deutschland
Tecis Tecnologia e Sistemas Avacadas	Rotorblätter	Deutschland
V & M do Brasil	Hersteller von Teilen und Komponenten	Frankreich
Arteche	Planung, Beratung, Projektierung	Spanien
BBB Umwelttechnik GmbH	Planung, Beratung, Projektierung	Deutschland
DNV-GL	Planung, Beratung, Projektierung	Niederlande
Mammoet	Planung, Beratung, Projektierung	Niederlande
ENEL Green Power	Entwickler und Betreiber	Italien
Enerfin	Entwickler und Betreiber	Spanien
ENERPLAN	Entwickler und Betreiber	Schweiz
Iberdrola Renovables	Entwickler und Betreiber	Spanien
Quifel Energy	Entwickler und Betreiber	Portugal
SOWITEC	Entwickler und Betreiber	Deutschland

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf der Grundlage von Larive 2014 und eigener Recherchen.

6.6 Deutsche und europäische Firmen auf dem brasilianischen Solarenergiemarkt sowie brasilianische Firmen mit deutschen Wurzeln und als Vertriebspartner deutscher und europäischer Lieferanten

Firmenname	Beschreibung	Herkunftsland
Axitec	Vertrieb	Deutschland
Ecoluz	EPC, Projektierung, Installation	Joint Venture mit Gehrlicher Solar
Enel Green	Betrieb	Italien
ENER	EPC, Installation, Beratung	Spanisch/deutsche Wurzeln
Energy Team	Installation, Projektierung, Vertrieb	Exklusiver Vertriebspartner des italienischen Modulherstellers Vigest Solar
Enersol	Installation, Projektierung, Beratung	Belgien
Enerland	Vertrieb	Spanien
ENEVA	EPC	Deutsche Wurzeln
Fotovoltec	Projektierung, Beratung	Deutsche Wurzeln
IEM	Vertrieb	Vertriebt Produkte von SMA
Ing Brasil	Installation, Projektierung, Integration	Italienische Wurzeln
Matifer	EPC, Vertrieb	Portugiesisch
SOWITEC	Entwickler und Betreiber	Deutschland

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf der Grundlage der Deutsch-Brasilianischen Industrie- und Handelskammer Rio de Janeiro 2014

7 Literaturverzeichnis

AHK (Camara Brasil Alemanha) 2014: Industrielle Energieeffizienz, Zielmarktanalyse mit Profilen der Marktakteure, Brasilien 2014

AMARANTE, O.A. et al., 2001: Atlas do potencial eólico brasileiro. In Atlas do potencial eólico brasileiro. Ministerio de Minas e Energia Eletrobras. CRESESB, 2014

ANEEL 2013: Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL N° 5. agosto de 2013 - ISSN 1981-9803. Brasília, DF, Brasil.

ANEEL 2014: Banco de Informação de Geração.

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> (05.12.2014)

ANP 2014: Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2013. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

CCEE 2014: Resultados de leilões de energia elétrica. <http://www.ccee.org.br/>

Deutsch-Brasilianische Industrie- und Handelskammer Rio de Janeiro (2014): Zielmarktanalyse Photovoltaik Brasilien – Marktsituation und Potenziale mit Profilen der Marktakteure, Rio de Janeiro

EPE 2007: Plano Nacional de Energia 2030. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

EPE 2012: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Nota Técnica. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

EPE 2013: Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2013-2022). Estudos de demanda. Nota técnica DEA 07/13. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

EPE 2014a: Balanço energético nacional 2014: Ano Base 2013. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

EPE 2014b: Plano decenal de Energia – Consulta pública. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

FINEP 2014. Programas e Linhas. <http://www.finep.gov.br/> (19.12.2014)

GALVÃO, P.G.T., et al, 2011. *Anuário estatístico de Mineração 2010*. Brasília, Brasil: Departamento Nacional de Produção Mineral. ELETROSUL 2014: Panorama Geral de PCHs no Brasil. DEG – Departamento de Engenharia e Geração, Brasília, DF, Brasil

GEHRKE, B., Schasse, U. (2013): Umweltschutzgüter - wie abgrenzen? Methodik und Liste der Umweltschutzgüter 2013, hrsg. vom UBA und BMU in der Reihe Umwelt, Innovation , Beschäftigung (UIB), Nr. 01/2013.

GIZ, KfW, PTB (2014): Deutsche Entwicklungszusammenarbeit mit Brasilien Gemeinsame Berichterstattung 2014 (BE) zum EZ-Programm „Ausbau erneuerbarer Energien und Energieeffizienz in Brasilien“

GTAI, Germany Trade and Invest (2014a): Umwelttechnik soll gutem Beispiel erneuerbarer Energien in Brasilien folgen, 10.10.2014,

http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=1094464.html?channel=premium_channel_gtai_1

IPEA (2014): IpeaData – Contas nacionais/Séries históricas. <http://www.ipeadata.gov.br/> (19.12.2014)

JUSTI, J, Ortega, J. M., Justi, E. B.L., Tedesco von M. V (2013): Viabilidade de geracao de energia eleétrica em estacao de tratamento de esgoto urbanas baseado na REN 482/12

LARIVE (2014): Market Study: Wind energy in Brazil, commissioned by the Ministry of Economic Affairs in the Netherlands,

<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/04/Eindrapport%20Marktstudie%20Wind,%20Brazili e%202014.pdf>

MARAFON A.C. et al. (2012): Cenário energético brasileiro e o potencial do capim-elefante como fonte de matéria-prima para a produção de energia renovável. Embrapa – Tabuleiros Costeiros, Aracajú.

MME 2013: Plano nacional de eficiência energética – Premissas e diretrizes básicas. Ministério de Minas e Energia. Secretária de planejamento e desenvolvimento energético. Brasília.

MCTI 2014a. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2ª Edição. Brasília, DF, Brasil.

MCTI 2014b: Arquivos dos fatores de emissão.

<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora> (19.12.2014)

MESSAGE-Brasil 2014. (Software) *Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts*. Developed originally by IIASA (*International Institute for Applied System Analysis*), adopted by CENERGIA/PPE/COPPE.

ORTIZ, G. & KAMPEL, M., 2011. Potencial de energia eólica offshore na margem do Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. V simpósio Brasileiro de Oceanografia, Santos.

PAC 2014. PAC 2 – 9o balanço 2011 – 2014.

http://www.pac.gov.br/pub/up/pac/9/PAC_9_completo.pdf

PERNAMBUCO 2013. Blog de Notícias: Pernambuco promove primeiro leilão de energia solar do País, que atrai investimentos de R\$ 597 milhões. [Online]. Disponível em:

<http://www.pe.gov.br/blog/2013/12/27/pernambuco-promove-primeiro-leilao-de-energia-solar-do-pais-que-atrai-investimentos-de-r-597-milhoes/> (19.12.2014)

ROLAND BERGER (2014): GreenTech made in Germany 4.0. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin

SCHAEFFER, ROBERTO et al 2014a: Tecnologias críticas para o desenvolvimento econômico e inovação tecnológica do Brasil. Relatório II. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SCHAEFFER, ROBERTO et al 2014b: Opções de Mitigação de gases de efeito estufa em setores-chave no Brasil: Energia – Relatório 2. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SIMÕES, R., 2010. Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). Seminário no Brazil Wind Power 2010. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SIMAS, Moana e PACCA, Sérgio, 2013: Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. Estudos avançados 27 (77). Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SOLARPAR 2014: Resumo dos Projetos. http://www.solarpar.com.br/index_pt.html#!/resumo_projeto (19.12.2014)

STATISTA 2014a: Entwicklung des CO2-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2012 (in Gramm pro Kilowattstunde). <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/> (19.12.2014)

STATISTA 2014b: Pro-Kopf-Stromverbrauch in Deutschland in den Jahren 1995 bis 2013 (in Kilowattstunden). <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/240696/umfrage/pro-kopf-stromverbrauch-in-deutschland/> (19.12.2014)

STCP, 2010. Anuário estatístico da Abraf 2010. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF. <http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>

Windmesse (2013): Produktion im eigenen Land: Brasilien fördert eigene Windenergie, 9.10.2013, <http://w3.windmesse.de/windenergie/news/14138-produktion-im-eigenen-land-brasilien-fordert-heimische-windenergie>

ZANETTE, ANDRÉ LUIZ, 2009: Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil. Dissertação (mestrado). Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.