

Endbericht

Untersuchung der energiestrategischen und regionalwirtschaftlichen Auswirkungen der im Rahmen der systematischen Weiterentwicklung der Energiestrategie des Landes Brandenburg untersuchten Szenarien in zwei Leistungspaketen

An das
Ministerium für Wirtschaft
und Europaangelegen-
heiten des Landes
Brandenburg

Projektleiter
Jens Hobohm

Unter Mitarbeit von
Jan Berewinkel
Dr. Andreas Borchardt
Eva Klotz
Leonard Krampe
Stefan Mellahn
Frank Peter
Fabian Sakowski

Berlin,
30. Januar 2012
23 – 27356

Das Unternehmen im Überblick

Geschäftsführer

Christian Böllhoff

Präsident des Verwaltungsrates

Gunter Blickle

Berlin HRB 87447 B

Rechtsform

Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht

Gründungsjahr

1959

Tätigkeit

Prognos berät europaweit Entscheidungsträger in Wirtschaft und Politik. Auf Basis neutraler Analysen und fundierter Prognosen werden praxisnahe Entscheidungsgrundlagen und Zukunftsstrategien für Unternehmen, öffentliche Auftraggeber und internationale Organisationen entwickelt.

Arbeitsprachen

Deutsch, Englisch, Französisch

Hauptsitz

Prognos AG

Henric Petri-Str. 9

CH - 4010 Basel

Telefon +41 61 32 73-200

Telefax +41 61 32 73-300

info@prognos.com

Weitere Standorte

Prognos AG

Goethestr. 85

D - 10623 Berlin

Telefon +49 30 520059-200

Telefax +49 30 520059-201

Prognos AG

Schwanenmarkt 21

D - 40213 Düsseldorf

Telefon +49 211 887-3131

Telefax +49 211 887-3141

Prognos AG

Sonnenstr. 14

D - 80331 München

Telefon +49 89 515146-170

Telefax +49 89 515146-171

Prognos AG

Wilhelm-Herbst-Str. 5

D - 28359 Bremen

Telefon +49 421 2015-784

Telefax +49 421 2015-789

Prognos AG

Square de Meeûs 37, 4. Etage

B - 1000 Brüssel

Telefon +32 2 791-7734

Telefax +32 2 791-7900

Prognos AG

Friedrichstr. 15

D - 70174 Stuttgart

Telefon +49 711 49039-745

Telefax +49 711 49039-640

Internet

www.prognos.com

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
2	Hintergrund und Aufgabenstellung	6
3	Vergleich der Szenarien	8
3.1	„Grundlagen für die Erstellung der Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg“ [A.T. Kearney 2011]	9
3.2	„Energieszenarien 2011 [EWI/ GWS/ Prognos 2011]	11
3.3	„Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ [Prognos 2011]	11
3.4	Zwischenfazit Szenarienvergleich	14
	Untersuchungsteil I:	16
4	Versorgungssicherheit und Leistungsabsicherung	17
4.1	Reichweiten fossiler und nuklearer Brennstoffe	18
4.2	Entwicklung der Importabhängigkeit der deutschen Stromerzeugung in den Szenarien	20
4.3	Bedeutung der Leistungsabsicherung im Stromsystem der Zukunft	25
4.4	Zwischenfazit Versorgungssicherheit und Leistungsabsicherung	27
5	Preiswürdigkeit der Stromerzeugung	28
5.1	Vergleich Großhandelsstrompreise	28
5.2	Kosten der Stromerzeugung in Deutschland	30
5.3	Kosten der Stromerzeugung in Brandenburg	32
5.4	Stromgestehungskosten im Vergleich der Erzeugungsarten	34
5.5	Zwischenfazit Preiswürdigkeit der Stromerzeugung	37
6	Umwelt- und Klimaverträglichkeit	38
6.1	Klimagasemissionen	39
6.2	Schadstoffemissionen	42
6.3	Zwischenfazit Umwelt- und Klimaverträglichkeit	45
7	Politischer Handlungsbedarf Energiewirtschaft	47

Untersuchungsteil II:	49
8 Beschäftigungseffekte in der Braunkohlenindustrie in den Szenarien	50
8.1 Kurzbeschreibung des Vorgehens zur Berechnung der Beschäftigungseffekte im Basisjahr	50
8.2 Ergebnisse der Basisanalyse	52
8.3 Grundlagen zur Berechnung der direkten und indirekten Beschäftigungswirkungen bis 2030 in den Szenarien	54
8.4 Ergebnis der Analyse der Beschäftigtenzahlen bis 2030	57
9 Beschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in den Szenarien	63
9.1 Kurzbeschreibung Vorgehen und Annahmen	63
9.2 Status-quo und Entwicklungspfad der Erneuerbaren Energien für Brandenburg nach den A.T. Kearney-Szenarien	65
9.3 Beschäftigungswirkungen durch die Szenarien im Bereich Windenergie	67
9.4 Beschäftigungswirkungen durch die Szenarien im Bereich Photovoltaik	72
9.5 Beschäftigungswirkungen durch die Szenarien im Bereich Biomasse	75
9.6 Zusammenfassende Betrachtung der Beschäftigungswirkungen für Erneuerbare Energien	78
10 Abschätzung der fiskalischen Auswirkungen durch Braunkohle in den Szenarien	80
10.1 Vorgehen und Annahmen	80
10.2 Fiskalische Effekte aus direkter Beschäftigung	81
10.3 Fiskalische Effekte aus indirekter Beschäftigung	83
10.4 Zusammenfassung der Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen im Land Brandenburg	85
11 Bedeutung der Szenarien für die Fachkräftesituation im Land Brandenburg	87
11.1 Darstellung der Fachkräftesituation im Bereich der Umwelt- und Energietechnik in Berlin-Brandenburg	87
11.2 Qualitative Beschreibung der Auswirkungen der verschiedenen Energieszenarien auf die Fachkräftesituation im Land Brandenburg	90
12 Literaturverzeichnis	97

Abbildungen

Abbildung 1:	Begriffsbestimmung Reserven und Ressourcen	19
Abbildung 2:	Statische Reichweiten der weltweiten Reserven und Ressourcen nicht-erneuerbarer Energieträger	19
Abbildung 3:	Importabhängigkeit Deutschlands bei einzelnen Primärenergierohstoffen 1999 und 2009	21
Abbildung 4:	Vergleich der konventionellen Stromerzeugung in Brandenburg und Deutschland	24
Abbildung 5:	Einsatz inländischer Brennstoffe für die konventionelle Stromerzeugung in Brandenburg und Deutschland	24
Abbildung 6:	Vergleich der Strompreise in Deutschland in den betrachteten Szenarien	29
Abbildung 7:	Kosten der Stromerzeugung in Deutschland	31
Abbildung 8:	Vergleich der Kosten der konventionellen Stromerzeugung in den betrachteten Szenarien	33
Abbildung 9:	CO ₂ -Äquivalente der konventionellen Stromerzeugung Brandenburgs in den Szenarien, in Mio. Tonnen	39
Abbildung 10:	Indexentwicklung der CO ₂ -Äquivalente der konventionellen Stromerzeugung in den Szenarien	42
Abbildung 11:	SO ₂ -Äquivalente der konventionellen Stromerzeugung Brandenburgs in den Szenarien, in Tausend Tonnen	43
Abbildung 12:	NO _x -Emissionen der konventionellen Stromerzeugung Brandenburgs in den Szenarien, in Tausend Tonnen	44
Abbildung 13:	Staubemissionen der konventionellen Stromproduktion Brandenburgs in den Szenarien, in Tausend Tonnen	45
Abbildung 14:	Abgrenzung der Berechnungsschritte der regionalwirtschaftlichen Analyse für die Braunkohle	52
Abbildung 15:	Braunkohlenförderung, Brennstoffeinsatz und installierte Bruttoleistung in den Szenarien	56
Abbildung 16:	Direkte Beschäftigungswirkungen der Braunkohlengewinnung und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien	58
Abbildung 17:	Indirekte Beschäftigte zusammen inkl. Großinvestitionen der Braunkohlenverstromung und -förderung	60

Abbildung 18:	Direkte und indirekte Beschäftigungswirkung der Braunkohlenverstromung und -förderung im Land Brandenburg in den Szenarien	61
Abbildung 19:	Jährliche Installation Erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Land Brandenburg seit dem Jahr 2000 (in MW)	66
Abbildung 20:	Ausbau der erneuerbaren Energien in Brandenburg in den Szenarien 1 und 2, in GW	67
Abbildung 21:	Quellen und Kennziffern für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte in den ATK Szenarien	68
Abbildung 22:	Beschäftigungswirkung Windenergie durch den Zubau in Szenario 1	70
Abbildung 23:	Beschäftigungswirkung Windenergie in Brandenburg durch den Zubau in Szenario 2	71
Abbildung 24:	Quellen und Kennziffern für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte in den ATK Szenarien	72
Abbildung 25:	Beschäftigungswirkung Photovoltaik durch den Zubau in Szenario 1	74
Abbildung 26:	Beschäftigungswirkung Photovoltaik durch den Zubau in Szenario 2	75
Abbildung 27:	Quellen und Kennziffern für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte in den ATK Szenarien	76
Abbildung 28:	Beschäftigungswirkung Erneuerbare Energien in Brandenburg nach Energieträgern - Szenario 1	78
Abbildung 29:	Beschäftigungswirkung Erneuerbare Energien in Brandenburg nach Energieträgern - Szenario 2	79
Abbildung 30:	Altersstruktur der Beschäftigten in der Energiebranche in Brandenburg	89

Tabellen

Tabelle 1:	Aufbau der zu vergleichenden Studien	8
Tabelle 2:	Wichtige Annahmen und Ergebnisse der [A.T. Kearney 2011]-Szenarien bezogen auf das Land Brandenburg und das Jahr 2030	10
Tabelle 3:	Wichtige Annahmen und Ergebnisse der Energieszenarien 2011 und der [Prognos 2011]-Szenarien bezogen auf Deutschland und das Jahr 2030	13
Tabelle 4:	Schlussfolgerungen des Szenarienvergleichs für das weitere Vorgehen der Expertise	15
Tabelle 5:	Entwicklung der Brennstoff-Importquoten, in %	22
Tabelle 6:	Kosten einzelner Stromerzeugungsarten in Deutschland	36
Tabelle 7:	Vorleistungsbezug der Braunkohlenindustrie aus dem Land Brandenburg, indirekte Wertschöpfung und Beschäftigte in Brandenburg	53
Tabelle 8:	Übersicht Annahmen zu Produktivitäts- und Effizienzveränderungen der Braunkohlenindustrie	55
Tabelle 9:	Direkte Beschäftigungswirkungen der Braunkohlengewinnung und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien	58
Tabelle 10:	Indirekte Beschäftigte durch typische jährliche Ausgaben und laufende Ersatzinvestitionen der Braunkohlenverstromung und -förderung	59
Tabelle 11:	Indirekte Beschäftigte zusammen inkl. Großinvestitionen der Braunkohlenverstromung und -förderung	60
Tabelle 12:	Direkte und indirekte Beschäftigungswirkung in den Szenarien	62
Tabelle 13:	Einbeziehung von Wertschöpfungsstufen in die Berechnung der Beschäftigungswirkungen nach Energieträgern	65
Tabelle 14:	Methodischer Überblick zur Berechnung der Steuereinnahmen für das Land Brandenburg durch die wirtschaftliche Tätigkeit der Braunkohlenindustrie	80
Tabelle 15:	Einkommensabhängige Steuereffekte aus direkter Beschäftigung in der Braunkohlenindustrie des Landes Brandenburg	82
Tabelle 16:	Steueraufkommen und Steuereinnahmen in Brandenburg (2008-2010) als Basis für die indirekten fiskalischen Effekte	84

Tabelle 17:	Indirekte einkommens- und gewinnabhängige Steuereffekte der Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg im Überblick	85
Tabelle 18:	Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen durch Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg	86
Tabelle 19:	Fachkräftebedarfsprognose in Bezug auf den Braunkohlensektor	92
Tabelle 20:	Fachkräftebedarf in Bezug auf den Sektor Erneuerbare Energien	94
Tabelle 21:	Verteilung von Akademikern und Facharbeitern an der Beschäftigung im Braunkohlesegment und den Segmenten der Erneuerbaren Energien	95

1 Zusammenfassung

(1) Das Land Brandenburg schreibt gegenwärtig die **Energiestrategie 2020** auf das Jahr **2030** fort. In diesem Zusammenhang steht die Frage nach der **energiestrategischen** Bewertung der verschiedenen Optionen. Prognos hat den Auftrag erhalten, vorliegende Szenarien anhand der Dimensionen Sicherheit, Preiswürdigkeit und Umwelt- bzw. Klimaverträglichkeit miteinander zu vergleichen. Zudem werden die **regionalwirtschaftlichen** Auswirkungen der Szenarien aufgezeigt. Da sich aus methodischen Gründen nicht alle gewünschten Bewertungsdimensionen anhand der vorhandenen Szenarien untersuchen ließen, hat Prognos ergänzend drei Szenarien aus anderen aktuellen Studien mit herangezogen, um zu der Einschätzung der energiestrategischen Auswirkungen zu gelangen.

(2) Im Hinblick auf die Sicherheit, Preiswürdigkeit und Umwelt- und Klimaverträglichkeit der Energieversorgung in Brandenburg (Untersuchungsteil I) wurden folgende **Ergebnisse** erzielt:

- Gemessen an der **Importquote** als Maßstab der Verwundbarkeit der Transportwege und der geostrategischen Sicherheit der Herkunft der Primärenergie schneiden Szenarien mit höheren Anteilen von Braunkohle (im Vergleich zu importiertem Erdgas) tendenziell besser ab. Darüber hinaus hilft der wachsende Anteil erneuerbarer Energien die Importabhängigkeit zu reduzieren, sofern nicht auf importierte Biomasse zurückgegriffen wird.
- Die **Leistungsabsicherung** als Aspekt der Sicherheit gewinnt in Systemen mit schnell wachsenden Anteilen erneuerbarer Energieträger eine zunehmende Bedeutung. Wenn das Dargebot von Sonne und Wind nicht ausreicht, um die Last zu decken, müssen Reservekapazitäten zur Verfügung stehen. Hier werden fossile Energieträger (insbesondere flexible Kraftwerke) neben Speichern und dem erforderlichen Netzausbau noch für mehrere Jahrzehnte eine wichtige Rolle spielen. Auch die Braunkohle kann ihren Beitrag hierzu leisten, muss aber perspektivisch flexibler werden, um Lastschwankungen ausgleichen zu können.
- Die **Wirtschaftlichkeit** der Stromerzeugung mit Braunkohle dürfte mindestens bis 2030 gegeben sein, da Braunkohle im Vergleich mit anderen konventionellen Erzeugungsarten die niedrigsten Kosten aufweist. Zwischen 2020 und 2030 dürfte Braunkohle mit CCS wirtschaftlicher werden als ohne, wenn der internationale Emissionshandel bestehen bleibt und die CO₂-Preise deutlich ansteigen. Onshore-Windenergie könnte bei Reduktion der Investitionskosten bereits vor 2030 zur

wirtschaftlichsten Erzeugungstechnik werden. Darüber hinaus hat die Photovoltaik bis 2030 noch deutliche Kostensenkungspotenziale.

- Die **Umwelt- und Klimaverträglichkeit** der brandenburgischen Energieversorgung wird sich in allen untersuchten Szenarien deutlich verbessern. Insbesondere der Ersatz des Kraftwerks Jänschwalde nach dem Jahr 2020 führt zu diesem Effekt. Dabei fallen die Emissionsreduktionen bei den CO₂-Äquivalenten für das Land Brandenburg bei Errichtung eines neuen Kraftwerks (2.000 MW) mit Kohlendioxidabscheidung (CCS) sowie Ertüchtigung von Schwarze Pumpe (Szenario 1/2 c von [A.T. Kearney 2011]) ebenso groß aus wie bei Abschaltung von Jänschwalde ohne Ersatz und ohne Ertüchtigung des Kraftwerks Schwarze Pumpe (Szenario 1/2 a von [A.T. Kearney 2011]). Die Gesamteinsparung in der fossilen Stromerzeugung liegt in beiden Szenarien bis zum Jahr 2030 bei ca. 62 % gegenüber dem Jahr 2010. Im Falle der Errichtung eines Neubaukraftwerks (2.000 MW) mit Trockenbraunkohle und Ertüchtigung von Schwarze Pumpe (Szenario 1/2 b von [A.T. Kearney 2011]) dürfte die Emissionsreduktion lediglich bei 33 % liegen. Eine Sonderauswertung der Prognos-Szenarien [Prognos 2011] für das Land Brandenburg führt zu noch niedrigeren CO₂-Emissionen, da bei dynamischer Modellierung infolge der Verdrängung durch erneuerbare Energieträger die Stromerzeugung der Braunkohlenkraftwerke und der Braunkohlenbedarf wesentlich niedriger ausfallen. Mit dynamischer Modellierung werden Einsparungen von 68 % bis 72 % (im Vergleich 2030 zu 2010) bei den CO₂-Äquivalenten in der konventionellen Stromerzeugung des Landes Brandenburg erreicht. Voraussetzung hierfür ist aber die Einführung von CCS.
- Die **Luftschadstoffe** sinken in allen Szenarien deutlich unter die Ausgangswerte. Es werden je nach Szenario und betrachteten Schadstoff Reduktionen von 40 % bis 90 % erreicht.
- **Weitere Umweltauswirkungen** wie der Flächenverbrauch oder die Wirkungen auf die Biosphäre sowie die Wirkungen einzelner Szenarien auf die Umsiedlung von Bürgern oder die Akzeptanz von Maßnahmen waren nicht Gegenstand des Untersuchungsauftrags.
- Der **Ausblick bis 2050** zeigt, dass die Braunkohle in den Dekaden nach 2030 mit CCS eine Zukunft haben dürfte. Dies gilt einerseits – wenn der Emissionshandel Bestand hat – aus wirtschaftlichen Gründen, da dann CCS-Kraftwerke wettbewerbsfähiger sein dürften als konventionelle Anlagen ohne CCS. Andererseits können die langfristigen Ziele der Bundesregierung (CO₂-Einsparung bis 2050 um mindestens

80 % gegenüber 1990) nur erreicht werden, wenn die fossilen Kraftwerke aller Bundesländer entsprechende Einsparungen erreichen.

(3) Folgendes **Fazit** ergibt sich aus den vorstehenden Ergebnissen zu Untersuchungsteil I:

- Bei einer **Gleichgewichtung** der energiepolitischen Ziele (Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit) schneidet der Energieträger Braunkohle im Vergleich zu anderen fossilen Optionen gut ab. Die Nutzung der Braunkohle in vorhandenen Kraftwerken dürfte mindestens bis 2020 wirtschaftlich machbar und klimapolitisch verantwortbar sein. Sie stärkt die Sicherheit der deutschen Stromerzeugung.
- Im **Zeitraum 2020 bis 2030** erreicht das Kraftwerk Jänschwalde das Ende seiner Lebensdauer. Die politischen Rahmenbedingungen für eine Investitionsentscheidung sind bald festzulegen.
- **Nach 2030** gerät die Stromerzeugung in Braunkohlenkraftwerken ohne CCS aus wirtschaftlichen und klimapolitischen Gründen zusätzlich unter Druck. Sofern das Land Brandenburg die Fortsetzung der Braunkohlenverstromung in einem Neubaukraftwerk in Jänschwalde anstrebt, sind in Deutschland und im Land Brandenburg die Rahmenbedingungen für die Nutzung von CCS herzustellen.
- **Gesellschaftliche Akzeptanz** war nicht Gegenstand dieser Expertise. Ohne gesellschaftliche Akzeptanz ist aber ein energiepolitischer Pfad nicht durchhaltbar. Für die Akzeptanz von CCS wäre ein Demonstrationsvorhaben mit einer signifikanten Größenordnung ein wichtiger Meilenstein.
- All dies spricht für die große Bedeutung eines **CCS-Gesetzes auf Bundesebene** gemäß den Vorgaben der EU Richtlinie (2009/31/EC).

(4) Im Hinblick auf die **regionalwirtschaftlichen** Effekte der Szenarien sowie den Fachkräftebedarf in Brandenburg (Untersuchungsteil II) wurden folgende **Ergebnisse** erzielt:

- Heute beschäftigt die brandenburgische **Braunkohlenindustrie** direkt rd. 6.100 Personen, weitere 4.000 Beschäftigte werden in Zulieferbranchen (indirekt) gesichert. Die Summe der direkten und indirekten Beschäftigung (10.100) wird sich im Leitszenario 2 c der brandenburgischen Energiestrategie bis zum Jahr 2030 um ca. 4.200 auf ca. 5.900 reduzieren. Hierin sind keine Beschäftigungswirkungen der Braunkohlenindustrie anderer Bundesländer in Brandenburg enthalten, es handelt sich somit um eine konservative Abschätzung.
- Die Nutzung der **erneuerbaren Energien** Wind, Sonne und Biomasse zur Stromerzeugung sicherte im Jahr 2010 in Brandenburg direkt und indirekt rd. 9.700 Beschäftigte. Hinzu kommen Beschäftigte in der Erzeugung von Wärme und Biokraftstoffen, die in dieser Expertise nicht betrachtet werden. Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien dürften bis zum Jahr 2030 in Brandenburg 1.800 (Szenario 1 a/b/c) bis 2.500 (Szenario 2 a/b/c) Beschäftigte in den Bereichen Installation und Wartung aufgebaut werden. Effekte der Szenarien auf die Produktion von EE-Anlagen konnten nicht ermittelt werden und wurden hier vereinfachend als konstant angenommen.
- Unabhängig von methodischen Fragen kann festgehalten werden, dass die Energiewirtschaft – fossil und erneuerbar – eine **wichtige Säule der brandenburgischen Wirtschaft** ist und bis auf weiteres bleiben wird.
- Die **fiskalischen Effekte** konnten mittels eines vereinfachten Schätzverfahrens dargestellt werden. Einkommensbezogene Steuereffekte standen im Vordergrund. Belastbare Aussagen zu den Gewerbesteuerzahlungen der Braunkohlenindustrie waren nicht möglich. Im Ergebnis werden wesentliche Unterschiede in den Szenarien erst ab dem Jahr 2020 sichtbar. Die betrachteten Steuereinnahmen von Land und Gemeinden aus der Braunkohlenindustrie und verbundenen Branchen betrug 2010 39,4 Mio. EUR. Im Jahr 2030 ist ein Rückgang dieser Steuern auf 10,5 Mio. EUR (bei Stilllegung vom Kraftwerk Jänschwalde) bzw. 23,5 Mio. EUR (in Szenario 2 c mit einem CCS Neubau) zu erwarten. Im Mittel entfallen rund 68% der Steuereinnahmen auf das Land Brandenburg und 32% auf die Gemeinden.
- Beschäftigungsrückgang und altersbedingtes Ausscheiden von Mitarbeitern aus Belegschaften sind gegenläufige Trends, die den **Fachkräftebedarf** beeinflussen. Generell ist

zu erwarten, dass in Szenarien mit niedrigerem Beschäftigungsstand (1/ 2 a, 1/ 2 b) ein geringerer Fachkräftebedarf auftreten wird als im Szenario mit höherem Beschäftigungsbedarf. Ob hieraus eine Engpasssituation entsteht, kann nur in vertiefenden Analysen beantwortet werden.

2 Hintergrund und Aufgabenstellung

(1) In der **Energiestrategie 2020** des Landes Brandenburg nimmt die Braunkohlennutzung einen breiten Raum ein. Ebenso spielen erneuerbare Energien und die Verbesserung der Energieeffizienz entscheidende Rollen.

(2) Seit Erstellung der Energiestrategie 2020 hat sich eine Reihe von **Rahmenbedingungen** verändert. Beispiele hierfür sind:

- Die Bundesregierung hat in ihrem 2010 beschlossenen und im Jahr 2011 überarbeiteten **Energiekonzept** Zielsetzungen und Rahmenbedingungen für die Energiewirtschaft bis zum Jahr 2050 formuliert.
- Die **CCS-Technologie** ist vorangekommen, das **CCS-Gesetz** aber im Bundesrat gescheitert. Ob das Vermittlungsverfahren zu einem tragfähigen Ergebnis führen wird, ist zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses dieser Expertise ungewiss. Hierdurch wird die weitere Entwicklung von CCS erschwert.
- Der Ausbau der **erneuerbaren Energien** hat bedingt durch die Förderung über das EEG eine Geschwindigkeit erreicht, die das konventionelle Energiesystem und auch die Verstromung von Braunkohle absehbar vor große Herausforderungen stellt.

(3) Die Regierungsparteien des Landes Brandenburg haben in ihrer **Koalitionsvereinbarung** vom 05. November 2009 festgehalten: „Braunkohle-Nutzung in Deutschland ist solange erforderlich, bis der Industriestandort Deutschland seinen Energiebedarf sicher und zu international wettbewerbsfähigen Preisen aus Erneuerbaren Energien decken kann.“ [KV Brandenburg 2009]

Das Land Brandenburg hat durch das Beratungsunternehmen A.T. Kearney eine **Studie** mit sechs energiewirtschaftlichen Szenarien erarbeiten lassen [A.T. Kearney 2011]. Allerdings beantwortet diese Arbeit auftragsgemäß nicht abschließend die Fragen nach der Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Energieversorgung im Land Brandenburg und in Deutschland. Auch liegt derzeit keine Einschätzung vor, welche möglichen Rückwirkungen die Szenarien auf den regionalen Arbeitsmarkt aufweisen.

(4) Vor diesem Hintergrund hat das Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheit des Landes Brandenburg die Prognos AG mit der Durchführung einer **Untersuchung** beauftragt, in der

die genannten Aspekte untersucht werden sollen. Im Mittelpunkt stehen die Szenarien, die das Land Brandenburg durch A.T. Kearney hat erstellen lassen und die sich aus diesen Szenarien ergebenden Auswirkungen. Ergänzend hierzu werden die folgenden Untersuchungen herangezogen:

- Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung („Energieszenarien 2010“) [EWI/ GWS/ Prognos 2010],
- Energieszenarien 2011 [EWI/ Prognos/ GWS 2011],
- und die Untersuchung der Prognos AG im Auftrag von Vattenfall Europe AG unter Beteiligung der MIBRAG mbH „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ [Prognos 2011].

(5) Der folgende Bericht ist in zwei Teile unterteilt. **Ziel** des ersten Teils dieser Expertise ist es, aus dem Vergleich der ausgewählten Szenarien und Untersuchungen anhand der Dimensionen Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit **energiepolitische Handlungsempfehlungen** abzuleiten. Der zweite Teil dieser Expertise untersucht die sich aus den Szenarien ergebenden **regionalökonomischen Auswirkungen** in Hinblick auf Beschäftigungseffekte. Schwerpunkt ist auftragsgemäß die Darstellung der Beschäftigungseffekte in den Szenarien, die sich langfristig in der Braunkohlenindustrie ergeben. Neben den Effekten auf die **Braunkohlenindustrie** stehen auch die sich aus den Szenarien ergebenden Beschäftigungswirkungen im Bereich der **Erneuerbaren Energien** und **fiskalische Wirkungen** der Braunkohlenindustrie im Fokus. Diese werden mit einfacheren Ansätzen betrachtet. Zusammenfassend werden die Entwicklungen in den Szenarien im Kontext der projizierten **Fachkräftesituation** für das Land Brandenburg beleuchtet.

(6) **Fragen** hinsichtlich **weiterer Umweltauswirkungen** (wie z. B. der Flächenverbrauch), der Umsiedlung von Bürgern aufgrund der eventuell notwendigen Erweiterung von Braunkohlentagebauen oder die Akzeptanz von Maßnahmen waren nicht Gegenstand der Untersuchung. Ebenso wurde keine detaillierte Analyse durchgeführt, wo und wie viel CO₂ verpresst werden kann. Des Weiteren wurde keine primärdatengestützte Analyse der Beschäftigten bei den Erneuerbaren Energien vorgenommen. Die hier verwendeten Kennziffern und Annahmen sind eher konservativ einzuschätzen. Weitere szenarische Betrachtungen mit dynamischerer Entwicklung der Erneuerbaren Energien, beispielsweise durch Exporte, waren nicht Untersuchungsgegenstand.

3 Vergleich der Szenarien

(1) Im Kapitel 2 wurden **verschiedene Studien** genannt ([A.T. Kearney 2011], [EWI/ GWS/ Prognos 2010], [EWI/ GWS/ Prognos 2011] und [Prognos 2011]), deren Szenarien für diese Expertise herangezogen werden. Aufgrund der mittlerweile von der Bundesregierung eingeschlagenen Energiepolitik sowie der Aktualisierung des Energiekonzeptes wird die Studie [EWI/ GWS/ Prognos 2010] im Weiteren nicht zur Auswertung herangezogen.

Um die verbliebenen Studien und Szenarien vergleichend einordnen zu können, werden zunächst deren grundlegende Eigenschaften, Aufbau und Vorgehensweisen betrachtet. Tabelle 1 gibt diesbezüglich einen Überblick.

Tabelle 1: Aufbau der zu vergleichenden Studien

	A.T. Kearney 2011	Prognos 2011	Energieszenarien 2011
Untersuchungsgebiet	Brandenburg	(Ost)Deutschland	Deutschland
Zeitlicher Horizont	2030	2050	2050
Szenariotyp	Zielszenarien mit vier strategischen Zielen	Explorative Szenarien	Zielszenarien
Modellierung	Statisch	Dynamisch	Dynamisch

Quelle: Prognos

(2) Die drei Studien sind durch unterschiedliche zeitliche und geographische **Betrachtungsebenen** gekennzeichnet, außerdem unterscheiden sie sich stark im **methodischen Vorgehen** der Szenarienberechnung.

[A.T. Kearney 2011] orientiert sich an strategischen Zielen, die mit quantitativen Annahmen hinterlegt sind, und entwirft daraus sechs Zielszenarien. Dabei erfolgt eine weitgehend statische Modellierung.

Bei **[EWI/ GWS/ Prognos 2011]**, das auf [EWI/ GWS/ Prognos 2010] aufbaut, handelt es sich ebenfalls um Zielszenarien, diese werden jedoch durch die Kombination unterschiedlicher bottom-up-Modelle beschrieben. Zum Vergleich wird in [EWI/ GWS/ Prognos 2010] ein Referenzszenario ausgewiesen.

[Prognos 2011] untersucht in explorativen Szenarien die Strommarktentwicklung in Deutschland mit einem speziellen Fokus auf

der Situation der ostdeutschen Braunkohle. Dazu werden verschiedene Einflussfaktoren variiert und die jeweils resultierende Stromerzeugung in Deutschland dynamisch modelliert.

Im Folgenden werden die einzelnen Studien detaillierter betrachtet.

3.1 „Grundlagen für die Erstellung der Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg“ [A.T. Kearney 2011]

(1) In dem Gutachten „Grundlagen für die Erstellung der Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg“ werden Vorschläge für die Energiestrategie 2030 mit Zielen, Handlungsfeldern und Maßnahmenbereichen gemacht. Zur Analyse dieser Vorschläge werden zwei Zielszenarien erstellt:

- **Szenario 1**, mit eher **konservativen Annahmen**, schreibt die Energiestrategie 2020 bis 2030 fort,
- in einem **ambitionierteren Szenario 2** werden höhere Ausbaupfade der installierten Wind- und PV Leistung und ein stärkerer Rückgang des Endenergieverbrauchs angenommen.

Dabei werden pro Szenario vier **strategische Ziele** definiert und mit quantitativen Annahmen hinterlegt, die das „Gerüst“ der Szenarien bilden. Diese Ziele beziehen sich auf eine Steigerung der Energieeffizienz, eine Erhöhung der Anteile erneuerbarer Energien an der Energieversorgung und den Rückgang der energiebedingten CO₂ Emissionen.¹

(2) Diese beiden Szenarien werden mit jeweils drei „**Subszenarien**“ zur Entwicklung der Braunkohlenverstromung kombiniert, so dass sich die in Tabelle 2 dargestellten Szenarien ergeben. Dabei sind der Endenergieverbrauch, die installierte Leistung der Wind- und Photovoltaikanlagen und die Veränderung des CO₂ Ausstoßes als Zielwerte vorgegeben. Bezüglich der Braunkohle werden in den „Subszenarien“ folgende grundlegende Annahmen getroffen:

- **Subszenario a) „Reduktion der Braunkohlenkraftwerkskapazitäten“**: Das Kraftwerk Jänschwalde wird nicht

¹ Das vierte strategische Ziel einer zuverlässigen Energieversorgung wird in einer eigenen Netzstudie betrachtet.

erneuert, das Kraftwerk Schwarze Pumpe läuft unverändert weiter.

- **Subszenario b) „Effizienzsteigerung der Braunkohlenverstromung“:** Das Kraftwerk Jänschwalde wird durch einen Neubau mit 50 % Wirkungsgrad und geringerer installierter Leistung (2.000 MW) ersetzt. Schwarze Pumpe wird ertüchtigt und erhält einen Wirkungsgrad von 46 %.
- **Subszenario c) „Effizienzsteigerung und Einsatz CCS-Technologie“:** Das Kraftwerk Jänschwalde wird durch einen Neubau mit CCS-Technologie ersetzt (Wirkungsgrad 44 %). Schwarze Pumpe wird ertüchtigt und erhält einen Wirkungsgrad von 46 %.

(3) **Tabelle 2** zeigt im Überblick die Ergebnisse und Annahmen der sechs Szenarien aus der Studie [A.T. Kearney 2011] für das Land Brandenburg. Die angegebenen Werte beziehen sich auf das Zieljahr 2030.

Tabelle 2: Wichtige Annahmen und Ergebnisse der [A.T. Kearney 2011]-Szenarien bezogen auf das Land Brandenburg und das Jahr 2030

	Szenario 1			Szenario 2		
	1a)	1b)	1c)	2a)	2b)	2c)
Wirtschaftswachstum	+0,53 % p.a.					
Bevölkerungsentwicklung	- 0,39 % p.a.					
Endenergieverbrauch [PJ]	246			238		
Primärenergieverbrauch [PJ]	424	471	485	404	451	466
Stromerzeugung (inkl. Export) [PJ]	178	236	248	187	245	257
EE, inst. Leistung: PV Wind	3,0 GW 9,590 GW			3,5 GW 10,590 GW		
Bruttostromerzeugung EE: PV Wind	52 % 3 TWh 20 TWh	39 % 3 TWh 20 TWh	37 % 3 TWh 20 TWh	54 % 4 TWh 27 TWh	42 % 3 TWh 22 TWh	40 % 3 TWh 22 TWh
CCS	nein	nein	ja	nein	nein	ja

Quelle: A.T. Kearney 2011

3.2 „Energieszenarien 2011 [EWI/ GWS/ Prognos 2011]

(1) Die Studie „Energieszenarien 2011“ baut auf den „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“ [EWI/ GWS/ Prognos 2010] auf, in denen für das Energiekonzept der Bundesregierung 2010 u. a. Zielszenarien zur Minderung der Treibhausgasemissionen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien entwickelt wurden. Durch den im Juni 2011 von der Bundesregierung beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergienutzung bis zum Jahr 2022 wurden die Szenarien zur Stromerzeugung aktualisiert. In den Energieszenarien 2011 [EWI/ GWS/ Prognos 2011] werden zwei Szenarien untersucht: Einerseits das **Szenario „Ausstieg“** mit einem Auslaufen der Kernenergienutzung bis zum Jahr 2025 und ein **Vergleichsszenario „Laufzeitverlängerung“**, welches auf einer Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke (im Vergleich zum Ausstiegsbeschluss aus dem Jahr 2002) ausgeht. Die Annahmen zur Energieeffizienz entsprechen in beiden Szenarien der ambitionierten Entwicklung der Zielszenarien aus dem Energiekonzept 2010.

(2) Auf Basis der Annahmen zur ökonomischen und demografischen Entwicklung sowie Vorgaben zu den oben genannten Zielen wurden die Szenarien mit mehreren bottom-up-Modellen simuliert. Im **Ergebnis** ergibt sich ein detailliertes Bild der Entwicklung des Endenergieverbrauchs und seiner Deckung in Deutschland, es werden jedoch keine Einzelaussagen zu den Bundesländern getroffen. Dabei verantwortete Prognos die Endenergiemodellierung und EWI die Kraftwerksmodellierung. Die weiter unten folgende Tabelle 3 stellt wichtige Annahmen und Ergebnisse der betrachteten Szenarien für Deutschland gegenüber.

3.3 „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ [Prognos 2011]

(1) In der Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ [Prognos 2011] werden keine Zielszenarien sondern explorative Szenarien untersucht. Es wird dargestellt, wie sich die **Situation der ostdeutschen Braunkohle unter verschiedenen Annahmen** entwickelt. Dazu wurden wichtige Rahmenbedingungen der Stromerzeugung variiert, die sich unter den jeweiligen Umständen ergebende Stromerzeugung in Deutschland mit dem Strommarktmodell der Prognos dynamisch modelliert und die jeweiligen Auswirkungen auf die ostdeutsche Braunkohlewirtschaft untersucht.

Tabelle 3 stellt die wichtigsten Annahmen zusammen. In dieser Studie wurden folgende Szenarien betrachtet:²

- **Szenario „Bundesregierung 2011“:** Dieses Szenario stellt eine mögliche Entwicklung in Anlehnung an die aktuelle Beschlusslage nach den Gesetzen zur Energiewende dar. Im Unterschied zu den Energieszenarien 2011 wurde hier auf das Strommarktmodell von Prognos und nicht auf das von EWI zurückgegriffen.
- **Szenario „Netzbeschränkung“:** Das Szenario skizziert, zusätzlich im Vergleich zu den Annahmen des Szenarios „Bundesregierung 2011“, die Auswirkungen eines verlangsamten Netzausbaus, wodurch der Ausbau der erneuerbaren Energien beeinträchtigt wird.
- **Szenario „Ausbau CCS“:** In diesem Szenario erfolgt in Deutschland ein deutlich höherer Zubau an Braunkohlen-CCS-Kapazitäten. Es wird unterstellt, dass eine gesellschaftliche Akzeptanz für CCS geschaffen wird und der Technologie nach dem Jahr 2025 keine Restriktionen hinsichtlich der Infrastruktur und der Lagerstätten entgegen stehen. Entscheidend wird in diesem Zusammenhang der Aufbau einer europaweiten CCS-Infrastruktur sein.

² Das Szenario „Bundesregierung 2010“ wird in dieser Expertise nicht weiter betrachtet, da es die nicht mehr aktuelle Energiepolitik des Energiekonzepts 2010 zur Grundlage hat. Detaillierte Informationen zu den Annahmen und den Ergebnissen finden sich in [Prognos 2011].

Tabelle 3: Wichtige Annahmen und Ergebnisse der Energieszenarien 2011 und der [Prognos 2011]-Szenarien bezogen auf Deutschland und das Jahr 2030

Szenario	Energieszenarien 2011 „Ausstiegsszenario“	Prognos 2011		
		„Bundesregierung 2011“	„Netzbeschränkung“	„Ausbau CCS“
Wirtschaftswachstum	+0,67 % p.a. bis 2030 (Deutschland)			
Bevölkerungsentwicklung	-0,17 % p.a. bis 2030 (Deutschland)			
CO ₂ Zertifikatspreis, real	41 € ₂₀₀₈ /t	43 € ₂₀₀₉ /t	45 € ₂₀₀₉ /t	47 € ₂₀₀₉ /t
Ölpreis, real	110 US \$ ₂₀₀₈ in 2030			
Stromerzeugung	469 TWh (brutto)	587 TWh (netto)	545 TWh (netto)	579 TWh (netto)
EE, installierte Leistung	110 GW	142 GW	119 GW	142 GW
PV	43 GW	63 GW	63 GW	63 GW
Wind	53 GW	63 GW	48 GW	63 GW
Stromerzeugung EE (Anteil)	55 %	57 %	48 %	56 %
PV	41 TWh	57 TWh	50 TWh	57 TWh
Wind	141 TWh	182 TWh	125 TWh	182 TWh
Sonstige	75 TWh	86 TWh	86 TWh	86 TWh
CCS	ab 2025 verfügbar	modellendogen	modellendogen	verpflichtend für Neubau alle Typen

Quelle: EWI/ GWS/ Prognos 2011, Prognos 2011

3.4 Zwischenfazit Szenarienvergleich

(1) In den vorigen Abschnitten wurde deutlich, dass eine **Vergleichbarkeit der hier aufgeführten Szenarien** aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungsebenen (regional und zeitlich), aber vor allem auch aufgrund unterschiedlicher Modellierungsweisen und Datenverfügbarkeiten **erschwert** wird.

(2) Für das Gutachten **[A.T. Kearney 2011]** liegen die Daten der Stromerzeugung ausschließlich für das **Land Brandenburg** bis zum Jahr **2030** vor. Des Weiteren erfolgt hier eine weitgehend **statische Berechnung**. Für die Untersuchungspunkte „Versorgungssicherheit und Leistungsabsicherung“ und „Umwelt- und Klimaverträglichkeit“ lassen sich aus dieser Studie Aussagen auf Bundeslandsebene (Land Brandenburg) vergleichen.

(3) Die Studie **[Prognos 2011]** hat den Fokus auf Deutschland bzw. Ostdeutschland und reicht bis zum Jahr **2050**. Des Weiteren liegen aufgrund der **dynamischen Modellierung** des deutschen Kraftwerksparks Daten für die stündliche Stromerzeugung, Großhandelsstrompreise und CO₂-Zertifikatepreise vor. Für die konventionelle Stromerzeugung lassen sich Ergebnisse für das Land Brandenburg aus den gesamtdeutschen Auswertungen isolieren. Einschränkend muss jedoch hinzugefügt werden, dass in dieser Untersuchung nicht für alle zukünftig gebauten konventionellen Kraftwerke eine Standortregionalisierung getroffen wurde.

Zudem erfolgte in dieser Studie keine Regionalisierung der erneuerbaren Energien (EE) auf die einzelnen Bundesländer. Da es sich bei den EE-Ausbaupfaden für das Land Brandenburg in **[A.T. Kearney 2011]** um Zielvorgaben handelt, sind diese Werte auch nicht übertragbar auf den in der Studie **[Prognos 2011]** unterstellten deutschen EE-Ausbaupfad (entsprechend dem Basisszenario 2010 A der „Leitstudie“ **[Leitstudie 2011]**). Würden alle Zielvorgaben der Bundesländer für den Ausbau der Erneuerbaren herangezogen, würde dieser deutlich höher ausfallen als in **[Leitstudie 2011]** und somit auch in **[Prognos 2011]** angenommen. Dies hat zur Folge, dass sich ein Vergleich der Szenarien für die verschiedenen Untersuchungspunkte auf die konventionelle Stromerzeugung konzentrieren muss.

(4) Die beschriebenen unterschiedlichen Datenverfügbarkeiten und die verschiedenen Berechnungsmethoden führen zu Einschränkungen hinsichtlich der Auswertbarkeit der Szenarien bezüglich der „Preiswürdigkeit/ Wirtschaftlichkeit“ der Szenarien.

Aus diesen Gründen können wir nach einer intensiven Auswertung der Szenarien einerseits nicht für die drei Bewertungsdimensionen (Sicherheit, Preiswürdigkeit, Umwelt-/ Klimaverträglichkeit) dasselbe Vorgehen wählen. Andererseits liefert der quantitative Vergleich der Szenarien z. T. heterogene Ergebnisse. Die folgende Tabelle fasst das weitere Vorgehen dieser Expertise für die Untersuchungsbereiche zusammen.

Tabelle 4: Schlussfolgerungen des Szenarienvergleichs für das weitere Vorgehen der Expertise

Untersuchungsteil	Weiteres Vorgehen in der Expertise (Fokus konventionelle Stromerzeugung)
Versorgungssicherheit und Leistungsabsicherung	Auswertung der Studien [A.T. Kearney 2011] für das Land Brandenburg bis 2030 und [Prognos 2011] für Deutschland und das Land Brandenburg bis 2050
Preiswürdigkeit der Stromerzeugung	Darstellung der Ergebnisse der Studie [Prognos 2011] für Deutschland und das Land Brandenburg Für [A.T. Kearney 2011] lassen sich aufgrund fehlender Datengrundlagen keine sinnvollen Aussagen treffen
Umwelt- und Klimaverträglichkeit	Auswertung der Studien [A.T. Kearney 2011] für das Land Brandenburg bis 2030 und [Prognos 2011] für das Land Brandenburg bis 2050

Quelle: Prognos

Untersuchungsteil I:

Energiestrategische Auswirkungen der Szenarien im Land Brandenburg

4 Versorgungssicherheit und Leistungsabsicherung

(1) **Versorgungssicherheit** oder Energiesicherheit ist die Fähigkeit eines Energiesystems, zu jeder Zeit Energie zu planbaren und bezahlbaren Preisen zur Verfügung zu stellen. Sie umfasst eher langfristige geostrategische und eher kurzfristige technische Aspekte.

- Die **geostrategische Dimension** der Versorgungssicherheit zielt auf die Frage ab, ob genug Primärenergie dauerhaft verfügbar ist, diese zur Versorgung des Energiesystems aus sicheren Quellen bezogen wird und wie verwundbar die Transportwege sind. So ist ein Energiebezug aus einem politisch und wirtschaftlich instabilen Land unsicherer als die inländische Energiegewinnung aus regenerativen oder fossilen Quellen.
- **Technische Versorgungssicherheit** zielt primär auf die kurzfristige Unterbrechungsfreiheit der Energieversorgung. Sie wird z. B. dadurch hergestellt, dass Komponenten des Strom- oder Gassystems mehrfach („redundant“) vorhanden sind, so dass bei Ausfall einer Anlage andere Anlagen einspringen können. Allerdings hat eine vorausschauende Netzplanung, die notwendige Voraussetzung einer sicheren Strom- und Gasversorgung ist, auch eine langfristige Perspektive. In dieser Expertise wird auf einen Teilbereich der technischen Versorgungssicherheit eingegangen, die Bedeutung der **Leistungsabsicherung** in einer zunehmend auf erneuerbare Energien setzenden Energiewirtschaft. Insbesondere die Wind- und Sonnenenergie sind vom natürlichen Dargebot abhängig. Die Leistungsbereitstellung im deutschen Energiesystem ist zu jeder Zeit sicherzustellen. Hier nehmen fossile Energieträger und Speicher eine besondere Rolle ein.

(2) Die **Bewertung der Energiesicherheit** unterschiedlicher Energiekonzepte anhand von messbaren Indikatoren ist Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Eine eindeutige Lösung für die Frage der Messung von Versorgungssicherheit existiert bisher nicht. Da die vorliegende Expertise einen Schwerpunkt auf die geostrategische Dimension der Sicherheit der Stromversorgung legt, werden folgende Indikatoren für die Bewertung herangezogen:

- Ein Indikator zur Messung der **Verfügbarkeit** des jeweiligen Brennstoffs ist die **Reichweite**. Angesichts eines weltweit steigenden Primärenergieverbrauchs ist für den langfristigen

Kraftwerksbetrieb zu hinterfragen, ob die eingesetzten Energierohstoffe auch in ausreichender Menge verfügbar sein werden. Daher wird im Folgenden ein Ausblick auf ihre Reichweiten gegeben.³

- Die **Importquote** kann als Maßstab der geostrategischen Versorgungssicherheit interpretiert werden. Hinter dieser Messung steht der Gedanke, dass die Bezugsquelle Inland sicher ist, die Transportwege am kürzesten und damit am sichersten sind, wenn die Energie aus dem Inland bezogen wird. Die Energieversorgung ist demnach sicherer, wenn die Importquote geringer ist.

4.1 Reichweiten fossiler und nuklearer Brennstoffe

(1) Bei der Reichweitenbetrachtung fossiler Primärenergieträger ist eine Unterscheidung zwischen den heute bekannten und wirtschaftlich gewinnbaren Vorräten, den **Reserven**, und den geologischen Vorräten, den **Ressourcen**, wichtig. Ressourcen umfassen auch zukünftig wirtschaftlich gewinnbare und heute noch nicht identifizierte Vorräte und weisen in der Regel ein wesentlich höheres Potenzial auf (vgl. Abbildung 1). Die Angaben zu den Ressourcen sind daher im Zeitverlauf größeren Schwankungen unterworfen.

(2) Werden die Reserven oder Ressourcen ins Verhältnis zum Jahresverbrauch gesetzt, erhält man die **statische Reichweite**. Diese beschreibt die Anzahl der Jahre, die ein nicht-erneuerbarer Rohstoff bei aktuellem Verbrauch (ohne Entdeckung und Erschließung weiterer Vorkommen) ausreicht. Die statische Reichweite ist ein Indikator für die **langfristige Verfügbarkeit** eines Rohstoffes und ermöglicht eine vergleichende Einschätzung der weltweit nutzbaren Ressourcen. Abbildung 2 stellt die weltweite statische Reichweite der betrachteten fossilen Energieträger bezogen auf den Jahresverbrauch 2009 anhand der Daten der Studie [BGR 2010] dar.

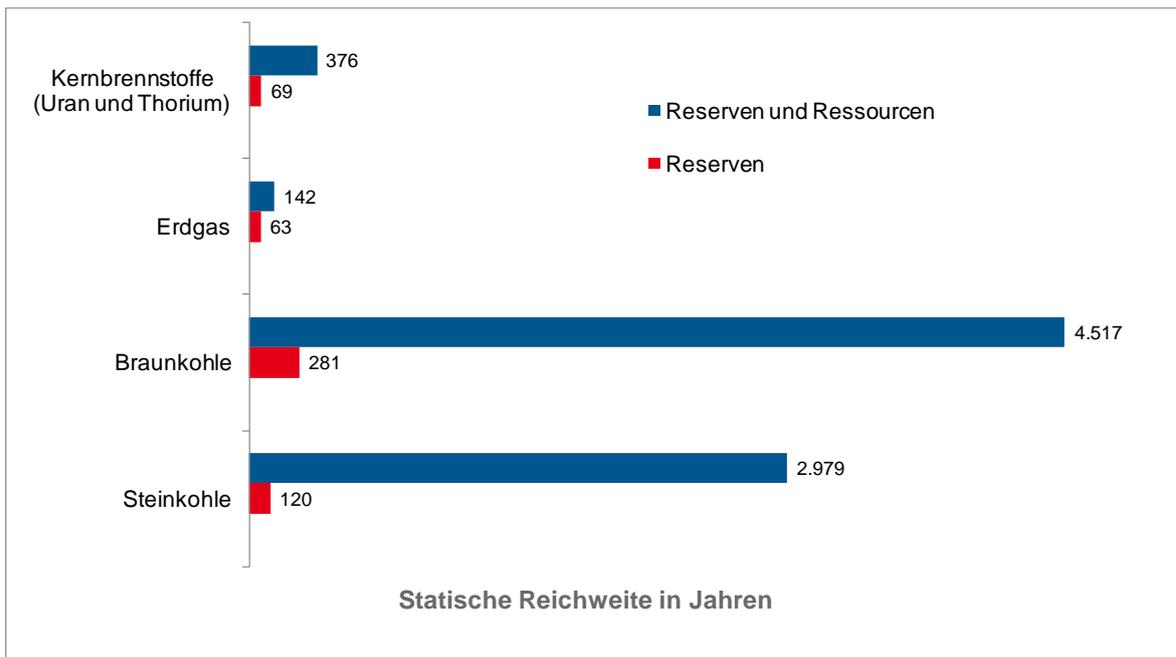
³ Erdöl wird in diesem auf das Land Brandenburg ausgerichteten Vergleich ausgenommen, da es in Zukunft nur noch in den Erzeugerländern zu vertretbaren Kosten in der Stromerzeugung eingesetzt werden kann. Die Darstellung zu den Reserven und Ressourcen ist weitgehend der Studie [Prognos 2011] entnommen.

Abbildung 1: Begriffsbestimmung Reserven und Ressourcen

		Identifizierte Vorräte		Nicht identifizierte Vorräte	
		sicher	wahrscheinlich	bekannte Gebiete	unbekannte Gebiete
Möglichkeit der technisch-wirtschaftlichen Nutzung	derzeit wirtschaftlich gewinnbar	Reserven			
	wirtschaftlich gewinnbar zu zukünftigen Preisen	Ressourcen			
Ungewissheitsgrad bezüglich der Lagerstätte					

Quelle: Prognos nach BGR 2010

Abbildung 2: Statische Reichweiten der weltweiten Reserven und Ressourcen nicht-erneuerbarer Energieträger



Quelle: Prognos, BGR 2010

(3) Nicht berücksichtigt werden bei der statischen Reichweite die künftige Verbrauchsentwicklung, ein Reservenzuwachs durch technische Weiterentwicklung, eine Neubewertung bekannter Vorkommen oder eine Änderung der Marktpreise, die zu einem Reservenzuwachs bzw. einer -abnahme führen können. Außerdem erfolgt der Rohstoffabbau nicht konstant, wie bei der Kennziffer der

statischen Reichweite unterstellt, sondern vor dem eigentlichen Ende der Exploration nimmt die Förderrate tendenziell stärker ab. Daher sind diese Zahlen eher als **Anhaltspunkt** zu sehen. Grundsätzlich können aber die Reserven, also die sichere Basis von Stein- und Braunkohle, Erdgas und Kernbrennstoffen, als ausreichend bis zum Jahr 2050 eingeschätzt werden.

(4) **Erneuerbare Energien** sind per Definition nicht endlich, eine Reichweitenbetrachtung ist deshalb nicht sinnvoll. Jedoch sind die technischen und wirtschaftlichen Potenziale in einem Land ebenfalls begrenzt.

(5) Die **Lagerstättenvorräte von Braunkohle in Deutschland** betragen nach [DEBRIV 2011] rund 41 Mrd. Tonnen an Reserven und rund 77 Mrd. Tonnen an Ressourcen.

Im Jahr 2009 wurden in der **Lausitz** rund 56 Mio. Tonnen Braunkohle gefördert. Auf den brandenburgischen Teil entfielen davon 39,4 Mio. Tonnen (71 %). Im Jahr 2010 lag die gesamte Lausitzer Förderung bei rund 57 Mio. Tonnen Braunkohle. Die mit Stand 01. Januar 2011 genehmigten und erschlossenen Abbaumengen in der Lausitz betragen 1,233 Mrd. Tonnen. Die rechnerische, statische Reichweite dieser Mengen im Lausitzer Revier liegt somit bei 21,6 Jahren. Des Weiteren sind derzeit rund 760 Mio. Tonnen Braunkohlen-Vorräte zum Abbau beantragt, davon rund 200 Mio. Tonnen im Tagebau Welzow-Süd, ca. 250 Mio. Tonnen für das Zukunftsfeld Jänschwalde-Nord und rund 310 Mio. Tonnen für den sächsischen Tagebau Nochten. Die Höhe der wirtschaftlich gewinnbaren Vorräte in der Lausitz liegt bei etwa 3,5 Mrd. Tonnen, die geologischen Vorräte in der Lausitz betragen rund 12 Mrd. Tonnen.

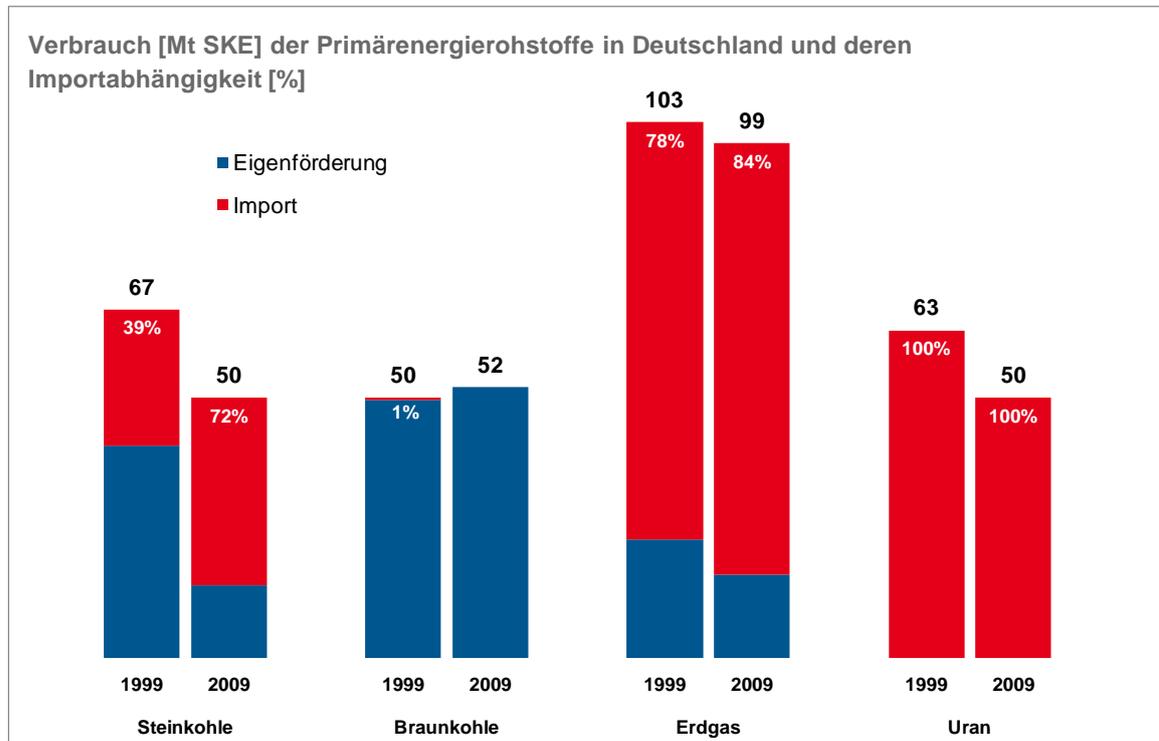
4.2 Entwicklung der Importabhängigkeit der deutschen Stromerzeugung in den Szenarien

(1) Die globale Reichweitenbetrachtung liefert einen Hinweis auf die weltweit vorhandenen und gewinnbaren Mengen eines Rohstoffes. Für die Versorgungssicherheit ist aber nicht nur entscheidend, wie hoch diese Vorräte sind, sondern besonders welcher Anteil in Deutschland gewonnen werden kann, welcher Anteil importiert werden muss und wie sich diese **Importabhängigkeit in Zukunft** entwickeln wird.

(2) Mit Ausnahme der Braunkohle verfügt Deutschland nur über **begrenzte fossile Energierohstoffreserven und -ressourcen**, so dass der Anteil der Brennstoffimporte in der Vergangenheit zu-

genommen hat (vgl. Abbildung 3) und voraussichtlich auch weiter zunehmen wird, selbst wenn der absolute Verbrauch zurückgeht.

Abbildung 3: Importabhängigkeit Deutschlands bei einzelnen Primärenergierohstoffen 1999 und 2009



Quelle: Prognos, BGR 2009

(3) Folgende Entwicklungen werden zur Bewertung der Szenarien im Hinblick auf die Importquote unterstellt:

- Steinkohle kann heute in Deutschland nicht wirtschaftlich abgebaut werden. Auch für die Zukunft ist dies nicht zu erwarten. Mit dem **Auslaufen der Steinkohlensubventionen im Jahr 2018** wird die Förderung wahrscheinlich eingestellt. Steinkohle wird **danach zu 100 % importiert** werden.
- Die in Deutschland zur Stromerzeugung eingesetzte **Braunkohle** wird ausschließlich **im Inland gefördert** und zum überwiegenden Teil in unmittelbarer Nähe der Tagebaue verstromt.
- Die aktuelle Importquote für Uran beträgt 100 %. Es ist trotz stark gestiegener Welthandelspreise **keine Wiederaufnahme der Uranförderung** in Deutschland absehbar.

- Für die **Biomasseverstromung** wird ausschließlich von einem **inländischen Bezug** ausgegangen.⁴
- Die **Eigenförderung von Erdgas in Deutschland ist rückläufig**. Die heutige Erdgas-Importquote von 84 % wird daher selbst bei einem deutlich sinkenden Erdgasverbrauch weiter steigen. Dies liegt hauptsächlich daran, dass die deutschen Erdgasreserven bei gleichbleibender Förderung bereits in den nächsten 10 bis 15 Jahren vollständig aufgebraucht sind [LBEG 2010].

Es wird angenommen, dass es vor der Erschöpfung der Lagerstätten möglich ist, einen geringen Anteil an unkonventionellem Gas in Deutschland zu gewinnen. Parallel beginnt die Einspeisung von aus überschüssigem Wind- bzw. Solarstrom hergestellten Methan in das Gasnetz, so dass sich die **Importquote langfristig bei 95 % stabilisiert**.

Die folgende Tabelle 5 fasst die Annahmen zur Entwicklung der Importquote für die einzelnen Brennstoffe zusammen.

Tabelle 5: Entwicklung der Brennstoff-Importquoten, in %

	2010	2020	2030	2040	2050
Uran	100	100	100	100	100
Steinkohle	71	100	100	100	100
Braunkohle	0	0	0	0	0
Öl	97	98	99	100	100
Gas	84	87	90	95	95
Gas (Szenario „Ausbau CCS“)	84	87	90	88	85
Biomasse	0	0	0	0	0

Quelle: Prognos, BGR 2009

(4) Auf der Basis der Brennstoff-Importquoten der einzelnen Energieträger lässt sich nun die **Importquote der Stromerzeugung** in den einzelnen Szenarien ermitteln.

⁴ Der Biomasseausbau für die Stromerzeugung in der Studie [Prognos 2011] orientiert sich am Basisszenario 2010 A der Leitstudie 2010 [Leitstudie 2011]. Das nutzbare Potenzial der Biomasse in Deutschland wird in diesem Basisszenario 2010 A nicht überschritten, so dass ein Import bilanziell nicht notwendig ist. Dagegen wird u. a. im Energiekonzept der Bundesregierung ein Import von Biomasse zugelassen. Bereits heute ist Biomasse ein weltweit handelbarer Energieträger.

Die **erneuerbaren Energien** gelten als inländische Energieträger, obwohl Biomasse auch aus dem Ausland importiert werden kann. Da die Studie [Prognos 2011], die zum Vergleich mit herangezogen wird, keine Regionalisierung der erneuerbaren Energieträger erlaubt, bezieht sich die nachfolgende Darstellung lediglich auf die konventionellen Energieträger in der Stromerzeugung. Hier wird dargestellt, wie sich die Importquote in der **Versorgung der Stromerzeugung mit konventionellen Brennstoffen** entwickeln wird.

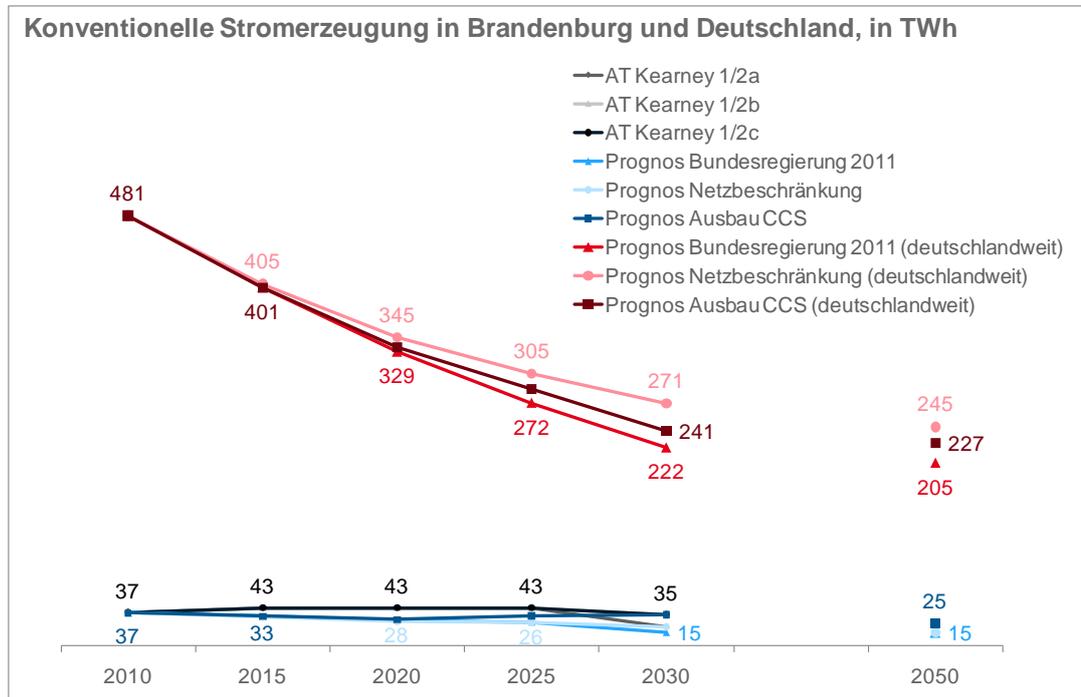
Zu diesem Zweck wird zunächst der konventionell erzeugte Strom ermittelt und jeder Energieträger mit seinem Beitrag zur Energieversorgung und mit seiner spezifischen Importquote des betreffenden Jahres bewertet. Hieraus ergibt sich die Importquote der gesamten Brennstoffversorgung der Stromerzeugung in den Szenarien. Die nachfolgenden Grafiken zeigen einerseits die konventionelle Stromerzeugung im Land Brandenburg und Deutschland (vgl. Abbildung 4) und andererseits den inländischen Brennstoffeinsatz (vgl. Abbildung 5) für diese konventionelle Stromerzeugung.

(5) Abschließend soll bewertet werden, wie hoch der **Anteil Brandenburgs** an der **deutschen Stromerzeugung** ist und inwiefern Brandenburgs Stromerzeugung zur Energiesicherheit Deutschlands beiträgt. Wiederum kann sich diese Analyse nur auf die konventionelle Stromerzeugung beziehen, da die brandenburgische Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht von Prognos untersucht wurde.

Abbildung 4 zeigt, dass knapp 8 % der konventionellen Stromerzeugung Deutschlands im Jahr 2010 im Land Brandenburg erzeugt wurden. Gemäß Abbildung 5 basierten deutschlandweit im Jahr 2010 542 TWh (44 %) des Brennstoffeinsatzes in der Stromerzeugung auf einheimischen Energieträgern. Von diesen einheimischen Brennstoffen stammen ca. 17 % bis 18 % aus den brandenburgischen Tagebauen. Dies zeigt die hohe Bedeutung Brandenburgs für die Sicherung der Brennstoffversorgung der deutschen Stromerzeugung.

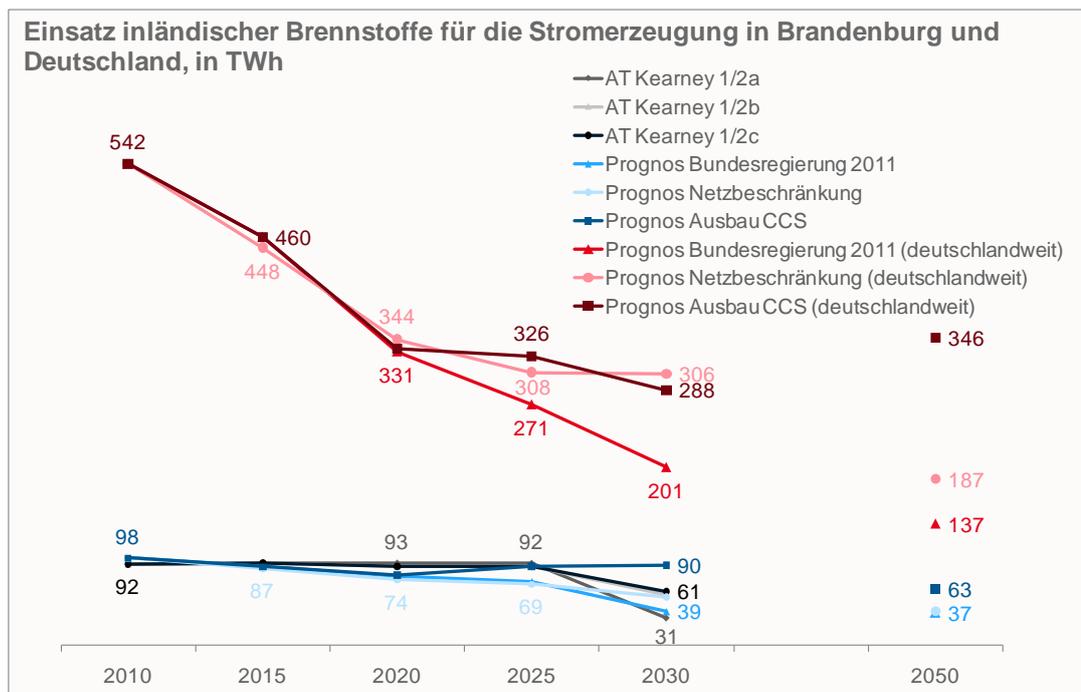
Wie sich der **Beitrag Brandenburgs** zur deutschen Stromversorgung **künftig** entwickeln wird, hängt von den Rahmenbedingungen und der Entwicklung der Energiemärkte ab. In Szenarien mit höheren Braunkohlenanteilen – wie z. B. im Szenario „Netzbeschränkung“, in welchem sich der Ausbau der Erneuerbaren aufgrund eines unzureichenden Netzausbaus verzögert – ist der Beitrag Brandenburgs größer, in Szenarien mit einem Rückgang der Braunkohlenförderung spielt Brandenburg eine entsprechend geringere Rolle – ein Gleichbleiben der übrigen Stromerzeugung vorausgesetzt. Die Bedeutung des Lausitzer Reviers im Rahmen der gesamtdeutschen Braunkohlenförderung wird in den Szenarien etwa gleich bleiben.

Abbildung 4: Vergleich der konventionellen Stromerzeugung in Brandenburg und Deutschland



Quelle: Prognos, A.T. Kearney 2011, Prognos 2011

Abbildung 5: Einsatz inländischer Brennstoffe für die konventionelle Stromerzeugung in Brandenburg und Deutschland



Quelle: Prognos, A.T. Kearney 2011, Prognos 2011

(6) Die Brennstoffversorgung der brandenburgischen Stromerzeugung weist bereits heute eine sehr niedrige Importquote auf. Der hohe Anteil der Braunkohle, das Fehlen von Steinkohlekraftwerken und der relativ niedrige Anteil von Gaskraftwerken führen zu diesem Ergebnis. Perspektivisch wird durch den Rückgang der Stromerzeugung aus Braunkohle und den Neubau von zwei Gaskraftwerken die Importquote der Brennstoffversorgung etwas ansteigen.

4.3 Bedeutung der Leistungsabsicherung im Stromsystem der Zukunft

(1) Schnell wachsende Anteile erneuerbarer Energien stellen Stromsysteme vor erhebliche **Herausforderungen**. Die Stromerzeugung, insbesondere von Windenergie und Photovoltaik – also den beiden Erzeugungstechniken, die am stärksten zum Wachstum der Erneuerbaren in Deutschland beitragen – richtet sich nach dem natürlichen Dargebot von Wind und Sonne. Zwar ist über die geografische Verteilung innerhalb Deutschlands ein gewisser Ausgleich möglich, dennoch fallen **Erzeugung** und **Strombedarf** perspektivisch auseinander. Das Auseinanderfallen von Erzeugung und Stromnachfrage sowie die Volatilität der Erzeugung haben mehrere **Konsequenzen**:

- Zum einen ist in Zeiten von Flaute bei niedriger oder keiner Sonneneinstrahlung nur eine sehr niedrige Leistung aus der erneuerbaren Einspeisung vorhanden. Für diese Fälle werden **Reservekapazitäten** benötigt, die die benötigte Leistung zur Verfügung stellen können („Leistungsabsicherung“).
- Zum anderen ergibt sich bereits heute vermehrt das Problem von **Überkapazitäten**. An sonnen- und windreichen Tagen können die erneuerbaren Energien insbesondere in lastschwachen Zeiten und Netzen (z. B. in manchen Regionen Ostdeutschlands) nicht mehr zeitgleich verbraucht werden und müssen in andere Regionen weitergeleitet werden. Bei schnell steigenden Anteilen erneuerbarer Energien werden sich perspektivisch die Situationen häufen, in denen der Strom nicht mehr genutzt werden kann. Für diese Fälle sind Speicheroptionen zu entwickeln, die eine kurz- (Stunden), mittel- (Tage) und langfristige (Monate) Speicherung des überschüssigen Stroms erlauben. Ein weiträumiger Ausbau der Stromnetze kann ebenfalls dazu beitragen diese Herausforderung zu lösen.
- Die zunehmende Volatilität der fluktuierenden Stromerzeugung erhöht die technischen Anforderungen an das **Netzmanagement**. Zur Gewährleistung der Systemstabilität werden Systemdienstleistungen, wie positive oder negative Re-

gelenergie oder Blindleistungskompensation, benötigt, die langfristig auch von den Erzeugungsanlagen der erneuerbaren Energien bereitgestellt werden müssen.

(2) Je nachdem welche Herausforderung hier betrachtet wird, ergeben sich unterschiedliche Lösungsansätze. Die Aufgabenstellung dieser Expertise ist es vor allem, die möglichen Optionen zur **Leistungsabsicherung** zu beschreiben und zu überprüfen, inwiefern die im Land Brandenburg geplanten Neubaukraftwerke mit Braunkohle und Gas in der Lage sind, hierzu beizutragen.

(3) **Optionen** zur Überwindung einer Leistungsknappheit können starke Leitungen sein, die die Stromnetze unterschiedlicher Regionen miteinander verbinden, fossile (z. B. Gas oder Kohle) oder regenerativ betriebene (z. B. Speicherwasser oder Biomasse) Reservekraftwerke oder Stromerzeugung aus Speichern. Für reine Reservekraftwerke gilt, dass sie nur gelegentlich zum Einsatz kommen und daher innerhalb weniger Stunden pro Jahr genug Geld verdienen müssen, um wirtschaftlich betrieben zu werden.

Die geringere Auslastung (d. h. weniger Volllaststunden) wird die Wettbewerbssituation der heute betriebenen und zukünftig zu errichtenden konventionellen Kraftwerke erschweren. Hinzu kommt, dass durch die schnell wachsende Zahl erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen eine zunehmende Flexibilität der konventionellen Anlagen gefordert sein wird. Diese Sachverhalte stellen konventionelle Kraftwerke vor große Herausforderungen, die aber heute als technisch lösbar eingeschätzt werden.

Sowohl für Reservekapazitäten als auch für Energiespeicher ergibt sich heute noch keine Wirtschaftlichkeit, so dass eine rein marktorientierte Errichtung noch nicht im erforderlichen Umfang zu erwarten ist. Generell kann aus heutiger Sicht festgehalten werden, dass aufgrund der tendenziell niedrigeren Volllaststunden von Regelkraftwerken Kraftwerkstypen mit niedrigen Investitionskosten aus ökonomischen Gründen besser geeignet sind. Diese können ihre Kapitalkosten auch bei niedrigen Betriebsstunden schneller wieder einspielen.

Dies spricht dafür, den Bedarf an Reservekraftwerken überwiegend mit Gasturbinenkraftwerken zu decken, die gasförmige Brennstoffe als Primärenergieträger einsetzen. Andererseits sind Kohlenkraftwerke heute aus technischer Sicht auch in der Lage, Leistungsabsicherung zu betreiben. Das deutlich verbesserte Teillastverhalten und die hohen Leistungsgradienten neuer Kohlekessel erlauben auch für Braukohlenkraftwerke einen kombinierten Einsatz mit erneuerbaren Energien. Eine Vergasung von Braunkohle im Rahmen der CO₂-Abscheidung würde langfristig auch technisch den Einsatz in Gasturbinen erlauben.

4.4 Zwischenfazit Versorgungssicherheit und Leistungsabsicherung

(1) Auf Basis der heute bekannten Reserven und Ressourcen der fossilen Energieträger (Stein- und Braunkohle, Erdgas, Uran) lassen sich bei weltweiter Betrachtung keine Engpässe hinsichtlich der **Versorgungssicherheit** bis zum Jahr 2050 erkennen.

Insgesamt ist in den vergangenen Jahren ein steigender Anteil der Brennstoffimporte zu verzeichnen. Für Steinkohle und Gas ist auch in Zukunft mit steigenden Importquoten zu rechnen. Neben dem fossilen Energieträger Braunkohle spielen die erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle für eine sichere Stromversorgung. Im Vergleich der Szenariengruppen zeigt sich, dass Entwicklungspfade mit einer unter anderem auf die Braunkohle setzenden Stromversorgung eine geringere Importquote aufweisen. Bei den Szenariengruppen b und c aus [A.T. Kearney 2011] ist die Brennstoffimportquote deutlich geringer. Im Vergleich der Prognos-Szenarien [Prognos 2011] schneidet das Szenario „Ausbau CCS“ langfristig am besten ab.

(2) Hinsichtlich der **Leistungsabsicherung** werden die konventionellen Anlagen auch in Zukunft eine bedeutende Rolle in der deutschen Stromversorgung spielen. Sie sind heute notwendig, um die Systemstabilität der Energieversorgung zu gewährleisten. Es ist davon auszugehen, dass langfristig auch die Erneuerbaren die kompletten Systemdienstleistungen (z. B. Frequenz- und Spannungshaltung, Kaltstartfähigkeit) erbringen können. Aufgrund der zu erwartenden dominierenden Rolle der Erneuerbaren im Stromsystem werden zukünftig veränderte Anforderungen an konventionelle Stromerzeugungsanlagen gestellt werden. Diese Anlagen müssen flexibler einsetzbar sein und werden sich in Zukunft sinkenden Volllaststunden gegenübersehen. Solange das Stromsystem nicht über ausreichende Speicherkapazitäten verfügt, werden fossile Energieträger benötigt, um in Zeiten von fehlendem Dargebot von Sonne und Wind die Versorgung zu sichern.

5 Preiswürdigkeit der Stromerzeugung

Das Energiewirtschaftsgesetz benennt die Preisgünstigkeit als Ziel der Energieversorgung. Hierbei stehen zunächst die Preise für die Endkunden in den Privaten Haushalten, im Gewerbe und der Industrie im Fokus der Zielsetzung.

In der vorliegenden Expertise wird lediglich auf die **Umwandlungsseite** der Stromversorgung, also die Stromerzeugung abgestellt, die einen wesentlichen Bestandteil der Endkundenpreise ausmacht. Endkundenpreise an sich, die zusätzlich Netzkosten, Umlagen und Steuern enthalten, wurden nicht ermittelt. Um dennoch eine Einschätzung der Preiswürdigkeit der Stromerzeugung zu erlauben, stellen wir die Parameter Großhandelsstrompreise, Kosten der Stromerzeugung insgesamt und Stromgestehungskosten von einzelnen Erzeugungsarten gegenüber.

5.1 Vergleich Großhandelsstrompreise

(1) Im Rahmen der Analyse zur Preiswürdigkeit bzw. Wettbewerbsfähigkeit der Stromversorgung werden zunächst Aussagen der vorhandenen Studien zur **Strompreisentwicklung** verglichen. Strompreise bilden sich nicht bundeslandsscharf, sondern auf der Großhandelsebene überregional an den Strombörsen. Für Deutschland sind die Preise im Marktgebiet Deutschland und Österreich ausschlaggebend. Hierbei ist der jeweilige Erzeugungsmix in den Marktregionen und der Austausch mit benachbarten Märkten für die Strompreisbildung entscheidend. Die teuersten jeweils noch benötigten Kraftwerke setzen in den jeweiligen Marktregionen den Preis. Aufgrund der ausschließlich **regionalen Betrachtungsweise** (Fokus Land Brandenburg) der Szenarien in [A.T. Kearney 2011] können hier keine Angaben zur Strompreisentwicklung gemacht werden. Deshalb erfolgt hier ausschließlich eine Auswertung der Prognos-Szenarien [Prognos 2011] sowie des „Ausstiegsszenarios“ der Energieszenarien 2011 [EWI/ GWS/ Prognos 2011].

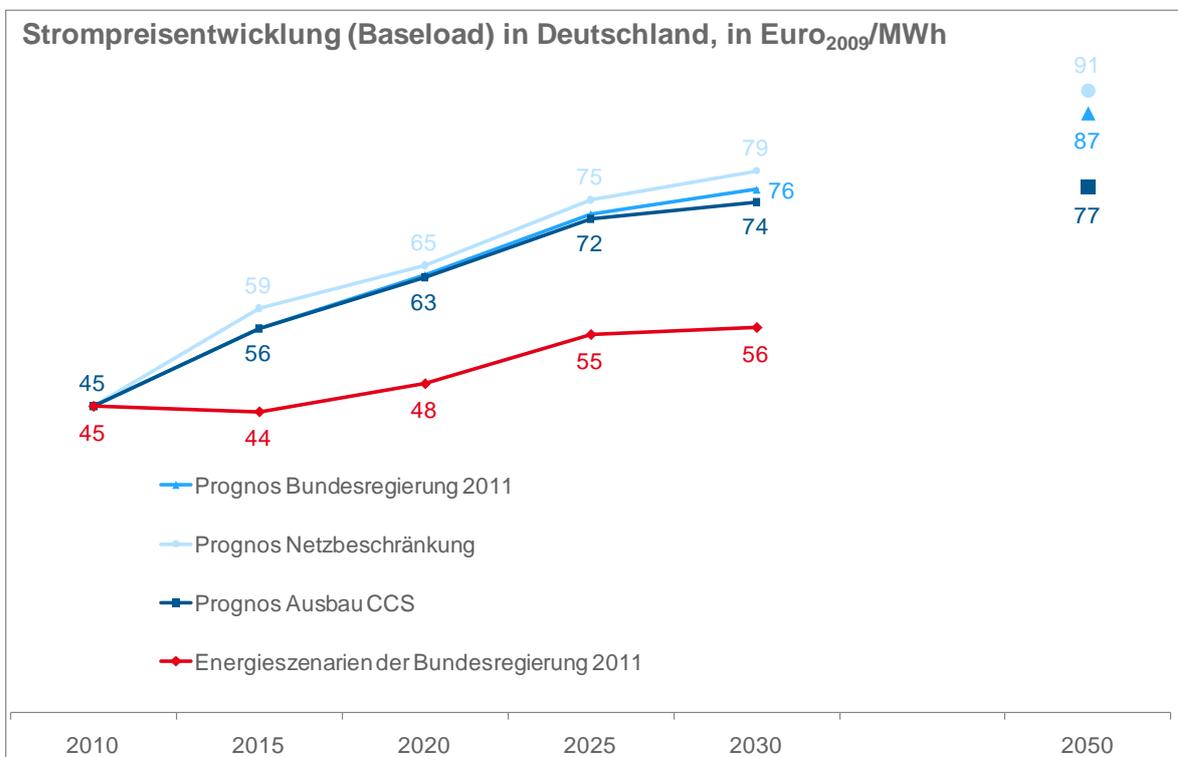
(2) Im Rahmen der Prognos-Studie [Prognos 2011] wurden verschiedene Szenarien erstellt und untersucht, welche Strompreise und welche Kosten der Stromversorgung sich unter den jeweiligen Annahmen ergeben. Die Entwicklung der **Strompreise (Base-load)** der Prognos-Szenarien und des „Ausstiegsszenarios“ der Energieszenarien 2011 zeigt die folgende Abbildung 6. Die Strompreise werden in **realen Werten** (Basis 2009) dargestellt.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse (vgl. Abbildung 6) zeigt, dass der Großhandelsstrompreis des „Ausstiegsszenarios“ der

Energieszenarien 2011 unter dem Strompreisniveau der Prognos-Szenarien liegt. Verantwortlich hierfür sind zum einen deutlich höhere Stromimporte aus erneuerbaren Energien und niedrigere CO₂- und Gaspreise. Die aktuellen Notierungen am Forward Markt der EEX, wo bereits heute für das Jahr 2015 Strom gekauft werden kann, liegen eher im Bereich der Prognos-Szenarien.

Ein Vergleich der **Prognos-Szenarien** zeigt, dass die Großhandelsstrompreise im Szenario „Ausbau CCS“ langfristig etwas geringer ausfallen. In diesem Szenario erfolgt die Braunkohlenstromerzeugung hauptsächlich in CCS-Anlagen. Für diese Anlagen fällt der CO₂-Preis nicht so stark ins Gewicht. Die relativ höchsten Baseload-Strompreise unter den Prognos-Szenarien bilden sich im Szenario „Netzbeschränkung“. Der gebremste Ausbau der Erneuerbaren zur Stromerzeugung muss durch zusätzliche konventionelle Stromerzeugungsanlagen kompensiert werden. Nach unseren Berechnungen kommen auf mittlere Sicht verstärkt Erdgas-kraftwerke zum Einsatz, was insbesondere den Strompreis steigen lässt. Im Weiteren lassen sich, neben diesen generellen Aussagen, speziell für das Land Brandenburg keine direkten Rückschlüsse aus den Ergebnisse der bundesweiten Szenarien ziehen.

Abbildung 6: Vergleich der Strompreise in Deutschland in den betrachteten Szenarien



Quelle: EWII/ GWS/ Prognos 2011, Prognos 2011

5.2 Kosten der Stromerzeugung in Deutschland

(1) Neben der Kategorie der Strompreise können die **Kosten** der Stromerzeugung für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit herangezogen werden. Prognos hat in der Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ [Prognos 2011] für verschiedene Szenarien die Kosten der Stromerzeugung in Deutschland untersucht. Auch bei der Betrachtung der Kosten ist die gesamtdeutsche Betrachtungsebene sinnvoll, da die Kosten der Stromerzeugung in einem einzelnen Bundesland nicht relevant sind für die an den Strombörsen entstehenden Strompreise. Die regionalen brandenburgischen Kraftwerke fügen sich in dieses Gesamtsystem ein. Im Folgenden werden das Vorgehen und die wichtigsten Ergebnisse aus der Prognos-Studie [Prognos 2011] hinsichtlich der Kostenentwicklung der deutschen Stromerzeugung dargestellt.

(2) Die nachfolgend dargestellten Kosten⁵ umfassen die variablen und fixen Betriebskosten der Stromerzeugungsanlagen sowie deren Kapitalkosten. Zu den **variablen Betriebskosten** zählen die Kosten für Brennstoffe, CO₂-Zertifikate und Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe. Unter den **fixen Betriebskosten** werden die Instandhaltungs- und Wartungskosten, Ausgaben für Personal und Versicherungen zusammengefasst. Die **Kapitalkosten** von Anlagen bilden den zu leistenden Kapitaldienst für Anlageninvestitionen inklusive einer angemessenen Eigenkapitalverzinsung ab und treten üblicherweise nur in den ersten 15 bis 20 Jahren des Anlagenbetriebs auf.

Für die **erneuerbaren Energien** wurden die gezahlten Vergütungen infolge des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) als Maßstab der Kosten herangezogen. In diesem Schätzansatz ist abgebildet, dass die Gesamtkosten des Betriebs (inklusive einer angemessenen Verzinsung für den Betreiber) in der Vergütungszahlung zum Ausdruck kommen.

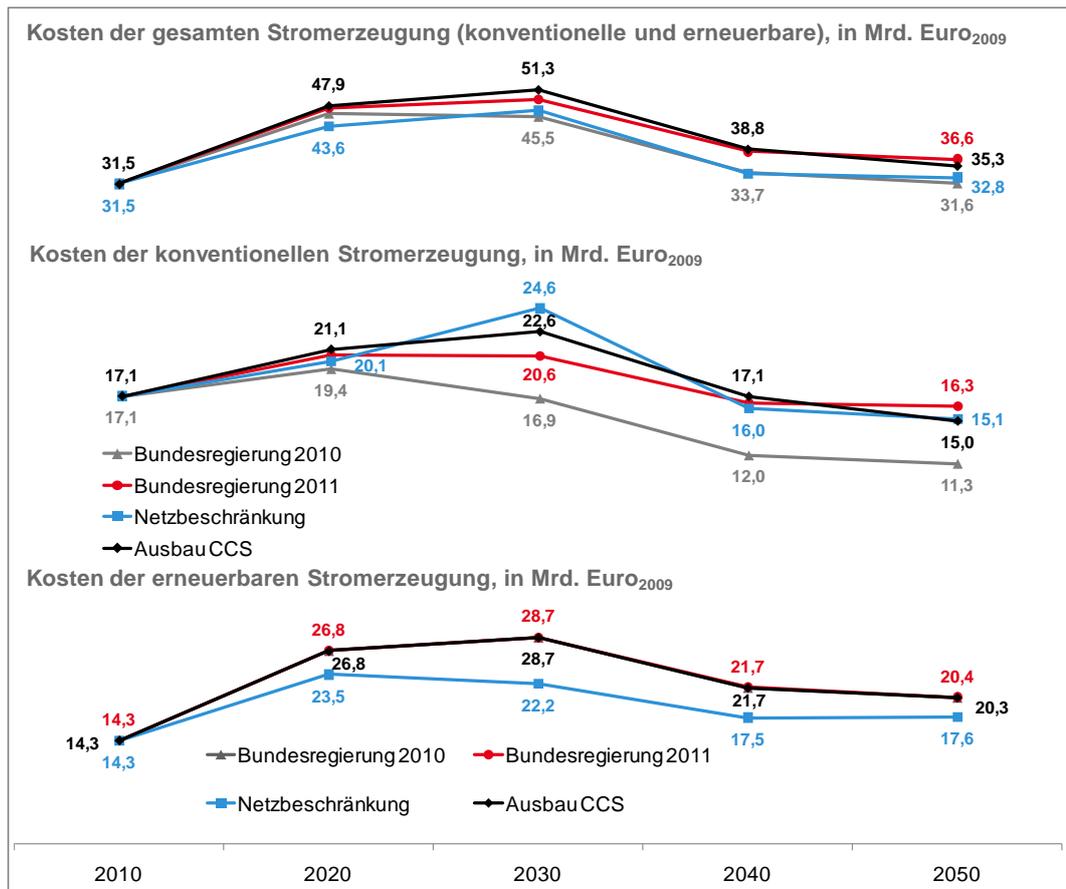
(3) Alle analysierten Szenarien weisen eine **ähnliche Entwicklung der Vollkosten** auf (Abbildung 7). Bis zum **Jahr 2020** steigen die gesamten Kosten in allen Szenarien von heute rund 30 Mrd. Euro₂₀₀₉ auf dann zwischen 43,6 Mrd. Euro₂₀₀₉ (Szenario „Netzbeschränkung“) und 47,9 Mrd. Euro₂₀₀₉ (Szenario „Ausbau CCS“). Vor allem die deutliche Zunahme der Kosten der erneuerbaren Stromerzeugung ist dafür ausschlaggebend. Zusätzlich stei-

5

Neben den hier beschriebenen Kostenbestandteilen kommen eine Reihe weiterer Faktoren hinzu, die die Kosten des gesamten Stromsystems beeinflussen und somit Auswirkungen auf den letztendlich zu zahlenden Strompreis für die Verbraucher haben. Neben den Kosten der Stromerzeugung sind insbesondere die Kosten für die EEG-Umlage, die Netzinfrastruktur und den Netzbetrieb zu nennen.

gen in allen Szenarien die variablen Kosten der konventionellen Stromerzeugung durch steigende CO₂-Zertifikate- und Brennstoffpreise. Die Kapitalkosten der konventionellen Stromerzeugung entwickeln sich bis zum Jahr 2020 ähnlich, da nach der Fertigstellung der derzeit im Bau befindlichen Anlagen nur geringe zusätzliche Investitionen getätigt werden.

Abbildung 7: Kosten der Stromerzeugung in Deutschland



Quelle: Prognos 2011

(4) Die Kosten im Jahr 2030 liegen in etwa auf dem Niveau des Jahres 2020, zwischen 45,5 Mrd. Euro₂₀₀₉ (Szenario „Bundesregierung 2010“) und 51,3 Mrd. Euro₂₀₀₉ (Szenario „Ausbau CCS“). Ab dem **Jahr 2030** sinken die Kosten in allen Szenarien wieder. Zum einen reduziert sich der Bedarf an konventioneller Stromerzeugung durch den hohen Anteil von erneuerbaren Energien. Dadurch werden die variablen Betriebskosten der konventionellen Anlagen verringert, die bis dahin einen großen Anteil an den Kosten der konventionellen Stromerzeugung besitzen. Zum anderen fallen um das Jahr 2030 viele erneuerbare Anlagen nach dem Ablauf der Vergütungsperiode mit sehr hohen Vergütungssätzen aus der EEG-Förderung heraus, weshalb sich die Kosten der er-

erneuerbaren Stromerzeugung im Berechnungsmodell deutlich reduzieren.

(5) Den betrachteten Szenarien liegen zwei **Ausbaupfade für die erneuerbaren Energien** zugrunde. Die Kosten der Erneuerbaren in den Szenarien „Bundesregierung 2011“ und „Ausbau CCS“ fallen aufgrund eines schnelleren und insgesamt stärkeren Ausbaus der erneuerbaren Energien höher aus als die im Szenario „Netzbeschränkung“.

5.3 Kosten der Stromerzeugung in Brandenburg

(1) Aus der weiter oben beschriebenen bundesdeutschen Entwicklung der **Prognos-Szenarien** können die Ergebnisse der Kostenentwicklung der Stromerzeugung für das Land **Brandenburg isoliert** ausgewertet werden. Im Kraftwerksmodell der Prognos erfolgt eine blockscharfe Modellierung, so dass diese Zusatzauswertung möglich ist.

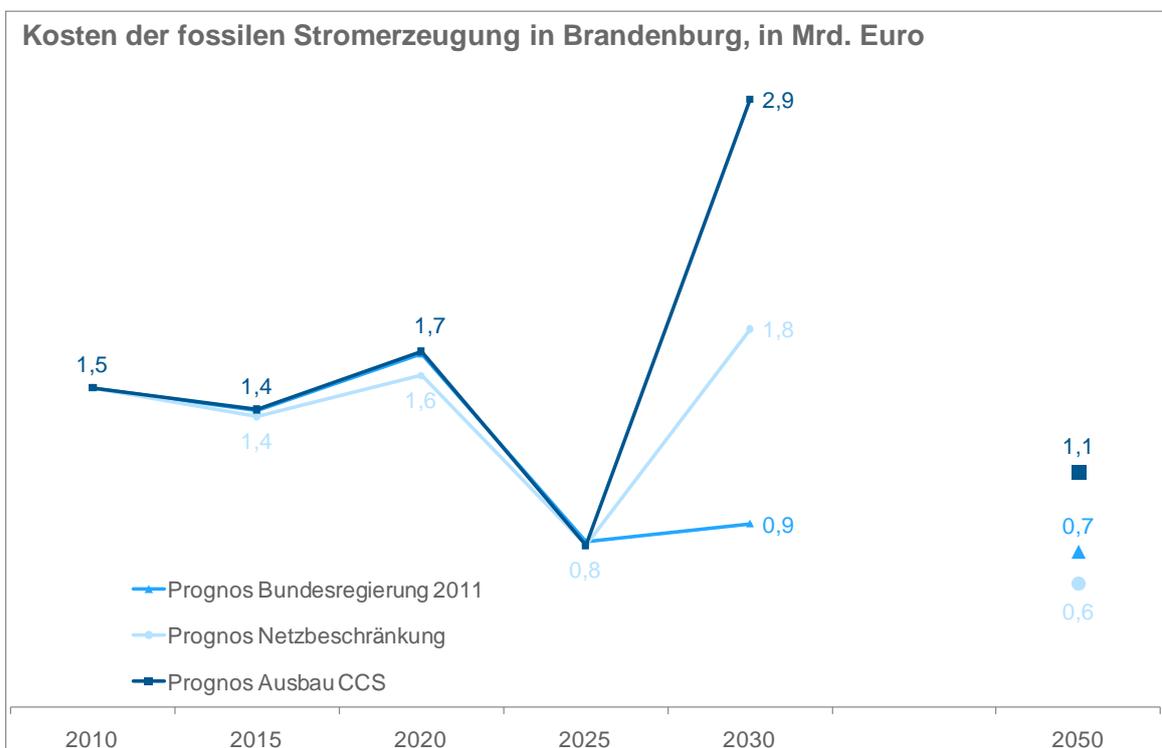
Deshalb werden im Folgenden die Kosten der konventionellen Stromerzeugung für das Land Brandenburg entsprechend den Prognos-Szenarien dargestellt (vgl. Abbildung 8). Eine Auswertung der Erneuerbaren ist nicht möglich, da in den Prognos-Szenarien keine Regionalisierung der erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen erfolgte. Die Vorgehensweise der Berechnung entspricht ansonsten dem weiter oben beschriebenen Vorgehen [vgl. auch Prognos 2011].

(2) Abbildung 8 zeigt, dass die Kosten der fossilen Stromerzeugung im Land Brandenburg in den Prognos-Szenarien bis zum Jahr 2020 in etwa gleich hoch sind. Der leichte Anstieg der Kosten geht mit der geplanten Realisierung der CCS-Demonstrationsanlage einher. Bis zum Jahr 2025 sinken dann die Kosten der fossilen Stromerzeugung in Brandenburg deutlich, da die bestehenden Braunkohlenkraftwerke aufgrund steigender CO₂-Preise immer weniger ausgelastet werden und die Stromerzeugung entsprechend zurückgeht.

Die Spreizung der Szenarien erfolgt ab dem Jahr 2030, was auf einen unterschiedlichen Zubau an konventionellen Kraftwerkskapazitäten, insbesondere bei Braunkohle-CCS-Anlagen, zurückzuführen ist. Während im Prognos-Szenario „Ausbau CCS“ neben der Demonstrationsanlage 3 GW bis 2030 errichtet werden, sind es im Szenario „Netzbeschränkung“ 2 GW und im Szenario „Bundesregierung 2011“ lediglich 1 GW. Der Zubau im Szenario „Ausbau CCS“ fällt am größten aus und liegt damit auch über den derzeitigen politischen Planungen der Landesregierung Brandenburgs.

Es darf in diesem Zusammenhang nicht außer Acht gelassen werden, dass mit den höheren Kosten der fossilen Stromerzeugung ab dem Jahr 2030 im Land Brandenburg in den Szenarien auch eine entsprechend höhere fossile Stromerzeugung verbunden ist. Bis zum Jahr 2050 werden die Kosten der konventionellen Stromerzeugung voraussichtlich stark zurückgehen, weil die Kapitalkosten der bis 2030 gebauten neuen Kraftwerke nach 20 Jahren entfallen.

Abbildung 8: Vergleich der Kosten der konventionellen Stromerzeugung in den betrachteten Szenarien



Quelle: Eigene Berechnungen in Anlehnung an Prognos 2011

(3) Insbesondere im Prognos-Szenario „Ausbau CCS“ ist eine breite gesellschaftliche Akzeptanz, die technische Umsetzbarkeit und die Realisierung der CCS-Technik unterstellt worden. Aus heutiger Sicht bestehen zudem noch weitere Herausforderungen, beispielsweise hinsichtlich der Refinanzierung der Kraftwerksinvestitionen. So werden aktuell u. a. Investitionsanreize für Kraftwerksneubauten und Kapazitätsmarktmechanismen diskutiert. Zuverlässige Rahmenbedingungen für den Bau von CCS-Kraftwerken sind derzeit aufgrund der „mangelnden“ Gesetzeslage nicht gegeben. Ein entsprechendes CCS-Gesetz wurde in Deutschland noch nicht verabschiedet. Neben den technischen und politischen Rahmenbedingungen muss letztendlich auch ein gesellschaftlicher Konsens auf europäischer Ebene gefunden werden, um die CCS-

Technik und deren praktische Umsetzung voranzutreiben.

5.4 Stromgestehungskosten im Vergleich der Erzeugungsarten

(1) Es wurde auf die eingeschränkte Aussagefähigkeit der Vergleiche der Wirtschaftlichkeit in den Szenarien hingewiesen. Ohne diese Wirtschaftlichkeit im Einzelnen quantifizieren zu können, lassen sich jedoch anhand der Stromgestehungskosten Einschätzungen über die Wettbewerbsfähigkeit von Erzeugungstechniken von Strom heute und morgen ableiten.

(2) Die nachfolgende Darstellung (vgl. Tabelle 6) zeigt die heutige und künftig erwartete Wirtschaftlichkeit anhand der **Stromgestehungskosten** von Neubaukraftwerken in dem jeweiligen Jahr. Die dargestellten Stromgestehungskosten beruhen auf den in der Tabelle dokumentierten Annahmen. Insbesondere die Volllaststunden und die CO₂-Preise wirken dabei stark auf die Stromgestehungskosten ein.

(3) Im **Ergebnis** wird deutlich, dass auch noch im Jahr 2030 die Stromgestehungskosten von Braunkohle-Neubaukraftwerken mit und ohne CCS bei mittelhohen Volllaststunden unter den Kosten der meisten anderen Erzeugungsarten liegen werden. Lediglich Onshore Windenergie und ggf. Biomasse könnten 2030 unter den Kosten der Stromerzeugung aus Braunkohle liegen. Unter den konventionellen Erzeugungsarten ist die Braunkohle führend. Somit dürften Szenarien mit höheren Anteilen Windenergie und Braunkohle im Vergleich zu anderen fossilen Energieträgern mittelfristig zu vergleichsweise niedrigeren Kosten in der Stromerzeugung führen.

(4) **Unsicherheiten** bei diesen Einschätzungen ergeben sich insbesondere an den folgenden Stellen:

- Bei der **Photovoltaik** waren in den letzten 24 Monaten sehr gravierende Kostendegressionen zu beobachten. Perspektivisch könnten die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Kosten bereits erheblich früher erreicht werden. Bei hohen Anteilen von Photovoltaik entstehen jedoch zusätzliche Kosten im Stromsystem durch die dann notwendige Speicherung, die hier nicht quantifiziert wurden.
- Die **Volllaststunden von Braunkohle** könnten in Folge eines beschleunigten Ausbaus der erneuerbaren Energieträger noch niedriger liegen als hier angegeben. In diesem Fall würden die Stromgestehungskosten von Braunkohlenstrom ansteigen.
- Die **Entwicklung der CO₂-Preise** ist ungewiss. Sollte es der internationalen Staatengemeinschaft dauerhaft nicht gelingen, sich auf eine Lösung beim internationalen Klimaschutz zu einigen, und infolge dessen der Handel mit Emissionsrechten unter Druck kommen, würden die hier angenommenen CO₂-Preise vermutlich unterschritten. Dies würde sich wiederum senkend auf die Stromgestehungskosten der CO₂-intensiven Braunkohle auswirken.

Tabelle 6: Kosten einzelner Stromerzeugungsarten in Deutschland

		Braunkohle		Steinkohle		Erdgas		Wind		Photovoltaik		Biomasse
		Konv.*	CCS	Konv.	CCS	GuD	GT	onshore	offshore	Klein	Groß	fest
Spezifische Investitionskosten [EUR /kW _{el}]	2010	1.600	2.500	1.400	2.300	1.000	500	1.400	3.400	2.200	1.700	2.500
	2030	1.800***	2.500	1.600	2.300	1.000	500	1.200	2.900	1.100	950	2.200
	2050	1.800***	2.500	1.600	2.300	1.000	500	1.100	2.000	750	600	2.150
Fixe Betriebskosten [% der Investition p.a.]	Alle Jahre	2,0%**	3,0%	2,0%	2,5%	2,0%	2,0%	3,0%	4,5%	1,0%	1,5%	3,0%
Var. Betriebskosten [EUR/MWh _{el}]	Alle Jahre	2,5	4,0	2,0	3,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0	0	1,0
Brennstoffkosten [EUR/MWh _{Brennst.}]	2010	4,6	4,6	13,2	13,2	21,3	25,4	0	0	0	0	21,0
	2030	4,6	4,6	13,2	13,2	32,4	35,5	0	0	0	0	25,0
	2050	4,6	4,6	18,3	18,3	38,5	42,6	0	0	0	0	30,0
CO₂-Kosten**** [EUR/MWh _{el}]	2010	12,4	1,4	10,3	1,2	4,9	7,1	0	0	0	0	0
	2030	38,0	4,2	31,5	3,5	15,0	21,7	0	0	0	0	0
	2050	53,4	6,5	47,2	5,5	23,2	33,7	0	0	0	0	0
Mittlere Auslastung für Neubuanlagen [h]	2010	7.000	-	6.000	-	4.500	500	2.000	3.500	900	1.000	4.500
	2030	6.000	6.500	5.000	6.000	4.000	500	2.100	3.800	950	1.100	5.500
	2050	5.000	6.000	4.000	5.500	3.000	500	2.400	4.000	1.000	1.100	6.000
Elektrischer Wirkungsgrad (netto) [%]	2010	44 %	-	46 %	-	58 %	40 %	-	-	-	-	-
	2030	51 %***	40 %	50 %	41 %	61 %	42 %	-	-	-	-	-
	2050	51 %***	42 %	50 %	43 %	61 %	42 %	-	-	-	-	-
Stromgestehungskosten (inkl. Kapitalkosten) [EUR/MWh _{el}]	2010	53,2	-	69,4	-	69,7	192,9	92,3	131,4	273,4	198,6	137,9
	2030	93,5	79,1	101,2	95,3	102,3	232,8	66,8	112,1	129,5	100,9	89,1
	2050	116,0	84,7	134,5	111,6	127,9	257,4	53,6	73,4	83,9	63,7	105,3

* Ab 2030 wird Trockenbraunkohle zur konventionellen Braunkohlenverstromung eingesetzt.

** Durch den Einsatz von Trockenbraunkohle betragen die fixen Betriebskosten 4 % der Investition p.a..

*** Bei Anwendung von Trockenbraunkohle und 700 Grad-Technik.

**** CO₂-Preise pro Tonne: 2010: 14 EUR, 2030: 43 EUR, 2050: 70 EUR.

Quelle: Prognos 2011 (Var.: Variable, Konv.: Konventionell, GuD: Gas- und Dampfturbinen Kraftwerk, GT: Gasturbine)

5.5 Zwischenfazit Preiswürdigkeit der Stromerzeugung

(1) Eine Gegenüberstellung der Entwicklung der **Großhandelsstrompreise** in den Prognos-Szenarien zeigt, dass ein Szenario mit einem ambitionierten CCS-Braunkohlenausbau nicht zu höheren Strompreisen führt, in diesem Szenario („Ausbau CCS“) fallen diese sogar am geringsten aus.

(2) Die **Kosten der Stromerzeugung in Brandenburg** liegen im CCS-Szenario höher als in den anderen Szenarien (vgl. Abbildung 8). Dies liegt aber vor allem an der höheren Stromerzeugung – spezifisch pro Kilowattstunden liegen die Kosten nicht höher.

Dies zeigt der Vergleich der **Stromgestehungskosten** einzelner Techniken: Die Braunkohle hat bis zum Jahr 2030 bei Neubaukraftwerken die niedrigsten Stromgestehungskosten der fossilen Optionen. Günstiger sind lediglich die Windenergie und die Biomasseverstromung, bei denen aber die Potenzialgrenzen und die Leistungsabsicherung (für Windenergie) zu beachten sind.

(3) **Insgesamt** dürfte bis 2030 die Braunkohle bei der Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung immer noch gut abschneiden. Bei einer Fortsetzung des internationalen Klimaschutzes dürften perspektivisch zwischen 2020 und 2030 Braunkohlenkraftwerke mit CCS wirtschaftlicher werden als ohne CCS, vorausgesetzt, das Emissionshandelssystem ETS hat eine entsprechende Zukunft. Erneuerbare Energien haben das Potenzial, kostenseitig aufzuschließen. Somit erscheint ein kontinuierlicher Übergang von einem fossilen zu einem erneuerbaren Energiemix aus ökonomischer Sicht vorteilhaft, wenn die Absicherung der volatilen Erzeugung sicher gestellt werden kann. Hierzu kann langfristig Braunkohle mit der CCS-Technologie, die Akzeptanz voraus gesetzt, einen Beitrag leisten. Für die Errichtung von investitionsintensiven Neubaukraftwerken müssen in naher Zukunft politische und ökonomische Weichenstellungen erfolgen.

6 Umwelt- und Klimaverträglichkeit

(1) Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse des Szenarienvergleichs hinsichtlich der Umwelt- und Klimaverträglichkeit dargestellt. An dieser Stelle wird nochmals auf die **unterschiedlichen Berechnungsansätze** der einzelnen Studien [A.T. Kearney 2011, Prognos 2011] hingewiesen, ein Vergleich der Ergebnisse besitzt deshalb eine beschränkte Aussagekraft.

(2) Um die Szenarien dennoch vergleichen zu können, werden im Folgenden lediglich die Auswirkungen der fossilen Stromerzeugung betrachtet. Die Untersuchung berücksichtigt dabei folgende relevante Wirkungskategorien:

- Klimagasemissionen durch CO₂-Äquivalente,
- Schadstoffemissionen durch SO₂-Äquivalente, SO₂ und NO_x,
- Staubemissionen.

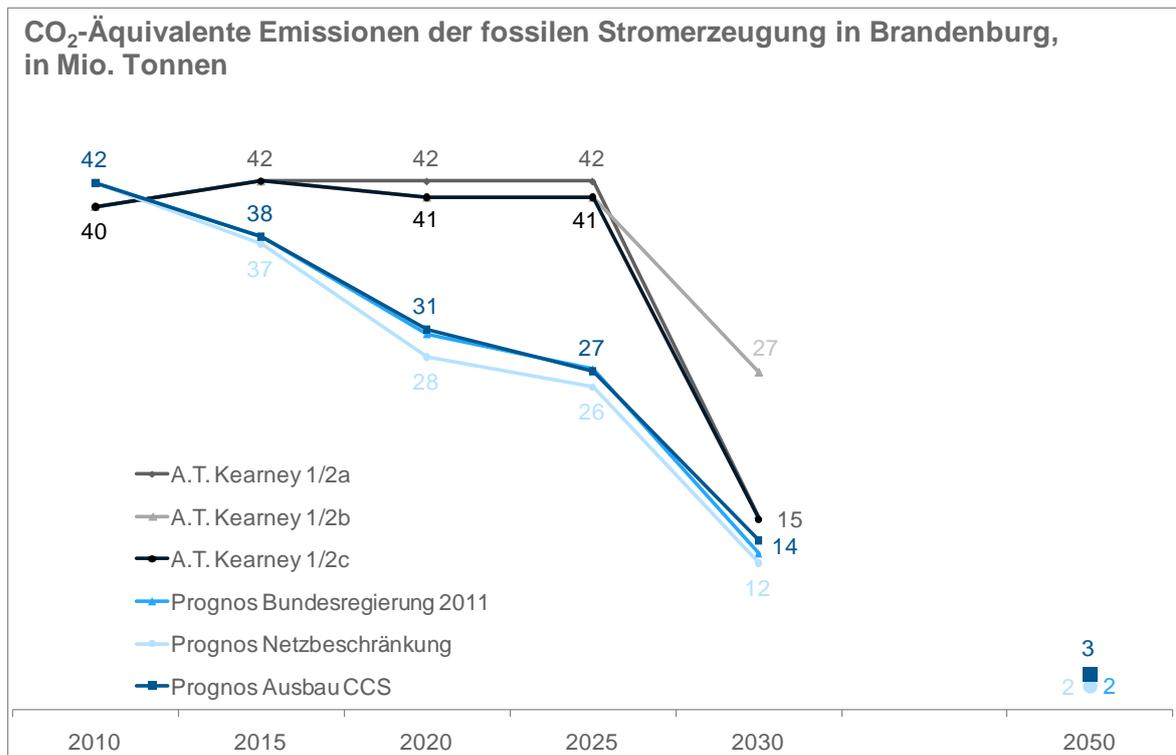
(3) Die notwendigen Daten für die Untersuchung stammen aus dem Webportal **ProBas** (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente), einer Datenbank des Umweltbundesamtes in Zusammenarbeit mit dem Öko-Institut [ProBas 2011]. Auf eine Berücksichtigung der **Vorketten** der Energieträgergewinnung und den Transport der Energieträger wurde bei dem Vergleich verzichtet, da die Berechnungen der CO₂-Emissionen in den Szenarien von [A.T. Kearney 2011] für das Land Brandenburg nur den Stromerzeugungsprozess betrachten.

(4) Die sechs Szenarien von [A.T. Kearney 2011] sind in **zwei Szenariengruppen** 1a bis 1c und 2a bis 2c eingeteilt. Diese unterscheiden sich durch einen anderen Ausbau der erneuerbaren Energien. Berücksichtigt werden bei der Untersuchung jedoch nur die Auswirkungen der konventionellen (fossilen) Stromerzeugung. Die Entwicklung dieser Stromerzeugung ist in den Szenarien a, b und c jeweils gleich. Aus diesem Grund werden den drei Entwicklungspfaden a, b und c [aus A.T. Kearney 2011] die Szenarien „Bundesregierung 2011“, „Netzbeschränkung“ und „Ausbau CCS“ der Studie „Bedeutung der Braunkohle für Ostdeutschland“ [Prognos 2011] gegenübergestellt. Dabei wird die konventionelle Stromerzeugung für Brandenburg isoliert betrachtet.

6.1 Klimagasemissionen

(1) Der Vergleich der Klimagasemissionen erfolgt anhand der anfallenden CO₂-Äquivalente. Diese ergeben sich aus der Summe der Emissionen der einzelnen Stromerzeugungsanlagen. Die Emissionen beruhen auf den zeitlich veränderlichen Emissionsfaktoren der einzelnen Erzeugungsarten⁶. Als Ergebnis erhält man die Emissionspfade der sechs Szenarien. Emissionen aus der Wärmeproduktion von KWK-Anlagen sind bei sämtlichen Berechnungen nicht mit einbezogen. Die im Folgenden genannten Prozentangaben beziehen sich jeweils auf das Jahr 2010.

Abbildung 9: CO₂-Äquivalente der konventionellen Stromerzeugung Brandenburgs in den Szenarien, in Mio. Tonnen



Hinweis zur Grafik: Die Betrachtung der Entwicklung der CO₂-Emissionen erfolgt hier ohne Einbeziehung der Vorketten für die Energieträger.

Quelle: A.T. Kearney 2011, Prognos 2011, ProBas 2011

⁶ Der zeitliche Verlauf der Emissionsfaktoren beruht auf den anzunehmenden Wirkungsgradverbesserungen bei neu zu bauenden Kraftwerken.

(2) Abbildung 9 zeigt einen **Rückgang der Klimagasemissionen** in allen Szenarien, der allerdings unterschiedlich stark ausfällt. Der anfangs konstante Verlauf der Klimagasemissionen in den **Szenarien von [A.T. Kearney 2011]** basiert auf der gleichmäßig hohen Stromerzeugung (konstante Volllaststundenzahl) durch Braunkohle bis zum Jahr 2025.

Erst danach werden in den **Szenarien 1/2a** alle drei Doppelblöcke in Jänschwalde mit einer Gesamtleistung von 3.000 MW ersatzlos vom Netz genommen, weshalb der Rückgang in den folgenden Jahren von 42 Mio. Tonnen auf rund 15 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente sehr stark ausfällt.

In der **Szenariengruppe c** werden in Jänschwalde die wegfallenden Kapazitäten mit insgesamt 2.000 MW neugebauten Braunkohlenkraftwerken mit CO₂-Minderungstechnologie (CCS) mit einer Abscheidungsrate von 92 % ersetzt. Der hohe Wirkungsgrad der Kraftwerksneubauten von 50 % wird durch den Einsatz der CCS-Technologie jedoch auf 44 % gesenkt. Gleichzeitig wird durch die Einführung der Trockenbraunkohlenverbrennung in dem Kraftwerk Schwarze Pumpe ab dem Jahr 2020 der Wirkungsgrad von 40 % auf 46 % erhöht. So werden bei weiterhin hoher Stromerzeugung die Klimagasemissionen ebenfalls auf 15 Mio. Tonnen gesenkt.

Dass in den **Szenarien 1/2b** mit rund 27 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten im Jahr 2030 fast doppelt so viel emittiert wird wie in der Szenariengruppen a und c, liegt an dem fehlenden Einsatz der CCS-Technologie. In den Szenarien 1/2b werden in Jänschwalde nach der Abschaltung der alten Doppelblöcke im Jahr 2025 neue Braunkohlenkapazitäten (ohne CCS) mit einer Leistung von 2.000 MW und einem Wirkungsgrad von 50 % gebaut, und das Kraftwerk Schwarze Pumpe wird durch den erhöhten Wirkungsgrad von 46 % ab dem Jahr 2020 deutlich effizienter. Allerdings reichen diese Maßnahmen nicht aus, um einen ähnlich starken Rückgang der Klimagasemissionen wie in den anderen [A.T. Kearney 2011]-Szenarien zu erreichen. In dieser Szenariengruppe werden die politischen Ziele des Landes Brandenburg hinsichtlich der CO₂-Emissionen nicht erreicht. Wird in diesen Szenarien von einem Rückgang der Volllaststunden ausgegangen (wie sie sich bei der dynamischen Modellierung ergibt) und werden alle weiteren Rahmenbedingungen konstant gelassen, liegen die CO₂-Äquivalente zwar noch höher als in allen anderen Szenarien, allerdings könnten diese nach Schätzungen der Prognos AG im Jahr 2030 zumindest unter die Grenze von 20 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente für die fossile Stromerzeugung fallen.

Anhand der Ergebnisse der drei Szenarien „Bundesregierung 2011“, „Netzbeschränkung“ und „Ausbau CCS“ [**Prognos 2011**] können die Auswirkung einer dynamischen Strommarktmodellierung deutlich gemacht werden. Hier erfolgt ein kontinuierlicher

Rückgang der Klimagasemissionen.

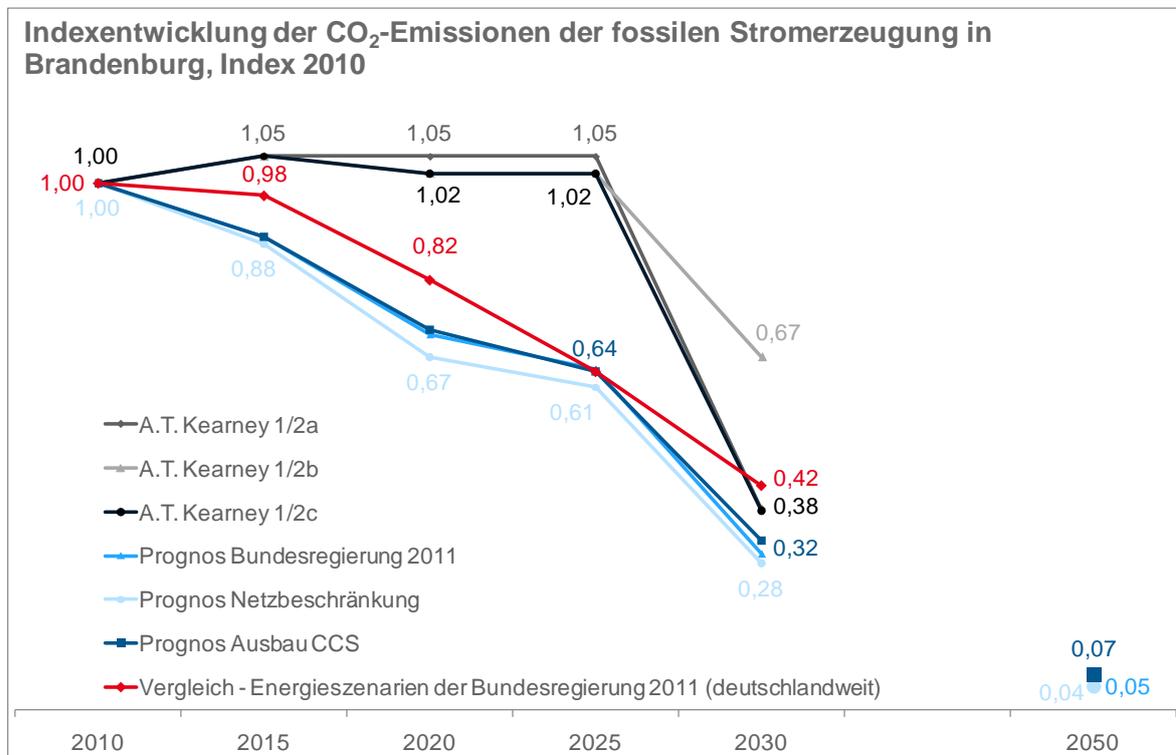
Dies ist einerseits auf den zukünftigen **Einsatz der CCS-Technologie** in allen Szenarien zurückzuführen. Je nach Szenario werden bis zum Jahr 2030 zwischen 2.000 MW und rund 4.000 MW neue Braunkohlenkraftwerkskapazitäten mit CCS-Technologie mit einem Vermeidungsgrad von 90 % ans Netz gehen. Diese ersetzen in Zukunft schrittweise die heutigen Braunkohlenblöcke. Dass die Kapazität der Neubauten variiert, liegt an unterschiedlichen zukünftigen CO₂-Preisentwicklungen. Je höher der Preis in Zukunft steigt, desto lohnenswerter wird der Ausbau neuer Kapazitäten mit CCS-Technologie.

Andererseits wird die konventionelle Stromerzeugung der Kraftwerke in Brandenburg durch den deutschlandweiten Ausbau der erneuerbaren Energien beeinflusst. Aufgrund **abnehmender Volllaststunden** wird die Stromerzeugung in den Braunkohlenkraftwerken in Zukunft deutlich reduziert werden. Dies wirkt sich auch in Form eines Rückgangs der Emissionen von CO₂-Äquivalenten aus. So gehen bis zum Jahr 2030 die Emissionen von heute rund 42 Mio. Tonnen auf 12 Mio. Tonnen bis 14 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente zurück. Die Szenarien von Prognos geben zudem noch einen Ausblick auf das Jahr 2050. Sämtliche Braunkohlenkraftwerke in den Szenarien verfügen zu diesem Zeitpunkt über die CO₂-Vermeidungstechnologie und emittieren dementsprechend wenig CO₂-Äquivalente. Im Zeitraum zwischen dem Jahr 2030 und 2050 sinken die Klimagasemissionen auf 2 Mio. Tonnen bis 3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente.

In allen Szenarien hat die Stromerzeugung aus Erdgas mit maximal 3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten einen sehr geringen Anteil am Gesamtausstoß.

(3) Die **Indexentwicklung der Klimagasemissionen** in Abbildung 10 zeigt, dass im Jahr 2030 bis auf die Szenarien 1/2b von [A.T. Kearney 2011] alle anderen Szenarien unterhalb der deutschlandweiten Entwicklung der Energieszenarien der Bundesregierung 2011 („Ausstiegszenario“) liegen. Bis zum Jahr 2030 gehen die Klimagasemissionen im Energieszenario der Bundesregierung 2011 um rund 58 % zurück. Die Szenarien 1/2b liegen aufgrund der fehlenden CCS-Technik mit einem Rückgang von rund 33 % deutlich über dieser gesamtdeutschen Entwicklung. Die restlichen Szenarien gehen von einem Rückgang in Brandenburg zwischen 62 % und 70 % aus.

Abbildung 10: Indexentwicklung der CO₂-Äquivalente der konventionellen Stromerzeugung in den Szenarien



Hinweis zur Grafik: Die Indexentwicklung der Energieszenarien der Bundesregierung 2011 bezieht sich auf die deutschlandweite konventionelle Stromerzeugung.

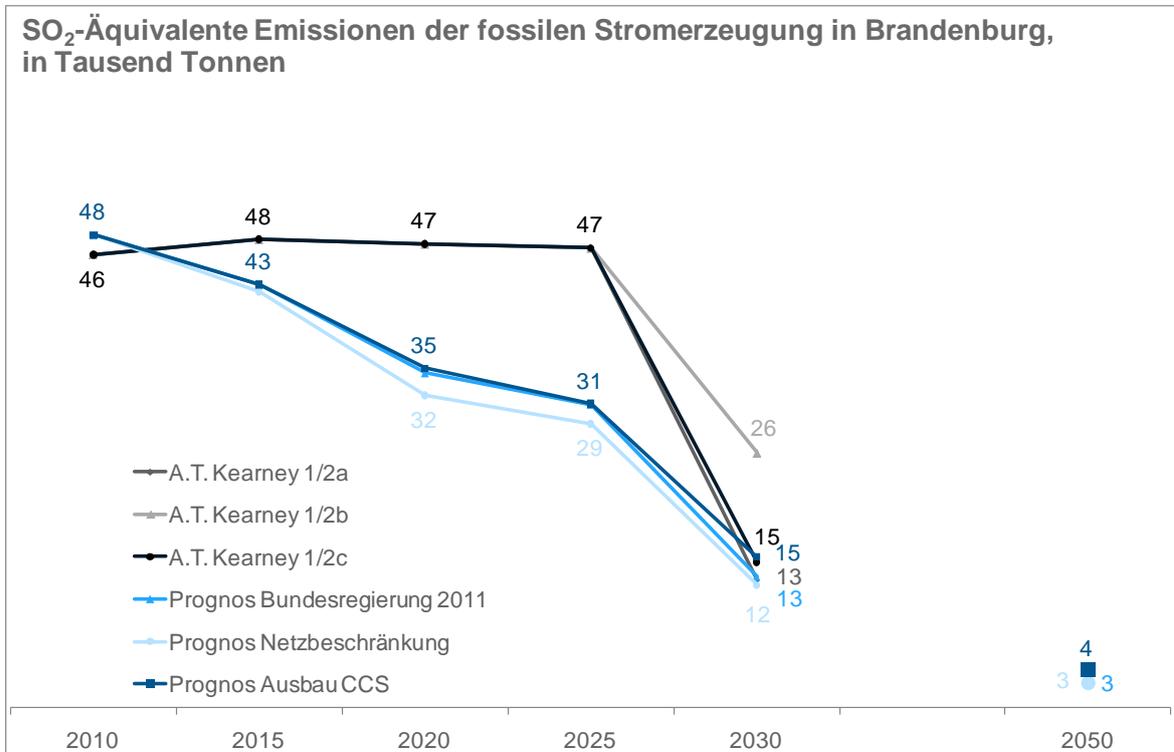
Quelle: A.T. Kearney 2011, Prognos 2011, EWI/ GWS/ Prognos 2011

6.2 Schadstoffemissionen

(1) Zu den untersuchten Schadstoffemissionen zählen **SO₂, NO_x und Staubemissionen**. Im Folgenden wurde analog zur Berechnung der CO₂-Äquivalente vorgegangen. Die Emissionen der Luftschadstoffe wurden auf Basis der konventionellen Stromerzeugung berechnet. Auch bei dieser Berechnung wurden die Vorketten nicht mit berücksichtigt, um eine bessere Vergleichbarkeit der Szenarien zu gewährleisten.

(2) Die Abbildung 11 zeigt die SO₂-Äquivalente der gesamten Stromerzeugung der betrachteten Szenarien. Der Ausstoß von Schwefeloxiden (v. a. Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid) verursacht eine Versauerung, wenn sich die bei der Verbrennung entstehenden Schwefeloxide in Wasser lösen („saurer Regen“).

Abbildung 11: SO_2 -Äquivalente der konventionellen Stromerzeugung Brandenburgs in den Szenarien, in Tausend Tonnen

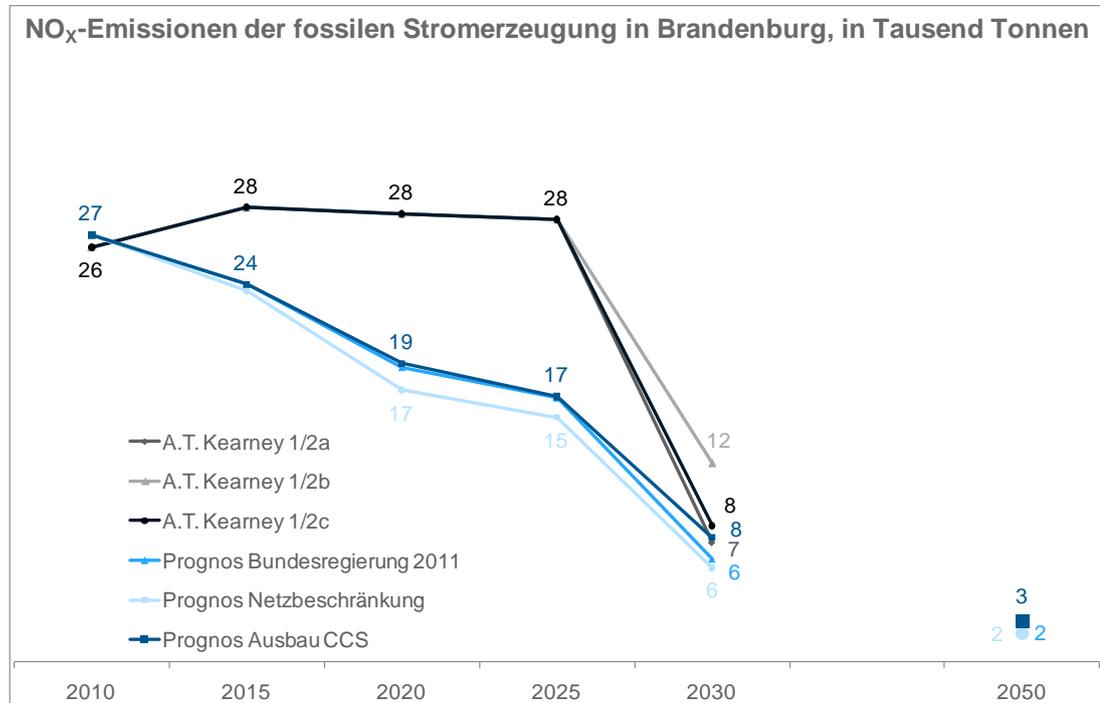


Quelle: A.T. Kearney 2011, Prognos 2011, ProBas 2011

(3) Der **Ausstoß von SO_2 -Äquivalenten** geht in allen Szenarien zwischen 40 % und 75 % zurück. Auch bei der Berechnung der SO_2 -Äquivalente hat die Nutzung der Braunkohle den größten Anteil an den Gesamtemissionen. Der hohe Anteil von Braunkohlenstrom in den Szenarien mit Nutzung der CCS-Technologie hat hierbei keine negativen Auswirkungen auf die Minderung der Emissionen. Durch den verstärkten Einsatz von CCS bei der Braunkohlenverstromung steigt zwar, aufgrund des Wirkungsgradverlustes beim Einsatz dieser Technik, der Braunkohleneinsatz in den Kraftwerken. Allerdings wird im **Oxyfuel-Prozess** das gesamte Rauchgas gespeichert und verpresst und somit auch die Restmengen an SO_2 -Äquivalenten im Rauchgas, die nach der REA (Rauchgasentschwefelungsanlage) noch enthalten sind. Daher liegen diese Szenarien deutlich unter den Szenarien 1/2b [A.T. Kearney 2011], bei dem zwar Braunkohle einen hohen Anteil an der gesamten konventionellen Stromerzeugung besitzt, allerdings die CCS-Technologie nicht genutzt wird.

(4) Die **Emissionen von NO_x** sind die Ursache für eine bodennahe Ozonbildung. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der NO_x -Emissionen in den betrachteten Szenarien.

Abbildung 12: NO_x -Emissionen der konventionellen Stromerzeugung Brandenburgs in den Szenarien, in Tausend Tonnen

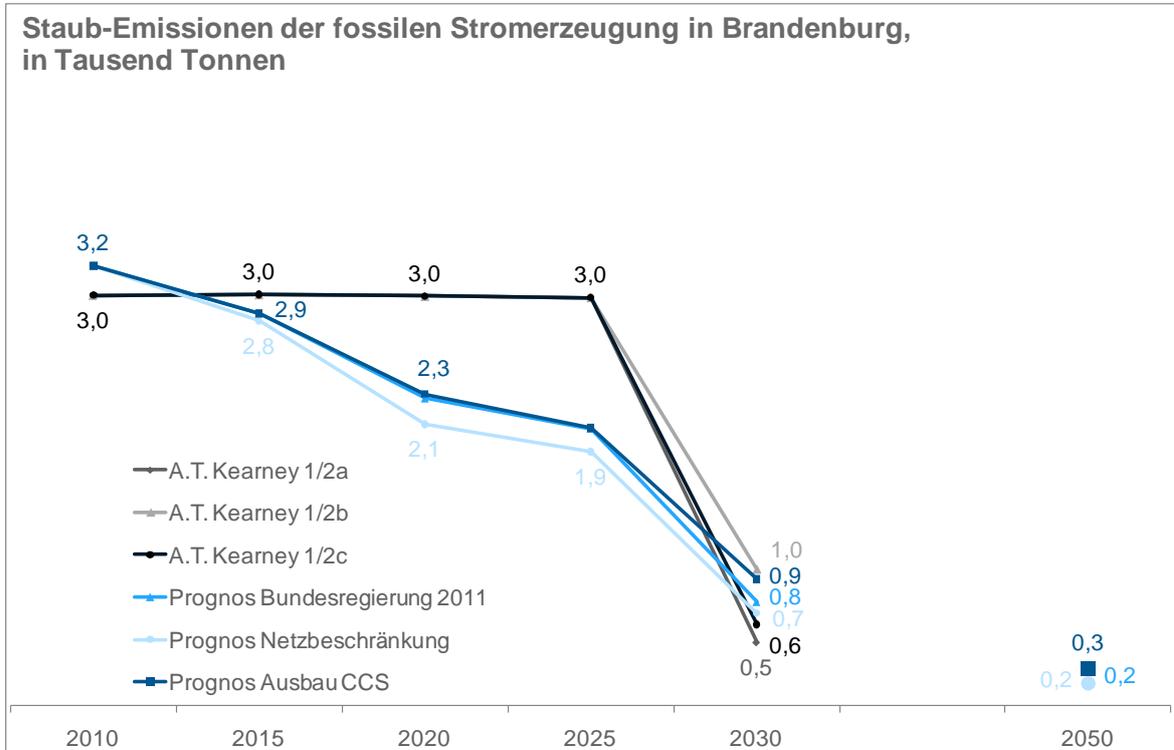


Quelle: A.T. Kearney 2011, Prognos 2011, ProBas 2011

(5) Die Abbildung 12 verdeutlicht, dass die NO_x -Emissionsminderung in den Szenarien bis zum Jahr 2030 zwischen 54 % und 77 % beträgt. Aufgrund der Berechnungsmethodik auf Basis der konventionellen Stromerzeugung, aufgeteilt nach unterschiedlichen Brennstoffen und Kraftwerkstypen, ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den SO_2 -Äquivalenten bzw. Klimagasemissionen. Die schnellere NO_x -Reduktion in den Szenarien mit CCS-Nutzung hat den hohen Anteil von CCS-Braunkohlenverstromung als Ursache. Durch die Nutzung reinen Sauerstoffs bei der Verbrennung entsteht kaum NO_x . Lediglich der in der Braunkohle enthaltene Stickstoff wird oxidiert.

(6) Abbildung 13 zeigt die Staubemissionen der untersuchten Szenarien. Bis zum Jahr 2030 sinkt der Ausstoß von Staub um 66 % bis 83 %. Durch die ersatzlose Abschaltung von Jänschwalde werden in den Szenarien 1/2a [A.T. Kearney 2011] die Staubemissionen am stärksten reduziert. In den Szenarien 1/2b hingegen werden durch den Neubau in Jänschwalde ohne CCS-Technologie die meisten Staubemissionen verursacht. Zwar liegen die Staubemissionen im Prognos Szenario [Prognos 2011] „Ausbau CCS“ annähernd auf dem gleichen Niveau, jedoch werden in diesem Szenario unter Einsatz von CCS-Technologie fast 10 TWh mehr Strom aus Braunkohle generiert.

Abbildung 13: Staubemissionen der konventionellen Stromproduktion Brandenburgs in den Szenarien, in Tausend Tonnen



Quelle: A.T. Kearney 2011, Prognos 2011, ProBas 2011

6.3 Zwischenfazit Umwelt- und Klimaverträglichkeit

(1) **Zusammenfassend** lässt sich festhalten, dass in den meisten Szenarien – mit Ausnahme von Szenario 1/2b – erhebliche CO₂-Reduktionen erreicht werden. Ein Vergleich des Rückgangs der Klimagasemissionen in den betrachteten Szenarien (bezogen auf das Land Brandenburg) mit dem entsprechenden Verlauf der bundesweiten CO₂-Einsparungen der Energieszenarien der Bundesregierung 2011 zeigt, dass bis zum Jahr 2030 in fünf brandenburgischen Szenarien die Emissionen der konventionellen Stromerzeugung anteilig stärker zurückgehen als im Energiekonzept der Bundesregierung 2011.

Besonders der Einsatz der **CO₂-Vermeidungstechnologie (CCS)** kann bei der konventionellen Stromerzeugung in Brandenburg hohe Einsparpotenziale ermöglichen. Der Ausblick bis zum Jahr 2050 in den drei Prognos-Szenarien zeigt, dass durch den Einsatz von CCS – trotz einer fortbestehenden Stromerzeugung aus Braunkohle – ein weiterer Rückgang der Klimagasemissionen möglich ist. Den Szenarien mit CCS-Einsatz geht jedoch ein politischer und gesellschaftlicher Konsens über die Speicherung der

Klimagasemissionen voraus. Wo und wie viel CO₂ unter welchen Umständen verpresst wird, war nicht Gegenstand der Untersuchungen. Ohne einen solchen Konsens – u. a. auch durch den Beschluss eines CCS-Gesetzes in Deutschland, welches die Rahmenbedingungen für diese Technologie vorgibt – erscheint es allerdings kaum realistisch, dass in Brandenburg hohe Anteile der Braunkohlenverstromung mittels CCS klimafreundlicher realisiert werden können. Der schwächere Rückgang in den Szenarien 1/2b [A.T. Kearney 2011] resultiert aus dem fehlenden Einsatz einer CO₂-Vermeidungstechnologie. Trotz einer deutlichen Effizienzsteigerung der Stromerzeugung kann in diesen Szenarien im Vergleich zu den anderen untersuchten Entwicklungspfaden keine überdurchschnittliche Reduzierung der Klimagasemissionen erreicht werden.

(2) Die **Schadstoffemissionen** gehen ebenfalls in allen Szenarien deutlich zurück. Dies liegt vor allem am technischen Fortschritt im Bereich der Abgasreinigung und der Wirkungsgradverbesserung der Feuerung. Auch der Einsatz von CCS hat einen Einfluss auf den Rückgang der Luftschadstoffe. Der Ausstoß von NO_x und SO₂ kann mittels dieser Technologie deutlich reduziert werden.

7 Politischer Handlungsbedarf Energiewirtschaft

(1) Durch das Energiekonzept der Bundesregierung wurden energiepolitische Ziele für Deutschland verabschiedet. Vor dem Hintergrund der beschlossenen **Energiewende** und ambitionierten Ausbauzielen für erneuerbare Energien steht die Energiewirtschaft damit nun vor **großen Herausforderungen**. Die wachsende Bedeutung der erneuerbaren Energien im Rahmen der Stromerzeugung wird direkte Auswirkungen auf die heute bestehenden und neu zu bauenden konventionellen Kraftwerke haben. Die Stromwirtschaft im Land Brandenburg gliedert sich dabei in das deutsche und europäische Gesamtsystem ein.

(2) Um den angestrebten Ausbau der **erneuerbaren Energien** zu erreichen, ist eine aktive Unterstützung dieser Energieträger notwendig (z. B. Bereitstellung ausreichender Flächen), um sich andeutende Akzeptanzprobleme zu entschärfen. Generell erfordert dies eine **intensive Aufklärungsarbeit** über die Notwendigkeit der Umstrukturierung der Energiewirtschaft

(3) Der konventionelle Kraftwerkspark im Land Brandenburg ist geprägt durch den heimischen Energieträger **Braunkohle**. Durch den starken Ausbau der Erneuerbaren wird die Auslastung der konventionellen Kraftwerke – und damit auch der Braunkohlenkraftwerke – in Zukunft zurückgehen. Verbunden damit ist eine abnehmende Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Zudem müssen sie eine höhere Flexibilität aufweisen. Auf diese Herausforderungen müssen die Braunkohlenkraftwerke reagieren können, um sich am Markt halten zu können. Heutige Neubauten von Kohlenkraftwerken haben bereits ein erheblich besseres Teillastverhalten und die Fähigkeit, schnell die Leistung zu verändern.

Langfristig bietet die **CCS-Technik** eine Option für die Braunkohle. Wie in Kapitel 5 dargestellt, dürfte bei Neubaukraftwerken im Zeitraum zwischen 2020 und 2030 die Wirtschaftlichkeit zugunsten CCS kippen, d. h. neue Braunkohlenkraftwerke ohne CCS wären dann nicht mehr wirtschaftlich, alte kommen ohne CCS immer weniger zum Zuge. Auch aus Gründen der Klimaverträglichkeit ist CCS die bessere Wahl. Allerdings steht diese Technik auch noch vor einigen **Herausforderungen**. Neben der sich am Markt entscheidenden **Wirtschaftlichkeit** der Anlagen muss geklärt werden, ob die **Speicherung** von CO₂ in geologischen Formationen langfristig sicher erfolgen kann. Zudem müssen geeignete und ausreichende Speicherkapazitäten lokalisiert und genehmigt werden, was wahrscheinlich auf erheblichen Widerstand stoßen wird.

Parallel zur Forschungsarbeit ist ein intensiver gesellschaftlicher Dialog über die mögliche Rolle der CCS-Technik im Rahmen der

Zielumsetzung der Energiepolitik zu führen. Die Bewältigung dieser Herausforderungen ist für die Realisierung von CCS-Kraftwerken notwendige Voraussetzung.

Die Umsetzung der CCS-Technik erfordert ein **stabiles politisches und gesellschaftliches Umfeld**. Hilfreich wären hierfür die zeitnahe Verabschiedung eines **CCS-Gesetzes**, wie dies auch von der Europäischen Kommission gefordert wird, und ein klares politisches Statement für die CCS-Option, um **Planungssicherheit** zu erhalten. Zur Erprobung und Weiterentwicklung der CCS-Technik wäre der Bau und Betrieb von größeren **Demonstrationsanlagen** notwendig, um sich dieser Zukunftsoption nicht zu verschließen. Die Rahmenbedingungen für die Realisierung einer solchen Demonstrationsanlage sind derzeit nicht gegeben und es kann festgehalten werden, dass sich die CCS-Option momentan in „schwierigem Fahrwasser“ bewegt.

(4) Für die Umsetzung der energiepolitischen Ziele auf bundes- und landespolitischer Ebene ist eine intensive Auseinandersetzung mit möglichen Zukunftsentwicklungen notwendig. Diese sollte sich auf Szenarien mit realistischen Annahmen stützen. Gleichzeitig sollte angesichts der dynamischen Entwicklung im Energiebereich ein **regelmäßiges Monitoring** zur Überprüfung der gesetzten Ziele im Land Brandenburg weiter vorangetrieben werden, um zu gegebener Zeit auch eventuelle Anpassungen rechtzeitig vornehmen zu können.

Untersuchungsteil II:

Regionalwirtschaftliche Auswirkungen der Szenarien im Land Brandenburg

8 Beschäftigungseffekte in der Braunkohlenindustrie in den Szenarien

Die regionalwirtschaftlichen Auswirkungen der im Rahmen der Weiterentwicklung der Energiestrategie des Landes Brandenburg durch A.T. Kearney untersuchten Szenarien auf die Braunkohlenindustrie werden mittels einer Input-Output-Analyse abgeschätzt und bis 2030 fortgeschrieben. Im Ergebnis liegen Beschäftigungseffekte für die Braunkohlenindustrie in Brandenburg und der mit ihr im Land Brandenburg verbundenen Branchen vor.

8.1 Kurzbeschreibung des Vorgehens zur Berechnung der Beschäftigungseffekte im Basisjahr

(1) Im folgenden Kapitel werden die **direkten und indirekten regionalen Beschäftigungseffekte** quantifiziert, die von der Verstromung und Förderung der Braunkohle im Land Brandenburg in den durch A.T. Kearney definierten Szenarien ausgehen. Die Untersuchung erfolgt dabei standortspezifisch. Das heißt, es kommt kein generelles Regionalmodell für eine „Musterregion“ zum Einsatz, sondern es wird eine auf die Wirtschaftsstruktur des Landes Brandenburg angepasste Input-Output-Tabelle für die Ermittlung der Effekte im Basisjahr verwendet [vgl. Forschungsinstitut für Öffentliche Verwaltung (FÖV)/ Prognos 2007, Flegg/ Tohmo 2010].⁷ Auf diesem Weg sind Aussagen über die Ausstrahlungseffekte der Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg zu Zulieferern und deren vorgelagerten Branchen ermittelbar. Effekte bei Zulieferern, die außerhalb des Landes Brandenburg liegen, werden nicht erfasst. Für die Braunkohlenindustrie bedeutet die Abgrenzung des Untersuchungsraumes auf Brandenburg, dass nur Beschäftigte im Land Brandenburg und ausschließlich die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen der Kraftwerke und Tagebaue des Landes Brandenburg als relevant betrachtet werden.

(2) Zunächst werden die **direkten Beschäftigungseffekte** ermittelt sowie die Ausgabenstruktur und der Vorleistungsbezug der Braunkohlenindustrie detailliert untersucht. Auf diesen gut messbaren Größen aufbauend erfolgt die modellgestützte Schätzung der **indirekten Effekte**. Die indirekten Effekte werden für die laufenden Ausgaben im Betrieb, die typischen laufenden jährlichen Ersatzinvestitionen und die sich aus den Szenarien ergebenden

⁷ Für das methodische Vorgehen im Einzelnen, wie Berechnungsschritte bei der Input-Output-Rechnung, wird auf den Anhang der Studie „Bedeutung der Braunkohle für Ostdeutschland“ verwiesen. Angemerkt sei, dass sich grundsätzlich über die Produktivität, Wertschöpfung pro Erwerbstätiger, diese Werte ineinander transformieren lassen.

Großinvestitionen, vor allem für den Kraftwerksneubau und der Erüchtigung von Kraftwerken, abgeschätzt.⁸ Als Basisjahr wird das Jahr 2010 gewählt, da der Prognos AG aus der Studie „Bedeutung der Braunkohle für Ostdeutschland“ für dieses Jahr sehr detaillierte Daten zur Beschaffung nach Gütergruppen, den typischen Ersatzinvestitionen und zu den Großinvestitionen aus Unternehmensangaben nach Bezugsort vorliegen. Aufbauend auf der Basisanalyse werden die Wirkungen in den Szenarien abgeleitet. Weitere Effekte aus der Einkommensverausgabung der direkten und „indirekten“ Beschäftigung, sogenannte induzierte Effekte, werden nicht betrachtet.⁹

(3) Im Fokus des folgenden Kapitels stehen die **Szenarien** ATK 1/2 a, ATK 1/2 b und 1/2 c hinsichtlich ihrer Unterschiede in Bezug auf die Braunkohlenutzung im Land Brandenburg. Begleitend werden die in der Prognos-Studie „Bedeutung der Braunkohle für Ostdeutschland“ analysierten Szenarien Bundesregierung 2011 (BR 2011) und „Netzbeschränkung“ als weitere Vergleichswerte mit abgebildet.

(4) **Anmerkung zur Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“:** In der Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ wurde u.a. der Frage nachgegangen, welche Bedeutung die ostdeutsche Braunkohle im Land Brandenburg besitzt. Mit erfasst sind damit beispielsweise die Nachfrage der sächsischen Braunkohle bei in Brandenburg ansässigen Unternehmen. Interne Handelsbeziehungen innerhalb der ostdeutschen Wirtschaft (Vorleistungsbezüge zwischen den ostdeutschen Ländern) wurden ebenfalls abgebildet. Diese indirekten Effekte der Braunkohlenwirtschaft aus anderen ostdeutschen Ländern werden in der vorliegenden Expertise explizit nicht mit modelliert. In der Konsequenz werden dadurch die Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte der in dieser Studie analysierten brandenburgischen Braunkohlenindustrie in Brandenburg geringer ausfallen. Weiterhin erfolgte in der Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ die Darstellung der direkten Beschäftigten anhand des Wohnortes. In der vorliegenden Studie werden die direkt Beschäftigten nach dem Arbeitsort angegeben. Hintergrund ist, dass hier die Beschäftigtenanzahl in der brandenburgischen Braunkohle von Inte-

⁸ Die indirekt ermittelten Beschäftigtenzahlen werden im Sinne der Erwerbstätigen angegeben [vgl. Statistisches Bundesamt 2012]. D.h. die hier ausgewiesene Zahl an Beschäftigten beziffert den Bedarf an Personen bei branchendurchschnittlicher Arbeitszeit, die in der jeweiligen Branche benötigt werden, um die durch die Vorleistungsnachfrage verursachte Produktion sicherzustellen bzw. den Güter- und Dienstleistungsbedarf herzustellen.

⁹ Es ist nicht davon auszugehen, dass die Wirkung auf den Konsum in gleichem Maße schwankt, wie die Nachfrage der Braunkohlenindustrie nach Gütern und Diensten bei den Vorleistern. Zudem würde der Eindruck erweckt werden, diese Nachfrage würde wegfallen, wenn die Braunkohlenindustrie weniger Vorleistungen bezieht.

resse sind und nicht der Schwerpunkt von Konsumausgaben der Beschäftigten in der Braunkohlenindustrie.

Abbildung 14: Abgrenzung der Berechnungsschritte der regionalwirtschaftlichen Analyse für die Braunkohle



Quelle: Prognos.

8.2 Ergebnisse der Basisanalyse

(1) Im Jahr 2010 waren in der brandenburgischen Braunkohlenindustrie **direkt rund 6.180¹⁰ Personen** beschäftigt. Diese setzen sich aus Beschäftigten im Bereich der Braunkohlenverstromung (26 %), dem Tagebau (68 %) und Forschung, Entwicklung, Planung und sonstige (6 %) zusammen. Ausgehend von den Daten, die der Prognos AG von der Vattenfall Europe Mining und Vattenfall Europe Generation zur Verfügung standen, wurde auf die gesamte Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg anhand der installierten Bruttoleistung hochgerechnet. Das betrifft die Kraftwerke in Cottbus, Frankfurt/Oder und Senftenberg. Der Anteil Vattenfalls an der Grundgesamtheit beträgt jedoch rund 97 %, so dass eine solide Basis für diese Hochrechnung zu Grunde liegt.

(2) **Indirekte Beschäftigungseffekte** resultieren aus den Vorleistungsbezügen, also aus den laufenden Sachausgaben und Investitionen der Braunkohlenindustrie. Um diese Nachfrage zu befriedigen, sind Beschäftigte in den unmittelbaren und mittelbaren Vorleistungsbranchen tätig. Die Ausgaben der Braunkohlenindustrie führen dort zu Umsatz und somit zu Beschäftigung und

¹⁰ Dieser Wert bezieht sich auf die gesamte Braunkohlenindustrie in Brandenburg. Den A.T. Kearney Szenarien liegen die Kraftwerke von Vattenfall zu Grunde, so dass diese Beschäftigtenzahl mit rund 6.090 Personen etwas niedriger ausfällt.

Wertschöpfung. Das regionalwirksame Ausgabenvolumen der Braunkohlenindustrie in Brandenburg beträgt nach Hochrechnung – basierend auf Unternehmensangaben¹¹ – rund 325,5 Mio. Euro. Berücksichtigt ist hierbei bereits, dass ein Teil der Ausgaben der brandenburgischen Braunkohlenindustrie in andere Länder und das Ausland abfließt. Das genannte Ausgabenvolumen stellt rund 63 % der Gesamtausgaben der brandenburgischen Braunkohlenindustrie dar. Durchschnittlich fließen somit ca. 37 % der Ausgaben aus Brandenburg in andere Regionen ab. Effekte die dadurch in den Regionen außerhalb Brandenburgs entstehen, werden im Weiteren nicht berücksichtigt. Nachfolgende Tabelle zeigt die laufenden jährlichen Ausgaben und typischen jährlichen Ersatzinvestitionen zusammengefasst auf zwölf Gütergruppen. Bei den im Land Brandenburg verbleibenden Ausgaben liegen die Schwerpunkte im Bezug von Leistungen zur Instandhaltung und Instandsetzung von Kraftwerksanlagen, Bauleistungen sowie im Bezug von Maschinenbauprodukten, DV-Anlagen, Fahrzeugen und elektrotechnischen Geräten.

Tabelle 7: Vorleistungsbezug der Braunkohlenindustrie aus dem Land Brandenburg, indirekte Wertschöpfung und Beschäftigte in Brandenburg

Lfd. Nr.	Zusammengefasste Wirtschaftsbereiche* / Zusammengefasste Produktionsbereiche	Ausgaben in BB in Mio. € (1)	Zusammensetzung Ausgaben Kraftwerke (2)	Zusammensetzung Ausgaben Tagebau (3)	Produktionswert aller Vorleistungsstufen in Mio. € (4)	Wertschöpfung in Mio. € (5)	Erwerbstätige indirekt in Personen (6)
1	Land- und Forstwirtschaft; Fischerei	0,0	0%	0%	0,3	0,1	5
2	Bergbau, Gew. v. Steinen u. Erden, Energie und Wasser	1,2	0%	0%	6,8	2,7	13
3	Mineralöl- u., chem. Erz., Glas, Keramik	8,5	3%	2%	17,4	4,0	54
4	Metalle	34,6	15%	7%	52,1	13,3	238
5	Maschinen, Fz, DV- u., elektr. Geräte	92,0	27%	30%	99,3	28,5	429
6	Textilien, Lederw., Erz. d. Holz- u. Papiergewerbes, Sekundärrohstoffe u. ä.	3,2	0%	2%	6,3	2,0	42
7	Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse	0,0	0%	0%	0,4	0,1	3
8	Bauarbeiten	85,6	15%	36%	91,6	38,9	1.343
9	Handelsleist., Verkehrs- u. Nachrichtenüberm.-DL, Gaststätten-DL	15,5	1%	7%	34,4	17,8	541
10	DL Kreditinstitute u. Vers., DL Wohnungswesens, unternehmensbez. DL	62,4	24%	16%	94,1	60,7	708
11	Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesen, Erziehung, Unterricht, Entsorgung	20,6	15%	0%	23,7	16,5	454
12	Öff. Verw., Verteidigung, Sozialvers., DL von Kirchen, priv. Haushalte, Kultur-DL	0,0	0%	0%	4,0	2,7	73
13	Summe	323,5	100%	100%	430,4	187,4	3.903

Quelle: Prognos, auf Basis von Unternehmensangaben nach Hochrechnung auf die brandenburgische Braunkohlenindustrie.

* Hinweis: Es wurden die Vorleistungsbezüge um interne Lieferungen von Braunkohle / Energie bereinigt, um Doppelzählungen zu vermeiden. Handelswaren sind in Abzug gebracht um die Nettobezüge zu erhalten.

¹¹ Als Basisdaten standen Angaben der Vattenfall Mining AG und Vattenfall Europe Generation AG zur Verfügung. Basierend auf den installierten MW wurden Hochrechnungen bezüglich der einzelnen Ausgabenpositionen vorgenommen.

(3) Aus den nachgefragten Leistungen und Waren in Brandenburg ergibt sich mittels Abschätzung über eine Input-Output-Rechnung eine **Beschäftigtenzahl** von rund 3.900 in den vorleistenden Bereichen, inkl. deren Vorleistern. Die entsprechende ausgelöste Wertschöpfung beträgt rund 187 Mio. Euro.

(4) Weitere indirekte Effekte in Brandenburg entstehen durch **Großinvestitionen** für den Neubau und die **Ertüchtigung** von Kraftwerken und im Bereich der Tagebaue. Diese Investitionen unterscheiden sich in den einzelnen Szenarien. Nicht nur in der Frage des Neubaus oder der Ertüchtigung werden unterschiedliche Annahmen getroffen, sondern auch in der Wahl der Technik für den Neubau von Kraftwerken (mit CCS- oder ohne CCS-Technologie). Die Gesamtinvestitionen werden dabei vereinfachend kontinuierlich über den Investitionszeitraum verteilt. Auf der Grundlage von Unternehmensangaben der Vattenfall Europe AG und der MIBRAG mbH können auch Abschätzungen für Investitionen im Tagebau vorgenommen werden. Schätzungsweise ergibt sich für das Jahr 2010 eine Beschäftigtenzahl analog den Berechnungen zur indirekten Wertschöpfung der laufenden Ausgaben von rund 220 Personen, die aus Investitionen im Bereich der Tagebaue resultieren.

(5) Im **Basisjahr 2010** ergibt sich damit eine **direkte und indirekte** Beschäftigungswirkung von rund 10.300 für die gesamte brandenburgische Braunkohlenwirtschaft. In den von A.T. Kearney für das Land Brandenburg gerechneten Szenarien werden nur die von der Vattenfall Europe Generation AG betriebenen Kraftwerke betrachtet. Die in diesen Szenarien resultierende Beschäftigtenanzahl im Basisjahr beläuft sich auf rund 10.120.

8.3 Grundlagen zur Berechnung der direkten und indirekten Beschäftigungswirkungen bis 2030 in den Szenarien

(1) Für die Entwicklung der Beschäftigung in den Szenarien bis zum Jahr 2030 sind Annahmen zu Produktivitätsfortschritten, effizienterem Einsatz von Vorleistungsgütern (Kosten), Investitionszeiträumen und Faktoren für den Neubau und die Ertüchtigung für Kraftwerke zu treffen. Für die allgemeine wirtschaftliche Produktivitätsentwicklung konnte auf den im Dezember veröffentlichten Globalisierungsreport 2011 der Prognos AG zurückgegriffen werden. Effizienz- und Produktivitätssteigerungen in der Braunkohlenverstromung und -förderung sowie Faktoren für den Einsatz der CCS-Technologie oder Trockenbraunkohle wurden in Abstimmung mit Vattenfall sowie aufbauend auf Vorgängerstudien entwickelt. Die Faktoren für die CCS-Technologie oder die Trockenbraunkohle

sind als Multiplikatoren zu verstehen, die an heutige Referenzwerte eines konventionellen Braunkohlenkraftwerks anzulegen sind. Beispielsweise sind damit die Investitionskosten für ein Braunkohlenkraftwerk mit CCS-Technologie 1,6-fach (60 %) höher als für ein konventionelles Kraftwerk. Die folgende Tabelle 8 gibt hierzu einen Überblick.

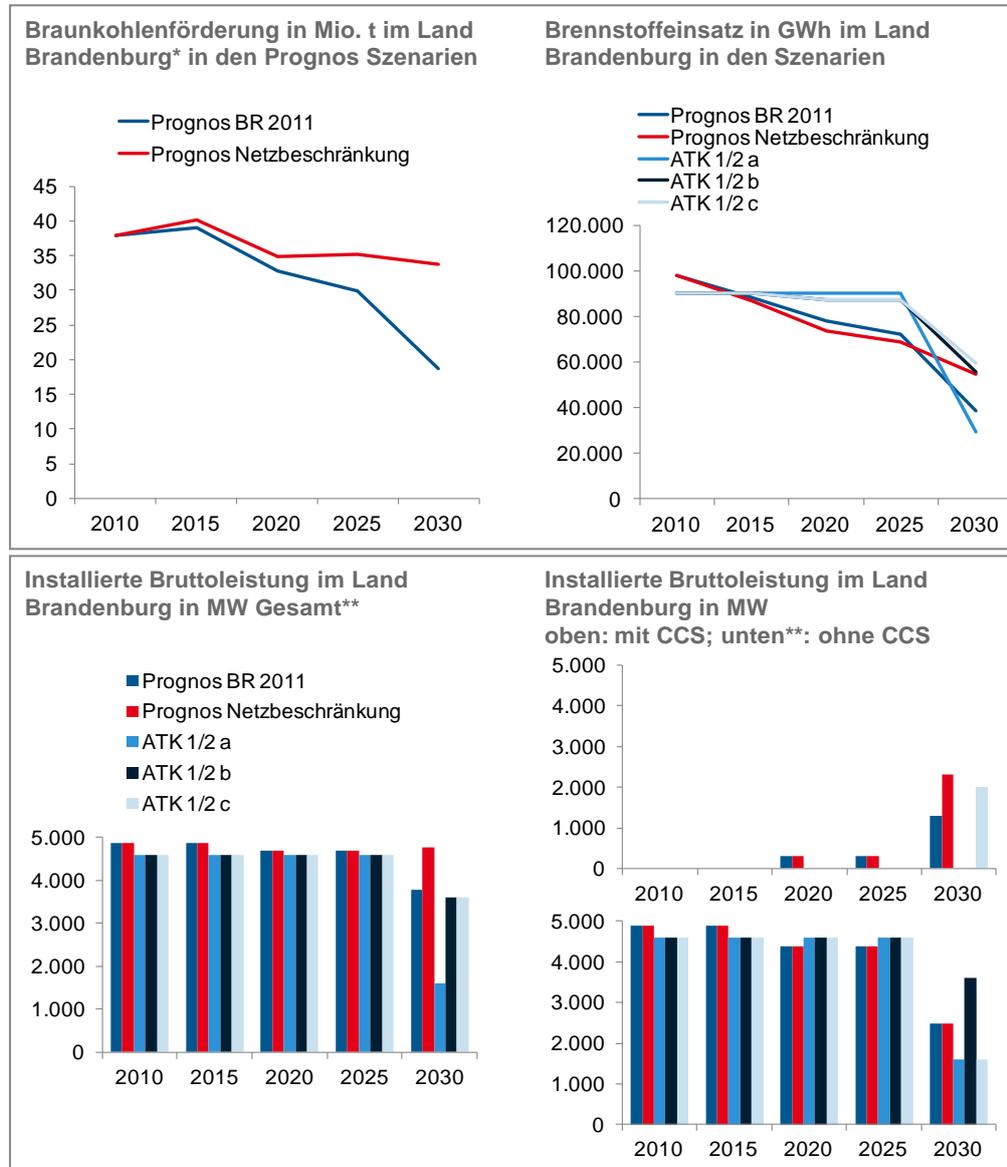
Tabelle 8: Übersicht Annahmen zu Produktivitäts- und Effizienzveränderungen der Braunkohlenindustrie

Produktivitäts-, Effizienzveränderungen, Faktor CCS und Trockenbraunkohle				
	Braunkohlenförderung Ø - Veränderung p.A.	Braunkohlenverstromung Ø - Veränderung p.A.	Faktor CCS	Trocken- braunkohle
Produktivität direkt Beschäftigte	≈ 0,3%	≈ 0,6%	1,3	
Effizienz im Vorleistungsbezug	≈ 0,13%	≈ 0,13%	1,4	
Investitionskosten			1,6	1,125
Investitionsdauer Kraftwerk				
Neubau/ Demoanlage		5 Jahre		
Ertüchtigung		2 Jahre		

Quelle: Prognos.

(2) Die Beschäftigungseffekte in den Szenarien werden entlang von „Indikatoren“ anhand spezifischer Werte ausgehend vom heutigen Bedarf getrennt nach Braunkohlenverstromung und -förderung ermittelt. Für die Beschäftigungswirkungen im Bereich der Braunkohlenförderung liegt als Indikator die Fördermenge in den Szenarien der Prognos AG vor. In den Szenarien von A.T. Kearney orientieren wir uns am Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung. In den A.T. Kearney-Szenarien ist eine Fördermenge in Brandenburg nicht ausgewiesen. Es wird jedoch angenommen, dass sich der Brennstoffeinsatz als ein Maß zum Ableiten der geförderten Menge an Braunkohle im Land Brandenburg eignet. Im Bereich der Kraftwerke basieren die Beschäftigtenzahlen und notwendigen Vorleistungsbezüge in den Szenarien auf der jeweils installierten Bruttoleistung nach Braunkohlenkraftwerkstyp (vgl. die folgenden Abbildungen). Die hier ermittelten Beschäftigungseffekte sind insoweit als Bedarf zu interpretieren.

Abbildung 15: Braunkohlenförderung, Brennstoffeinsatz und installierte Bruttoleistung in den Szenarien



Quelle: Berechnungen Prognos, [A.T. Kearney 2011].

* Braunkohlenförderung in Brandenburg berechnet als konstanter Anteil an der Braunkohlenförderung in Ostdeutschland. Entwicklung der Fördermengen in den Szenarien vgl. [Prognos 2011]. Nach Angaben der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (<http://www.kohlenstatistik.de/home.htm>, abgerufen 21.11.2011) errechnet sich ein Anteil Brandenburgs an der ostdeutschen Braunkohlenförderung von 49,5%.

** ATK betrachtet in ihrer Untersuchung nur die Braunkohlekraftwerke Schwarze Pumpe und Jänschwalde; in den Prognos Szenarien sind daneben die Kraftwerke Cottbus, Frankfurt/Oder und Senftenberg enthalten.

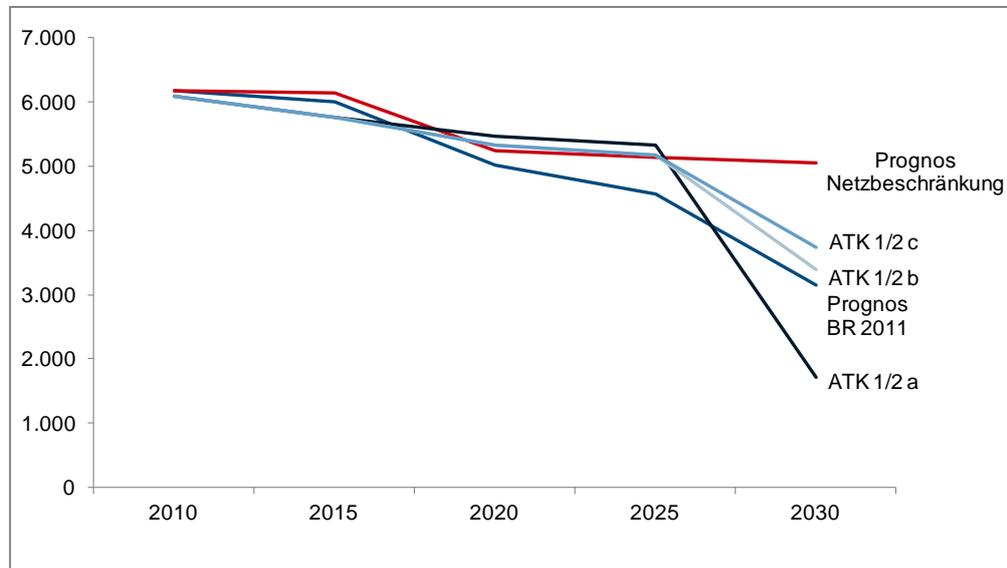
8.4 Ergebnis der Analyse der Beschäftigtenzahlen bis 2030

(1) Die Ergebnisse der Berechnungen der Beschäftigungseffekte in den Szenarien gliedern sich nach direkten Beschäftigten in der Braunkohlenindustrie, indirekt mit der Braunkohlenindustrie verbundenen Beschäftigten und indirekt mit Großinvestitionen verbundenen Beschäftigten.

(2) Im Ergebnis zeigt sich bei den **direkt Beschäftigten**, unabhängig von dem gewählten Szenario, dass der Bedarf an Beschäftigten für die Braunkohlenverstromung und -förderung im Land Brandenburg zurückgehen wird. In den Szenarien hängt die Entwicklung jedoch von der Fördermenge an Braunkohle und der installierten Bruttoleistung ab. Daher ist es auch nicht erstaunlich, dass in dem Szenario ATK 1/2 a, der Bedarf an Beschäftigten am stärksten zurück geht. Allerdings ist die Beschäftigungswirkung im Szenario ATK 1/2 a bis zum Jahr 2025 am höchsten. Dies hängt mit dem annahmegemäß höheren Brennstoffeinsatz in dem Szenario ATK 1/2 a aufgrund des schlechteren Wirkungsgrads zusammen (keine Effizienzverbesserung). Dieser Effekt zeigt sich auch bei den indirekten Beschäftigten, da erhöhte Vorleistungsbezüge aus der größeren Fördermenge resultieren. Der höchste Beschäftigungsbedarf im Jahr 2030 verbleibt im Szenario ATK 1/2 c. Ein stärkerer Rückgang an Beschäftigung beginnt jedoch in allen drei Szenarien erst nach dem Jahr 2025 und ist an die Existenz und installierte Leistung des Kraftwerks Jänschwalde gekoppelt. Die Abweichungen ab dem Jahr 2025 in den Szenarien ATK 1/2 b und ATK 1/2 c von einander erklären sich durch den höheren Bedarf an Beschäftigten durch den Einsatz der CCS-Technologie im Szenario ATK 1/2 c und unterschiedlichem Brennstoffeinsatz.

(3) **Anmerkung zu den Prognos Szenarien:** Unterschiede in den Prognos Szenarien folgen aus den installierten Bruttoleistungen und einem unterschiedlichen Braunkohlenbedarf im Gesamtenergiesystem in Ostdeutschland. Da die Fördermenge an Braunkohle in Brandenburg anteilig an der Fördermenge an Braunkohle in Ostdeutschland bestimmt wurde und diese am Gesamtenergiesystem in Ostdeutschland gekoppelt ist, ergeben sich im Szenario Netzbeschränkung höhere Fördermengen in Brandenburg durch die stärkere Braunkohlennutzung in diesem Szenario. Folglich resultiert daraus ein höherer Bedarf an Beschäftigung im Bereich der Tagebaue, was wiederum einen höheren Gesamtbedarf auslöst (siehe Abbildung 16 und Tabelle 9). Ursache hierfür ist eine höhere Auslastung der Kraftwerke in Brandenburg aufgrund der geringeren erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland.

Abbildung 16: Direkte Beschäftigungswirkungen der Braunkohlengewinnung und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien



Quelle: Berechnungen Prognos.

Tabelle 9: Direkte Beschäftigungswirkungen der Braunkohlengewinnung und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien

Jahr \ Szenario	BR 2011	Netzbeschränkung	ATK 1/2 a	ATK 1/2 b	ATK 1/2 c
2010	6.180	6.180	6.090	6.090	6.090
2015	6.000	6.140	5.760	5.760	5.760
2020	5.020	5.250	5.470	5.320	5.320
2025	4.570	5.140	5.330	5.180	5.180
2030	3.140	5.060	1.710	3.390	3.730

Quelle: Berechnungen Prognos.

Unterschiedliche Ausgangsniveaus ergeben sich, da ATK in ihrer Untersuchung nur die Braunkohlkraftwerke Schwarze Pumpe und Jänschwalde betrachten. In den Prognos Szenarien sind daneben weitere Kraftwerke, wie Cottbus, Frankfurt/Oder und Senftenberg enthalten.

(4) Die **indirekten Beschäftigungseffekte** setzen sich aus den Vorleistungsbezügen für typische jährliche Ausgaben und den Großinvestitionen zusammen. Im ersten Fall wurden die Beschäftigten zudem nach typischen jährlichen Ausgaben für Förderung und Verstromung von Braunkohle unterteilt. Die hier dargestellte Entwicklung in den Szenarien ist, wie bei den direkten Beschäftigten, getrieben von der geförderten Menge an Braunkohle und der

installierten Bruttoleistung. Die indirekten Beschäftigten, die durch die getätigten Großinvestitionen angestoßen werden, hängen im Niveau hauptsächlich von dem Neubau bzw. von der Ertüchtigung im Kraftwerksbereich ab und damit implizit auch von der Höhe der Bruttoleistung.

(5) Die folgende Tabelle 10 zeigt den Verlauf der abgeschätzten **indirekten Beschäftigten aus den laufenden Ausgaben** in den Szenarien. Es fällt wiederum auf, dass die Entwicklung in den Szenarien ATK 1/2 a bis c bis zum Jahr 2025 keine großen Differenzen aufweisen. Offensichtliche Unterschiede sind erst im Jahr 2030 im Vergleich der ATK-Szenarien für ATK 1/2 a sichtbar: hier schlägt sich der Verzicht des Neubaus von Jänschwalde auch im Vorleistungsbezug der Kraftwerke und des Tagebaus nieder.

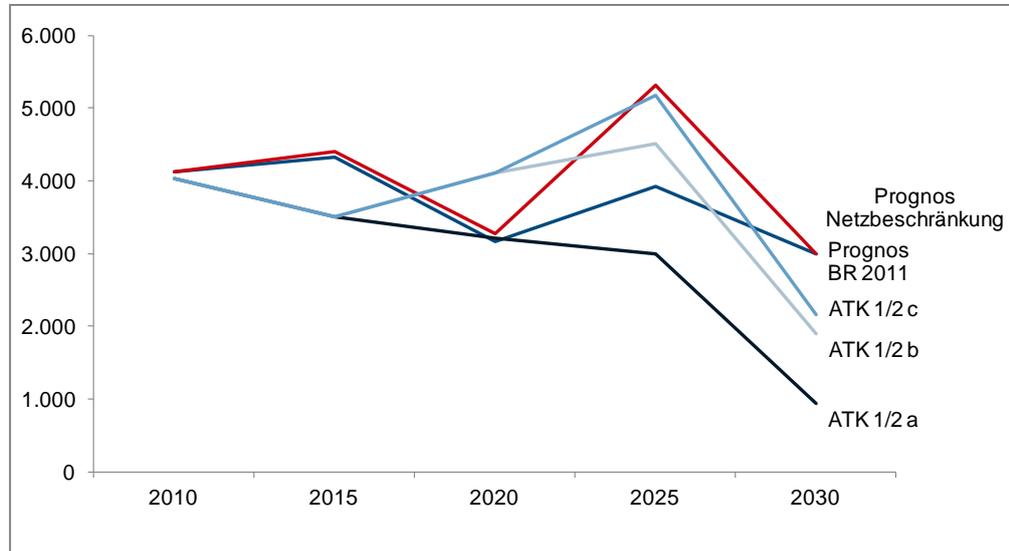
Tabelle 10: Indirekte Beschäftigte durch typische jährliche Ausgaben und laufende Ersatzinvestitionen der Braunkohlenverstromung und -förderung

Jahr \ Szenario	BR 2011	Netzbeschränkung	ATK 1/2 a	ATK 1/2 b	ATK 1/2 c
2010	3.900	3.900	3.810	3.810	3.810
2015	3.610	3.670	3.310	3.310	3.310
2020	3.000	3.100	3.010	2.950	2.950
2025	2.670	2.910	2.820	2.760	2.760
2030	1.880	2.850	870	1.790	2.050

Quelle: Berechnungen Prognos.

(6) Werden zusätzlich noch die durch die **Großinvestitionen** gesicherten Beschäftigten im Land Brandenburg analysiert (siehe Tabelle 11), zeigen sich stärker differierende Beschäftigungswirkungen in den Szenarien ab dem Jahr 2020. Zwischen den Szenarien ATK 1/2 a und ATK 1/2 b, c entwickelt sich eine Differenz von rund 900 Beschäftigten im Jahr 2020. Dieser Abstand vergrößert sich bis zum Jahr 2025 weiter und reduziert sich nach der Beendigung der Neubau- und Ertüchtigungsmaßnahmen wieder auf das Niveau von rund 1.000 Personen. In der Abbildung 17 wird der durch die Investitionszyklen schwankende Einfluss, mit dem Höhepunkt im Jahr 2025, auf die indirekt gesicherten Beschäftigten ersichtlich.

Abbildung 17: Indirekte Beschäftigte zusammen inkl. Großinvestitionen der Braunkohlenverstromung und -förderung



Quelle: Berechnungen Prognos.

Tabelle 11: Indirekte Beschäftigte zusammen inkl. Großinvestitionen der Braunkohlenverstromung und -förderung

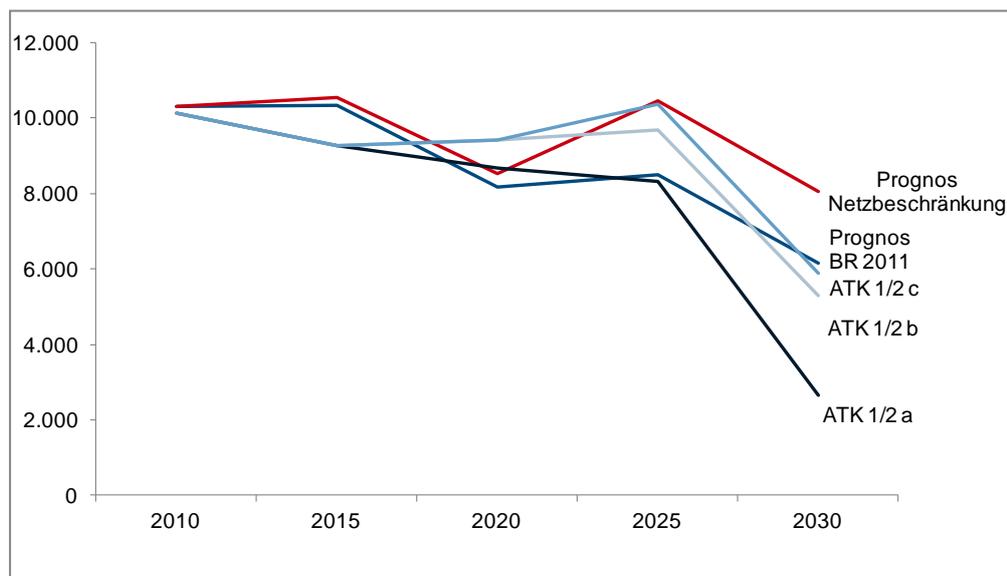
Jahr \ Szenario	BR 2011	Netzbeschränkung	ATK 1/2 a	ATK 1/2 b	ATK 1/2 c
2010	4.120	4.120	4.030	4.030	4.030
2015	4.330	4.400	3.510	3.510	3.510
2020	3.160	3.280	3.210	4.110	4.110
2025	3.930	5.320	3.000	4.510	5.180
2030	3.000	3.000	930	1.900	2.160

Quelle: Berechnungen Prognos.

(7) In der **Zusammenfassung** der sich aus den Szenarien ergebenden direkten und indirekten absoluten Beschäftigungswirkungen ist ablesbar, dass sich bis zum Jahr 2025 keine signifikanten Umbrüche für den brandenburgischen Arbeitsmarkt ergeben. Deutlicher ist der Rückgang an direkten und indirekt gesicherten Beschäftigten vom Jahr 2025 bis zum Jahr 2030. Im Szenario ATK 1/2 a zeigt sich in der Tabelle 12 ein erheblicher Rückgang gegenüber dem Jahr 2025 im Vergleich der ATK-Szenarien. Doch auch

in den Szenarien ATK 1/2 b, c ergibt sich für den Gesamtwert im Jahr 2030 ein geschätzter Rückgang um bis zu 45 %. Getrieben wird diese Entwicklung durch verschiedene Komponenten. Einerseits wird in Szenario ATK 1/2 a der Kraftwerksstandort Jänschwalde still gelegt bzw. in den Fällen ATK 1/2 b, c mit 1.000 MW geringerer Bruttoleistung neugebaut. Andererseits lassen mit dem Ende der Investitionen auch deren Impulswirkung auf den Arbeitsmarkt nach. Angemerkt sei an dieser Stelle, dass dieser Effekt nicht zu unterschätzen ist, denn in der Hochphase der Bautätigkeit eines 1.000 MW Kraftwerks sind bis zu 3.000 Personen auf der Baustelle beschäftigt. Zudem ergeben sich allein aus dem unterstellten Produktivitätsfortschritt und dem angenommen effizienteren Einsatz an Vorleistungsgütern gegenüber dem Basisjahr rückläufige Beschäftigungswirkungen im Bereich der Kraftwerke und der Tagebaue.

Abbildung 18: Direkte und indirekte Beschäftigungswirkung der Braunkohlenverstromung und -förderung im Land Brandenburg in den Szenarien



Quelle: Berechnungen Prognos.

Tabelle 12: Direkte und indirekte Beschäftigungswirkung in den Szenarien

Jahr \ Szenario	BR 2011	Netzbeschränkung	ATK 1/2 a	ATK 1/2 b	ATK 1/2 c
2010	10.300	10.300	10.120	10.120	10.120
2015	10.330	10.540	9.270	9.270	9.270
2020	8.180	8.530	8.680	9.430	9.430
2025	8.500	10.460	8.330	9.690	10.360
2030	6.140	8.060	2.640	5.290	5.890

Quelle: Berechnungen Prognos AG.

Da es sich bei den ermittelten Effekten um die Bedarfsentwicklung an Beschäftigten aus heutiger Sicht handelt, kann nicht abgeschätzt werden, in welcher Geschwindigkeit Veränderungen der Beschäftigtenzahlen tatsächlich eintreten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass erstens etwaige Beschäftigungswirkungen in den Szenarien aufgrund der Mittelfristperspektive der Energiestrategie gestaltet werden können, somit allmählich eintreten und nicht die in den Abbildungen dargestellten rechnerisch „harten“ Übergänge resultieren. Zweitens dürften Beschäftigungsänderungen, wie sich im Kapitel Fachkräfte (vgl. Kapitel 11) zeigt, mit einer Altersstruktur zusammenfallen, die die Chance beinhaltet den geringeren Bedarf an Beschäftigten in der Braunkohlenindustrie gesellschaftlich und für den Einzelnen verträglich zu gestalten. Selbst in dem Szenario ATK 1/2 a werden vorübergehend für den Rückbau Beschäftigte benötigt, die hier nicht dargestellt sind. Dennoch wird die Nachfrage der Braunkohlenindustrie nach Vorleistungsgütern für den laufenden Betrieb auch in Brandenburg zurückgehen. Dies resultiert auch in den verbundenen Branchen in einem Rückgang des Bedarfs an Beschäftigten zur Herstellung von Gütern für die Braunkohlenindustrie. Inwieweit dieses spezialisierte Wissen bei den Vorleistern für andere Technologien oder für Exportgüter genutzt werden kann, kann hier nicht differenziert eingeschätzt werden.

9 Beschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in den Szenarien

9.1 Kurzbeschreibung Vorgehen und Annahmen

(1) **Ziel** dieses Kapitels ist es, die Beschäftigungseffekte von Wind, Photovoltaik und Biomasse, hier zusammengefasst als Erneuerbare Energien (EE), in den A.T. Kearney-Szenarien ausgehend vom heutigen Niveau darzustellen. Die Darstellung beschränkt sich dabei auf EE im Bereich Stromerzeugung. Beschäftigungseffekte durch EE im Bereich Wärmeerzeugung (Wärme-Produktion aus Biomasse, Geothermie und Solarthermie) werden in den Szenarien und damit auch im Rahmen dieser Studie **nicht** betrachtet.

(2) Bei der Ermittlung der Beschäftigungseffekte der Erneuerbare Energien in den Szenarien werden **vereinfachende Berechnungsmethoden** angewendet. Eine umfassende Primärerhebung wie im Bearbeitungsteil „Beschäftigungseffekte in der Braunkohlenindustrie“ (Kapitel 8) war aufgrund der aufwändigen Erhebungsprozedur in der gegebenen Zeit nicht möglich. Im Gegensatz zur Braunkohle, wo einige wenige große Unternehmen befragt wurden, hätten im Zuge einer Primärerhebung im Bereich EE eine Vielzahl von Unternehmen befragt werden müssen, was unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Ressourcen und Zeit nicht umsetzbar war. Daher wurde auf bestehende Studien und die interne Expertise der Prognos AG im Bereich Energiewirtschaft zurückgegriffen.

(3) Zu den einzelnen Energieträgern (Wind, Photovoltaik (PV), Biomasse) wurden die Beschäftigungswirkungen über Kennziffern (Beschäftigte pro Megawatt installierter Leistung, Produktivitätskennziffern) entlang der **Wertschöpfungskette** abgeschätzt. Die Wertschöpfung bei den EE ergibt sich prinzipiell durch die folgenden drei Prozesse:

- Produktion der Anlagen (Anlagenteile und Komponenten)
- Installation und Errichtung (Planung, Installation und Montage)
- Wartung und Betrieb (Technische Betriebsführung, Betriebspersonal Betreibergesellschaft)

(4) Bei den Beschäftigten durch **Produktion** der Anlagen kann zwar anhand von Sekundärstudien der derzeitige Beschäftigungssockel in Brandenburg ermittelt werden. Eine differenzierte Betrachtung der Auswirkungen der A.T. Kearney-Szenarien ist jedoch nicht möglich, da es sowohl heute als auch in Zukunft keine gesicherten Angaben dazu gibt, wie viele von den in Brandenburg produzierten Anlagen bzw. Anlagenteilen in Brandenburg selber verbleiben und wie viele der produzierten Anlagen bzw. Anlagenteile für Deutschland und den Rest der Welt gefertigt werden. Um diese Quote zu ermitteln, bedarf es aufwändiger Recherchen und Primärerhebungen, die über den vorgegebenen Zeit- und Budgetrahmen hinausgehen. Dies gilt sowohl für die Photovoltaik, wo aufgrund der aktuellen rasanten internationalen und nationalen Kosten- und Preisentwicklungen eine Zukunftsprojektion über den lokal bezogene Anteil an lokal produzierten Modulen mit besonders großen Unsicherheiten behaftet ist, als auch für die Bereiche Windenergie und Biomasse. Im Rahmen der Berechnung der Beschäftigungswirkungen durch die Produktion der Anlagen wird daher bei den einzelnen Energieträgern von einer konstanten Beschäftigung auf dem Niveau von heute ausgegangen. Dabei liegen jeweils Zahlen zur direkten als auch zur indirekten Beschäftigung vor.

(5) Die Situation bei **Installation** und **Errichtung** sowie **Betrieb** und **Wartung** stellt sich dagegen anders dar. Diese beiden Wertschöpfungsprozesse können stabil dem Land Brandenburg zugeordnet und damit anhand der Annahmen aus den A.T. Kearney Szenarien ermittelt werden. Bei der Installation und Errichtung kann dabei nur im Bereich Wind auf Kennziffern zurückgegriffen werden, die direkte und indirekte Beschäftigungswirkungen berücksichtigen. Bei der Installation und Errichtung von Photovoltaikanlagen liegen nur Zahlen zu den direkt Beschäftigten bei Handwerksbetrieben vor.¹² Im Wertschöpfungsschritt Wartung und Betrieb weisen die Kennziffern direkte Beschäftigungswirkungen aus.

¹² Eine Nicht-Berücksichtigung der indirekten Effekte fällt hier nicht so schwer ins Gewicht, da die Vorleistungen der Handwerker bei der Installation von PV-Anlagen wie z.B. PV-Module, Wechselrichter, Gestellsysteme etc., im Wesentlichen durch die Zahlen der direkt Beschäftigten im Bereich der PV-Industrie berücksichtigt sind.

Tabelle 13: Einbeziehung von Wertschöpfungsstufen in die Berechnung der Beschäftigungswirkungen nach Energieträgern

	Windenergie	Photovoltaik	Biomasse (Stromerzeugung)
Produktion der Anlagen (direkt/ indirekt)	Annahme eines gleichbleibenden Beschäftigungssockels auf dem heutigen Niveau		
Errichtung/ Installation	X (direkt/ indirekt)	X (direkt)	Kein Zubau
Wartung/ Betrieb (direkt)	X	X	X

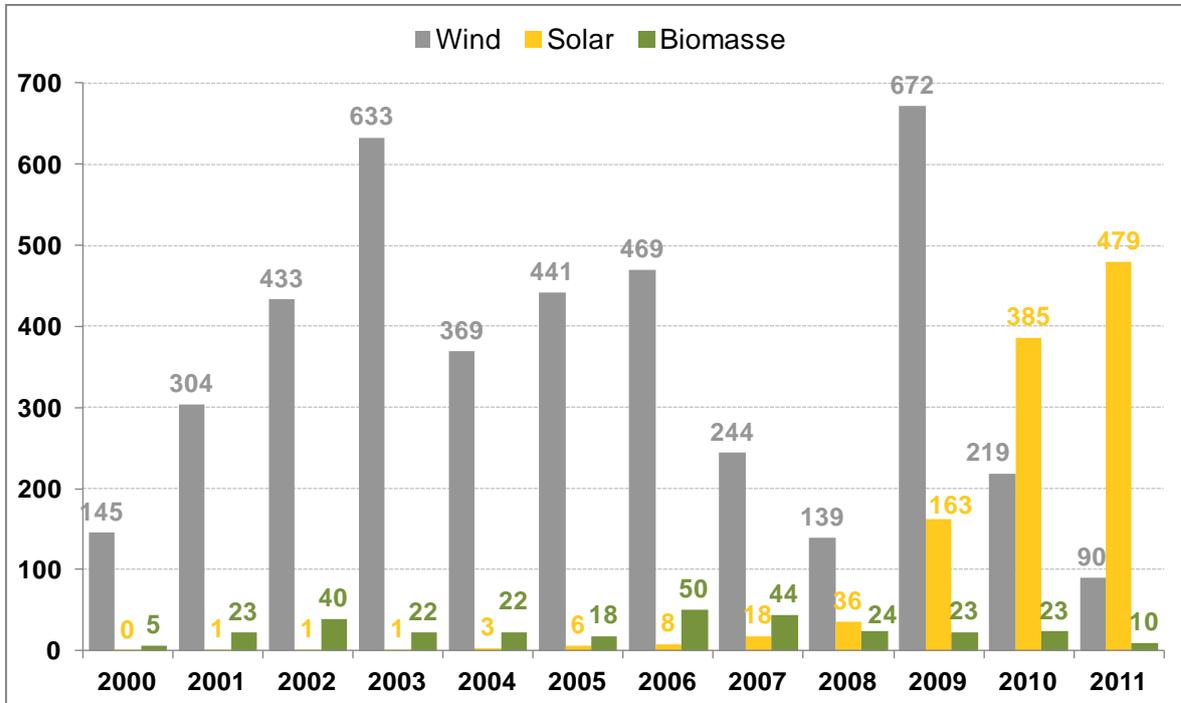
Quelle: Eigene Darstellung Prognos.

9.2 Status-quo und Entwicklungspfad der Erneuerbaren Energien für Brandenburg nach den A.T. Kearney-Szenarien

(1) Für die Projektion der Beschäftigten im Bereich Erneuerbare Energien ist es notwendig, einen Überblick über den derzeitigen Bestand an EE-Anlagen und den geplanten Ausbau im Rahmen der A.T. Kearney-Szenarien in Brandenburg zu geben.

Mit Hilfe der Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)-Anlagenstammdaten [50hertz 2012] konnten alle aktiven Anlagen in Brandenburg mit Stand 30.11.2011 identifiziert werden. Mit Blick auf den zeitlichen Verlauf der Inbetriebnahme der Anlagen wird deutlich, dass EE seit Anfang der neunziger Jahre zur Stromerzeugung im Land Brandenburg ausgebaut wurden. Bis zum Jahr 2000 und dem Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) am 1. April 2000 war der Ausbau jedoch noch recht verhalten (ca. 350 MW Gesamtnennleistung) und fand schwerpunktmäßig im Bereich Windenergie statt, wo bis 1999 eine Kapazität von 287 MW Nennleistung aufgebaut wurde.

Abbildung 19: Jährliche Installation Erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Land Brandenburg seit dem Jahr 2000 (in MW)

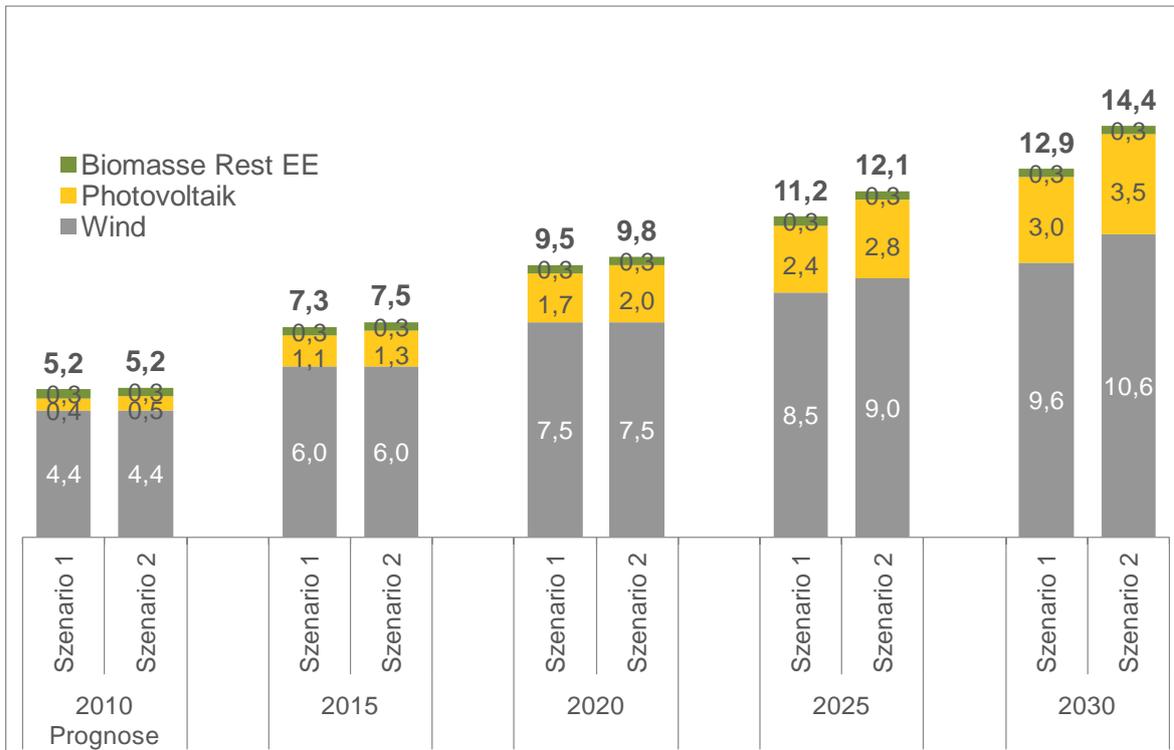


Quelle der Daten: [50hertz 2012], Darstellung Prognos AG

(2) Ab dem Jahr 2000 ist im Bereich Windenergie ein dynamischer Ausbau zu verzeichnen, der mit 672 MW Nennleistung im Jahr 2009 seinen Höhepunkt erreichte. Im Mittel wurden bei starken jährlichen Schwankungen in Brandenburg pro Jahr 345 MW aufgebaut, wobei gerade in den Jahren 2011 und 2010 sowie 2008 weniger ausgebaut wurde. Ganz anders im Bereich Photovoltaik, wo bis 2008 erst ungefähr 75 MW-Nennleistung installiert wurden. In den letzten 3 Jahren gab es hingegen einen sprunghaften Ausbau, so dass bis November 2011 bereits eine Leistung von insgesamt 1.100 MW installiert werden konnte. Bei der Biomasse wurde im Vergleich zu den anderen beiden Energieträgern wesentlich weniger Nennleistung aufgebaut. Im Durchschnitt der letzten 10 Jahre waren es bei leichten Schwankungen ungefähr 25 MW pro Jahr.

Insgesamt wurden bis zum Jahr 2011 knapp 6.000 MW Nennleistung im Bereich EE zur Stromerzeugung in Brandenburg aufgebaut, was im Bundesländervergleich einen Spitzenwert bedeutet.

Abbildung 20: Ausbau der erneuerbaren Energien in Brandenburg in den Szenarien 1 und 2, in GW



Quelle: [A.T. Kearney 2011], Darstellung Prognos AG.

(3) Ein Blick auf die A.T. Kearney Szenarien zeigt, dass Brandenburg diesen Spitzenplatz im Bereich EE in Deutschland behaupten will. Beide Szenarien (1 und 2) gehen von einem deutlichen Ausbau bis zum Jahr 2030 aus. Im Szenario 1 ist der Ausbau in den Bereichen Wind und PV jeweils etwas konservativer geschätzt. Im Jahr 2030 wird in diesem Szenario von insgesamt 12.910 MW ausgegangen, womit etwa 7.000 MW zum derzeitigen Bestand von 6.000 MW dazukommen. Im Szenario 2 wird eine zusätzliche Nennleistung von etwa 8.500 MW erwartet. In der Summe entspricht die Nennleistung in Szenario 2 14.410 MW.

9.3 Beschäftigungswirkungen durch die Szenarien im Bereich Windenergie

Annahmen

(1) Abbildung 21 gibt einen Überblick über die verwendeten Quellen zur Ermittlung der Beschäftigungswirkungen im Bereich Windenergie. Wesentliche Basis für die Abschätzung der Effekte im Bereich Windenergie stellt eine aktuelle Erhebung vom Bun-

desministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zu den Beschäftigungswirkungen auf Bundesländerebene aus dem Jahr 2011 dar [GSW/ZSW 2011]. Demnach sind in Brandenburg derzeit knapp 4.950 Personen direkt oder indirekt im Bereich Windenergie beschäftigt.

Abbildung 21: Quellen und Kennziffern für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte in den ATK Szenarien

Schritt in der Wertschöpfungskette	Windenergie		
	Quelle	Kennziffern	
		Beschäftigte pro MW	Produktivität bis 2030
Beschäftigte aus der Produktion der Anlagen	GWS / ZSW im Auftrag des BMU 2011	Annahme eines gleichbleibenden Beschäftigungssockels auf dem heutigen Niveau	
Beschäftigte aus Errichtung und Installation der Anlagen	Prognos-Studie: Ökonomische Effekte Windenergie BB 2009 für Enertrag	5,00	10% in 10 Jahren (Erhöhung Wirkungsgrad versus Komplexität der Anlagen)
Laufende Beschäftigte für Betrieb und Wartung		0,25	

Quelle: Darstellung Prognos AG.

(2) Auf Basis einer Prognos Studie zu den ökonomischen Effekten der Windenergie im Land Brandenburg [Prognos 2008], die im Jahr 2008 im Auftrag der Firma Enertrag durchgeführt wurde, werden im nächsten Schritt **Kennziffern** zur Beschäftigtenzahl pro MW in den einzelnen Wertschöpfungsschritten entwickelt.

Im Ergebnis sind 0,25 Beschäftigte je MW für Wartung und Betrieb¹³ und 5,0 Beschäftigte je MW bei Errichtung und Installation¹⁴ tätig.

¹³ Deutschlandweit kann von etwa 1/3 Beschäftigten je WEA für Wartung und Betrieb der Anlagen ausgegangen werden (Angabe BWE). Dieser Wert wird von führenden Windenergieanlagenbetreibern für Brandenburg bestätigt. Durch Umrechnung in MW auf Basis des heutigen Anlagenbestands ergibt sich ein Wert von 0,25 Beschäftigten je MW.

¹⁴ Bei den Beschäftigten zur Installation und Errichtung der Anlagen kam das Prognos Regionalmodell (ein regionalisiertes Input-Output-Modell, angepasst an die Vorleistungsstruktur in Brandenburg) zum Einsatz. Wie viel beim Aufbau einer WEA aus welcher Branche zugeliefert wird und wie hoch der Anteil der Investitionssumme ist, der in Brandenburg verbleibt, konnte mit Hilfe der langjährigen Erfahrung von Enertrag spezifisch für Brandenburg erhoben werden. Die durchschnittlichen Investitionsausgaben pro WEA in Mio. € wurden dabei anhand von einer 2 MW Musteranlage in den Branchen Elektrotechnik, Bauwirtschaft und Dienstleistung gebildet.

(3) In der **Prognose** wird bei den gebildeten Kennziffern von einem konstanten Produktivitätszuwachs von 10 % in 10 Jahren ausgegangen. Auf der einen Seite wird zwar kontinuierlich der Wirkungsgrad der einzelnen Anlagen verbessert. Bis 2020 ist nach Einschätzung mehrerer Experten davon auszugehen, dass mehrheitlich Windenergieanlagen (WEA) mit einer Nennleistung von 5-6 MW gebaut werden. Gleichzeitig nimmt die Komplexität der Anlagen (Höhe, Technik) zu, weshalb lediglich von einem moderaten Produktivitätszuwachs auszugehen ist.

(4) Bei den Beschäftigungswirkungen durch die Errichtung und Installation werden ab 2021 bis 2030 zudem Ersatzinvestitionen (**Repowering**) mit betrachtet. Annahmegemäß wird ein Rückbau nach 20 Jahren unterstellt.¹⁵ Demnach werden Anlagen, die in den Jahren 2001 bis 2010 in Brandenburg errichtet wurden, ab 2021 bis 2030 „repowered“. Auf Basis des durchschnittlichen jährlichen Zubaus im Zeitraum von 2001 bis 2010 ist von einem jährlichen Repoweringpotenzial von 370 MW in Brandenburg auszugehen. Bei der Projektion wird dabei analog zum Neubau von WEA die gleiche Beschäftigungskennziffer und Produktivitätsannahme berücksichtigt.

(5) Da keine gesicherten Angaben vorliegen, wie viele von den in Brandenburg produzierten Anlagen bzw. Anlagenteilen in Brandenburg verbleiben und wie viele für Deutschland und den Rest der Welt gefertigt werden, wird in dem Wertschöpfungsschritt „Produktion der Anlagen“ eine konstante **Sockelbeschäftigung** auf dem Niveau von heute angenommen. Die Beschäftigtenzahl ergibt sich aus der Differenz von den gesamten in der Windenergie Beschäftigten und den Ergebnissen aus den anderen beiden Wertschöpfungsschritten.

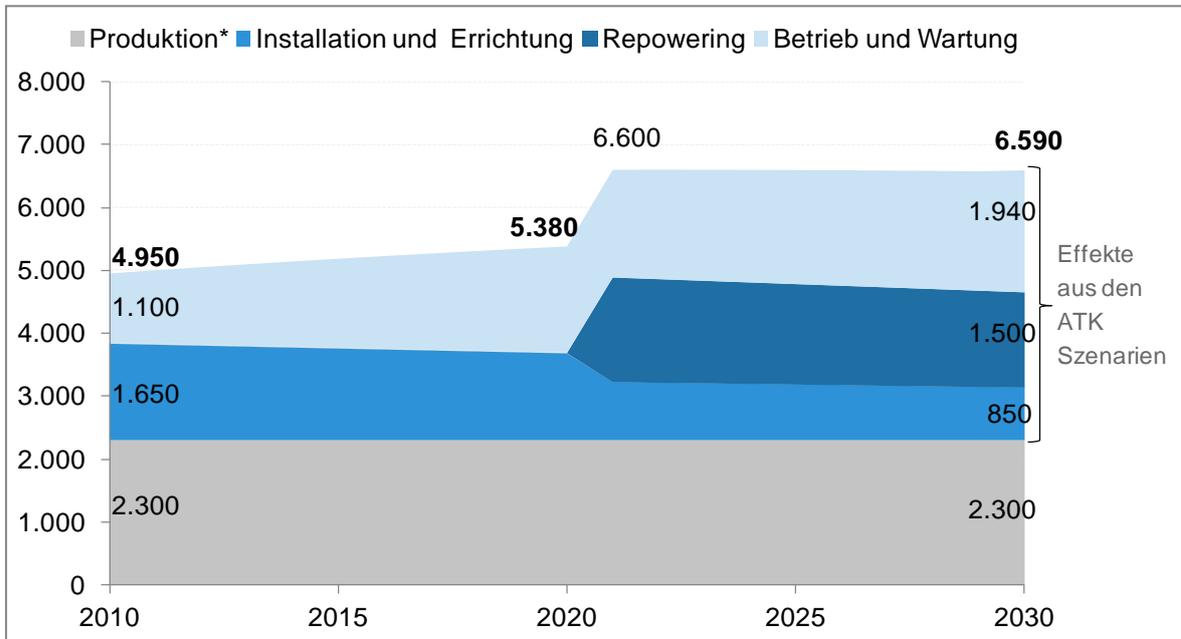
Beschäftigungswirkungen der Windenergie im Szenario 1

(6) Die **Projektion des Szenarios 1** beginnt im Jahr 2010. Insgesamt arbeiten zu dem Zeitpunkt 4.950 Beschäftigte direkt oder indirekt im Bereich Windenergie des Landes Brandenburg. Etwa 1.100 Personen sind mit der Wartung und dem Betrieb, 1.650 mit der Installation und Errichtung und etwa 2.300 mit der Produktion von Anlagen bzw. Anlagenteilen beschäftigt. Durch die jährliche Zunahme der Nennleistung um 308 MW in Szenario 1, steigt sowohl die Anzahl der Beschäftigten für Betrieb und Wartung als auch für Installation und Errichtung an, so dass im Jahr 2020

¹⁵ Die zu erwartende Lebensdauer einer WEA bestimmt den Zeitpunkt ihres Rückbaus und wird heute üblicherweise mit 20 Jahren angenommen [KPMG 2009]

knapp 430 zusätzliche Beschäftigte im Land Brandenburg im Bereich Windenergie tätig sind.

Abbildung 22: Beschäftigungswirkung Windenergie durch den Zubau in Szenario 1



Quelle der Daten: Berechnungen Prognos AG 2011 und [GSW/ ZSW 2011].
 * Annahme, dass Zahl der Beschäftigten für die Produktion konstant bleibt (heutiges Niveau).

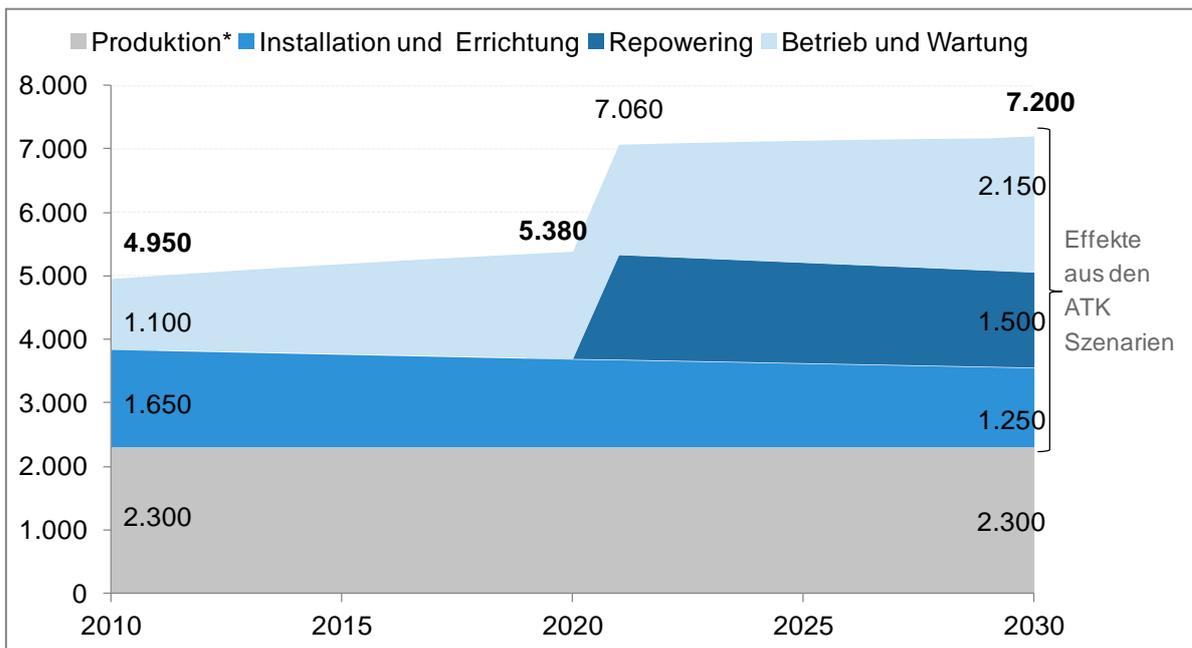
(7) **Ab 2020** wird im Szenario 1 ein verlangsamtes Wachstum bei Wind angenommen (209 MW p. a.). Inclusive Repowering (370 MW p. a.) steigt die Zahl der zusätzlichen Beschäftigten ab 2021 jedoch sprunghaft an. Durch den jährlichen Neubau und Repowering von 579 MW p. a. entstehen von 2020 bis 2030 2.210 zusätzliche Arbeitsplätze in Brandenburg. Bei der Annahme einer konstanten Sockelbeschäftigung bei der Produktion von Anlagen (2.300) liegt die Zahl der direkten und indirekten Beschäftigten in Szenario 1 im Jahr 2030 bei insgesamt 6.590. Dabei installieren 850 Beschäftigte neue WEA, 1.500 Beschäftigte betreiben Repowering von WEA und 1.940 Beschäftigte sind mit dem Betrieb und der Wartung des bestehenden Anlagenbestands vertraut. In der Summe ist im Szenario mit einem Anstieg der Beschäftigtenzahl durch Windenergie von 2010 auf 2030 um 1.640 zu rechnen.

Beschäftigungswirkungen der Windenergie im Szenario 2

(8) Die **Projektion des Szenarios 2** beginnt im Jahr 2010. Insgesamt arbeiten zu dem Zeitpunkt 4.950 Beschäftigte direkt oder indirekt im Bereich Windenergie. Etwa 1.100 Personen sind mit

der Wartung und dem Betrieb, 1.650 mit der Installation und Errichtung und etwa 2.300 mit der Produktion von Anlagen bzw. Anlagenteilen. Durch die jährliche Zunahme der Nennleistung um 308 MW in Szenario 2, steigt sowohl die Anzahl der Beschäftigten für Betrieb und Wartung als auch für Installation und Errichtung an, so dass im Jahr 2020 knapp 430 zusätzliche Beschäftigte im Land Brandenburg im Bereich Windenergie tätig sind.

Abbildung 23: Beschäftigungswirkung Windenergie in Brandenburg durch den Zubau in Szenario 2



Quelle der Daten: Berechnungen Prognos AG 2011 und [GSW/ZSW 2011].

* Annahme, dass Zahl der Beschäftigten für die Produktion konstant bleibt (heutiges Niveau).

(9) Im Gegensatz zum Szenario 1 wird ab 2020 ein stärkeres Wachstum bei Wind angenommen (309 MW). Inklusive **Repowering** (370 MW p. a.) steigt die Zahl der zusätzlichen Beschäftigten ab 2021 jedoch sprunghaft an. Durch den jährlichen Bau von 679 MW entstehen von 2020 bis 2030 2.820 zusätzliche Arbeitsplätze in Brandenburg. Bei der Annahme einer konstanten Sockelbeschäftigung bei der Produktion von Anlagen (2.300) liegt die Zahl der direkten und indirekten Beschäftigten im Jahr 2030 in Szenario 2 bei insgesamt 7.200. Dabei installieren 1.250 Beschäftigte neue WEA, 1.500 Beschäftigte betreiben Repowering von WEA und 2.150 Beschäftigte sind mit dem Betrieb und der Wartung des bestehenden Anlagenbestands vertraut. In der Summe ist im Szenario 2 mit einem Anstieg der Beschäftigtenzahl durch Windenergie von 2010 auf 2030 um 3.250 zu rechnen.

9.4 Beschäftigungswirkungen durch die Szenarien im Bereich Photovoltaik

Annahmen

(1) Wesentliche **Quellen** zur Ermittlung der Beschäftigungswirkungen im Bereich Photovoltaik sind die im Jahr 2010 von Prognos und Roland Berger erstellte Studie „Wegweiser Solarwirtschaft“ („PV Roadmap“, [Roland Berger/ Prognos 2010]) für den Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW) und der Expertise führender Branchenvertreter [ZAB 2011]. Demnach sind derzeit knapp 4.000 Personen direkt oder indirekt im Bereich Photovoltaik in Brandenburg beschäftigt.

Abbildung 24: Quellen und Kennziffern für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte in den ATK Szenarien

Schritt in der Wertschöpfungskette	Photovoltaik		
	Quelle	Kennziffern	
		Beschäftigte pro MW	Produktivität bis 2030
Beschäftigte aus der Produktion der Anlagen	Angabe ZAB 2011	Annahme eines gleichbleibenden Beschäftigungssockels auf dem heutigen Niveau	
Beschäftigte aus Errichtung und Installation der Anlagen	Prognos-Studie: PV Roadmap für BSW	3,50	20% in 10 Jahren (Erhöhung Wirkungsgrad)
Laufende Beschäftigte für Betrieb und Wartung		0,23	

Quelle: Berechnungen der Prognos AG auf Basis der oben genannten Quellen..

(2) Auf Basis der Erkenntnisse von [Roland Berger/ Prognos 2010] können **Kennziffern** zur Beschäftigtenzahl pro MW in den einzelnen Wertschöpfungsschritten ausgewiesen werden. Demnach sind mit der Errichtung von 1 GW Nennleistung 3.500 Handwerker im Bundesschnitt beschäftigt. Für Betrieb und Wartung werden 233 Beschäftigte pro GW Nennleistung benötigt, wodurch sich folgende Kennziffern ergeben:

- 0,23 Beschäftigte je MW für Wartung und Betrieb
- und 3,5 Beschäftigte je MW bei Errichtung und Installation tätig.

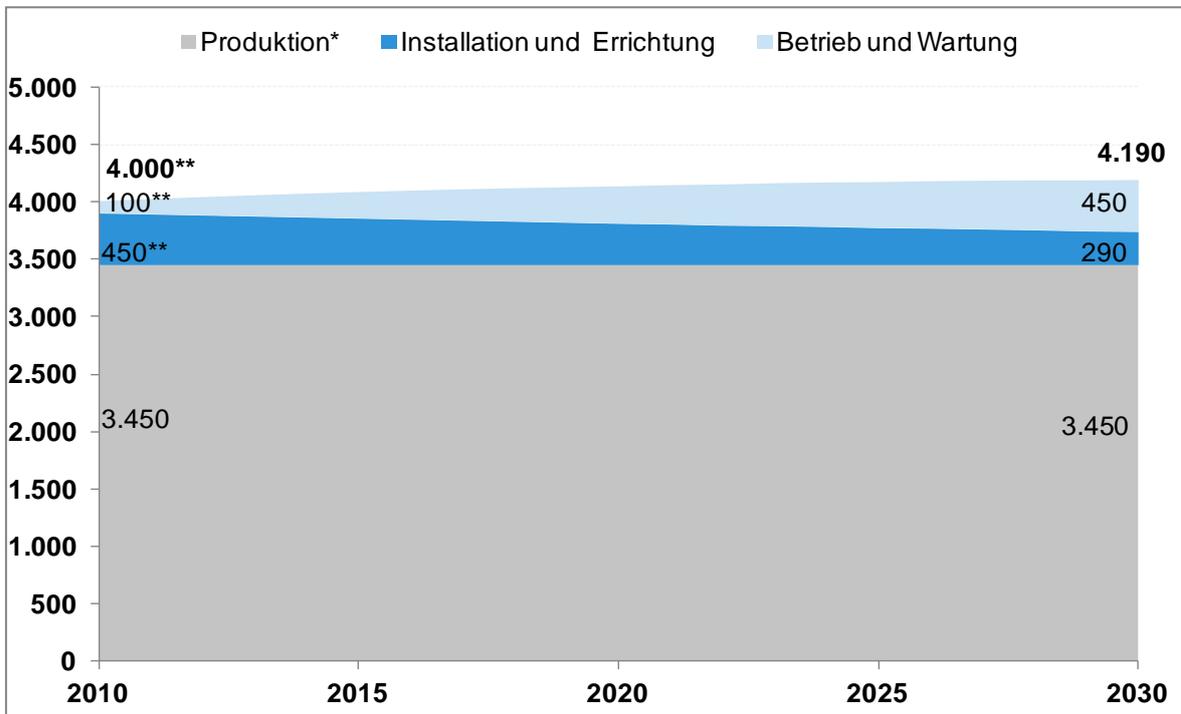
(3) In der **Prognose** wird bei den gebildeten Kennziffern von einem linearen Produktivitätszuwachs von 20 % in 10 Jahren ausgegangen. Die Erhöhung des Wirkungsgrades der Anlagen kommt nach Einschätzung von Experten stärker zum Tragen als bei Windenergie. Gleichzeitig ist nicht von einer so deutlichen Zunahme der Komplexität der Anlagen auszugehen. Das Thema Repowering von Photovoltaikanlagen wird nicht betrachtet, da es hierzu bisher keine verlässlichen Daten gibt. Zudem sind aufgrund der niedrigen Installationszahlen vor dem Jahr 2010 nur geringe Effekte aus dem Repowering von PV bis 2030 zu erwarten.

(4) Da keine gesicherten Angaben vorliegen, wie viele von den in Brandenburg produzierten Photovoltaikanlagen bzw. Anlagenteilen in Brandenburg selber verbleiben und wie viele für Deutschland und den Rest der Welt gefertigt werden, wird in dem Wertschöpfungsschritt Produktion der Anlagen wie bei der Windenergie eine konstante **Sockelbeschäftigung** auf dem Niveau von heute angenommen. Die Beschäftigtenzahl ergibt sich aus der Differenz von den gesamten in der Photovoltaik Beschäftigten [ZAB 2011] und den Ergebnissen aus den anderen beiden Wertschöpfungsschritten, in denen plausible Abschätzungen darüber möglich sind, welche Effekte der Zubau in den Ziel-Szenarien auf die Nachfrage nach Beschäftigten unabhängig von der Produktion der Module haben wird. Denn es ist davon auszugehen, dass der sogenannte „local content“ (Installation/Wartung und Betrieb) von den aktuellen Entwicklungen auf dem Weltmarkt für PV-Module unberührt bleibt.

Beschäftigungswirkungen der Photovoltaik im Szenario 1

(5) Die Projektion des Szenarios 1 beginnt im Jahr 2010. Insgesamt arbeiten in Brandenburg zu dem Zeitpunkt knapp 4.000 Beschäftigte direkt oder indirekt im Bereich Photovoltaik. Etwa 100 Personen sind mit der Wartung und dem Betrieb, 450 mit der Installation und Errichtung und etwa 3.450 mit der Produktion von Anlagen bzw. Anlagenteilen beschäftigt. Da in den A.T. Kearney Szenarien 1 und 2 schon ab 2007 von einem unterschiedlichen Ausbaupfad (128 versus 149 MW) ausgegangen wird, unterscheiden sich die Beschäftigtenzahlen zum Beginn der Projektion leicht voneinander. Im Szenario 1 steigt die Anzahl der Beschäftigten für Betrieb und Wartung durch die jährliche Zunahme der Nennleistung um 128 MW im A.T. Kearney Szenario 1 bis 2030 linear an, so dass im Jahr 2020 knapp 190 zusätzliche Beschäftigte im Land Brandenburg im Bereich Photovoltaik tätig sind. Bei der Annahme einer konstanten Sockelbeschäftigung bei der Produktion von Anlagen (3.450) liegt die Zahl der direkten und indirekten Beschäftigten in Szenario 1 im Jahr 2030 bei insgesamt 4.190. Dabei installieren 290 Beschäftigte neue PV-Anlagen, 450 Beschäftigte sind mit dem Betrieb und der Wartung des bestehenden Anlagenbestands vertraut.

Abbildung 25: Beschäftigungswirkung Photovoltaik durch den Zubau in Szenario 1



Quelle der Daten: Berechnungen Prognos AG 2011, Roland Berger/ Prognos 2010], [ZAB 2011].

* Annahme, dass Zahl der Beschäftigten für die Produktion konstant bleibt (heutiges Niveau).

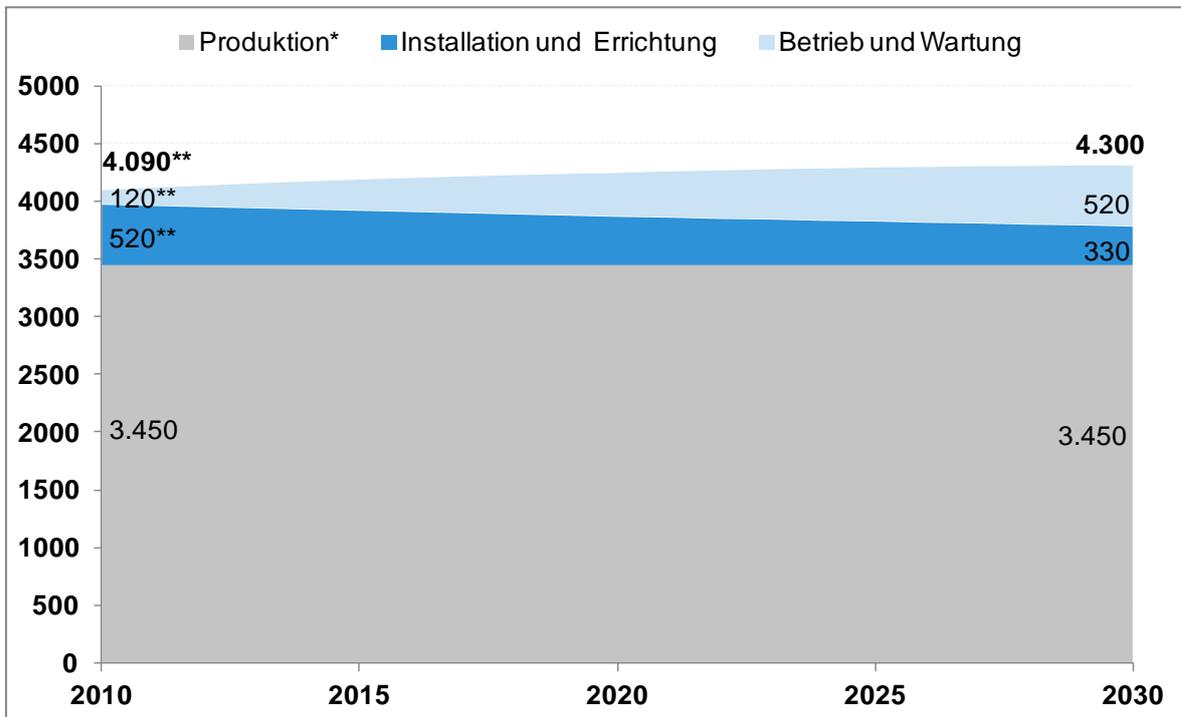
** Ausgangswerte in Szenario 1 und 2 unterscheiden sich, da sich die ATK-Szenarien bei PV ab 2007 unterschiedlich in ihrem Ausbaupfad entwickeln.

Beschäftigungswirkungen der Photovoltaik im Szenario 2

(6) Die Projektion des Szenarios 2 beginnt im Jahr 2010. Insgesamt arbeiten in Brandenburg zu dem Zeitpunkt knapp 4.090 Beschäftigte direkt oder indirekt im Bereich Photovoltaik. Etwa 120 Personen sind mit der Wartung und dem Betrieb, 520 mit der Installation und Errichtung und etwa 3.450 mit der Produktion von Anlagen bzw. Anlagenteilen beschäftigt.

Im Szenario 2 steigt die Anzahl der Beschäftigten für Betrieb und Wartung durch die jährliche Zunahme der Nennleistung um 149 MW im A.T. Kearney Szenario 2 bis 2030 linear an, so dass im Jahr 2020 knapp 210 zusätzliche Beschäftigte im Land Brandenburg im Bereich Photovoltaik tätig sind. Bei der Annahme einer konstanten Sockelbeschäftigung bei der Produktion von Anlagen (3.450) liegt die Zahl der direkten und indirekten Beschäftigten in Szenario 2 im Jahr 2030 bei insgesamt 4.300. Dabei installieren 330 Beschäftigte neue PV-Anlagen, 520 Beschäftigte sind mit dem Betrieb und der Wartung des bestehenden Anlagenbestands vertraut.

Abbildung 26: Beschäftigungswirkung Photovoltaik durch den Zubau in Szenario 2



Quelle der Daten: Berechnungen Prognos AG 2011, Roland Berger/ Prognos 2010], [ZAB 2011].

* Annahme, dass Zahl der Beschäftigten für die Produktion konstant bleibt (heutiges Niveau).

** Ausgangswerte in Szenario 1 und II unterscheiden sich, da sich die ATK-Szenarien bei PV ab 2007 unterschiedlich in ihrem Ausbaupfad entwickeln.

9.5 Beschäftigungswirkungen durch die Szenarien im Bereich Biomasse

Annahmen

(1) Wesentliche Quelle zur Ermittlung der Beschäftigungswirkungen im Bereich Biomasse (Stromerzeugung) ist die Expertise der Zukunftsagentur Brandenburg [ZAB 2011]. Demnach sind derzeit knapp 630 Personen direkt oder indirekt im Bereich Biomasse zur Stromerzeugung in Brandenburg beschäftigt.

Abbildung 27: Quellen und Kennziffern für die Abschätzung der Beschäftigungseffekte in den ATK Szenarien

Schritt in der Wertschöpfungskette	Biomasse		
	Quelle	Kennziffern	
		Beschäftigte pro MW	Produktivität bis 2030
Beschäftigte aus der Produktion der Anlagen	Angabe ZAB 2011	Annahme eines gleichbleibenden Beschäftigungssockels auf dem heutigen Niveau	
Beschäftigte aus Errichtung und Installation der Anlagen	Expertise Prognos	Kein Zubau nach ATK	
Laufende Beschäftigte für Betrieb und Wartung		0,50	0%

Quelle: Berechnungen der Prognos AG auf Basis der oben genannten Quellen.

(2) Nach Einschätzung von Experten der Prognos AG ist bei den Beschäftigten für den Betrieb und die Wartung der knapp 330 Biomasseanlagen von einer **Kennziffer** von 0,50 Beschäftigten je MW auszugehen, da diese aufwändiger ist als bei den anderen beiden Energieträgern. Eine Betrachtung des Wertschöpfungsschrittes Errichtung und Installation ist nicht nötig, da in den beiden A.T. Kearney Szenarien von keinem Zubau ausgegangen wird.

(3) In der **Prognose** wird bei der Beschäftigungskennziffer für Betrieb und Wartung kein Produktivitätszuwachs antizipiert, da neue Anlagen mit höherer Nennleistung komplexer zu warten sein werden. Das Thema Repowering von Biomasseanlagen wird nicht betrachtet, da es hierzu bisher keine verlässlichen Daten gibt.

(4) Wie bei Photovoltaik und Windenergie wird in dem Wertschöpfungsschritt Produktion der Anlagen eine konstante **Sockelbeschäftigung** auf dem Niveau von heute angenommen. Die Beschäftigtenzahl ergibt sich aus der Differenz von den gesamten in der Biomasse Beschäftigten [ZAB 2011] und den Ergebnissen aus den anderen beiden Wertschöpfungsschritten.

Beschäftigungswirkungen der Biomasse in Szenario 1 und 2

(5) Da bei beiden Szenarien nicht von einem Zubau im Bereich Biomasse ausgegangen wird, entstehen jeweils die gleichen Beschäftigungswirkungen. Die **Projektion** beginnt im Jahr 2010. Ins-

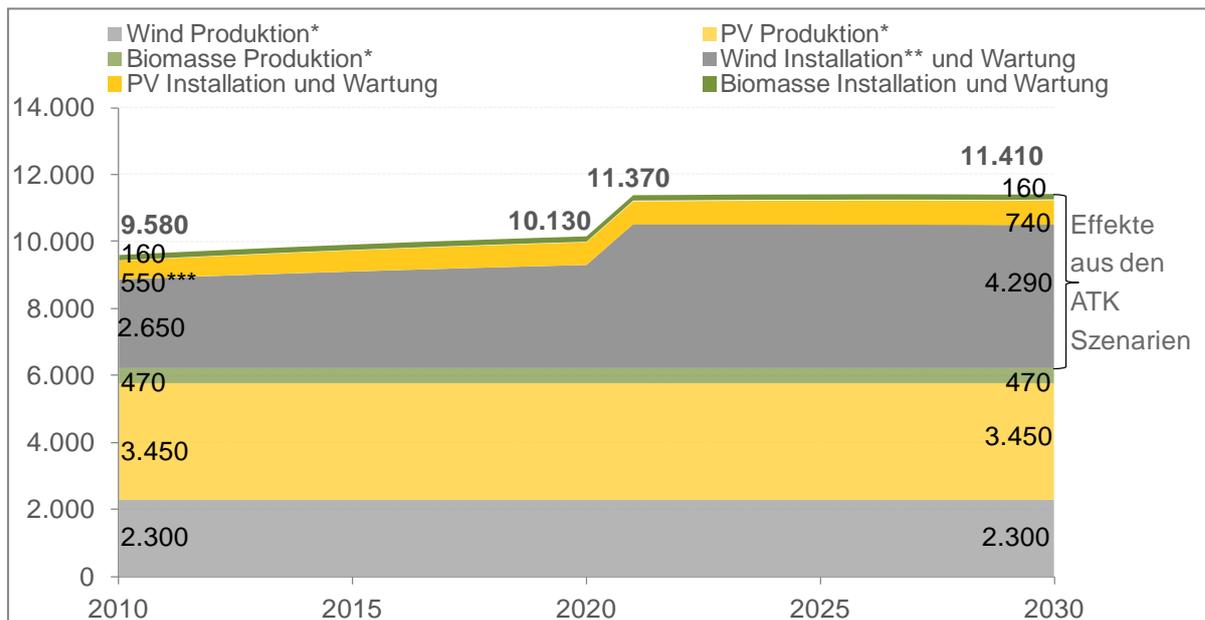
gesamt arbeiten in Brandenburg zu dem Zeitpunkt 630 Beschäftigte direkt oder indirekt im Bereich Biomasse (Stromerzeugung). Etwa 160 Personen sind mit der Wartung und dem Betrieb und etwa 470 mit der Produktion von Anlagen bzw. Anlagenteilen beschäftigt. Da in den A.T. Kearney Szenarien 1 und 2 von keinem weiteren Ausbau ausgegangen wird und bei der Wartung und dem Betrieb von keinem nennenswerten Produktivitätszuwachs auszugehen ist, bleibt die Beschäftigung im gesamten Projektionszeitraum auf dem heutigen Niveau.

9.6 Zusammenfassende Betrachtung der Beschäftigungswirkungen für Erneuerbare Energien

(1) Fasst man die Ergebnisse zu den beiden Szenarien zusammen, so wird der Gesamteffekt deutlich.

(2) Im **Szenario 1** liegt die Beschäftigung in der Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien im Land Brandenburg zum Ausgangspunkt bei 9.580. Bis zum Jahr 2020 dürften rund 10.130 Beschäftigte erreicht werden, bis 2030 11.410. Somit liegt der Beschäftigtenaufbau bei rd. 1.830 – immer vorausgesetzt, dass in der Produktion keine negativen oder positiven Beschäftigungswirkungen zu Tage treten. Eine differenzierte Betrachtung der Veränderungen der Beschäftigung in der Produktion von Anlagen im Land Brandenburg ist hier – wie oben ausgeführt - nicht möglich. Abbildung 28 zeigt die gesamte Beschäftigungswirkung in Szenario 1.

Abbildung 28: Beschäftigungswirkung Erneuerbare Energien in Brandenburg nach Energieträgern - Szenario 1



Quelle der Daten: Berechnungen Prognos AG 2011, [GWS / ZSW2011], [Roland Berger/ Prognos 2010, [Prognos AG 2008], [ZAB 2011].

* Annahme, dass Zahl der Beschäftigten für die Produktion konstant bleibt (heutiges Niveau).

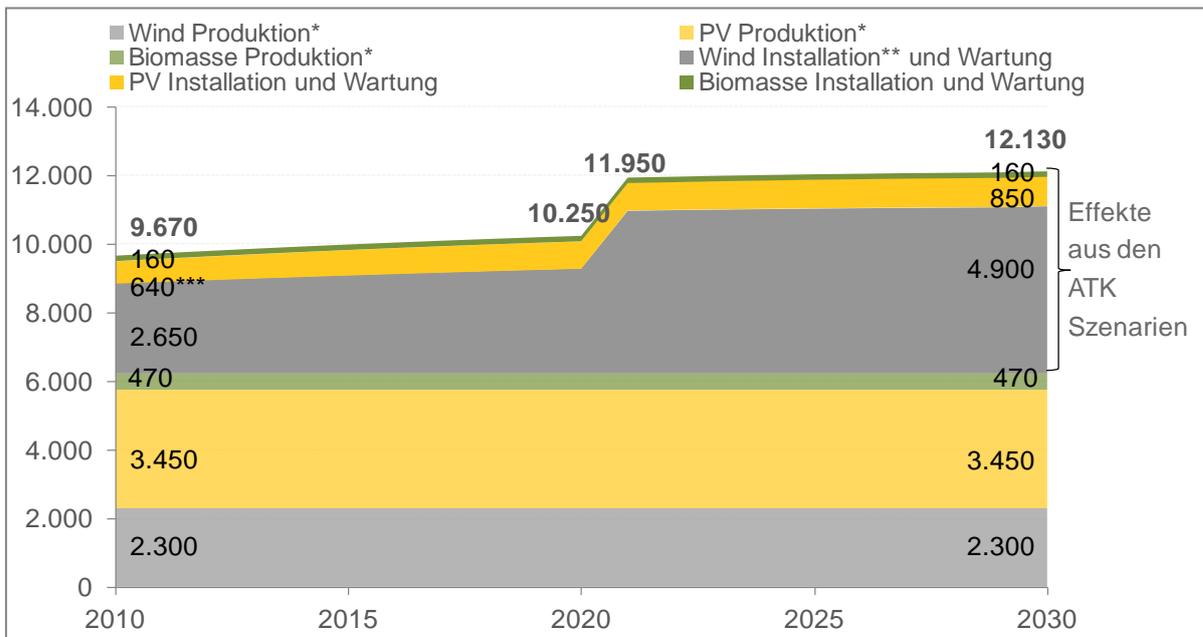
** Im Bereich Windenergie werden bei der Installation und Errichtung ab 2021 Beschäftigungswirkungen durch Repowering mit betrachtet.

*** Ausgangswerte in Szenario 1 und 2 unterscheiden sich, da sich die ATK-Szenarien bei PV ab 2007 unterschiedlich in ihrem Ausbaupfad entwickeln.

(3) In **Szenario 2** liegt die Beschäftigung zum Ausgangspunkt bei 9.670. Da in den A.T. Kearney Szenarien 1 und 2 im Bereich PV schon ab 2007 von einem unterschiedlichen Ausbaupfad (128 versus 149 MW) ausgegangen wird, liegt die Ausgangszahl leicht über der in Szenario 1.

Bis 2020 steigt die Beschäftigung in Szenario 2 auf 10.250. Unter der Annahme der gleich bleibenden Beschäftigung in der Produktion erwarten wir bis zum Jahr 2030 einen Anstieg der Beschäftigtenzahl auf 12.130. Bedingt durch die etwas höheren Installationszahlen, die in einem entsprechend größeren Wartungsbedarf resultieren, könnten somit in Szenario 2 2.460 Personen mehr beschäftigt sein als im Ausgangsjahr 2010.

Abbildung 29: Beschäftigungswirkung Erneuerbare Energien in Brandenburg nach Energieträgern - Szenario 2



Quelle der Daten: Berechnungen Prognos AG 2011, [GWS / ZSW2011], [Roland Berger/ Prognos 2010, [Prognos AG 2008], [ZAB 2011].

* Annahme, dass Zahl der Beschäftigten für die Produktion konstant bleibt (heutiges Niveau).

** Im Bereich Windenergie werden bei der Installation und Errichtung ab 2021 Beschäftigungswirkungen durch Repowering mit betrachtet.

*** Ausgangswerte in Szenario 1 und 2 unterscheiden sich, da sich die ATK-Szenarien bei PV ab 2007 unterschiedlich in ihrem Ausbaupfad entwickeln.

10 Abschätzung der fiskalischen Auswirkungen durch Braunkohle in den Szenarien

10.1 Vorgehen und Annahmen

(1) Ziel dieses Abschnitts ist es, im Rahmen eines vereinfachten Schätzverfahrens die Auswirkungen der Braunkohleszenarien (1/2 a, 1/2 b, 1/2 c) auf regional wirksame Steuereinnahmen im Land Brandenburg und den Gemeinden darzustellen. Dabei werden auf Basis der in Kapitel 8 dargestellten direkten und indirekten Beschäftigungseffekte Kennziffern zu den Steuereinnahmen je Arbeitsplatz entwickelt. Grundsätzlich wird dabei zwischen einkommens- und gewinnabhängigen Steuereffekten unterschieden. Einkommensabhängige Steuereffekte entstehen im Wesentlichen durch die Lohn- und Einkommensteuer und gewinnabhängige durch die Körperschafts- und Gewerbesteuer.

Tabelle 14: Methodischer Überblick zur Berechnung der Steuereinnahmen für das Land Brandenburg durch die wirtschaftliche Tätigkeit der Braunkohlenindustrie

	Direkte Effekte	Indirekte Effekte
Einkommensabhängige Steuereffekte	Spezifische Branchen Kennziffer je Arbeitsplatz	Branchenübergreifende Kennziffern je Arbeitsplatz
Gewinnabhängige Steuereffekte	Keine Angabe möglich	Branchenübergreifende Kennziffern je Arbeitsplatz

Quelle: Eigene Darstellung Prognos AG.

(2) Bei den **einkommensabhängigen Steuereffekten** aus **direkter** Beschäftigung kann auf spezifische Kennziffern der Braunkohlenindustrie zurückgegriffen werden, die auf die Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ zurückgehen. Aussagen zu gewinnabhängigen Steuereffekten und damit zu den Gewerbe- und Körperschaftssteuerzahlungen einzelner großer Energieversorger können aufgrund fehlender Datenverfügbarkeit zum Ausgangsjahr nicht dargestellt werden.

(3) Bei den **indirekten Effekten** kann mit Hilfe amtlicher Statistiken ein allgemeiner Überblick über die verschiedenen einkommens- und gewinnabhängigen Steuerarten gegeben werden, die auf Landes- und kommunaler Ebene zu fiskalischen Effekten füh-

ren. Über die Berechnung der Steuereinnahmen pro Arbeitsplatz innerhalb der einzelnen Steuerarten wird die Basis zur Berechnung der Steuereinnahmen durch indirekte Effekte der Braunkohle für das Land Brandenburg gelegt.

Fasst man die Steuereinnahmen zusammen und projiziert diese bis 2030, so liegt im Ergebnis eine plausible Abschätzung zu den regional wirksamen Steuereinnahmen durch die wirtschaftliche Tätigkeit und regionalökonomischen Wirkung der Braunkohleindustrie vor. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Berechnungen dargestellt.

10.2 Fiskalische Effekte aus direkter Beschäftigung

Annahmen

(1) Zur Berechnung der Steuereinnahmen aus direkten Effekten kann beim Lohnsteueraufkommen auf Ergebnisse der Analyse „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ [Prognos 2011] zurückgegriffen werden. Demnach liegt der durchschnittliche Bruttolohn in der ostdeutschen Braunkohlenindustrie im Jahr 2010 bei etwa 47.500 €. Legt man dazu den durchschnittlichen bundesweiten Anteil der Lohnsteuer am Bruttoeinkommen von 16,9% zugrunde, ergeben sich unter der Annahme, dass der Arbeitsort Brandenburg auch der Wohnort der Beschäftigten ist, Lohnsteuerzahlungen von 8.026 € pro Beschäftigten.¹⁶ Nach Zerlegung der Steuereinnahmen entfallen davon 42,5% auf die Landesebene (3.411 €) und 15% auf die Gemeindeebene (1.204 €).¹⁷ Für die Prognose werden eine gleichbleibende Verteilung auf die Gebietskörperschaften sowie konstante Steuereinnahmen pro Arbeitsplatz (8.026 €) auf Basis der Preise im Jahr 2010 angenommen.

Ergebnisse

(2) Die Ergebnisse in Tabelle 15 zeigen, dass sich die fiskalischen Effekte in den Szenarien wesentlich erst zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2030 unterscheiden. Von 2010 bis 2025 ist über alle Szenarien hinweg ein moderater Rückgang von etwa 28 Mio. € auf etwa 24 Mio. € zu verzeichnen. Aufgrund des starken Beschäftigungsrückgangs in Szenario ATK 1/2 a werden bis 2030 einkommensabhängige Steuereinnahmen hier am deut-

¹⁶ Vgl. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder 2010, veröffentlicht 2011.

¹⁷ Laut § 1 des Gemeindefinanzreformgesetzes erhalten die Gemeinden 15 Prozent des Aufkommens aus der Einkommensteuer. Die übrigen 85 Prozent teilen sich dann hälftig auf den Bund und die Länder nach Art. 107 Abs. 1 des Grundgesetzes. Die Steuerertragshoheit liegt dabei jeweils bei der Gemeinde und dem Land, in dem der Steuerpflichtige seinen Wohnsitz hat.

lichsten zurückgehen (7,9 Mio. €). In den Szenarien ATK 1/2 b und c sind im Jahr 2030 Einnahmen von 15,7 bis 17,4 Mio. € zu erwarten. Die Einnahmen verteilen sich über den gesamten Zeitraum zu 26 % auf die Gemeinden und 74 % auf die Landesebene.

Tabelle 15: Einkommensabhängige Steuereffekte aus direkter Beschäftigung in der Braunkohlenindustrie des Landes Brandenburg

Jahr	Gebietskörperschaft	ATK 1/2 a	ATK 1/2 b	ATK 1/2 c
2010	Land	20,8 Mio. €	20,8 Mio. €	20,8 Mio. €
	Gemeinden	7,3 Mio. €	7,3 Mio. €	7,3 Mio. €
	Gesamt	28,1 Mio. €	28,1 Mio. €	28,1 Mio. €
2015	Land	19,7 Mio. €	19,7 Mio. €	19,7 Mio. €
	Gemeinden	6,9 Mio. €	6,9 Mio. €	6,9 Mio. €
	Gesamt	26,6 Mio. €	26,6 Mio. €	26,6 Mio. €
2020	Land	18,7 Mio. €	18,2 Mio. €	18,3 Mio. €
	Gemeinden	6,6 Mio. €	6,4 Mio. €	6,4 Mio. €
	Gesamt	25,2 Mio. €	24,6 Mio. €	24,7 Mio. €
2025	Land	18,2 Mio. €	17,7 Mio. €	17,8 Mio. €
	Gemeinden	6,4 Mio. €	6,2 Mio. €	6,3 Mio. €
	Gesamt	24,6 Mio. €	23,9 Mio. €	24,1 Mio. €
2030	Land	5,8 Mio. €	11,6 Mio. €	12,9 Mio. €
	Gemeinden	2,1 Mio. €	4,1 Mio. €	4,5 Mio. €
	Gesamt	7,9 Mio. €	15,7 Mio. €	17,4 Mio. €

Quelle: Berechnungen der Prognos AG, [Prognos 2011], [VGR 2011], Artikel 106 Absatz 3 GG i.V.m. § 1 Gemeindefinanzreformgesetz, Berechnungen Prognos AG 2011.

10.3 Fiskalische Effekte aus indirekter Beschäftigung

Annahmen

(1) Für die Abschätzung der regionalen Wirkungen der indirekten Effekte wird auf abgeleitete **statistische Referenzwerte** aus den Jahren 2008-2010 zurückgegriffen (vgl. Tabelle 16). Die Abschätzung basiert auf den durchschnittlichen Einnahmen nach Umverteilung vor Länderfinanzausgleich pro Erwerbstätigen über alle Branchen hinweg. Zur Bestimmung der spezifischen arbeitsplatzabhängigen Steuereinnahmen müssen die für einzelne Steuerarten relevanten Arbeitsplatzzahlen bestimmt werden. Bei den einkommensabhängigen Steuern sind grundsätzlich alle Erwerbstätige (1.059 Tsd.) inkl. der Selbständigen und Beamten zu berücksichtigen.¹⁸ Die Ausnahmen sind die Gewerbe- und die Körperschaftsteuer, die nur von Privatunternehmen gezahlt werden und die folglich nur für die privatwirtschaftlichen Arbeitsplätze relevant sind. Zur Ermittlung der Erwerbstätigen des privaten Sektors in den beiden Ausnahmefällen wird von der Gesamtzahl der Erwerbstätigen die Zahl der Beschäftigten im öffentlichen Sektor (Gebietskörperschaften, Sozialversicherung, Organisationen ohne Erwerbszweck) von knapp 94 Tsd. abgezogen. Es ergeben sich 965 Tsd. Erwerbstätige im privaten Sektor. Durch Quotientenbildung ergeben sich in der letzten Spalte die Steuereinnahmen Brandenburgs pro (privatwirtschaftlichen) Arbeitsplatz.

(2) Die durchschnittlichen Quotienten nach Steuerarten über alle Branchen stellen geeignete Größen dar, um die fiskalischen Effekte aus **indirekten Effekten** approximativ zu bestimmen. Die Verflechtung der Vorleistungsbezüge der Braunkohlenindustrie reicht in alle Branchen hinein. Die regional wirksamen Steuereinnahmen in Brandenburg je Arbeitsplatz betragen nach diesen Rechnungen abgeleitet aus der amtlichen Statistik 2.507 Euro pro Jahr. Für die Prognose werden eine gleichbleibende Verteilung auf die Gebietskörperschaften sowie konstante Steuereinnahmen pro Arbeitsplatz auf Basis der Preise im Jahr 2010 angenommen.

¹⁸ Vgl. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder 2011.

Tabelle 16: Steueraufkommen und Steuereinnahmen in Brandenburg (2008-2010) als Basis für die indirekten fiskalischen Effekte

Steuergruppe	Steuerarten	Steueraufkommen vor Zerlegung (Ø 2008-2010) in Mio. €	Steuereinnahmen nach Zerlegung (Ø 2008-2010) in Mio. €	Arbeitsplätze (Ø 2008-2010) in Tsd. Erwerbstätige	Jährl. Steuereinnahmen je Arbeitsplatz in €
Gemeinschaftssteuern (Land)		Land			
Einkommensabhängig	Lohnsteuer	1.620,9	1.291,7	1.059	1.220
	Veranlagte Einkommenssteuer*	130,6			
Gewinnabhängig	Nicht veranlagte Steuern vom Ertrag	114,7	196,0	965	203
	Körperschaftsteuer	151,1			
	Gewerbsteuerumlage (Land)		38,9	965	40
	Erhöhte Gewerbesteuerumlage (Land)		0	965	0
Gemeindesteuern		Gemeinde			
Einkommensabh.	Anteil an Lohnsteuer, veranl. Einkommenssteuer		477,2	1.059	451
Gewinnabhängig	Gewerbsteuerumlage	--	-65,6	965	-68
	Gewerbsteuer (brutto)	655,3	655,3	965	679
				Summe	2.507

Quelle der Daten: Berechnung Prognos AG, [Statistisches Bundesamt 2011].
 * Veranlagte Einkommenssteuer wird definitorisch auch zu den gewinnabhängigen Steuern gezählt, wird aber in der Statistik nicht getrennt von den Lohnsteuereinnahmen nach Zerlegung auf Landesebene ausgewiesen (vgl. BMF).

Ergebnisse

(3) Im **Ergebnis** zeigt sich, dass die indirekten fiskalischen Effekte in Szenario ATK 1/2 c über den gesamten Zeitraum am höchsten sind. Im Jahr 2025 sind in diesem Szenario sogar Steuereinnahmen von 14,6 Mio. € zu erwarten. Ab 2020 ist vor allem in Szenario ATK 1/2 a zunehmend mit niedrigeren Effekten im Vergleich zu den beiden anderen Szenarien zu rechnen. 2030 gehen die Effekte in allen Szenarien spürbar zurück. Die Einnahmen verteilen sich über den gesamten Zeitraum zu knapp 46 % auf die Gemeinden und zu 54 % auf die Landesebene.

Tabelle 17: Indirekte einkommens- und gewinnabhängige Steuer-
effekte der Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg
im Überblick

Jahr	Gebietskörper- schaft	ATK 1/2 a	ATK 1/2 b	ATK 1/2 c
2010	Land	6,1 Mio. €	6,1 Mio. €	6,1 Mio. €
	Gemeinden	5,2 Mio. €	5,2 Mio. €	5,2 Mio. €
	Gesamt	11,3 Mio. €	11,3 Mio. €	11,3 Mio. €
2015	Land	5,3 Mio. €	5,3 Mio. €	5,9 Mio. €
	Gemeinden	4,5 Mio. €	4,5 Mio. €	5,1 Mio. €
	Gesamt	9,9 Mio. €	9,9 Mio. €	11,0 Mio. €
2020	Land	4,9 Mio. €	6,3 Mio. €	6,3 Mio. €
	Gemeinden	4,1 Mio. €	5,3 Mio. €	5,3 Mio. €
	Gesamt	9,0 Mio. €	11,5 Mio. €	11,6 Mio. €
2025	Land	4,6 Mio. €	6,9 Mio. €	7,9 Mio. €
	Gemeinden	3,9 Mio. €	5,8 Mio. €	6,7 Mio. €
	Gesamt	8,4 Mio. €	12,7 Mio. €	14,6 Mio. €
2030	Land	1,4 Mio. €	2,9 Mio. €	3,3 Mio. €
	Gemeinden	1,2 Mio. €	2,4 Mio. €	2,8 Mio. €
	Gesamt	2,6 Mio. €	5,3 Mio. €	6,1 Mio. €

Quelle: Berechnung Prognos AG, [Statistisches Bundesamt 2011],.

10.4 Zusammenfassung der Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen im Land Brandenburg

(1) In Tabelle 18 sind die einkommensabhängigen direkten sowie einkommens- und gewinnabhängigen indirekten fiskalischen Effekte **zusammenfassend** dargestellt. Wesentliche Unterschiede innerhalb der Szenarien sind erst ab dem Jahr 2020 festzustellen. Besonders in Szenario ATK 1/2 a gehen die Steuereinnahmen dann zurück. Insgesamt sind die fiskalischen Effekte in Szenario ATK 1/2 c über den gesamten Zeitraum am höchsten, liegen im Zieljahr 2030 jedoch mit 2,5 Mio. € nur leicht über den fiskalischen Wirkungen im Szenario ATK 1/2 b. Bis zum Jahr 2030 gehen die Effekte in allen Szenarien spürbar zurück. Besonders stark ist dieser Trend im Szenario ATK 1/2 a ausgeprägt. Hier sind die fiskali-

schen Effekte 2030 nur noch etwa halb so hoch wie in den Szenarien ATK 1/2 b und ATK 1/2 c.

(2) Unter Berücksichtigung der Annahmen und der zur Verfügung stehenden Daten entfallen über alle Szenarien rund 68 % der Steuereinnahmen auf das **Land** Brandenburg und 32 % auf die **Gemeinden**.

Tabelle 18: Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen durch Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg

Jahr	Gebietskörperschaft	ATK 1/2 a	ATK 1/2 b	ATK 1/2 c
2010	Land	26,9 Mio. €	26,9 Mio. €	26,9 Mio. €
	Gemeinden	12,5 Mio. €	12,5 Mio. €	12,5 Mio. €
	Gesamt	39,4 Mio. €	39,4 Mio. €	39,4 Mio. €
2020	Land	23,5 Mio. €	24,4 Mio. €	24,4 Mio. €
	Gemeinden	10,7 Mio. €	11,7 Mio. €	11,7 Mio. €
	Gesamt	34,3 Mio. €	36,1 Mio. €	36,1 Mio. €
2030	Land	7,2 Mio. €	14,5 Mio. €	16,1 Mio. €
	Gemeinden	3,3 Mio. €	6,5 Mio. €	7,4 Mio. €
	Gesamt	10,5 Mio. €	21,0 Mio. €	23,5 Mio. €

Berechnung Prognos AG, [Statistisches Bundesamt 2011], [VGR 2011], [Prognos 2011].

11 Bedeutung der Szenarien für die Fachkräftesituation im Land Brandenburg

Aufbauend auf den Berechnungen der Beschäftigungseffekte in der Braunkohlenindustrie sowie den Erneuerbaren Energien aus den vorausgegangenen Kapiteln wird im Folgenden eine **qualitative Einschätzung** der **Fachkräftesituation** in den A.T. Kearney-Szenarien vorgenommen. Ziel ist eine qualitative Beschreibung der Auswirkungen der verschiedenen A.T. Kearney-Energieszenarien auf die Fachkräftesituation in der Braunkohlenindustrie und im Bereich der Erneuerbaren Energien im Land Brandenburg vorzunehmen. Eine wichtige Grundlage für die Situationseinschätzungen bieten die Ergebnisse der „Gemeinsamen Fachkräftestudie Berlin-Brandenburg“ [Prognos 2010] sowie die Ergebnisse der LASA-Studie „Energiewirtschaft in Brandenburg“ [LASA 2010]. Darüber hinaus gilt es bei der vorzunehmenden Einschätzung die allgemeine soziodemographische Entwicklung zu berücksichtigen.

11.1 Darstellung der Fachkräftesituation im Bereich der Umwelt- und Energietechnik in Berlin-Brandenburg

(1) Eine detaillierte Analyse der Fachkräftesituation liegt mit der **„Gemeinsamen Fachkräftestudie Berlin-Brandenburg“** [Prognos 2010] vor, die die Prognos AG im Auftrag der LASA Brandenburg erstellt hat. Diese Studie bietet u.a. eine ausführliche Übersicht über die Fachkräftesituation in der Schwerpunktbranche „Umwelt- und Energietechnik“ Berlin-Brandenburg. Aufgrund der für die Studie verwendeten Datengrundlage des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg (Stand: Dezember 2010) ist jedoch eine Differenzierung zwischen den Ländern Berlin und Brandenburg nicht möglich. Daher kann auf dieser Grundlage keine Saldierung von Arbeitskräfteangebot und Arbeitsplatzentwicklung nach den Merkmalen der Arbeitslandschaft erfolgen. Unter Berücksichtigung dieses Aspekts werden die Studienergebnisse zur Schwerpunktbranche Umwelt- und Energietechnik in dem vorliegenden Bericht berücksichtigt.

(2) In der **„Umwelt- und Energietechnik“** Berlin-Brandenburg arbeiteten 2008 mehr als 48.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in knapp 1.400 Unternehmen [vgl. Prognos 2010, S.101]. Neben Berlin bestehen fünf Hauptstandorte in Brandenburg: Pritzwalk, Schwedt, Brandenburg/Havel, Frankfurt/Oder sowie die Region Lausitz.

(3) Die **Energiebranche in Brandenburg** profitiert davon, dass im Vergleich zu anderen Branchen in Brandenburg nicht nur kleine und Kleinstunternehmen, sondern auch strukturbestimmende mittelständische Unternehmen und Großunternehmen existieren, die wesentlich zum Wirtschaftsprofil der Region beitragen. In den großen Unternehmen, wie z.B. Vattenfall, E.ON Edis und Vestas, wird das Thema Fachkräftesicherung als ein wichtiges Thema betrachtet, jedoch spielt die Sicherung des Fachkräftebedarfs gegenwärtig und perspektivisch bis 2015 nur eine untergeordnete Rolle [vgl. Prognos 2010, S.107]. Insbesondere verfügen Großunternehmen über langfristige Planungs- und Prognoseinstrumente zur Analyse des Fachkräftebedarfs und können damit ihre Personalplanung langfristig aufbauen. Aber auch kleinere Unternehmen, die z.B. ingenieurwissenschaftliche Dienstleistungen speziell im Umweltbereich anbieten, schätzen die Lage aufgrund des vergleichsweise guten Angebots an Hochschulabgänger/-innen als entspannt ein. Bis zum Jahr 2015 wird ein Überhang an Fachkräften in den Bereichen Feinwerk-, Metall- und Elektrotechnik prognostiziert.

(4) Bei der Fachkräftegewinnung stehen jedoch viele Unternehmen der Energiebranche bereits jetzt in einem **branchenübergreifenden Wettbewerb** um die hochqualifizierten **MINT-Fachkräfte** (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) hier insbesondere um Ingenieure/-innen aus dem Maschinenbau). Dieser Wettbewerb wird sich zukünftig weiter verstärken und auch auf qualifizierte Facharbeiter erweitern. Dabei sieht sich die Energie- und Umwelttechnik gegenüber Industriebranchen wie der Automobilindustrie oder dem Maschinenbau aufgrund der dort bestehenden z.T. attraktiveren Tarifstrukturen bzw. höheren Lohnniveaus im Nachteil.

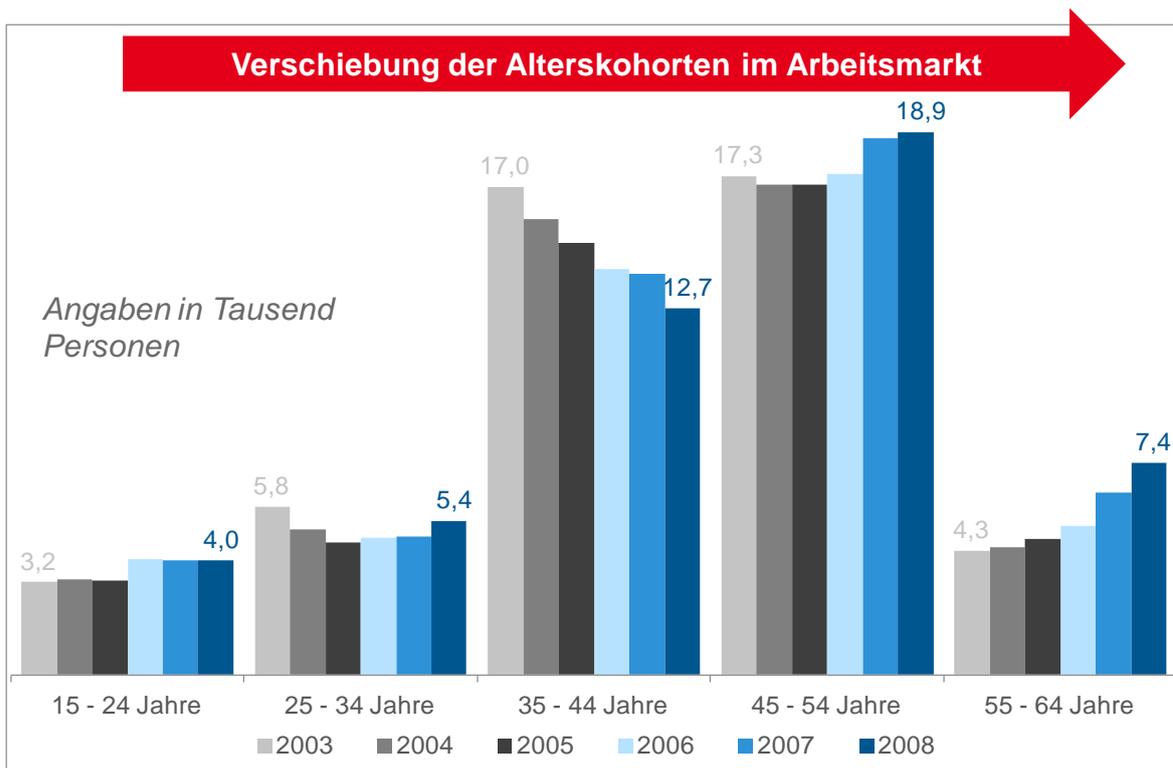
(5) Eine detaillierte branchenspezifische Betrachtung bietet darüber hinaus die **LASA-Studie „Energiewirtschaft in Brandenburg“** (2010). Vor dem Hintergrund der Ergebnisse einer Unternehmensbefragung brandenburgischer Betriebe der Energiewirtschaft wird eine Einschätzung der Fachkräftesituation vorgenommen und Szenarien zum zukünftigen Arbeitskräftebedarf entwickelt. Wesentliche Ergebnisse dieser Studie werden ebenfalls berücksichtigt.

(6) Die Branche Umwelt- und Energietechnik ist durch ein **hohes Qualifikationsniveau** gekennzeichnet. Nach Schätzungen der LASA zu den Akademiker- und Facharbeiteranteilen an der Beschäftigung weisen 79 % eine abgeschlossene Berufsausbildung auf. Weitere gut 14 % der Beschäftigten verfügen über einen Fach- oder Hochschulabschluss.

(7) Der **Bedarf** an entsprechend **qualifizierten Fachkräften** wird in Anbetracht der Weiterentwicklung von Produktions-, Verarbeitungs- bzw. Energieerzeugungstechnologien und der fortschreitenden Einsatzes moderner Informations- und Kommunikationstechnologien **weiter zunehmen**. Gleichzeitig wird der Anteil an Forschungs- und Entwicklungs- sowie Managementtätigkeiten steigen, während traditionelle Fertigungstätigkeiten an Bedeutung verlieren.

(8) Aufgrund der **Altersstruktur** der Beschäftigten in der Energiebranche wird erst mittelfristig ein Erweiterungs- als auch Ersatzbedarf erwartet. Nach Berechnungen der Prognos AG aus dem Jahre 2009 ist die Altersstruktur wie folgt gekennzeichnet:

Abbildung 30: Altersstruktur der Beschäftigten in der Energiebranche in Brandenburg



Quelle: Berechnung der Prognos AG nach Daten der Bundesagentur für Arbeit (Stichtagsbetrachtung zum 30.06.2009). Abgrenzung des BKF „Umwelt- und Energietechnik“ nach den WZ-Klassen 10.1, 10.2, 11.1-11.2, 23.1-23.3, 37.1-37.2, 40.1-40.3, 41.0 und 90.0 (WZ 2003).

(9) Vor dem Hintergrund der **sozio-demographischen Entwicklung** und der steigenden Qualifikationsanforderungen in der Branche wird es ab dem Jahr 2015 einen deutlich höheren Bedarf an Fachkräften aller Qualifikationsstufen mit Fachrichtungen der

MINT-Berufe geben, als der Region zur Verfügung stehen werden. Darüber hinaus wird es eine besonders hohe Nachfrage im kaufmännischen Bereich geben. Ab etwa dem Jahr 2020 wird sich der Fachkräftebedarf v.a. durch den Eintritt der Alterskohorte der gegenwärtig 45-54 Jährigen in den Ruhestand erheblich erhöhen..

(10) Die sozio-demographische Entwicklung wird die **regionalen Unterschiede** auch in Bezug auf die Fachkräftesituation vergrößern. Während in den Agglomerationsräumen in und um Berlin und in einzelnen größeren Städten in Brandenburg sich die Fachkräftesituation auch in den nächsten Jahren nach gegenwärtigen Einschätzungen noch nicht verschärfen wird, zeichnen sich in eher ländlichen Regionen Brandenburgs wie z.B. der Lausitz bereits jetzt durch die Alterung der Bevölkerung, den negative Bevölkerungssaldo und der seit mehreren Jahren anhaltenden Abwanderung Schwierigkeiten ab, den Bedarf an qualifizierten Fachkräften zu decken [vgl. IHK Cottbus / HWK Cottbus 2011, S. 4].

11.2 Qualitative Beschreibung der Auswirkungen der verschiedenen Energieszenarien auf die Fachkräftesituation im Land Brandenburg

(1) Vor dem Hintergrund der vorausgegangenen Beschreibung der Fachkräftesituation lassen sich die Auswirkungen der verschiedenen A.T. Kearney-Szenarien auf die Fachkräftesituation im Land Brandenburg qualitativ beschreiben und allgemeine Tendenzaussagen bis zum Jahr 2030 ableiten.

(2) Die **Berechnungsergebnisse der direkten Beschäftigungswirkungen** der Braunkohlegewinnung und -verstromung im Land Brandenburg deuten darauf hin, dass es in den drei A.T. Kearney-Szenarien vom Ausgangsjahr 2010 bis zum Jahr 2015 auch unter Berücksichtigung der soziodemographischen Entwicklung zu keinen nennenswerten Unterschieden zu der jetzigen Fachkräftebedarfssituation kommen wird. Die Anzahl der Beschäftigten nimmt zwar in allen drei Szenarien tendenziell leicht ab (von 6.090 auf 5.760 Beschäftigte), jedoch dürfte dies noch keine gravierenden Auswirkungen bzw. Veränderungen im Vergleich zur gegenwärtigen Fachkräftebedarfssituation haben. Der Fachkräftebedarf bleibt auf mittlerem Niveau.

(3) Im Zeitraum der Jahre **2016 bis 2025** entsteht trotz kontinuierlich sinkender Anzahl an Arbeitsplätzen (Rückgang von 430 in Szenario a bis 580 in Szenario b / c) in allen drei ATK-Szenarien

ein hoher Ersatz- bzw. Fachkräftebedarf. Wesentliche Ursache hierfür ist der Eintritt der Alterskohorte der gegenwärtig 45-54 Jährigen in den Ruhestand. Durch die Verrentung entsteht voraussichtlich ein erheblicher Ersatzbedarf bei gleichzeitig noch vergleichsweise hohem Fachkräftebedarf.

(4) Im Zeitraum der Jahre **2025 bis 2030** unterscheiden sich die drei Braunkohlen-Szenarien hinsichtlich ihrer prognostizierten Beschäftigungseffekte z.T. sehr deutlich voneinander. Bei den **Szenarien 1/ 2 a ist ab 2025** aufgrund der konservativen bzw. ambitionierten Reduktion der Braunkohlekraftwerkskapazitäten ohne einen Ersatzbau des Kraftwerks Jänschwalde ein **deutlich sinkender Fachkräftebedarf** zu erwarten. Ausgehend von der berechneten Beschäftigungsanzahl von 5.330 im Jahr 2025 reduziert sich der Bedarf um ca. 68 % auf 1.710 Beschäftigte im Jahr 2030. Auf dem Arbeitsmarkt in Brandenburg würde in der Folge ein großes Angebot an Fachkräften vieler Qualifikationsstufen bestehen und die Nachfrage an Fachkräften vermutlich sehr gering sein. Ferner ist anzunehmen, dass eine beträchtliche Anzahl an qualifizierten Arbeitskräften der Braunkohleenergiebranche keinen geeigneten Arbeitsplatz im Land Brandenburg finden wird und hierdurch vielfältige Anpassungsprozesse erforderlich werden. Denkbar sind berufliche oder branchenbezogene Umorientierungen der auf dem Arbeitsmarkt verfügbaren Fachkräfte bis hin zu berufsbedingten Abwanderungen aus Brandenburg. In welchem Umfang dies eintreten könnte, kann gegenwärtig nicht genau abgeschätzt werden.

(5) Die Szenarien 1/ 2 a (moderate bzw. deutliche Reduktion der Braunkohlekraftwerkskapazitäten) hätten nicht nur erhebliche Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt, sondern auch auf die für das Land Brandenburg strukturbestimmenden Energieunternehmen. Die häufig in anderen europäischen Ländern beheimateten Konzernzentralen könnten ihr wirtschaftliches Engagement in Brandenburg verringern und ihre Kapazitäten in andere Regionen verlagern. Dies hätte für Brandenburg erhebliche negative Konsequenzen in Bezug auf das Wirtschaftsprofil und die Außenwirkung des Landes. Werden weniger Hochschulabsolventen für die regionale Braunkohlenwirtschaft benötigt, könnten diese darüber hinaus auch negative Auswirkungen auf die Lehrstuhlausstattung der BTU Cottbus haben.

(6) In den **Szenarien 1/ 2 b und vor allem 1/ 2 c** ist aufgrund des Neubaus des Kraftwerks Jänschwalde und der Ertüchtigung der bestehenden Kraftwerke mit Effizienzsteigerungen bzw. durch die zusätzlichen Erweiterungen der Kraftwerke durch den Einsatz von CCS-Technologie ab dem Jahr 2025 zwar immer noch ein erheblicher Rückgang der Anzahl an Beschäftigten von 5.180 auf 3.390 (ca. -35 %) bzw. auf 3.730 (ca. -28 %) zu erwarten. Insgesamt

samt lässt sich bei den hier betrachteten Szenarien eine **mittlere Fachkräftenachfrage** für diesen Zeitraum prognostizieren, da in Anbetracht der zu erwartenden sozio-demographischen Entwicklung voraussichtlich weniger Fachkräfte in Brandenburg verfügbar sind, gleichzeitig aber auch in den Szenarien weniger Fachkräfte benötigt werden. Hierbei ist zu erwarten, dass zu den gesuchten Fachkräften voraussichtlich gut qualifizierte Facharbeiter und Hochschulabsolventen aus den MINT-Studiengängen und insbesondere der Kraftwerkstechnologien bzw. zusätzlich dem Fachbereich Chemie (für den Bereich der CCS-Infrastruktur) gehören. Insgesamt betrachtet kann auf der Grundlage der Berechnungen prognostiziert werden, dass im Szenario 1/ 2 c aufgrund der baulichen Maßnahmen sowohl im Kraftwerksbereich als auch im Bereich der CCS-Infrastruktur die höchste Beschäftigungsanzahl bestehen wird. Die BTU-Cottbus wird in diesen Szenarien auch zukünftig eine wichtige Rolle in der Deckung des Bedarfs an gut ausgebildeten Hochschulabsolventen im Bereich der Kraftwerkstechnologien respektive CCS-Technologien einnehmen.

(7) Die getroffenen Tendenzaussagen lassen sich in folgender **Tabelle** zusammenfassen:

Tabelle 19: Fachkräftebedarfsprognose in Bezug auf den Braunkohlensektor

	Szenario 1/2 a	Szenario 1/2 b	Szenario 1/2 c
Zeitraum	Reduktion der Kraftwerkskapazitäten	Effizienzsteigerung	Effizienzsteigerung und CCS-Technologie
2010-2015	mittlerer Fachkräftebedarf: Kein nennenswerter Unterschied in Bezug auf den aktuellen Fachkräftebedarf zu erwarten. Der Fachkräftebedarf bleibt auf einem mittleren Niveau.		
2016-2025	hoher Fachkräftebedarf: Trotz kontinuierlich und vergleichbar sinkender Anzahl an Arbeitsplätzen in den ATK-Szenarien bis 2025, entsteht durch den Eintritt der Alterskohorte der heute 45-54 Jährigen in den Ruhestand ein hoher Ersatz-, Fachkräftebedarf.		
2026-2030	deutlich sinkender Fachkräftebedarf: Reduktion der Kraftwerkskapazitäten reduziert den Fachkräftebedarf.	mittlerer Fachkräftebedarf: Trockenbraunkohlen und CCS-Technologie begrenzen den Rückgang der Anzahl an Beschäftigten.	

Quelle: Prognos AG.

Qualitative Einschätzung der Fachkräfteentwicklung im Hinblick auf die Erneuerbaren Energien

(8) Nach Angaben der ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH entwickelt sich die Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien zunehmend zu einem wirtschaftlich bedeutenden Faktor.¹⁹ Wichtigste Energieträger sind dabei Photovoltaik und v.a. Windenergie. Dagegen hat der Bereich Biomasse gegenwärtig und voraussichtlich auch zukünftig einen sehr geringen Anteil an der Stromerzeugung im Land Brandenburg und ist damit in der weiteren Betrachtung vernachlässigbar.

(9) Die Ergebnisse der Berechnungen zu den Beschäftigungswirkungen der Szenarien 1 und 2 im Bereich der Windenergie und der Photovoltaik ergeben für den Zeitraum der Jahre 2010 bis 2019 einen geringfügigen Zuwachs bei der Anzahl der Beschäftigten. Der Fachkräftebedarf bleibt voraussichtlich auf einem mittleren Niveau. Das Repowering in Szenario 1 bzw. der weitere Zubau in den Bereichen Windenergie und Photovoltaik im Szenario 2 führt ab dem Jahr 2020 zu einer **erheblichen Steigerung der Beschäftigtenanzahl** und zu einem hohen Fachkräftebedarf.

(10) Während die Anzahl der Beschäftigten im Bereich der Photovoltaik in beiden Szenarien über den gesamten Zeitraum vom Jahr 2010 bis zum Jahr 2030 betrachtet mit ca. 35 % (von 550 auf 740 Beschäftigte) bzw. ca. 33 % (von 640 auf 850 Beschäftigte) deutlich wächst, ist in der Windenergie mit einer erheblichen Steigerung der Anzahl der Beschäftigten von 62 % (von 2.650 auf 4.290 Beschäftigten) im Szenario 1 bzw. ca. 85 % (von 2.650 auf 4.900 Beschäftigten) im Szenario 2 zu rechnen. Die Fachkräftenachfrage wird sich auf den Bereich der Installation und Errichtung, dem Repowering und größtenteils im Bereich Betrieb und Wartung der Anlagen konzentrieren.

(11) Die getroffenen Tendenzaussagen lassen sich in folgender Tabelle zusammenfassen:

¹⁹ Siehe <http://www.zab-brandenburg.de/de/3618.aspx> (Zugriff am 18.01.2012).

Tabelle 20: Fachkräftebedarf in Bezug auf den Sektor Erneuerbare Energien

	ATK Szenarien 1	ATK Szenarien 2
Zeitraum	Moderater Ausbau Wind und Photovoltaik	Höherer Ausbau Wind und Photovoltaik
2010-2019	mittlerer Fachkräftebedarf: Moderater Zuwachs bei der Anzahl der Beschäftigten bis Ende 2019. Der Fachkräftebedarf bleibt voraussichtlich auf einem mittleren Niveau.	
2020-2024	hoher Fachkräftebedarf: Durch den Zubau in den Bereichen Windenergie und Photovoltaik	höherer Fachkräftebedarf: Durch den höheren Zubau in den Bereichen Windenergie und Photovoltaik
2025-2030	hoher Fachkräftebedarf: in den Bereichen Windenergie und Photovoltaik auf einem gleichbleibend hohen Niveau	höherer Fachkräftebedarf: in den Bereichen Windenergie und Photovoltaik auf einem gleichbleibend höheren Niveau

Quelle: Prognos AG.

(12) Da eine **Altersstrukturanalyse** für den Bereich der **Erneuerbaren Energien** im Land Brandenburg nicht existiert, kann nicht prognostiziert werden, ob und inwieweit es durch das altersbedingte Ausscheiden von Beschäftigten ähnlich wie für den Bereich der Braunkohlenenergie ab 2020 zu einem erheblichen Ersatzbedarf an Fachkräften führen wird. Wird von der Annahme ausgegangen, dass die Altersstruktur der Beschäftigten in den Erneuerbaren Energien aufgrund des deutlich geringeren Alters der Branche erheblich jünger ist, wird der oben genannte sozio-demographische Effekt vermutlich zu einem deutlich geringeren Ersatzbedarf führen. Der hohe Fachkräftebedarf ließe sich dann vor allem durch den Erweiterungsbedarf erklären lassen.

Ferner wird bei der Betrachtung des Fachkräftebedarfs in den Erneuerbaren Energien eine konstante Anzahl an Beschäftigten in der Produktion angenommen. Aufgrund der unsicheren Entwicklung in der Produktion können je nach Umfang einer möglicherweise eintretenden Produktionsverlagerung aus Brandenburg bzw. Produktionsspezialisierung in Brandenburg erhebliche Veränderungen hinsichtlich des zukünftigen Fachkräftebedarfs auftreten. Tendenzaussagen lassen sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt hierzu nicht ableiten.

(13) Im Vergleich zu den Segmenten der noch recht jungen Erneuerbaren Energien ist das Braunkohlesegment in Brandenburg durch eine lange Historie und nicht zuletzt durch die Existenz von Großunternehmen bereits sehr ausdifferenzierte Arbeits- und Beschäftigungsstrukturen gekennzeichnet. Nach Angaben des Bun-

desverbands Braunkohle gibt es bei der Braunkohlegewinnung und Braukohleveredelung trotz intensiver Mechanisierung und Rationalisierung über 600 unterschiedliche Berufsbilder [DEBRIV 2011, S. 47].

(14) Hinsichtlich der Qualifikationsstrukturen, d.h. dem Anteil an Beschäftigten mit einem Hochschulabschluss bzw. einer Berufsausbildung, lassen sich z.T. erhebliche Unterschiede zwischen dem Braunkohlesegment und den Segmenten der Erneuerbaren Energien im Land Brandenburg feststellen. Laut Schätzung der LASA liegt folgende Verteilung vor:

Tabelle 21: Verteilung von Akademikern und Facharbeitern an der Beschäftigung im Braunkohlesegment und den Segmenten der Erneuerbaren Energien

Segment	Akademikeranteil an der Beschäftigung in %	Facharbeiteranteil an der Beschäftigung in %
Energieversorgungsunternehmen	14,4	79,0
Braunkohle	25,0	61,0
Photovoltaik	13,1	69,2
Windkraft	15,0	75,0

Quelle: [LASA 2010, S. 61].

(15) Das Braunkohlesegment weist dabei mit 25 % einen deutlich höheren Beschäftigungsanteil an Akademikern auf als die Segmente Photovoltaik (13,1 %) und Windkraft (15 %), während die Beschäftigungsanteile an Facharbeitern im Braunkohlesegment mit 61 % deutlich geringer sind als bei den Segmenten Photovoltaik mit 69,2 % und Windkraft mit 75 %.

(16) Dem allgemeinen Trend der zunehmenden Qualifikationsanforderungen in nahezu allen Berufsfeldern folgend kann vor dem Hintergrund der Verteilung von Akademikern und Facharbeitern in der Energiebranche angenommen werden, dass sich zukünftig der **Bedarf an Akademikern** erhöhen wird. Aufgrund des im Vergleich zu den Erneuerbaren Energien deutlich höheren Komplexitätsgrads im Braunkohlesegment ist v.a. hier zukünftig ein höherer Bedarf an Akademikern zu erwarten. Hingegen wird in den Bereichen des Betriebs und der Wartung der Erneuerbaren Energien eine hohe Nachfrage an gut ausgebildeten Facharbeiterinnen und Facharbeitern bestehen.

(17) Im **Fazit** kann festgehalten werden, dass Beschäftigungsrückgang und Alterung der Belegschaften gegenläufige Trends sind, die den Fachkräftebedarf beeinflussen. Generell ist zu erwarten, dass in Szenarien mit niedrigerem Beschäftigungsstand (1/ 2 a, 1/ 2 b) ein geringerer Fachkräftemangel auftritt. Das Szenario 2 c bietet insgesamt die größte Anzahl an Beschäftigten im Energiebereich für das Land Brandenburg. Ob überhaupt eine Engpassituation entsteht, kann nur in vertiefenden Analysen beantwortet werden.

12 Literaturverzeichnis

Die Prognos AG hat im Auftrag von Vattenfall Europe AG und unter Mitwirkung der MIBRAG mbH die Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ erstellt [Prognos 2011]. Diese Studie wird an einigen Stellen der vorliegenden Expertise zitiert oder sinngemäß wiedergegeben, da der Untersuchungsgegenstand sich teilweise überschneidet. Mit Einverständnis der Auftraggeber sind diese Zitate nicht gesondert kenntlich gemacht worden. Die Studie „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“/ Berlin 2011 ist verfügbar unter www.prognos.com.

- | | |
|---|---|
| [50hertz 2012] | http://www.50hertz.com |
| [A.T. Kearney 2011] | Grundlagen für die Erstellung der Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg, Stand 18. August 2011 in Zusammenarbeit mit Decision Institute |
| [BGR 2009] | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): Energierohstoffe, 2009 |
| [BGR 2010] | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2010“, Hannover; Kurzstudie, 2010 |
| [DEBRIV 2011] | DEBRIV Bundesverband Braunkohle – Braunkohle in Deutschland 2011, Profil eines Industriezweiges |
| [EWI/ GWS/ Prognos 2010] | Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung 2010 |
| [EWI/ GWS/ Prognos 2011] | Energieszenarien 2011 |
| [Forschungsinstitut für Öffentliche Verwaltung (FÖV)/ Prognos 2007] | Die Formale und Effektive Inzidenz von Bundesmitteln, Speyer, Berlin |
| [Flegg/ Tohmo 2010] | Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of Finland, 2010 |
| [GSW/ ZSW 2011] | Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern: Ausgewählte Fallstudien sowie Pilotmodellierung für die Windenergie an Land, 2011 |
| [IHK Cottbus / HWK Cottbus 2011] | Wirtschaftsentwicklung im Zahlenspiegel 2011/2012 |
| [KPMG 2009] | Onshore-Windenergie – Repowering-Potenziale in Deutschland, Marktstudie KPMG, 2009 |

- [KV Brandenburg 2009] Koalitionsvertrag vom 05.11.2009 zwischen SPD Brandenburg und Die Linke Brandenburg für die 5. Wahlperiode des Brandenburger Landtages, Kapitel „Wirtschaft, Energie“: Die energiepolitischen Aussagen , 2009
- [LASA 2010] Energiewirtschaft in Brandenburg, LASA, 2010
- [LBEG 2010] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie: „Erdöl- und Erdgasreserven in der Bundesrepublik Deutschland am 1. Januar 2010“, Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Referat Energiewirtschaft Erdöl und Erdgas, Bergbauberechtigungen; Hannover, 2010
- [Leitstudie 2011] Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global „Leitstudie 2010“, 2011
- [ProBas 2011] <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>
- [Prognos / Arrhenius 2008] Ökonomische Effekte der Windenergie im Land Brandenburg, im Auftrag von Enertrag, 2008
- [Prognos 2010] Gemeinsame Fachkräftestudie Berlin-Brandenburg , im Auftrag der LASA, 2010
- [Prognos 2011] Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland, 2011
- [Roland Berger/ Prognos 2010] Roland Berger Strategy Consultants, Prognos AG: Wegweiser Solarwirtschaft – PV Roadmap bis 2020, Berlin 2010
- [Statistisches Bundesamt 2011] Fachserie 14.4 Steuern auf Bundesländerebene, 2011
- [Statistisches Bundesamt 2012] Was sind Erwerbstätige?, STATmagazin, http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/STATmagazin/Arbeitsmarkt/2008__1/WW__ErwerbstaetigeVGR,templateId=renderPrint.psm
- [VGR 2011] Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung, Detaillierte Jahresergebnisse, Fachserie 18 Reihe 1.4, erschienen am 26.05.2011
- [ZAB 2011] Einschätzung Branchenexperten für Erneuerbare Energien in der Zukunftsagentur Brandenburg sowie führende Branchenvertretern der Solarindustrie in der Hauptstadtregion, 2011