

Endbericht

# **Evaluation und Weiterentwicklung des Leitszenarios sowie Abschät- zung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte**

Grundlage für die Fortschreibung der  
Energiesstrategie 2030  
des Landes Brandenburg

**Auftraggeber**  
Ministerium für  
Wirtschaft und Energie  
des Landes Brandenburg

Jens Hobohm  
(Projektleitung)

Hans Dambeck  
Hanno Falkenberg  
Eva-Maria Klotz  
Florian Knetsch  
Robert Köster  
Stefan Mellahn  
Paul Wendring  
Inka Ziegenhagen

Berlin, 13. Juli 2017  
28328

**Das Unternehmen im Überblick****Geschäftsführer**

Christian Böllhoff

**Präsident des Verwaltungsrates**

Dr. Jan Giller

**Handelsregisternummer**

Berlin HRB 87447 B

**Rechtsform**

Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht

**Gründungsjahr**

1959

**Tätigkeit**

Die Prognos AG berät europaweit Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Auf Basis neutraler Analysen und fundierter Prognosen entwickeln wir praxisnahe Entscheidungsgrundlagen und Zukunftsstrategien für Unternehmen, öffentliche Auftraggeber sowie internationale Organisationen.

**Arbeitssprachen**

Deutsch, Englisch, Französisch

**Hauptsitz**

Prognos AG  
Henric Petri-Str. 9  
4010 Basel | Schweiz  
Telefon +41 61 3273-310  
Telefax +41 61 3273-300

Prognos AG  
Domshof 21  
28195 Bremen | Deutschland  
Telefon +49 421 517046-510  
Telefax +49 421 517046-528

Prognos AG  
Schwanenmarkt 21  
40213 Düsseldorf | Deutschland  
Telefon +49 211 91316-110  
Telefax +49 211 91316-141

Prognos AG  
Nymphenburger Str. 14  
80335 München | Deutschland  
Telefon +49 89 9541586-710  
Telefax +49 89 9541586-719

**Internet**

info@prognos.com  
www.prognos.com

**Weitere Standorte**

Prognos AG  
Goethestr. 85  
10623 Berlin | Deutschland  
Telefon +49 30 520059-210  
Telefax +49 30 520059-201

Prognos AG  
Résidence Palace, Block C  
Rue de la Loi 155  
1040 Brüssel | Belgien  
Telefon +32 28089-910

Prognos AG  
Heinrich-von-Stephan-Str. 23  
79100 Freiburg | Deutschland  
Telefon +49 761 7661164-810  
Telefax +49 761 7661164-820

Prognos AG  
Eberhardstr. 12  
70173 Stuttgart | Deutschland  
Telefon +49 711 3209-610  
Telefax +49 711 3209-609

## Inhalt

<b>Abbildungen und Tabellen</b>	<b>V</b>
<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>2 Anlass, Aufgabenstellung und Methodik</b>	<b>4</b>
<b>3 Evaluierung der Energiestrategie 2030</b>	<b>7</b>
<b>4 Rahmenannahmen der Szenarien</b>	<b>9</b>
4.1 Szenariendesign	9
4.2 Demografie, Wirtschaft und Energiepreise	10
4.3 Energie- und Klimapolitik	13
4.4 Entwicklung der Energieeffizienz	15
4.5 Erneuerbare Energien	16
4.6 Sonstige Annahmen	17
<b>5 Ergebnisse Endenergiebedarf</b>	<b>20</b>
5.1 Endenergieverbrauch nach Sektoren	20
5.2 Endenergiebedarf nach Energieträgern	21
5.3 Einordnung der Ergebnisse	22
<b>6 Ergebnisse Stromsektor</b>	<b>24</b>
6.1 Erneuerbare Energien	24
6.2 Thermischer Kraftwerkspark und Stromerzeugung gesamt	29
6.2.1 Annahmen für Deutschland in den Szenarien	29
6.2.2 Annahmen und Ergebnisse für das Land Brandenburg	32
6.3 Brennstoffeinsatz und Tagebaue	34
<b>7 Ergebnisse sonstige Umwandlungssektoren</b>	<b>37</b>
7.1 Fernwärmeerzeugung	37
7.2 Raffinerie	38
<b>8 Primärenergieverbrauch und Emissionen</b>	<b>40</b>
8.1 Primärenergieverbrauch	40
8.2 CO <sub>2</sub> -Emissionen	41
8.3 Einordnung der Ergebnisse	42
<b>9 Regionalwirtschaftliche Auswirkungen der Szenarien im Land Brandenburg</b>	<b>43</b>
9.1 Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte in den Szenarien	43
9.1.1 Braunkohlenindustrie	43
9.1.2 Erneuerbare Energien	49
9.2 Abschätzung der fiskalischen Auswirkungen in den Szenarien	54

9.3	Auswirkungen auf die Fachkräftesituation	58
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>62</b>
<b>11</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis und Glossar</b>	<b>64</b>

## Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1: Untersuchungsdesign	5
Abbildung 2: Modellierung des Energiesystems für Deutschland und Brandenburg	6
Abbildung 3: Ziele der brandenburgischen Energiestrategie 2030 und Evaluierung für das Jahr 2014	7
Abbildung 4: Abgestimmtes Szenariendesign	10
Abbildung 5: Entwicklung demografischer Kennzahlen in Brandenburg 2015 bis 2050	11
Abbildung 6: Entwicklung der Wirtschaft in Brandenburg 2015 bis 2050	12
Abbildung 7: Entwicklung der Rohölpreise gemäß World Energy Outlook (in US-\$ <sub>2015</sub> )	13
Abbildung 8: Wichtige Änderungen des energie- und klimapolitischen Rahmens	15
Abbildung 9: Endenergiebedarf Brandenburg nach Verbrauchssektoren in den Szenarien	20
Abbildung 10: Endenergiebedarf Brandenburg nach Energieträgern in den Szenarien	22
Abbildung 11: Zielerreichung in den Endverbrauchssektoren in den Szenarien	23
Abbildung 12: Erzeugungspotenziale der von Wind und PV-Freifläche in Brandenburg in Abhängigkeit der zur Verfügung gestellten Flächen	24
Abbildung 13: Angenommener Rückbau von Wind und PV Anlagen in Brandenburg in allen Szenarien	26
Abbildung 14: Installierte Leistung erneuerbarer Energien in Brandenburg in den Szenarien	27
Abbildung 15: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Brandenburg in den Szenarien	28
Abbildung 16: Flächenbedarf für den Ausbau der Windenergie in Brandenburg in den Szenarien	29
Abbildung 17: Schematischer Aufbau des Prognos Kraftwerksmodells	31
Abbildung 18: Weitere Annahmen zur Kraftwerksmodellierung	31
Abbildung 19: Leistung thermischer Kraftwerke in Brandenburg in den Szenarien bis 2050	32

Abbildung 20: Nettoleistung von Braunkohlenkraftwerken in der Lausitz in den Szenarien	33
Abbildung 21: Stromerzeugung in Brandenburg nach Energieträgern	34
Abbildung 22: Tagebaue und Kraftwerke im Lausitzer Revier	35
Abbildung 23: Braunkohleneinsatz Lausitz nach Szenarien	36
Abbildung 24: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in den Szenarien	40
Abbildung 25: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen in den betrachteten Szenarien	41
Abbildung 26: Direkte, indirekte und induzierte Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte der Braunkohlenindustrie in Brandenburg im Jahr 2015	45
Abbildung 27: Direkte und indirekte Beschäftigungswirkung der Braunkohlegewinnung- und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien	48
Abbildung 28: Direkte und indirekte Wertschöpfungswirkungen der Braunkohlegewinnung- und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien (in Mio. €)	48
Abbildung 29: Beschreibung der Bruttobeschäftigung	49
Abbildung 30: Beschäftigung (direkt und indirekt) in den Szenarien für erneuerbare Energien in Brandenburg nach Energieträgern	53
Abbildung 31: Wertschöpfung durch erneuerbare Energien in Brandenburg in den Szenarien (in Mio. €)	53
Abbildung 32: Bevölkerung nach Alter in der Lausitz (1.000 Personen, 2015-2040)	60
Tabelle 1: Zielerreichung bzgl. Primärenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen in den Szenarien	3
Tabelle 2: Zentrale Annahmen zu den erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien	17
Tabelle 3: Anteile Brandenburgs am bundesweiten Bruttozubau der erneuerbaren Energien	25
Tabelle 4: Braunkohlevorräte in der Lausitz, Stand 01.01.2017	36
Tabelle 5: Zielerreichung bzgl. Primärenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen in den Szenarien	42
Tabelle 6: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Land Brandenburg im Jahr 2015	45

Tabelle 7:	Annahmen für die Abschätzung der regionalwirtschaftlichen Auswirkungen	47
Tabelle 8:	Beschäftigte und Wertschöpfung erneuerbarer Energien in Brandenburg 2015	50
Tabelle 9:	Ausgangslage und Fortschreibung der Produktivität	52
Tabelle 10:	Methodischer Überblick zur Abschätzung der Steuereinnahmen für das Land Brandenburg durch die wirtschaftliche Tätigkeit der Braunkohlenindustrie	55
Tabelle 11:	Einkommensabhängige Steuereffekte aus direkter Beschäftigung in der Braunkohlenindustrie des Landes Brandenburg	55
Tabelle 12:	Indirekte einkommens- und gewinnabhängige Steuereffekte der Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg in den Szenarien	56
Tabelle 13:	Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen durch Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg insgesamt	57
Tabelle 14:	Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen durch erneuerbare Energien im Land Brandenburg insgesamt	57

# 1 Zusammenfassung

Die Prognos AG erhielt im August 2016 den Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg zur Erstellung eines Gutachtens für die Fortschreibung der Energiestrategie 2030. Folgende **Ergebnisse** wurden erarbeitet:

- Brandenburg ist auf seinem Weg zu den Zielen der Energiestrategie vorangekommen. Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch lag 2014 bei 19 %, die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden um 36 % gegenüber 1990 reduziert. Eine signifikante Energieeinsparung ist aber bisher nicht gelungen.
- Die Energiestrategie Brandenburgs fügt sich in den internationalen, europäischen und nationalen **Rahmen** ein. Auch wenn einzelne Länder vom Pariser Abkommen zurücktreten wollen, dürfte Klimaschutz ein Leitmotiv der Energiepolitik der nächsten Legislaturperiode bleiben.
- Seit der letzten Fortschreibung der Energiestrategie im Jahr 2012 haben sich verschiedene Aspekte **verändert**. So steht z. B. die Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid (CCS) gegenwärtig als Option nicht zur Verfügung, weil die Akzeptanz hierfür fehlt. Erneuerbare Energien sind schneller als erwartet günstiger geworden, aber auch ihr – staatlich gesteuerter - Ausbau stößt zunehmend an Akzeptanzgrenzen.
- Die vorliegende Studie beschreibt **drei mögliche Zukunftsentwicklungen** (Szenarien). Das Basisszenario legt Status-quo Bedingungen zugrunde. Szenario 1 ist kompatibel mit dem Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung und Szenario 2 unternimmt den Versuch, eine „Paris-konforme“ Entwicklung zu beschreiben.
- Der **Endenergieverbrauch** wird in allen Szenarien deutlich zurückgehen. Eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz ist hierfür notwendig, z. B. durch Steigerung der Sanierungsquote von Gebäudesanierungen. Hierin liegt eine anhaltende Herausforderung, gerade im ländlichen Raum.
- Brandenburg hat ein ausreichendes Flächenpotenziale für den weiteren Ausbau **erneuerbarer Energien**. Die installierte Leistung überschreitet bis 2030 in allen Szenarien das Ziel von 14 GW, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird in den Szenarien 1 und 2 die Zielmarke 28 Mrd. kWh überschreiten. Bis zum Jahr 2030 reichen 2 % der Landesfläche für den Windenergieausbau in allen Szenarien. Für einen weiteren Ausbau werden aber nach 2030 zusätzliche Flächen benötigt.
- Die **Stromerzeugung aus Braunkohle** kann weiterhin wirtschaftlich betrieben werden, auch die Kohlevorräte sind hierfür vorhanden. Wegen der hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen wird die Nutzung der Braunkohle aber Gegenstand politischer Festlegungen sein müssen. Im Basisszenario laufen Braunkohlenkraftwerke in Brandenburg noch bis deutlich nach 2040, in den anderen Szenarien wird die Braunkohlenverstromung im Jahr 2037/38 (Szenario 1) bzw. 2028/2029 (Szenario 2) beendet.
- Die **Weiterführungen der Tagebaue** Welzow-Süd im Teilabschnitt II und Nochten im Sonderfeld Mühlrose werden wahrscheinlich nur im Basisszenario, keinesfalls aber im Szenario 2 benötigt.
- Für die Absicherung der Stromerzeugung in Phasen fehlender erneuerbarer Erzeugung („Back-up“) wird in den Szenarien 1 und 2 von der Errichtung eines **Gaskraft-**

**werks** in Brandenburg mit rund 1.400 MW ausgegangen. Als Gasturbine oder Gas-motor errichtet, wird ein solches Kraftwerk nur wenige Stunden im Jahr Strom er-zeugen. Vermutlich bedarf es einer Ausschreibung z. B. durch den Netzbetreiber, um Investoren für ein solches Kraftwerk zu gewinnen.

- Die **Fernwärmeerzeugung** muss in Szenarien mit weitgehendem Klimaschutz ebenfalls treibhausgasneutral erfolgen. Hierfür sind Strategien zu entwerfen. Da das Land Berlin vor ähnlichen Herausforderungen steht aber über andere räumliche Vo-raussetzungen verfügt, könnte dem Land Brandenburg eine besondere Rolle als Wärmelieferant der Hauptstadt zukommen.
- Das **CO<sub>2</sub>-Ziel** der Energiestrategie 2030 (-72 % 2030 gegenüber 1990) kann in den Szenarien 1 (-73 %) und 2 (-78 %) erreicht werden. Im Basisszenario liegt die Ein-sparung mit 55 % im Bereich dessen, was sich die Bundesregierung für Deutsch-land insgesamt vorgenommen hat.
- Soll die Energiestrategie Brandenburg in **Kongruenz mit dem Klimaschutzplan** der Bundesregierung aufgestellt werden, so bedeutet dies eine schrittweise Orien-tierung an dem Verlauf von **Szenario 1**. Eine Anpassung der Sektorziele für den Energieverbrauch wird empfohlen.
- Untersuchungen zeigen, dass für Deutschland insgesamt anspruchsvoller Klima-schutz nur gelingen kann, wenn ein rascher Ausstieg für die **Braunkohle** verabredet wird. Hierdurch wird Zeit für die schwierigen Anpassungen im Verkehr, in der Indust-rie aber auch im Gebäudebestand gewonnen, wovon auch Brandenburg profitiert.
- Die Energieversorgung ist und bleibt ein wichtiger **Beschäftigungsfaktor**, vor allem in der Lausitz. Bereits heute sichern erneuerbare Energien etwa so viele Arbeits-plätze wie die Braunkohle, wenn auch ihre Beschäftigungswirkung weniger klar in bestimmten Kreisen zu verorten ist. Die Beschäftigung in den fossilen Bereichen geht perspektivisch zurück, die Bedeutung der erneuerbaren Energien steigt im Ver-hältnis an.
- Der Beschäftigungsabbau nach dem Ausstieg aus der Braunkohle wird die Kreise in der Lausitz besonders betreffen. Es empfiehlt sich, hier rechtzeitig für **Anschlusslö-sungen** zu sorgen, damit der Strukturwandel aufgefangen werden kann. Ggf. eig-nen sich Tagebauflächen nach der Sanierung als Standorte für Windparks und So-larfelder. Der demografische Wandel und das altersbedingte Ausscheiden einer gro-ßen Zahl von Personen aus dem Erwerbsleben dürfte aber in den nächsten 35 Jah-ren sogar zu einem Fachkräftemangel führen.
- Die nachfolgende Tabelle zeigt die Zielerreichung in den Szenarien im Überblick.

*Tabelle 1: Zielerreichung bzgl. Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien*

Ziel	2014**	Ziel 2030*	Basis-szenario	Szenario 1	Szenario 2
Primärenergieverbrauch <sup>1</sup>	-2,4 %	-20 %	rd. -20 %	rd. -39 %	rd. -40 %
Anteil erneuerbare Energien am PEV	19 %	32 %	rd. 34 %	rd. 46 %	rd. 47 %
Endenergieverbrauch <sup>2</sup>	-2,4 %	-23 % (auf 220 PJ)	-15 % (243 PJ)	-21 % (227 PJ)	-21 % (227 PJ)
Endenergieverbrauch (mit BER) <sup>2</sup>	-2,4 %	-23 % (auf 220 PJ)	-12 % (256 PJ)	-18 % (241 PJ)	-18 % (241 PJ)
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>3</sup>	-36,3 %	-72 % (25 Mio. t)	rd. -55 % (rd. 41 Mio. t)	rd. -73 % (rd. 25 Mio. t)	rd. -78 % (rd. 20 Mio. t)

*Hinweis:* <sup>1/2</sup> Veränderung gegenüber dem Jahr 2007;  
<sup>3</sup> Veränderung gegenüber dem Jahr 1990

*Quelle: Eigene Berechnungen der Prognos AG*

## 2 Anlass, Aufgabenstellung und Methodik

Die Prognos AG erhielt Anfang August 2016 den **Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg** zur Erstellung eines Gutachtens für die Fortschreibung der Energiestrategie 2030. Das Gutachten soll einerseits die bisherigen Fortschritte auf dem Weg der Energiestrategie 2030 evaluieren und andererseits den Rahmen aufzeigen, in dem sich die aktuelle Energiepolitik des Landes Brandenburg bewegt. Die **Szenarien**, die in dieser Studie dargestellt werden, spannen einen Korridor auf:

- Auf der einen Seite des Korridors („Basisszenario“) stehen die heute verbindlich festgelegten Leitplanken der deutschen Energiepolitik, insbesondere das Energiekonzept und das EEG 2017.
- Auf der anderen Seite des Korridors werden die Folgen einer deutlich weiterentwickelten Klimaschutzpolitik infolge der Beschlüsse von Paris abgebildet („Szenario 2“).
- Dazwischen liegt die Fortschreibung der aktuellen Politik in Anlehnung an den Klimaschutzplan 2050 („Szenario 1“).

Weitere Erläuterungen zu den Szenarien befinden sich in Kapitel 4.1.

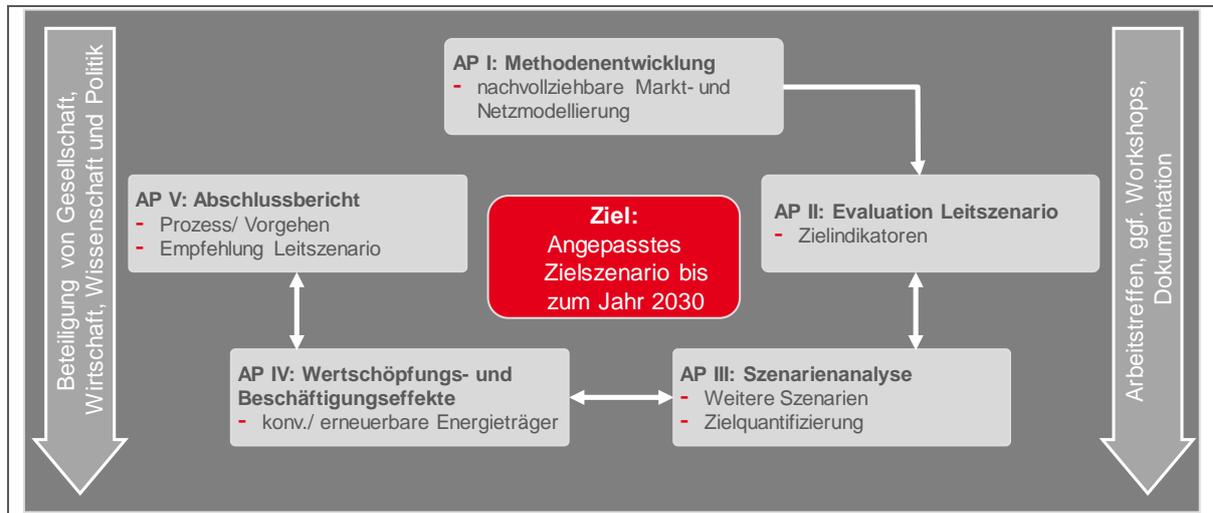
Neben der Abbildung der energiewirtschaftlichen Zusammenhänge in den Szenarien werden die Auswirkungen auf die Beschäftigung und Wertschöpfung kennzahlengestützt abgeschätzt. Die Energiewirtschaft ist und bleibt ein wichtiger Arbeitgeber im Energieland Brandenburg. Durch den kontinuierlichen Ausbau der erneuerbaren Energien und den absehbaren Bedeutungsverlust der Stromerzeugung aus Braunkohle verschieben sich aber Schwerpunkte.

Dieser Bericht ist das Ergebnis eines längeren Diskussionsprozesses. Die (Zwischen-)Ergebnisse wurden dem auftraggebenden Ministerium vorgestellt und in eine Reihe von Terminen mit der Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMAG) diskutiert, zuletzt am 28.6.2017. Darüber hinaus gab es Gespräche mit Akteuren und einen Termin mit der Energieallianz. Zwischenergebnisse mussten durch den fortschreitenden Erkenntnisprozess teilweise modifiziert werden. Verbindlich für alle Untersuchungsteile ist somit lediglich der vorliegende Endstand dieses Berichts.

Prognos hat sein bewährtes Modellinstrumentarium eingesetzt, um die Auswirkungen bestimmter Rahmensetzungen auf die energiewirtschaftliche Struktur in den Szenarien transparent zu machen.

Das nachfolgende Schema zeigt den **Untersuchungsablauf**:

Abbildung 1: Untersuchungsdesign



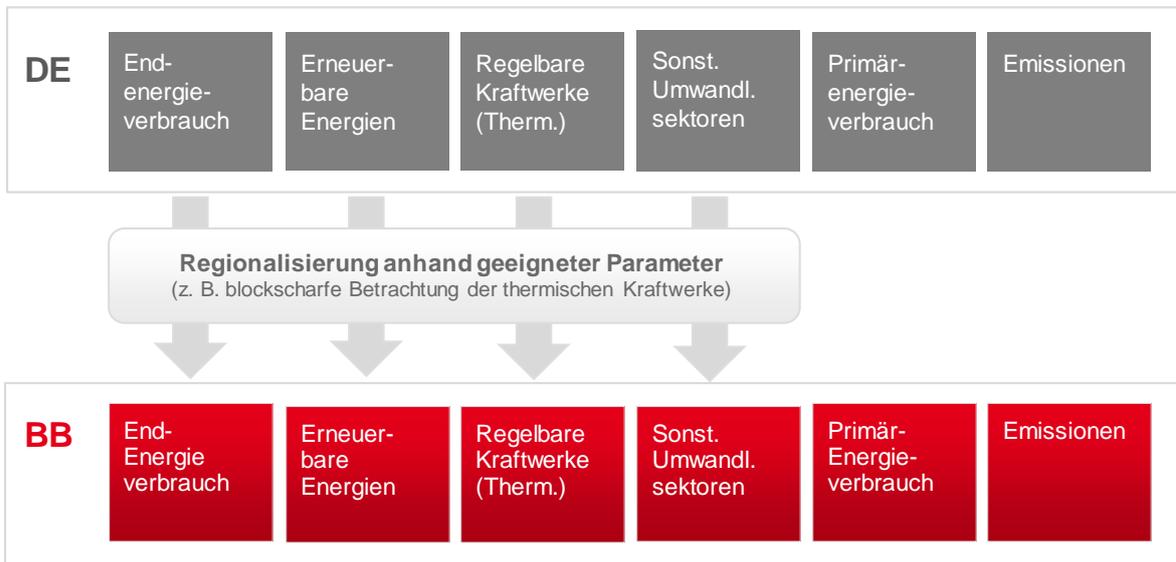
Quelle: Prognos AG

### Wichtige methodische Erläuterungen

Energiewirtschaftliche Entwicklungen eines Landes wie Brandenburg finden nicht losgelöst vom bundespolitischen und europäischen Umfeld statt. Aus diesem Grund ist eine Betrachtung dieses Umfelds für die Szenarien von großer Bedeutung. Prognos analysiert daher zunächst das Umfeld und überträgt Erkenntnisse – z. B. zu Sanierungsraten, Sanierungseffizienz und zum Ausbautempo erneuerbarer Energien – auf das Bundesland bzw. prüft die jeweiligen Annahmen auf Konsistenz. Insbesondere in den Strommärkten ist eine konsistente Vorgehensweise erforderlich, damit sich ein stimmiges Gesamtbild ergibt. Diesen Zusammenhang stellt die nachfolgende Abbildung dar.

In den Szenarien wird daher auf die Bundesebene Bezug genommen. Allerdings erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit keine vollständige Dokumentation aller Annahmen zur Bundesebene, lediglich die wichtigsten Annahmen sind im Text oder im Anhang dokumentiert.

Abbildung 2: Modellierung des Energiesystems für Deutschland und Brandenburg



Quelle: Prognos AG

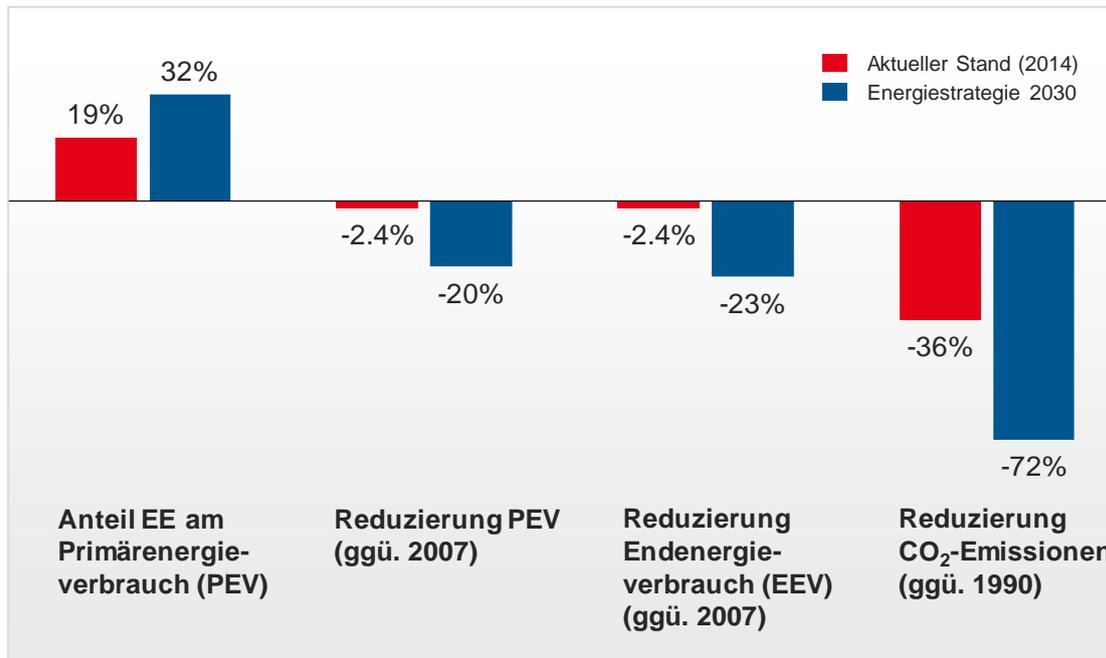
Um den **Wettereinfluss** auf den Heizenergiebedarf in der Statistik zu eliminieren und so eine bessere Aussagekraft über längerfristige Trends zu erlangen, wird in der vorliegenden Studie folgendes **Verfahren** angewendet:

- Es wird davon ausgegangen, dass Temperaturschwankungen im Wesentlichen den Raumwärmebedarf beeinflussen. Der Prozessenergiebedarf (z. B. zur Herstellung eines Produktes in der Industrie) ist nicht temperaturabhängig.
- In dieser Studie wurde grundsätzlich auf die **temperaturbereinigten Energiewerte** des 6. Monitoringberichts zurückgegriffen, um eine einheitliche Basis mit den bestehenden Veröffentlichungen zu gewährleisten.

### 3 Evaluierung der Energiestrategie 2030

Die Zielsetzungen der Energiestrategie 2030 aus dem Jahr 2012 und der Stand der Zielerreichung in den wichtigsten Zielgrößen ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Es zeigt sich, dass Ziele betreffend den Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch und die Reduzierung der Kohlenstoffdioxidemissionen mit Stand 2014 jeweils etwa zur Hälfte erreicht wurden. Bei der Reduzierung des Primärenergieverbrauchs und Endenergieverbrauchs konnten aber bis 2014 noch keine signifikanten Erfolge erzielt werden, auch wenn laut Monitoringbericht zuletzt Rückgänge des Verbrauchs vor allem bei den Haushalten und im Gewerbe aber auch in der Industrie zu verzeichnen waren. Es ist wenig wahrscheinlich, dass die Steigerung der Energieeffizienz ohne weitere Maßnahmen ausreicht, um das moderate Wachstum der Wirtschaft zu kompensieren. Um weitere Einsparungen wie in den unten entwickelten Szenarien aufgezeigt zu erreichen, bedarf es einer Beschleunigung der Steigerung von Energieeffizienz in allen Sektoren.

Abbildung 3: Ziele der brandenburgischen Energiestrategie 2030 und Evaluierung für das Jahr 2014



Quelle: (ZukunftsAgentur, 2016)

Energiepolitik ist heute einer höheren **Dynamik** als noch vor 5 bis 10 Jahren unterworfen. Gleichwohl müssen Entscheidungen über die Energieinfrastruktur eine Verlässlichkeit aufweisen, damit die Akteure Investitionssicherheit haben und zukunftsfeste Entscheidungen treffen können. Die Energiepolitik kann dieser Spannung begegnen, indem sie die Monitoring-Frequenz erhöht und mehr Agilität in Entscheidungswegen zulässt. Andererseits ist eine Verlässlichkeit in den Zielen von Wert für die Akteure, insofern ist eine Zielanpassung immer in der Abwägung der damit verbundenen Folgen vorzunehmen.

## 4 Rahmenannahmen der Szenarien

### 4.1 Szenariendesign

Die Definition der Szenarien wurde im Projektverlauf konkretisiert und modifiziert, da ursprüngliche Vorstellungen und Annahmen ergänzt und weiterentwickelt wurden. Auslöser hierzu war unter anderem das Inkrafttreten des Paris-Abkommens am 04.11.2016 und die Veröffentlichung des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung am 14.11.2016. Der Klimaschutzplan benennt erstmals sektorale Emissionsziele für das Jahr 2030. Infolgedessen kristallisierte sich durch aktuelle Studien im Jahr 2017 heraus, dass zur Erreichung des 2°-Zieles eine geänderte Herangehensweise und Zielarchitektur erforderlich sein könnte. (Emele, et al., 2017) Insbesondere die Verfolgung des Gedankens eines maximalen CO<sub>2</sub>-Budgets hat Auswirkungen auf die Gestaltung der Szenarien (nur Szenario 2).

Im März 2017 legte die Betreiberin der brandenburgischen Braunkohlenkraftwerke und -tagebaue, LEAG, ein Revierkonzept für die Lausitz vor (vgl. Kapitel 6.3). Auch dies ist bei der Konkretisierung der Szenarien berücksichtigt worden.

Die nachfolgende Tabelle enthält Grundgedanken bezüglich der Haupteinflussparameter in den Szenarien. Entscheidend für die Szenarien sind die Annahmen für die Klimapolitik, da sie unmittelbare Auswirkungen auf die Zusammensetzung des Kraftwerksparks haben. Die anderen Einflussparameter wirken weniger stark und stellen eher indikative Einschätzungen dar. Eine Vorgabe für bestimmte Ergebnisse ist nicht gegeben, da diese der gutachterlichen Einschätzung im Modellierungsprozess unterliegen.

Kurz gesagt,

- berücksichtigt das **Basisszenario** die geltende Gesetzeslage wie das EEG 2017 und den ETS in seiner Form zum Redaktionsschluss der vorliegenden Studie Ende Juni 2017,
- ist **Szenario 1** kompatibel mit den Zielen des deutschen Klimaschutzplans 2050.
- zielt **Szenario 2** auf die Einhaltung eines CO<sub>2</sub>-Emissionsbudgets für den Stromsektor in Deutschland von 4 Mrd. t (gerechnet ab Anfang 2015). Zum Vergleich: die Emission im Jahr 2015 im Stromsektor betragen 352 Mio. t. Bei gleichbleibenden Emissionen wäre das Budget somit nach gut 11 Jahren aufgebraucht.

Das Basisszenario kann somit als Status-quo Szenario charakterisiert werden. In den Szenarien 1 und 2 gehen wir hingegen davon aus, dass die Politik dafür sorgt, dass die Ziele erreicht werden („Zielszenarien“). Hierzu dürfte die Einführung neuer politischer Instrumente und weitergehender Maßnahmen notwendig sein.

Abbildung 4: Abgestimmtes Szenariendesign

Haupteinflussparameter	Basisszenario	Szenario 1	Szenario 2
Klimapolitik	- Aktueller Rechts- und Genehmigungsrahmen - bestehendes ETS-System - keine zusätzlichen Instrumente	- mindestens -80 % THG-Emissionen, Rückgang der energiebedingten CO <sub>2</sub> -Emissionen um 85 % - 90 % bis 2050 - Zwischenziel: 180 Mio. Tonnen für den deutschen Stromsektor in 2030 - zusätzliche nationale Instrumente notwendig	- Verfolgung des Gedanken eines maximalen "CO <sub>2</sub> -Budgets" zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels
Braunkohlenverstromung	- ohne CO <sub>2</sub> -armes NeukW Jänschwalde - ohne TB Jänschwalde-Nord - mit TB Welzow Süd TA II	- ohne CO <sub>2</sub> -armes NeukW Jänschwalde - ohne TB Jänschwalde-Nord - TB Welzow Süd TA II: wird im Rahmen der Szenarioanalyse geprüft - ca. 40/45 Jahre Betriebsdauer der Braunkohlen-Kraftwerke	- ohne CO <sub>2</sub> -armes NeukW Jänschwalde - ohne TB Jänschwalde-Nord - ohne TB Welzow Süd TA II - Kohleausstieg bis 2035 (ab 21. Betriebsjahr Begrenzung der Volllaststunden)
Erdgasverstromung	nein, da seinerzeit von Investoren geplante Kraftwerke mit insgesamt 2.000 MW nicht weiter verfolgt wurden	flexible GT- oder GuD-KW, ggf. Nutzung des KW Standortes Jänschwalde, 380kV-Netz vorhanden	flexible GT- oder GuD-KW, ggf. Nutzung des KW Standortes Jänschwalde, Back up-Funktion, 380kV-Netz vorhanden
Erneuerbare Energie - Windenergie  - Photovoltaik  - Erneuerbare Wärme	- wahrscheinliche Entwicklung unter Einhaltung des Flächenziels und unter Berücksichtigung aktueller rechtlicher und technischer Entwicklungen  - wahrscheinliche Entwicklung unter Berücksichtigung aktueller rechtlicher und technischer Entwicklungen (ohne Länderöffnungsklausel)  - Basisentwicklung	- wie Basisszenario (2 % der Landesfläche)  - ambitionierterer Ausbau der Erneuerbaren im Vergleich zum Basisszenario, Flächen für PV notwendig  - verstärkter Einsatz Erneuerbarer bei der infrastrukturellen Wärmeerzeugung	- nach 2030 > 2 % der Landesfläche notwendig für den Ausbau der Erneuerbaren  - ambitionierterer Ausbau der Erneuerbaren im Vergleich zum Basisszenario, Flächen für PV notwendig  - ausschließlich Einsatz Erneuerbarer bei der infrastrukturellen Wärmeerzeugung
Sektorenkopplung	- Basisentwicklung	- schwach bis mittel	- schnell und tiefgreifend
Endenergieverbrauch	- Basisentwicklung: ungefähr Fortschreibung der 2012 angenommenen Entwicklungen (Rückgang um 1 % pro Jahr)	- Zielszenario - höhere Effizienz (Ziel -80 %) - stärkere Elektrifizierung	- ambitionierteres Zielszenario - höhere Energieeffizienz - stärkere und schnellere Elektrifizierung

Quelle: Abstimmung Prognos mit Auftraggeber

## 4.2 Demografie, Wirtschaft und Energiepreise

Energiewirtschaftliche Szenarien benötigen Annahmen über die demografische und wirtschaftliche Entwicklung der Region, für die sie eine Aussage treffen.

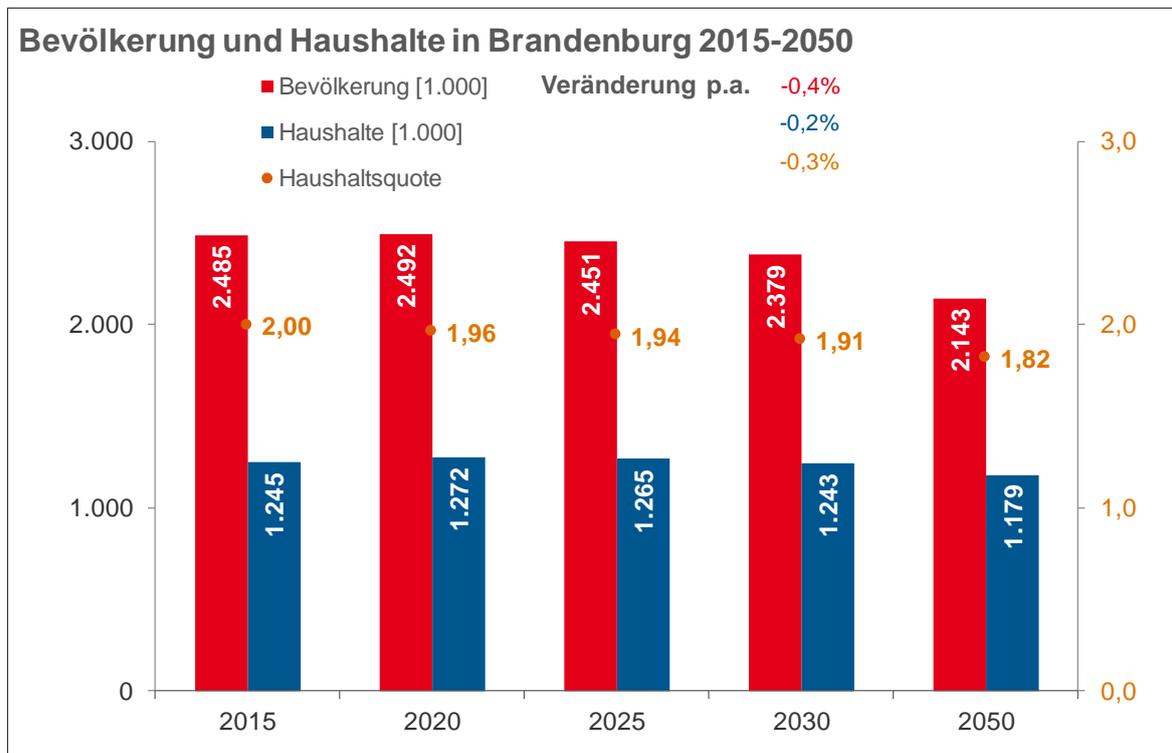
- Private Haushalte heizen Wohnraum nach und verwenden Elektrogeräte. Somit beeinflusst die Bevölkerungszahl den Energieverbrauch.
- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nutzen ebenfalls (beheizte) Gebäude und Geräte (z.B. PC), die Energie verbrauchen. In der Modellierung wird meist davon ausgegangen, dass sich der Energiebedarf dieses Sektors proportional zur Erwerbstätigkeit verhält.
- Der Energiebedarf im verarbeitenden Gewerbe (Industrie) hingegen ist vor allem von der Produktion abhängig. Diese

wird aus Gründen der Vereinheitlichung in Wertgrößen (und nicht etwa in physikalischen Einheiten wie t) gemessen. Der verwendete Indikator ist die Bruttowertschöpfung.

- Der Energiebedarf, der durch Mobilität (= Personenverkehr) und Transport (= Güterverkehr) verursacht wird, unterliegt hingegen den „gefahrenen Distanzen“, meist gemessen in „Personenkilometern“ und „Tonnenkilometern“.

Im Folgenden sind die wichtigsten demografischen und wirtschaftlichen Kennzahlen dargestellt, die für die Modellierung des Energiebedarfs im Land Brandenburg herangezogen wurden.

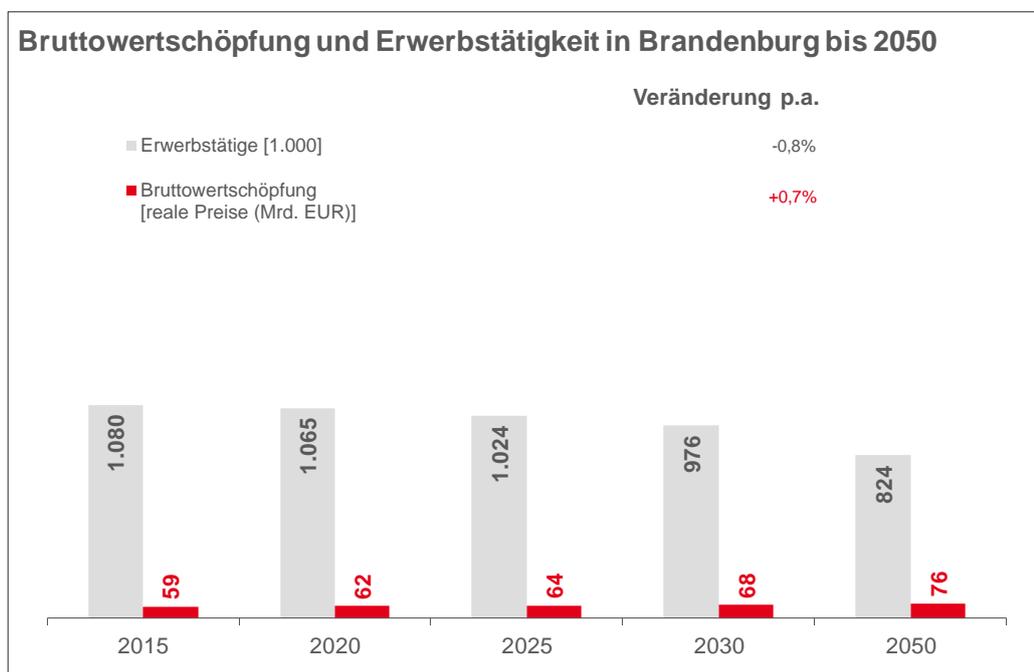
Abbildung 5: Entwicklung demografischer Kennzahlen in Brandenburg 2015 bis 2050



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis des Statistischen Landesamtes  
Hinweis: Die Haushaltsquote bezeichnet die durchschnittliche Haushaltsgröße in Personen je Haushalt.

Die Darstellung zeigt, dass die Bevölkerungszahl bis 2030 noch relativ stabil bleibt, nach 2030 aber deutlichere Bevölkerungsverluste infolge des demografischen Wandels zu erwarten sind. Die Zahl der Haushalte und damit der bewohnten Wohnungen bleibt bis 2030 ebenfalls stabil, sinkt aber zwischen 2030 und 2050 spürbar.

Abbildung 6: Entwicklung der Wirtschaft in Brandenburg 2015 bis 2050



Quelle: Prognos Economic Outlook® und eigene Regionalisierung

Die Darstellung zeigt ein Wirtschaftswachstum, welches leicht unter dem deutschen Wachstum von 1,1 % p.a. liegt und einen moderaten Rückgang der Beschäftigung. Da das Erwerbspersonenpotenzial, also die Zahl der Personen im erwerbsfähigen Alter durch die Alterung der Bevölkerung noch stärker zurückgeht, ist mit dieser Entwicklung kein Anstieg der Arbeitslosigkeit zu erwarten, ein Aspekt, der allerdings für die energiewirtschaftliche Prognose keine Rolle spielt.

Weitere Parameter, die insbesondere in der Strommarktmodellierung eine Rolle spielt, sind die **Energiepreise**. Weltweit ist Rohöl der wichtigste fossile Energieträger und wird international gehandelt. Der Ölpreis wird als „Leitwährung“ der Energiemärkte bezeichnet und gibt die grundsätzliche Richtung der angenommenen Preisentwicklungen für Erdgas und Kohle in den Szenarien vor.<sup>1</sup> Die nachfolgende Grafik zeigt die Ölpreisannahmen des World Energy Outlooks 2016 der Internationalen Energieagentur. **Prognos hat für die Szenarien dieser Untersuchung den mittleren Preispfad zugrunde gelegt, also das sogenannte „New policies“ Szenario.** In diesem Szenario unterstellt die IEA eine moderate Fortentwicklung der Energie- und Klimapolitik, jedoch nicht die Erreichung ambitionierter Klimaziele. Grundsätzlich wäre auch eine Differenzierung von Energiepreisen möglich gewesen. Hierdurch schwindet aber die Vergleichbarkeit der Szenarien. Zudem

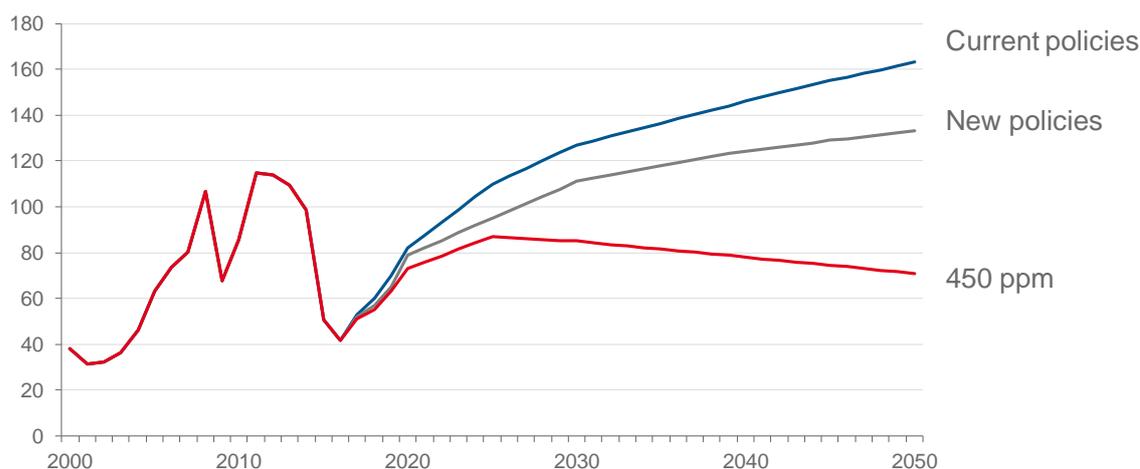
<sup>1</sup> Gleichwohl haben die Preise jedes Energieträgers ihr „Eigenleben“ und sind neben den Ölpreisen von anderen Einflüssen abhängig.

kann davon ausgegangen werden, dass die Entscheidung Brandenburgs über seine Energiestrategie keine Rückwirkungen auf die internationalen Energiepreise hat.

Die Darstellung zeigt, dass Szenarien mit einer weitgehenden Umsetzung des Klimaschutzes zu niedrigeren Ölpreisen führen. Hierfür ist die Annahme maßgeblich, dass ambitionierter Klimaschutz die Nachfrage nach fossilem Öl dämpft. Die Darstellung zeigt den Ölpreis in realen Werten, also ohne den preistreibenden Effekt der Inflation im Raum des US-\$.

Prognos leitet aus den internationalen Ölpreisen Brennstoffpreise (Gas/Kohle) für die deutschen Kraftwerke ab, die dann Eingang in die Strommarktmodellierung finden.

Abbildung 7: Entwicklung der Rohölpreise gemäß World Energy Outlook (in US-\$<sub>2015</sub>)



Quelle: (IEA, 2016)  
Hinweis: Für Brandenburg wurde das mittlere (New policies) Szenario verwendet.

### 4.3 Energie- und Klimapolitik

Es wurde bereits im Kapitel „Szenariendesign“ auf die Bedeutung der Klimapolitik für die Szenarien hingewiesen. Die nachfolgende Darstellung zeigt, an welchen Stellen sich die klima- und energiepolitischen Rahmenbedingungen gegenüber 2012, dem Zeitpunkt der letzten Energiestrategie besonders deutlich geändert haben.

Eine deutliche Dynamik ergab sich in der internationalen Klimapolitik: der Kyotovertrag wurde durch das **Klimaabkommen von Pa-**

ris abgelöst. An diesem Vertrag sind zum ersten Mal 195 Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer beteiligt. Ziel ist eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf unter 2 Grad, möglichst auf 1,5 Grad. Aktuell (Juni 2017) sind mögliche Auswirkungen des angekündigten Austrittes der USA noch nicht absehbar.

Die europäische Energie- und Klimapolitik wurde seit 2012 ebenfalls weiterentwickelt. Die „20-20-20 Ziele“ (20%ige Reduktion der Treibhausgase ggü. 1990, 20 % Steigerung der Energieeffizienz und 20 % Erneuerbare am PEV) für 2020 wurden um **Ziele für 2030** ergänzt (40%iger Reduktion der Treibhausgase, 27 % Erneuerbare, 27-30 % Effizienzsteigerung). Daneben wird die europäische Zusammenarbeit und Regulierung in der 2015 angestoßenen Energieunion weiter verstärkt.

Ein weiteres Instrument der europäischen Klimapolitik ist der Emissionshandel **ETS**, der sich aktuell in der 3. Phase befindet (bis 2020). Durch ein Überangebot an Emissionszertifikaten sind die Zertifikatspreise niedrig und erzeugen nur eine geringe klimapolitische Lenkungswirkung. Über die Reduzierung überschüssiger Zertifikate und einen höheren Kürzungsfaktor soll das Überangebot an Zertifikaten langfristig gesenkt werden. Erfolgen keine zusätzlichen Reformen, bleibt der Vermeidungsdruck durch den ETS in den nächsten Jahren jedoch gering.

In **Deutschland** erfolgte 2016 eine Konkretisierung der im Energiekonzept der Bundesregierung 2010 festgelegten THG-Minderungszielen. Der „Klimaschutzplan 2050“ enthält sektorale THG-Ziele für 2030. So sollen z.B. in der Energiewirtschaft die jährlichen THG-Emissionen auf 180 Mio. Tonnen, im Gebäudebereich auf 70 Mio. Tonnen reduziert werden. Szenario 1 dieses Berichts ist auf das Sektorziel für die Energiewirtschaft kalibriert, d.h. deutschlandweit werden in diesem Szenario 180 Mio. t eingehalten.

Ein Grundprinzip zur Erreichung der Ziele ist „Efficiency First“, also den Energiebedarf aller Sektoren deutlich zu senken.

Bei der Förderung erneuerbarer Energien ist die größte Änderung im Vergleich zu 2012 die Einführung verpflichtender Ausschreibungen zur Bestimmung der Vergütungshöhe.

2012 wurde ein Gesetz zur Demonstration der dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid erlassen. Daraus haben sich keine weiteren Aktivitäten ergeben. Eine großflächige Nutzung von CCS für Kraftwerke erscheint daher unwahrscheinlich, perspektivisch ist aber ein Einsatz von Kohlendioxidabscheidung und -nutzung oder -speicherung in der Industrie denkbar.

In Summe zeigt sich im Vergleich zu 2012 eine Weiterentwicklung und Verstärkung der internationalen und nationalen Klimapolitik.

Abbildung 8 fasst die Änderungen des energie- und klimapolitischen Rahmens zwischen 2012 und 2017 zusammen.

Abbildung 8: Wichtige Änderungen des energie- und klimapolitischen Rahmens

	2012	2017
Internationaler Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Kyotovertrag</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Klimavertrag von Paris</b> (2 Grad-Ziel bzw. 1,5 Grad-Ziel)</li> </ul>
Klimaziele Deutschland	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Energiekonzept der Bundesregierung</b> (von 2010), THG-Ziele (ggü. 1990): -40 % bis 2020 -55 % bis 2030 -80 % bis -95 % bis 2050</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Klimaschutzplan 2050</b> Sektorale THG-Ziele für 2030, z. B. 180 Mio. Tonnen für Stromsektor</li> </ul>
Effizienz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PEV: -20 % in 2020 und -50 % in 2050 (jeweils ggü. 2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Efficiency First“</li> <li>▪ Entwurf Gebäudeenergiegesetz</li> </ul>
Erneuerbare Energien	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stromverbrauch: 35 % in 2020 und 80 % in 2050</li> <li>▪ PEV: 18 % in 2020 und 60 % bis 2050</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stromverbrauch: 40 % bis 45 % in 2025 und 55 % bis 60 % in 2035</li> </ul>
CCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gesetz zur Demonstration von CCS (KSpG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktuell keine Aktivitäten</li> </ul>

Quelle: Prognos AG

## 4.4 Entwicklung der Energieeffizienz

Neben den Treibern des Energieverbrauchs, die in den vorstehenden Kapiteln dargestellt sind, ist die Entwicklung der **Energieeffizienz** ein entscheidender Einflussfaktor der künftigen Entwicklung. Ohne eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz wird die Energiewende, insbesondere das Ziel der Treibhausgasneutralität, zu einem teuren Unterfangen. Wie im vorstehenden Kapitel dargestellt, verfolgt die Bundesregierung das Ziel, den Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 um 50 % zu reduzieren. Hierbei kommt der Erhöhung der Energieeffizienz eine Schlüsselrolle zu. Unter der Überschrift „Energieeffizienz – Sparen ist unsere größte Energiequelle“ beschreibt das Energiekonzept der Bundesregierung verschiedene Ziele und Maßnahmen, wie dies materialisiert werden soll. Eine weitere Konkretisierung liegt in Form der Effizienzstrategie Gebäude vor.

Die deutsche Gesetzgebung, die z. B. Bestimmungen für die Sanierung von Bestandsgebäuden und für den Neubau enthält, gilt selbstverständlich auch für das Land Brandenburg. Dementsprechend werden die Wärmedämmstandards aus der EnEV in der Modellierung des Energiebedarfs zugrunde gelegt.

Allerdings stellt sich die Frage, ob angesichts einer eher verhaltenen Entwicklung der Wirtschaft, insbesondere im ländlichen Raum außerhalb des engeren Verflechtungsraums mit Berlin die Wirtschaftskraft und das Einkommen der Bevölkerung ausreichen, um umfangreiche Sanierungen mit weitgehender Energieeinsparungen vorzunehmen. Möglicherweise können das erwünschte und erforderliche Tempo oder die Sanierungstiefe nicht die gleiche Intensität erreichen, wie im Durchschnitt aller Bundesländer.

Für die vorliegende Studie wurde für das Basisszenario ohnehin eine Status-quo Entwicklung mit einem progressiven, aber nicht übermäßig ambitionierten Fortschreiten der Energieeffizienz unterstellt. In den Szenarien 1 und 2 gehen wir davon aus, dass eine beschleunigte und intensiviertere Sanierung der Gebäude und auch eine verbesserte Energieproduktivität in Gewerbe und Industrie sowie in der öffentlichen Hand zu einem niedrigeren Energiebedarf führen.

## 4.5 Erneuerbare Energien

Die Erzeugungstechnologien im Bereich der erneuerbaren Energien (EE), insbesondere die Windenergie, unterliegen weiterhin einer rasanten technischen Weiterentwicklung. Für die Szenarienbildung müssen daher einige **Annahmen bezüglich der Technologieentwicklung** getroffen werden. Die wichtigsten Annahmen sind der Flächenbedarf pro installierter Leistung, die erzielbaren Volllaststunden sowie die technische Lebensdauer der Anlagen. Die verwendeten Werte sind in Tabelle 2 aufgeführt. Für die Berechnungen wird zwischen Altanlagen (Bestand bis 2016) und Neuanlagen (Neubau ab dem Jahr 2017) unterschieden.

Die verwendeten Zahlen sind als Mittelwerte über alle Anlagen in Brandenburg und alle Jahre zu verstehen. Gerade bei den Volllaststunden und dem Flächenbedarf gibt es jedoch je nach verwendetem Anlagentyp und Standort erhebliche projektspezifische Unterschiede.

Tabelle 2: Zentrale Annahmen zu den erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien

	Altanlagen	Neuanlagen
<b>Windenergie</b>		
Volllaststunden	1.570	2.400
Leistungsdichte auf Flächen	19 MW/km <sup>2</sup>	17 MW/km <sup>2</sup>
Lebensdauer	20 Jahre	25 Jahre
<b>Solar PV</b>		
Volllaststunden	945	1.000
Leistungsdichte auf Freiflächen	-	59 MW/km <sup>2</sup>
Lebensdauer	25 Jahre	25 Jahre
<b>Biomasse</b>		
Volllaststunden	Modellergebnis*	Modellergebnis*
Lebensdauer	25 Jahre	25 Jahre
<b>Wasserkraft</b>		
Volllaststunden	Modellergebnis*	Modellergebnis*
Lebensdauer	50 Jahre	50 Jahre

\* Die Volllaststunden sind Ergebnis des Prognos Strommarktmodells für Deutschland

## 4.6 Sonstige Annahmen

Neben den in Kapitel 4.5 beschriebenen Entwicklungen im Bereich erneuerbarer Energien sind weitere technisch-wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Szenarien prägend.

Im Vergleich mit der letzten Energiestrategie (2012) steht die **Ab-scheidung und Speicherung von Kohlendioxid (CCS)** als Option nicht mehr zur Verfügung. Die Gründe hierfür sind letztlich in der fehlenden gesellschaftlichen Akzeptanz zu sehen, die dazu geführt hat, dass die Politik den Weg für weitergehende Erkundungen dieser Technologie verstellt hat. Damit ist klar, dass auf ab-sehbare Zeit keine Optionen zur Verfügung stehen, um Braunkohlenkraftwerke treibhausgasneutral betreiben zu können.

**Gaskraftwerke** wurden zeitweise auf maximale Effizienz ausgelegt und elektrische Wirkungsgrade von 60% schienen greifbar nahe. Hierfür wurden Gasturbinen mit Dampfprozessen kombiniert (sogenannte GuD-Kraftwerke). Die Entwicklung an den Strommärkten mit zunehmenden Zeiten sehr niedriger Strompreise und die günstigen Preise von Kohlen führte dazu, dass die GuD-Kraftwerke trotz ihrer hohen Effizienz kaum zum Einsatz kamen, da sie in der Einsatzordnung der Kraftwerke, der merit-order, meist sehr weit „rechts“ stehen, also erst zuletzt zugeschaltet wurden. Die wenigen Betriebsstunden reichten dann nicht, um die Investitionen zu verdienen, außer wenn über eine intensive Wärmenutzung zusätzliche Erlöse generiert werden können.

Infolge dessen ergibt sich, dass die in der Anschaffung relativ teuren GuD Kraftwerke nicht in den Kraftwerkspark der Zukunft passen, sondern eher günstige Gasturbinen (ohne Dampfprozess) oder Gasmotoren. Diese werden für die Absicherung benötigt, um Zeiten ohne Wind und Sonne überbrücken zu können. Die Backup Funktion steht im Vordergrund. Diese Kraftwerke sind eher Leistungslieferant als Stromlieferant

Eine weitere Änderung betrifft den Einsatz von Strom als Heizenergieträger und in der Mobilität („**Sektorkopplung**“). Im Zeitalter der vorwiegenden fossilen Erzeugung wurde Strom wegen des relativ schlechten Gesamtwirkungsgrads (z.B. 36% Nutzungsgrad im Kraftwerk, 98 % beim Endverbraucher<sup>2</sup> → Gesamtnutzungsgrad: 35 %) im Vergleich mit modernen Heizungsanlagen (Nutzungsgrad ca. 95 %) nicht zur Beheizung eingesetzt.

Da aber Heizungsanlagen, die mit fossilen Kohlenwasserstoffen (z.B. Mineralöl oder Erdgas) beheizt werden, dem Ziel der Treibhausgasneutralität im Wege stehen, sind treibhausgasneutrale Alternativen zu suchen. Die effizienteste Art der Beheizung ist dann die Kombination von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mit Wärmepumpen, die eine Jahresarbeitszahl von drei und höher erreichen können. Dies bedeutet, dass ein Teil Strom mit zwei Teilen Umweltwärme drei Teile Wärme im Haus zur Verfügung stellt. Aus diesem Grund wird der Wärmepumpe in der Gebäudebeheizung eine große Zukunft eingeräumt, allerdings ist Strom im Vergleich mit den Endenergieträgern Heizöl und Erdgas noch zu teuer, um die Wärmepumpe in allen Anwendungsfällen wirtschaftlich zu machen. Aus diesem Grund dürfte vor allem die Umstellung des Gebäudebestands auf Wärmepumpen noch mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen. In vielen Fällen könnten auch andere Lösungen zur Treibhausgasneutralität führen, z.B. wenn treibhausgasneutrale Kohlenwasserstoffe wie Biogas, synthetisches Erdgas oder synthetisches Öl aus erneuerbaren Energien zur Verfügung stehen. Die Technologieentwicklung dieser Brenn- und Treibstoffe

---

<sup>2</sup> Hier Stromdirektheizung unterstellt.

ist aber noch im Pilotstadium, auch wenn die meisten Technologien, die hierzu benötigt werden, bereits bekannt sind.

Auch für die Dekarbonisierung der **Fernwärmeerzeugung** kann Sektorkopplung eine Rolle spielen. So kann Strom aus erneuerbaren Energien zur Beheizung von Wasser genutzt werden, welches dann über vorhandene Fernwärmeleitungen zu den Endkunden transportiert wird.

Unter dem Stichwort Sektorkopplung wird aber nicht nur die Umstellung der Gebäudebeheizung auf Strom-Wärmepumpen verstanden, sondern auch die **Umrüstung im Mobilitätsbereich**. Elektrische Autos werden zunehmend in den privaten Bestand gelangen, angesichts der Entwicklung der letzten Jahre ist es nur eine Frage der Zeit, bis die Elektroautos hinsichtlich Performance und Preis wettbewerbsfähig mit den Verbrennern werden.

Zudem kann Strom auch ein Teil der Lösung sein, wenn **Produktionsprozesse**, in denen heute Gas oder Öl als Wärmelieferanten eingesetzt werden, künftig mit Strom arbeiten. Allerdings gibt es auch Industrieprozesse, in denen der in den Energieträgern enthaltene Kohlenstoff ein Teil des Prozesses ist. Diese lassen sich nicht vollständig elektrifizieren. Möglicherweise eignen sich diese Bereiche für den Einsatz von Biomasse.

## 5 Ergebnisse Endenergiebedarf

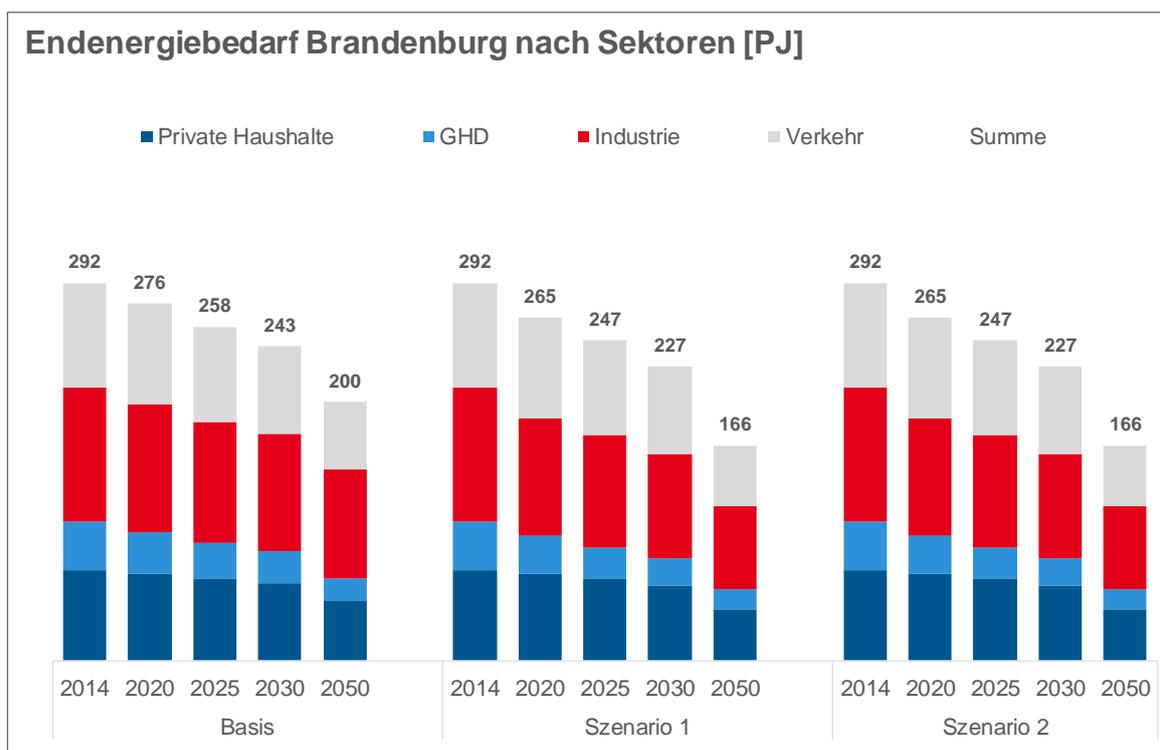
In diesem Kapitel erfolgt die Prognose des Endenergieverbrauchs für das Land Brandenburg in den verschiedenen Szenarien. Dabei wird der Endenergieverbrauch sowohl nach den Verbrauchssektoren als auch nach Energieträgern ausgewiesen.

### 5.1 Endenergieverbrauch nach Sektoren

Der Endenergiebedarf im Land Brandenburg wird bis zum Jahr 2030 und langfristig bis 2050 insbesondere aufgrund einer steigenden **Energieeffizienz** zurückgehen. Parallel dazu kommt es zu einem **Energieträgerwechsel** zu Erneuerbaren bzw. ggf. emissionsärmeren Brennstoffen. Die Entwicklung fällt deshalb in den einzelnen Verbrauchssektoren und für die Energieträger unterschiedlich aus.

Im **Basisszenario** ist mit einem Rückgang des Endenergieverbrauchs von rund 292 PJ im Jahr 2014 auf rund 243 PJ im Jahr 2030 (-17 %) zu rechnen (vgl. Abbildung 9). Dabei zeigen sich deutliche Unterschieden zwischen den Verbrauchssektoren. Der stärkste Rückgang ist aufgrund des schnelleren Gebäudeumschlags im GHD-Sektor (-34 %) zu verzeichnen, dagegen fällt die Reduzierung im industriellen Bereich (-12 %) geringer aus.

Abbildung 9: Endenergiebedarf Brandenburg nach Verbrauchssektoren in den Szenarien



Quelle: Eigene Berechnung der Prognos AG

Für das Erreichen dieses Rückgangs im Basisszenario ist die Umsetzung **zusätzlicher (Effizienz)Maßnahmen** in allen Sektoren erforderlich. Beispielsweise wurde eine leichte Steigerung der Sanierungsrate angenommen oder im Verkehrssektor ist einer Steigerung der Beimischung biogener Kraftstoffanteile oder eine teilweise Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene unterstellt.

In den **Szenarien 1 und 2** wurden im Vergleich zum Basisszenario **zusätzliche Effizienzmaßnahmen** unterstellt. Hier wird ein Rückgang des Endenergieverbrauchs von rund 292 PJ im Jahr 2014 auf rund 227 PJ im Jahr 2030 (-22 %) erwartet (vgl. Abbildung 9). Nach dem Jahr 2030 fällt der Rückgang im Vergleich zum Basisszenario noch deutlicher aus. Es zeigt sich, dass alle Sektoren ihren Beitrag zur Zielerfüllung in den Szenarien 1 und 2 liefern müssen. In Szenario 2 ist zusätzlich nach dem Jahr 2030 im Vergleich zum Szenario 1 ein **vollständiger Energieträgerwechsel** von noch bestehenden fossilen Energieträgern hin zu Erneuerbaren vorgesehen (vgl. Kapitel 5.2), da im Szenario 2 im Jahr 2050 keine CO<sub>2</sub>-Emissionen anfallen dürfen.

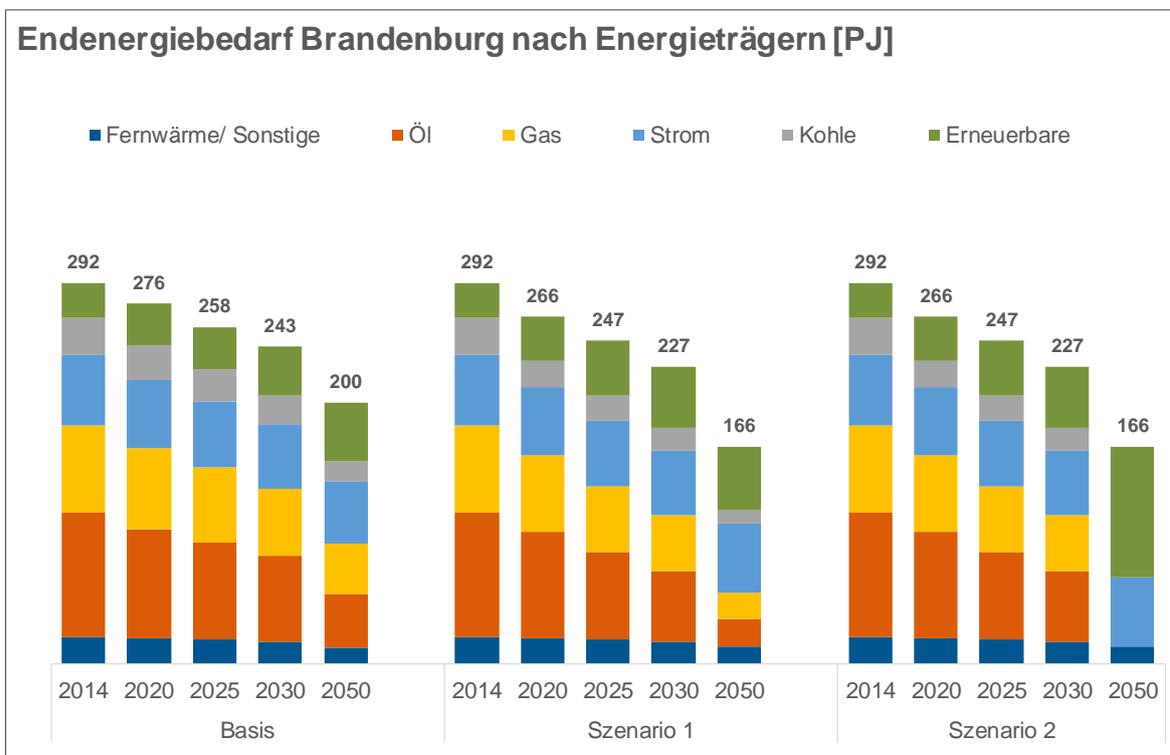
In **allen Sektoren** sind zusätzlichen Effizienzmaßnahmen in den Szenarien 1 und 2 notwendig. So wird eine stärker steigende **Sanierungsrate und Sanierungseffizienz** für den Gebäudebereich (durch Bereitstellung zusätzliche Fördermittel) angenommen. Gleichzeitig sinkt durch die Realisierung von **Prozessoptimierungen** und die Implementierung neuer **Verfahrenstechnik** der Endenergieverbrauch im gewerblichen und industriellen Bereich. Im Verkehrssektor ist eine zunehmende **Elektrifizierung** und die Inbetriebnahme effizienterer Fahrzeuge unterstellt.

## 5.2 Endenergiebedarf nach Energieträgern

Im **Basisszenario** ist mit einem Rückgang des Endenergieverbrauchs um rund 17 % zu rechnen (vgl. Abbildung 9 und Abbildung 10). Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen der Entwicklung bei den einzelnen Energieträgern. Die **fossilen Energieträger** verlieren dabei bis zum Jahr 2030 Marktanteile, wobei der Rückgang im industriellen Bereich und im Verkehr am geringsten ist. Der Rückgang basiert einerseits auf den durchgeführten Effizienzmaßnahmen und andererseits aufgrund von Substitutionsannahmen, wo insbesondere Kohle und Öl im Basisszenario zu den Verlierern zählen.

Der absolute und relative Anteil der **Erneuerbaren** kann deutlich zulegen, insbesondere steigt der Einsatz der erneuerbaren Energien zur Gebäudeheizung. Bis zum Jahr 2050 verschärfen sich diese Trends bereits im Basisszenario, auch steigt hier der Anteil des erneuerbaren Stroms.

Abbildung 10: Endenergiebedarf Brandenburg nach Energieträgern in den Szenarien



Quelle: Eigene Berechnung der Prognos AG

Die **Szenarien 1 und 2** unterscheiden sich erst nach dem Jahr 2030. Neben gesteigerten Effizienzmaßnahmen wird hier bis 2030 eine verstärkte Substitution hin zu Erneuerbaren sowie eine weitergehende Elektrifizierung angenommen. Beispielsweise steigt der Anteil der Erneuerbaren (z. B. Wärmepumpen) an der Beheizungsstruktur der Gebäude (auch zu Lasten des Energieträgers Gas) oder die Biokraftstoffbeimischung bzw. die Zahl der Elektrofahrzeuge. Im **Szenario 1** bleibt langfristig bis 2050 noch Platz für fossile Energieträger im Endenergieverbrauch, dagegen ist im **Szenario 2** eine vollständige Umstellung auf erneuerbare Energien notwendig. Möglichkeiten sind hier beispielsweise auch „grünes Gas“ oder „grüne flüssige Energieträger“. Gleichzeitig müssen auch die **Fernwärme** und die **Stromerzeugung** langfristig komplett auf Erneuerbare umgestellt werden.

### 5.3 Einordnung der Ergebnisse

Die folgende Abbildung 11 zeigt die **Zielerreichung** der in der Energiestrategie 2030 gesetzten Ziele bezüglich des Endenergieverbrauchs in den betrachteten Szenarien.

Es wird deutlich, dass die Zielerreichung in den einzelnen **Verbrauchssektoren** sehr unterschiedlich ausfällt. Es zeigt sich auch,

dass für die Zielerreichung kurz-, mittel- und langfristig die **Umsetzung weiterer Maßnahmen** in allen Sektoren notwendig ist.

In den Sektoren **Private Haushalte und GHD** (PHH/ GHD) ist eine Zielerreichung möglich. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine anhaltende und steigende Sanierungsrate der Gebäude sowie die Realisierung einer schnelleren Umschlagrate im Gewerbebereich.

Im **Industriebereich** (IND) werden die gesteckten Ziele der Energiestrategie 2030 deutlich verfehlt. Diese Verfehlung ist auf eine sehr **ambitionierte Zielsetzung** für den Sektor Industrie in der aktuellen Energiestrategie 2030 zurückzuführen. In den letzten Jahren ist der Energiebedarf der Industrie im Land Brandenburg nach einem deutlichen Einbruch im Zuge der (weltweiten) Wirtschafts- und Finanzkrise wieder auf das Vorkrisenniveau gestiegen. Die aktuelle Zielsetzung der Energiestrategie 2030 für die Industrie basiert wahrscheinlich auf Werten, die den krisenbedingten Rückgang in Betracht gezogen haben. Aus heutiger Sicht und auch vor dem Hintergrund zahlreicher Ausnahmeregelungen für die Industrie ist das aktuelle Ziel für die Industrie nicht realistisch und sollte angepasst werden. Insbesondere in den Zielszenarien bereits weitere Effizienzmaßnahmen unterstellt, für die auch zusätzliche politische Weichenstellungen notwendig sind.

Abbildung 11: Zielerreichung in den Endverbrauchssektoren in den Szenarien

Sektor	EEV 2007 (temp.) [PJ]	Ziel der ES 2030 für das Jahr 2030 [PJ]	EEV 2014 (temp.) [PJ]	Basis-szenario 2030 [PJ]	Szenario 1 2030 [PJ]	Szenario 2 2030 [PJ]
PHH/ GHD	114,2	83,4	107	84	79	79
IND	102,9	67,3	103	91	81	81
VER	78,6	68,8	81	67	67	67
VER, inkl. BER*	78,6	68,8	81	81	81	81

Quelle: Eigene Darstellung auf der Basis von (Brandenburg, Ministerium für Wirtschaft und Energie, 2012)

Im **Verkehrsbereich** (VER) sind zusätzliche Effizienzanstrengungen notwendig, um in Zukunft einen rückläufigen Endenergieverbrauch zu erreichen. Hier wirkt sich mittel- bis langfristig auch die relativ negative demografische Entwicklung senkend auf den Energiebedarf aus. Hinzu kommt in allen Szenarien ein verstärkter Verkehrs- und Energieträgerwechsel hin zum Schienenverkehr und zu erneuerbaren Energien, dieser Trend verschärft sich in den Szenarien 1 und 2 im Vergleich zum Basisszenario. Mit Einbeziehung des BER-Flughafens ergibt sich in diesem Bereich eine deutliche Steigerung des Endenergieverbrauchs.

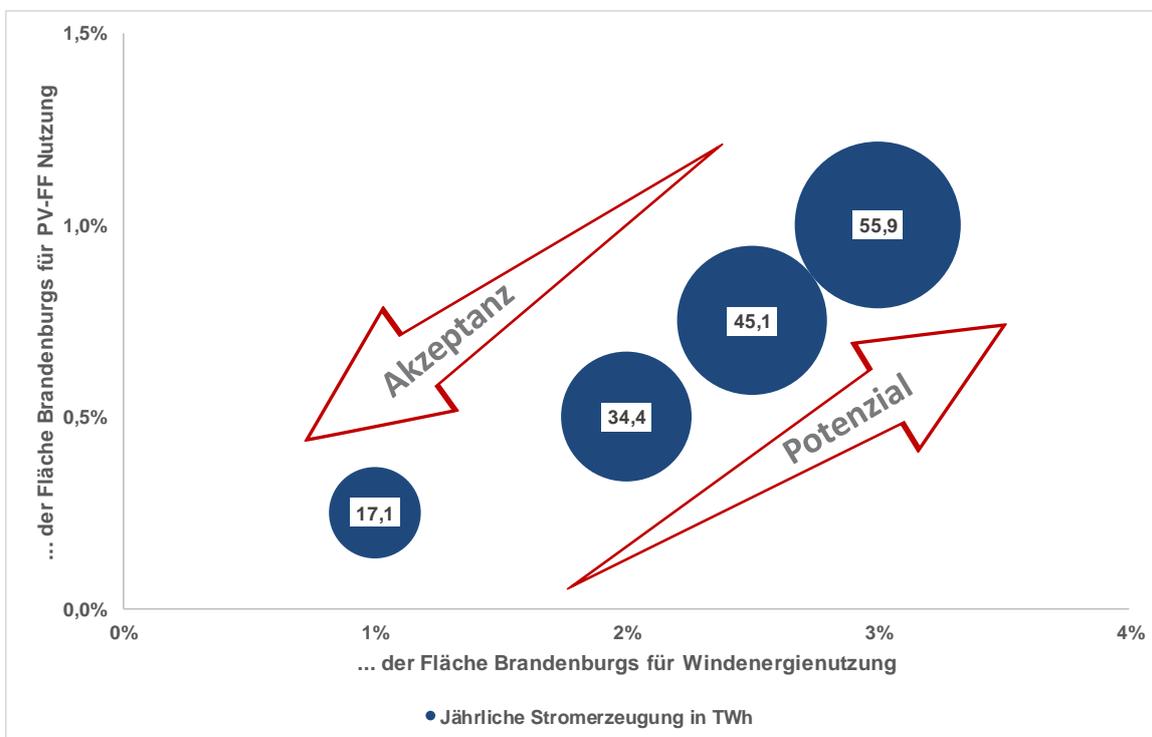
## 6 Ergebnisse Stromsektor

### 6.1 Erneuerbare Energien

Die **Potenziale** für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Land Brandenburg hängen besonders bei den flächenrelevanten Technologien Windenergie (an Land) und Photovoltaik Freiflächenanlagen maßgeblich von den in der Regionalplanung zur Verfügung gestellten Flächen ab. Das physikalisch verfügbare Potenzial wird auf Grund von Restriktionen bei der Flächennutzung (wie definierten Schutzgebieten und Abstandsregelungen zur Wohnbebauung) niemals vollständig ausgeschöpft werden können.

Abbildung 12 zeigt die sich ergebenden jährlichen Stromerzeugungspotenziale aus Wind und Sonne (nur Freifläche) im Land Brandenburg in Abhängigkeit der zur Verfügung gestellten anteiligen Landesfläche. Während die Bereitstellung von mehr Flächen einerseits zu einem höheren ausschöpfbaren Potenzial führt, führt sie andererseits auch zu weniger Akzeptanz in der Bevölkerung.

Abbildung 12: Erzeugungspotenziale der von Wind und PV-Freifläche in Brandenburg in Abhängigkeit der zur Verfügung gestellten Flächen



Quelle: Eigene Berechnung der Prognos AG

Die Entwicklung eines **Ausbaupfads der erneuerbaren Energien** im Land Brandenburg muss vor dem Hintergrund der mit dem EEG

2017 eingeführten Mengensteuerung erfolgen. Mit dem Gesetz ging eine grundsätzliche Umstellung des Fördersystems für erneuerbare Energien weg von einer Preissteuerung mit gesetzlich festgelegten Vergütungssätzen einher. Die ermittelten Ausbaumengen basieren daher auf dem angenommenen mengengesteuerten Ausbau in Deutschland, welcher dann auf das Land Brandenburg regionalisiert (anteilig verteilt) wird.

Tabelle 3 zeigt die angenommenen Anteile Brandenburgs am Bruttozubaubau in Deutschland. Für die Windenergie wird von einer deutlichen Zunahme des Zubauanteils ausgegangen. Dies ist hauptsächlich dadurch begründet, dass Brandenburg anders als die nördlichen Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern (MV), Schleswig-Holstein und Niedersachsen nicht von der Festlegung der Netzausbaugelände (und damit einer begrenzten Zuschlagsmenge in den Ausschreibungen) betroffen ist. Gerade aus MV kann mit Abwanderungseffekten in Richtung nördliches Brandenburg gerechnet werden.

Darüber hinaus stellt Brandenburg derzeit einen Anteil von 17% an den in den Raumordnungsplänen oder aktuellen Entwürfen ausgewiesenen Windeignungsgebieten in Deutschland (Zaspel-Heisters, 2015).

*Tabelle 3: Anteile Brandenburgs am bundesweiten Bruttozubaubau der erneuerbaren Energien*

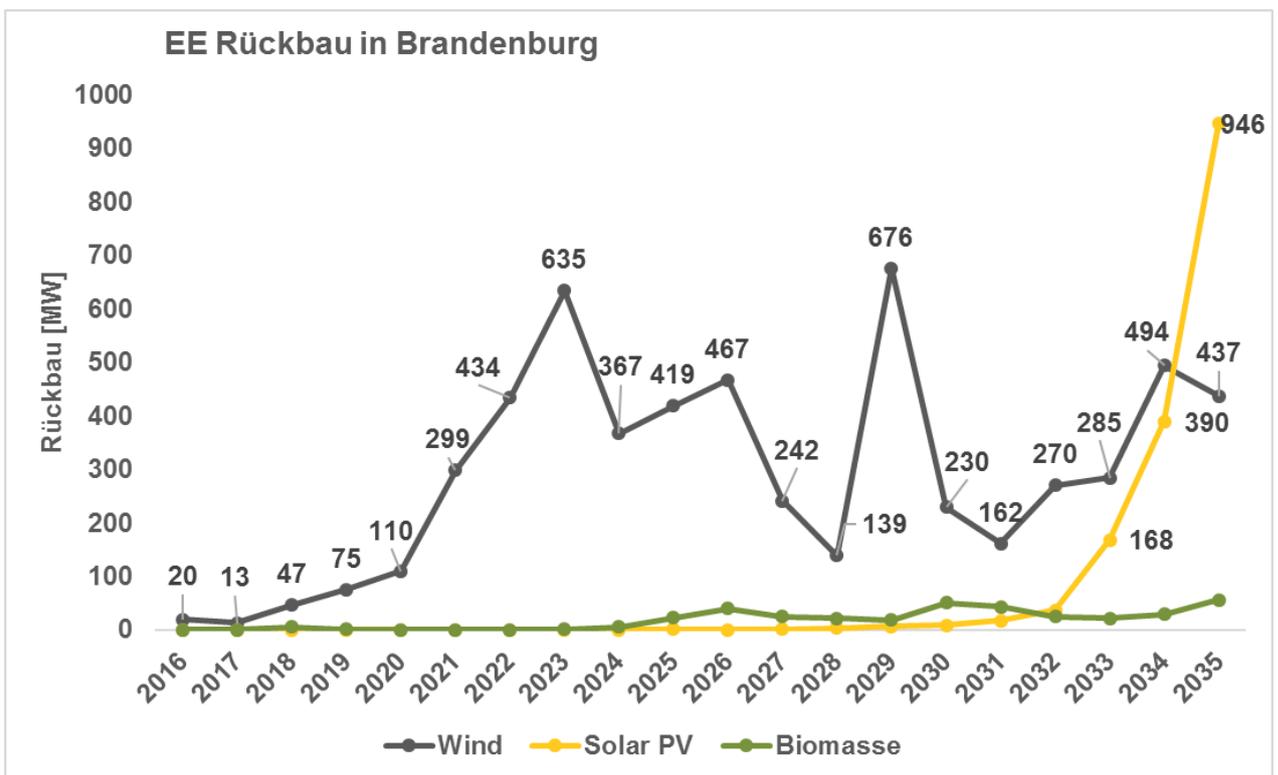
Technologie	Anteil BB an Deutschland 2010 - 2015	Anteil BB an Deutschland 2017 - 2030	Kommentar
<b>Wind</b>	10,6 %	16 %	Begrenzter Zubau in anderen Bundesländern (Netzausbaugelände, Abstandsregelungen) führt zu Erhöhung des Anteils von Brandenburg
<b>PV</b>	9 %	7 %	Anteil Brandenburg zuletzt deutlich niedriger als 9 %.
<b>Biomasse</b>	Knapp 6 %	Knapp 6 %	

*Quelle: Eigene Berechnungen und Annahmen der Prognos AG*

Um den tatsächlichen Zubau (**Nettozubaubau**) in Brandenburg zu ermitteln, muss vom Bruttozubaubau zunächst der zu erwartende **Rückbau** abgezogen werden. Unter der Annahme der technologiespezifischen Anlagenlebensdauern (siehe Tabelle 2) ergibt sich bis zum Jahr 2035 der Rückbau wie in Abbildung 13 dargestellt. Für Windenergie an Land ist ein signifikanter Rückbau ab dem Jahr 2020 zu

erwarten, der im Basisszenario in den Jahren 2023 und 2029 sogar zu einem Rückgang der insgesamt in Brandenburg installierten Leistung führen kann. Für Solar PV wird ein starker Rückbaueffekt erst ab dem Jahr 2033 erwartet, 25 Jahre nach den starken Zubaujahren 2008 bis 2012.

Abbildung 13: Angenommener Rückbau von Wind und PV Anlagen in Brandenburg in allen Szenarien

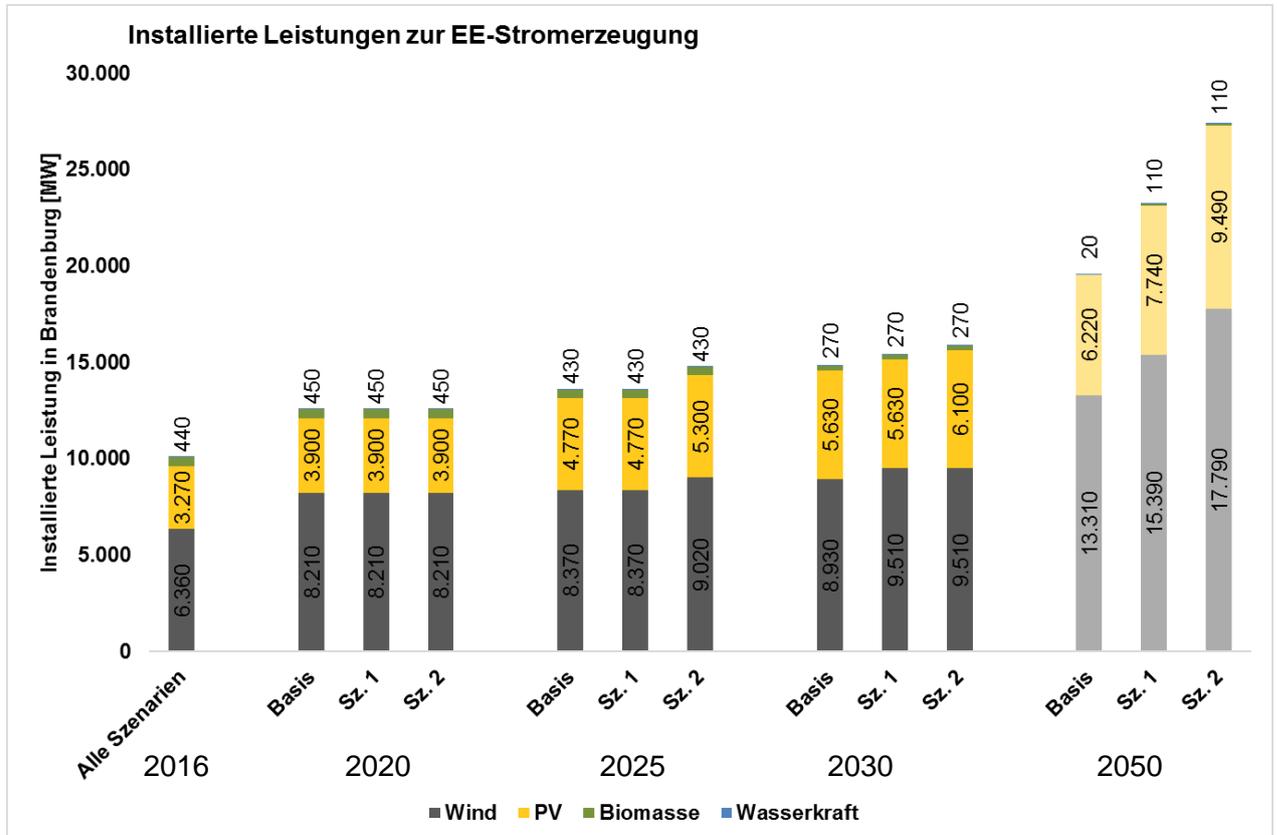


Der Ausbau der erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung in Brandenburg für die drei betrachteten Szenarien ist in Abbildung 14 dargestellt.

Abbildung 15 zeigt die daraus resultierende jährliche Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.

Sowohl bei der installierten Leistung als auch bei der Stromerzeugung unterscheiden sich die Szenarien bis zum Jahr 2030 nur geringfügig voneinander. Im Jahr 2030 wird eine im Szenario 1 um 5 % bzw. im Szenario 2 um 7 % höhere Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zum Basisszenario erreicht.

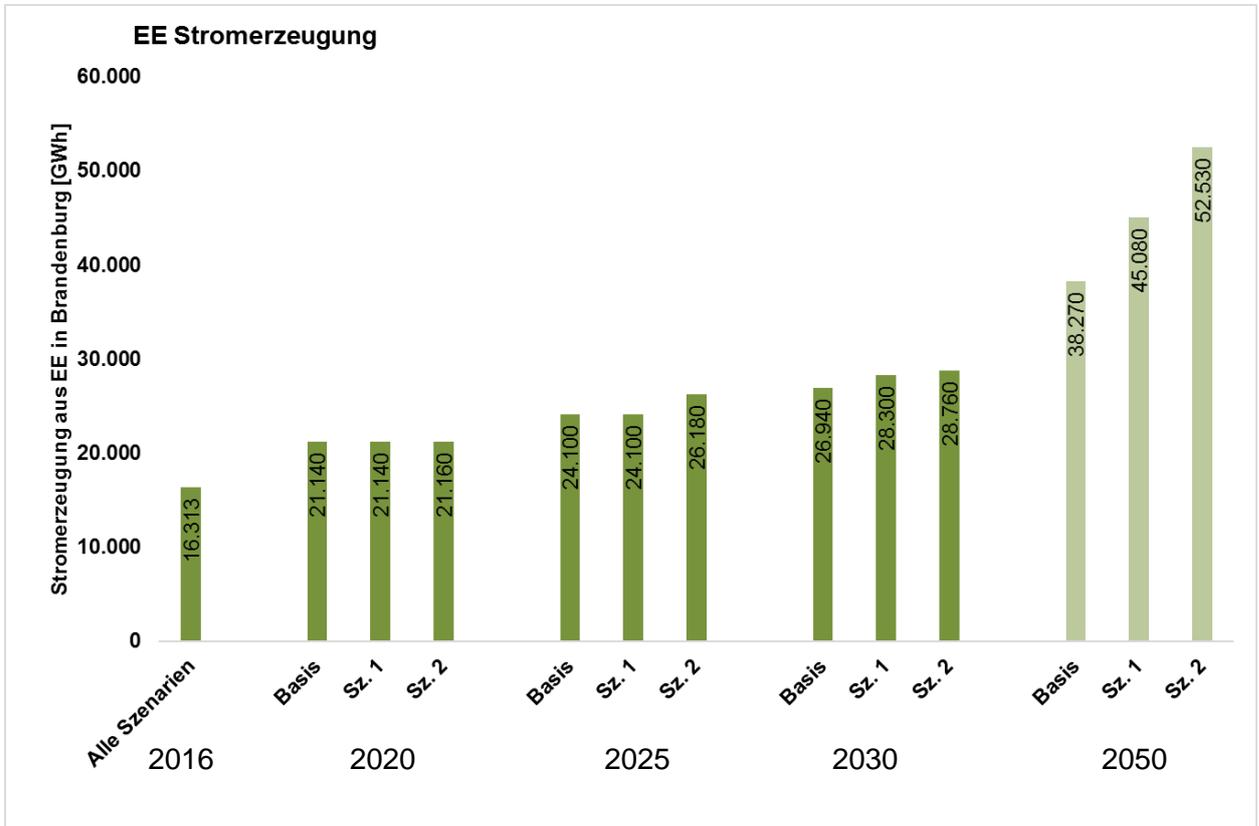
Abbildung 14: Installierte Leistung erneuerbarer Energien in Brandenburg in den Szenarien



Die in der Energiestrategie 2030 erwähnte Stromerzeugung von 28 TWh im Jahr 2030 (101 PJ) wird damit nur in den Szenarien 1 und 2, nicht jedoch im Basisszenario erreicht. Dies erfolgt durch einen leicht erhöhten Zubau von Windenergie und im Szenario 2 zusätzlich durch einen erhöhten Zubau von Photovoltaik.

Nach dem Jahr 2030 entwickeln sich die Szenarien dann deutlich unterschiedlich, so dass die Stromerzeugung im Vergleich zum Basisszenario bis zum Jahr 2050 im Szenario 1 um 18 % und im Szenario 2 um 37 % gesteigert werden kann.

Abbildung 15: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Brandenburg in den Szenarien

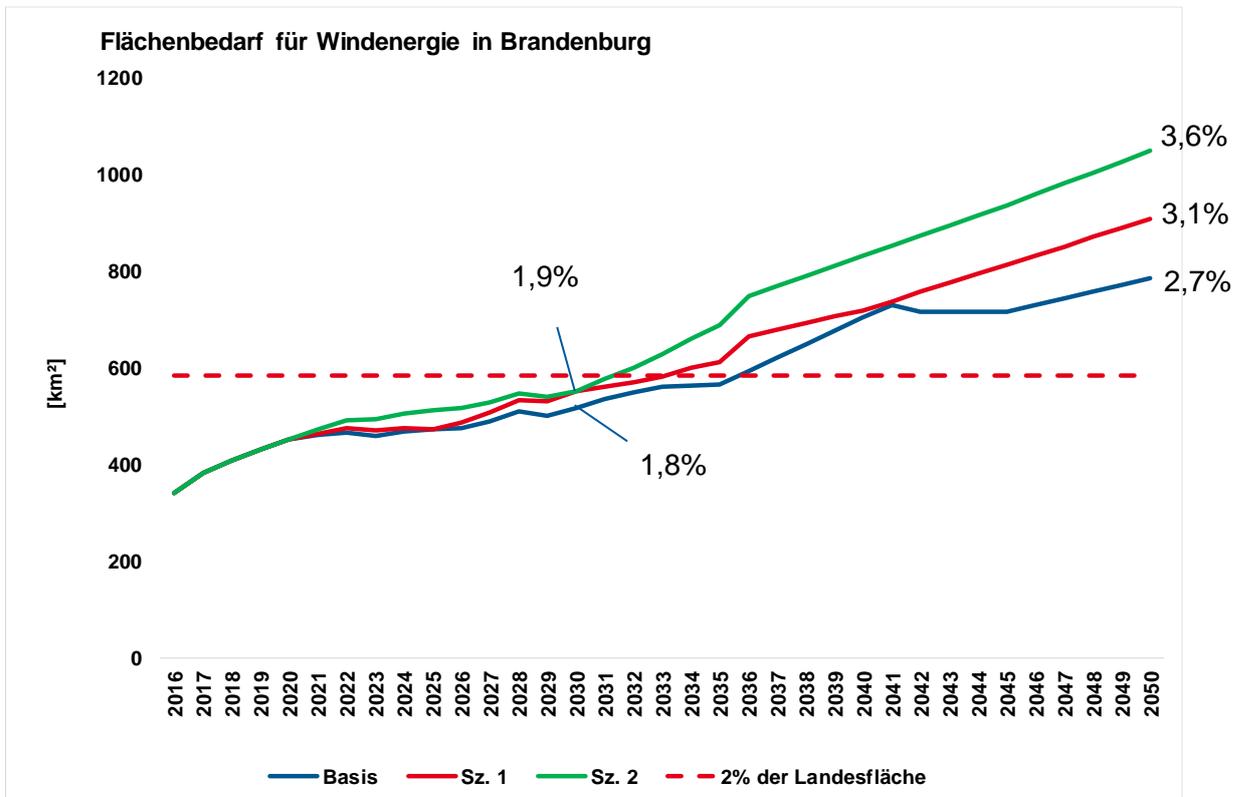


Die installierten Leistungen in der Windenergie erfordern die Bereitstellung ausreichender **Flächen** in der Regionalplanung. Abbildung 16 zeigt die in den unterschiedlichen Szenarien erforderlichen Anteile der Landesfläche für die Nutzung durch Windenergieanlagen.

In allen Szenarien ist eine Gesamtfläche, die 2% der Landesfläche Brandenburgs entspricht, ausreichend um die Ausbauziele des Jahres 2030 zu erreichen. Je nach eingeschlagenem Szenario werden jedoch für den weiteren Ausbau in den Jahren 2031 bis 2036 erstmals mehr als 2 % der Landesfläche benötigt.

Damit die Windenergie die Leistung in den drei Szenarien im Jahr 2050 erreichen kann, bedarf es je nach Szenario zwischen 2,7 % und 3,6 % der Landesfläche Brandenburgs.

Abbildung 16: Flächenbedarf für den Ausbau der Windenergie in Brandenburg in den Szenarien



## 6.2 Thermischer Kraftwerkspark und Stromerzeugung gesamt

### 6.2.1 Annahmen für Deutschland in den Szenarien

Die Annahmen zur Entwicklung des thermischen Kraftwerksparks in Brandenburg sind in hohem Maße von der Entwicklung abhängig, die sich im deutschen und europäischen Strommarkt ergibt. Aus diesem Grund sind zunächst Annahmen für die Entwicklung des deutschen Strommarktes zu treffen, bevor die Entwicklung in Brandenburg beschrieben wird.

Die Ermittlung des Strombedarfs steht am Anfang dieser Analyse. Für Deutschland gehen wir bis zum Jahr 2030 von einem rückläufigen Strombedarf aus. Bedingt durch eine schnelle Steigerung der Energieeffizienz in allen Anwendungsgebieten sinkt der Strombedarf um 10 % (Basis), 13 % (Sz. 1) bzw. 15 % (Sz. 2). Nach 2030 kehrt sich der Trend allerdings um, da neue Anwendungen in den Wärmemärkten und in der Mobilität den Stromverbrauch ansteigen lassen. Im Basisszenario und in Szenario 1 liegt der Stromverbrauch im Endjahr der Langfristprognose (2050) nur leicht unter

dem Ausgangsjahr. Im Szenario 2 steigt der Strombedarf deutlich an, weil Strom als wichtiges Element der Reduktion von Treibhausgasen in den Verbrauchssektoren gesehen wird.

Abgeleitet von der Entwicklung der Stromnachfrage ergibt sich der Ausbau der erneuerbaren Energien (vgl. Kapitel 6.1). Die Stromnachfrage, die nicht durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann, muss durch regelbare Kraftwerke und Speicher gedeckt werden.

Darüber hinaus gehen in die Szenarien die Annahmen zu den ökonomischen und regulatorischen Rahmenbedingungen ein. Hierauf ist in Kapitel 4 eingegangen worden.

Während die Beendigung der Stromerzeugung aus Kernenergie bis zum Jahr 2022 fest eingeplant werden kann, hängt insbesondere die Braunkohlenverstromung entscheidend davon ab, welcher gesellschaftliche Konsens zur Kohlenutzung gefunden wird. Prognos geht davon aus, dass dieses Thema in der nächsten Legislaturperiode des Bundestages auf die politische Agenda kommt. Allerdings ist das Ergebnis nicht vorhersehbar. Klar ist, dass sehr ambitionierter Klimaschutz nicht gelingen kann, wenn noch Braunkohle ohne CO<sub>2</sub>-Abscheidung verstromt wird. Werden nicht die Emissionen eines bestimmten Jahres, sondern die gesamten (kumulierten) Emissionen über einen Zeitraum Gegenstand künftiger Klimaverhandlungen, so ist es für eine Volkswirtschaft vorteilhaft, aus Technologien mit hohen Emissionen schnell auszusteigen, um gegen Ende mehr Budget und damit mehr Zeit für die Reduktion der energiebedingten Emissionen zu haben. Wir gehen davon aus,

- dass im Basisszenario keine ordnungsrechtlichen oder anderen Einschränkungen hinsichtlich der Braunkohlennutzung bestehen. Die bisher geltenden Klimaziele Deutschlands werden verfehlt.
- dass in Szenario 1 die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Umwandlungssektor das im Klimaschutzplan 2050 formulierte Ziel von 180 Mio. t für Deutschland im Jahr 2030 einhalten,
- und dass in Szenario 2 ein Budget von insgesamt 4 Mrd. t für den Stromsektor eingehalten wird.

Prognos verfügt über ein europäisches Kraftwerksmodell, in dem alle großen Kraftwerke in Europa, für Deutschland ab 20 MW, enthalten sind. Ist eine Residuallast vorgegeben, berechnet das Modell für jede Stunde bis zu einem beliebigen Zukunftszeitpunkt bis 2050, welche Kraftwerke zum Einsatz kommen und wie sich der thermische Kraftwerkspark zusammensetzen wird. Die nachfolgende Abbildung stellt Eingangsgrößen und Modellaufbau schematisch dar.

Abbildung 17: Schematischer Aufbau des Prognos Kraftwerksmodells



Quelle: Prognos AG

Weitere Annahmen zum Betrieb der Kraftwerke in Deutschland und Brandenburg sind in der nachfolgenden Darstellung enthalten:

Abbildung 18: Weitere Annahmen zur Kraftwerksmodellierung

- Technische Lebensdauer** der Kraftwerke (betrifft vor allem das Basisszenario)
  - Braunkohle: 50 Jahre
  - Steinkohle: 47 Jahre
  - GuD/GT: 45 Jahre
- Zielerreichung in den Szenarien 1 und 2 durch **Herausnahme von Kohlekraftwerken** erforderlich
- Alle Braun- und Steinkohlekraftwerke innerhalb eines Szenarios werden gleichbehandelt
- Herausgenommene Kraftwerke können ggf. als Back-up-Leistung eingesetzt werden.
- Szenario 1**
  - Kraftwerke mit Baujahr (BJ) vor 1990: Stilllegung bis 2030
  - Mindestalter der Kohle-Kraftwerke: 35 Jahre (BJ vor 2005: Mindestalter 40 Jahre)
- Szenario 2**
  - Maximale Lebensdauer: 30 Jahre
  - Ab 21. Lebensjahr: Reduzierung der Betriebsstunden
  - 2035: letzte Kohlekraftwerke gehen vom Netz

Quelle: Prognos AG

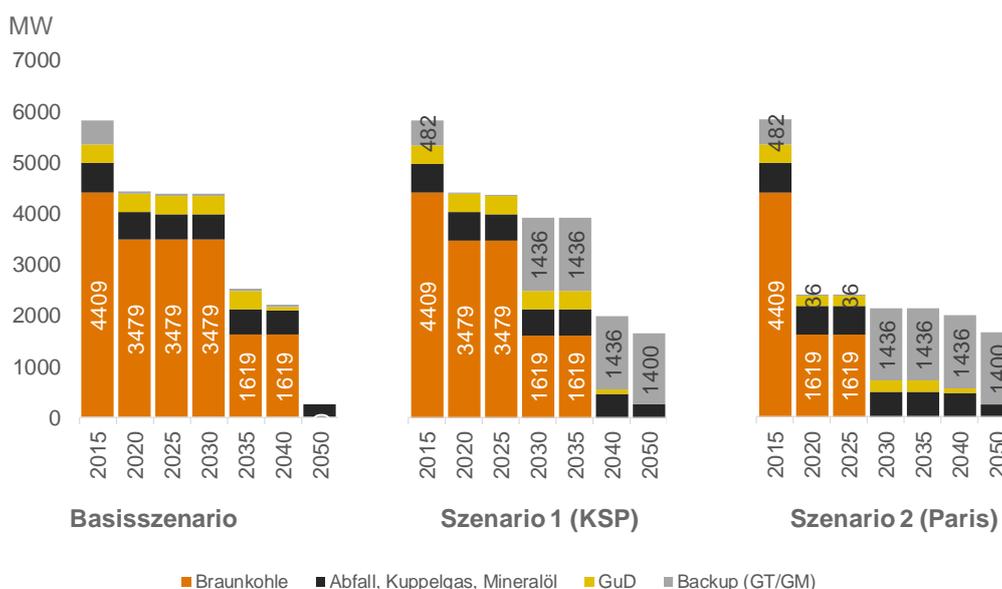
## 6.2.2 Annahmen und Ergebnisse für das Land Brandenburg

Wie dargestellt, modelliert Prognos den deutschen und europäischen Strommarkt. Die Kraftwerke in Brandenburg sind Teil dieses Strommarktes und gehorchen den gleichen Gesetzen. Mittels einer Sonderauswertung wird der künftige Einsatz der brandenburgischen Kraftwerke hergeleitet. Insbesondere ist von Interesse, wann welche Kraftwerke in der Lausitz außer Betrieb gehen, welche Marktchancen ggf. ein Gaskraftwerk in Brandenburg hätte und inwieweit erneuerbare Energien den Wegfall der fossilen Erzeugung auffangen können.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Mix der thermischen Kraftwerke in Brandenburg in den drei Szenarien bis 2050. Es wird deutlich, dass im Basisszenario Braunkohlenkraftwerke zwischen 2040 und 2050 außer Betrieb gehen. In Szenario 1 ist dieser Zeitpunkt bereits 2037/2038, in Szenario 2 zwischen 2028/2029 erreicht, wie genaue Analysen zeigen.

In den Szenarien 1 und 2 entsteht durch den höheren Anteil erneuerbarer Energien ein Bedarf an Reservekraftwerken, die lediglich zur Leistungsabsicherung betrieben werden und daher nur wenige Stunden im Jahr laufen. Sie sind in der Abbildung in grau dargestellt. Hier wurde von einem gasbetriebenen Kraftwerk bzw. mehreren Kraftwerksblöcken (z.B. Gasmotoren) mit einer elektrischen Gesamtleistung von 1.400 Megawatt ausgegangen.

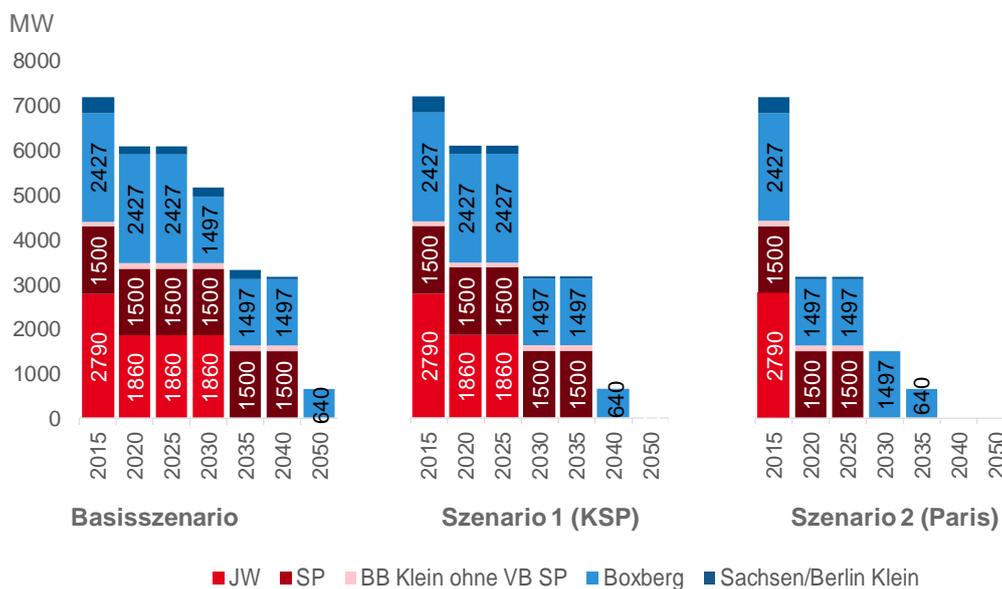
Abbildung 19: Leistung thermischer Kraftwerke in Brandenburg in den Szenarien bis 2050



Hinweise: KSP: Klimaschutzplan, Paris: Konform mit Paris-Abkommen  
 GuD: Gas- und Dampfkraftwerke, GT/GM: Gasturbine/Gasmotor,  
 Backup: Reservekraftwerke

Es ist zu beachten, dass die Kraftwerke und Tagebaue im Lausitzer Revier über die Landesgrenze hinweg einen Verbund bilden. Brandenburgische Kraftwerke wie Jänschwalde und Schwarze Pumpe können aus den brandenburgischen und sächsischen Tagebauen beliefert werden. Umgekehrt können brandenburgische Tagebaue aber auch z.B. das sächsische Kraftwerk Boxberg beliefern. Aus diesem Grund zeigt die nachfolgende Darstellung die Nettoleistung aller Braunkohlenkraftwerke in der Lausitz.

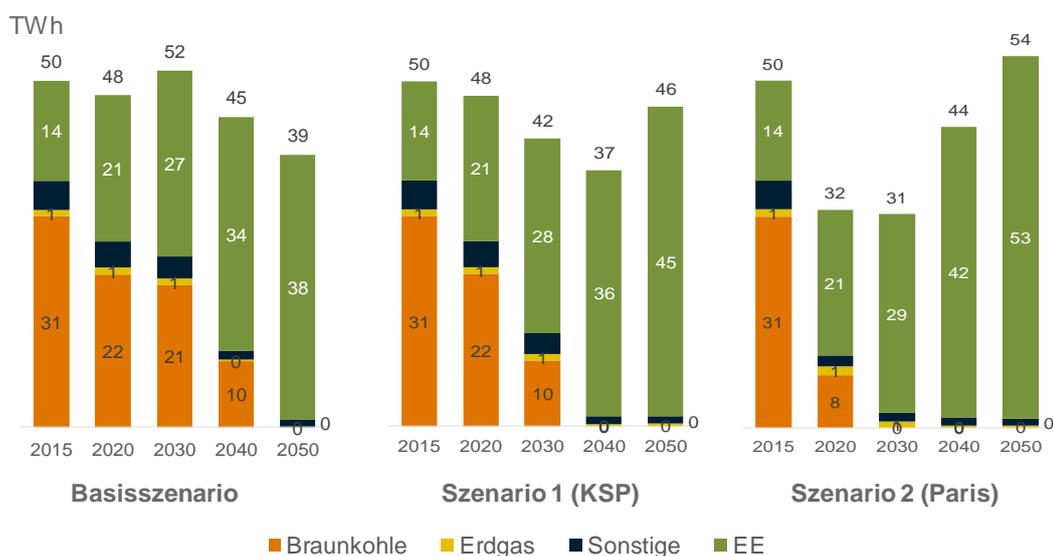
Abbildung 20: Nettoleistung von Braunkohlenkraftwerken in der Lausitz in den Szenarien



Hinweis: JW: Jänschwalde, SP: Schwarze Pumpe, BB Klein: Cottbus, Frankfurt (O.)

Werden nun erneuerbare Energien und thermische Kraftwerke gemeinsam dargestellt, so ergibt sich die gesamte Stromerzeugung in den jeweiligen Szenarien. Diese ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 21: Stromerzeugung in Brandenburg nach Energieträgern



Quelle: Prognos AG

Es wird deutlich, dass die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Basisszenario 2050 nahezu 100% erreicht, im Szenario 1 bereits 2040 und im Szenario 2 bereits 2030 kaum noch Strom aus fossilen Energieträgern erzeugt wird.

### 6.3 Brennstoffeinsatz und Tagebaue

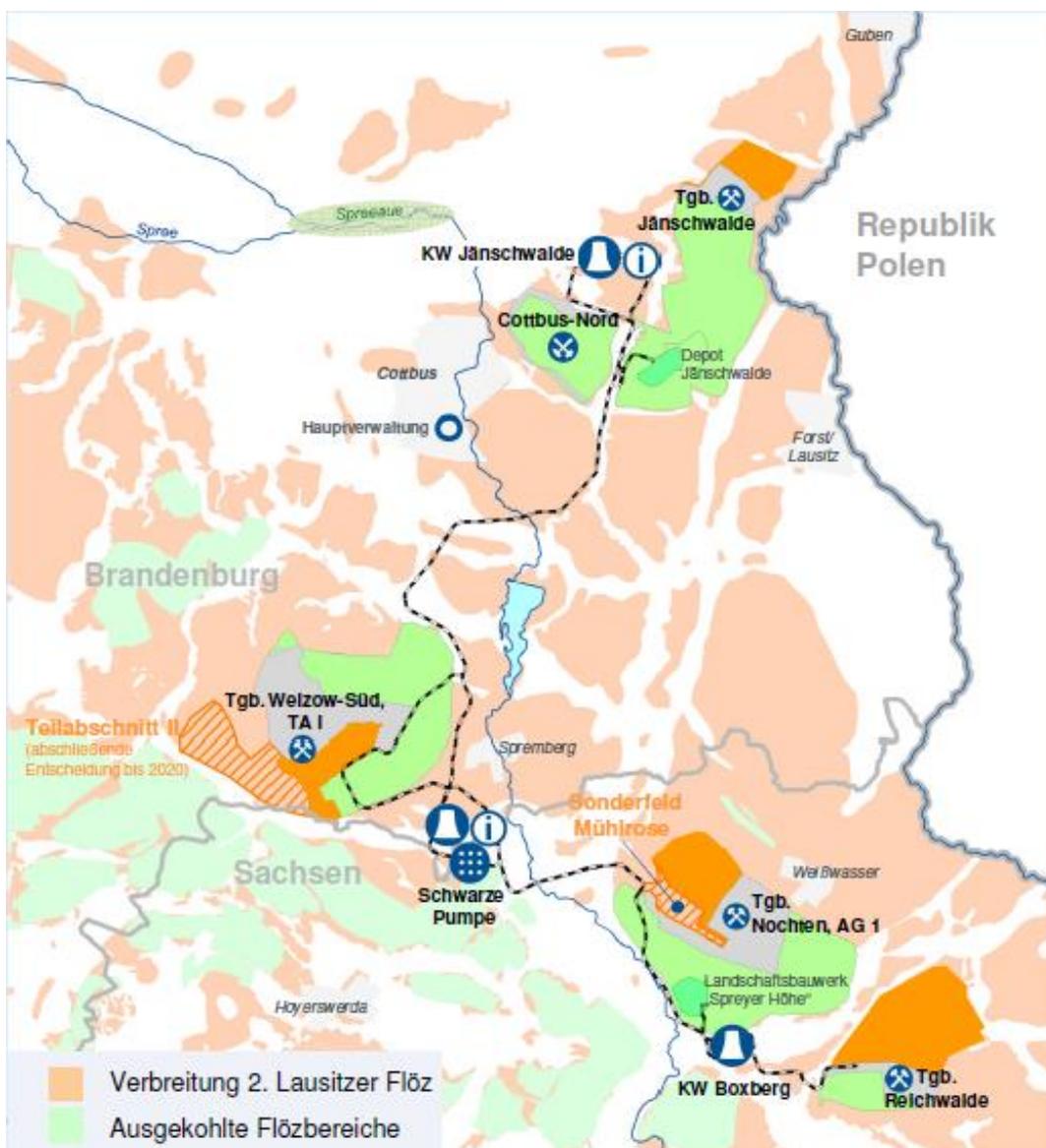
Wie in Kapitel 6.2 dargestellt, sind die Kraftwerke und Tagebau in der Lausitz im **Verbund** zu betrachten. Der Braunkohlenbedarf der Kraftwerke und der sonstigen Nutzer von Braunkohle (im Wesentlichen die Veredelungsanlage) ist aus den genehmigten und aufgeschlossenen Tagebauen zu decken. Die nachfolgende Karte (Abbildung 22) stellt die aktiven und ausgekohlten Tagebaue dar. In Brandenburg verfügen die Tagebaue Jänschwalde und Welzow-Süd noch über Abbaufelder, die bereits genehmigt sind. Im Tagebau Welzow-Süd befindet sich zudem das Abbaufeld „Teilabschnitt II“, über das der Betreiber der Tagebau, die Lausitz Energie Bergbau AG (LEAG) noch keine Entscheidung getroffen hat. Nach dem Revierkonzept der LEAG vom 31.3.2017 soll die Entscheidung über die Nutzung von Welzow-Süd (Teilabschnitt II) bis zum Jahr 2020 getroffen werden.

In der sächsischen Lausitz liegen die aktiven Tagebau Nochten und Reichwalde. Zum Tagebau Nochten zählt das Sonderfeld Mühlrose, welches sich laut LEAG noch in Planung befindet. Die nachfolgende Tabelle stellt die Kohlenvorräte der einzelnen Abbaufelder dar. Insgesamt stehen in den genannten Abbaufeldern 1.235 Mio. t Braunkohle zur Verfügung.

Für die nachfolgende Ermittlung von Kohlemengen wurde vorrangig der Bedarf der Kraftwerke modelliert. Der Bedarf der Veredelungsanlage wurde aufgrund seiner geringen Menge lediglich abgeschätzt. Wir gehen davon aus, dass die Veredelung parallel zur Außerbetriebnahme der Kraftwerke beendet wird, da der Tagebau nicht für die geringen Mengen des Veredelungsbetriebs offengehalten wird.

Im Kraftwerk Jänschwalde werden heute bereits Sekundärrohstoffe (Abfälle) mitverbrannt. Wir gehen davon aus, dass diese Menge etwa gleichbleibt.

Abbildung 22: Tagebaue und Kraftwerke im Lausitzer Revier



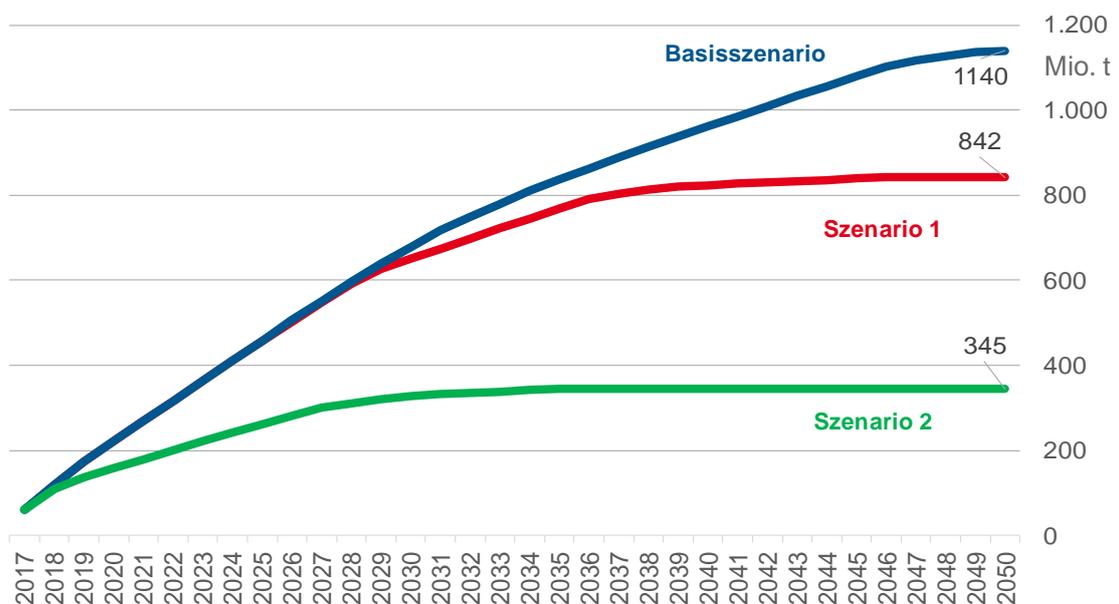
Quelle: LEAG

Tabelle 4: Braunkohlevorräte in der Lausitz, Stand 01.01.2017

<b>Gesamt</b>	<b>1.235 Mio. t</b>
<b>Genehmigte Abbaufelder</b>	<b>886 Mio. t</b>
Jänschwalde	68 Mio. t
Welzow-Süd	264 Mio. t
Nochten	223 Mio. t
Reichwalde	331 Mio. t
<b>Planung</b>	<b>145 Mio. t</b>
Nochten, Sonderfeld Mühlrose	145 Mio. t
<b>Genehmigte Abbaufelder / Planung</b>	<b>1.031 Mio. t</b>
<b>Weiterführungen</b>	<b>204 Mio. t</b>
Welzow-Süd, räumlicher Teilabschnitt II	204 Mio. t

Quelle: LEAG

Abbildung 23: Braunkohleneinsatz Lausitz nach Szenarien



Quelle: Berechnungen der Prognos AG

## 7 Ergebnisse sonstige Umwandlungssektoren

### 7.1 Fernwärmeerzeugung

Die eingesetzten Brennstoffe reichen von Braunkohle (Cottbus) über Erdgas (u.a. Potsdam) bis hin zu Hüttengas (Eisenhüttenstadt). Der Anteil der erneuerbaren Energien in der **Fernwärmeerzeugung** ist bisher relativ gering. Es stellt sich die Frage zukünftiger Lösungen für die Fernwärme. Der Weiterbetrieb von KWK-Anlagen kann auf lange Sicht nur dann klimaverträglich erfolgen (betrifft insbesondere die Szenarien 1 und 2), wenn treibhausgasneutrale Energieträger zum Einsatz kommen. Hierfür kommen beispielsweise in Frage:

- Strom aus erneuerbaren Energien („Power-to-heat“),
- Erneuerbare Gase, z. B. Biogas, Biomethan, Wasserstoff aus erneuerbaren Energien und synthetisches Methan (aus erneuerbaren Energien),
- Solarthermie,
- Groß-Wärmepumpen,
- Biomasse.

Welche Techniken wann zum Einsatz kommen, ist im hohen Maße von den **lokalen Gegebenheiten** abhängig. Die größten Potenziale bestehen bei Wärmepumpen in Kombination mit Solarthermie und Wärmespeichern sowie PtH-Anlagen. Die Einführung dieser Techniken ist gegenwärtig nicht wirtschaftlich. Es werden entsprechende **politische Rahmenbedingungen** benötigt, um eine Markteinführung zu fördern.

Im **Basisszenario** wird davon ausgegangen, dass der **heutige Brennstoffmix** zur Fernwärmeerzeugung grundsätzlich erhalten bleibt. In den **Szenarien 1 und 2** muss zur Zielerreichung ein **signifikanter Brennstoffwechsel** erfolgen. Im Szenario 2 wird davon ausgegangen, dass die Fernwärmeerzeugung entsprechend der Szenarienvorgabe auch 80 % CO<sub>2</sub>-Einsparung bis zum Jahr 2050 erbringen muss, im Szenario 2 muss die Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050 vollständig erneuerbar sein.

## 7.2 Raffinerie

### Ausgangslage

Die **PCK Raffinerie GmbH** am Standort Schwedt/Oder mit 1200 Mitarbeitern zählt zu den größten Rohöl-Verarbeitungsstandorten in Deutschland. Jährlich werden dort rund 12 Mio. Tonnen Rohöl verarbeitet und etwa 10 % der gesamtdeutschen Kraftstoffe erzeugt. Neben den Hauptprodukten Diesel, Benzin, Kerosin, Flüssiggase, Heizöle und Bitumen werden auch petrochemische Erzeugnisse und Biokraftstoff-Komponenten produziert. Nicht verwertbare Rohölanteile werden in einer raffinerieeigenen **KWK-Anlage** in Wärme und elektrische Energie umgewandelt. Die gewonnene Energie dient der Deckung des Eigenverbrauches und wird darüber hinaus auch in das Stromnetz und in das Fernwärmenetz der Stadt Schwedt eingespeist.

Die Versorgung der Raffinerie mit Rohöl erfolgt hauptsächlich über die **Drushba-Pipeline**, die westsibirisches Öl über 5000 km nach Schwedt transportiert sowie über die rund 200 km lange **Pipeline Rostock-Schwedt**. Der Abtransport der Raffinerieprodukte erfolgt zu 60 % über die Schiene, zu 13 % über die Straße und zu 27 % über eine 78 km lange **Produktpipeline** in das Tanklager Seefeld bei Berlin. Von dort erfolgt die Weiterverteilung per Tankkraftwagen zu den Tankstellen und Flughäfen in Berlin und im Umland.

Damit bildet die Schwedter Raffinerie die **Grundlage der Kraftstoffversorgung des Großraumes Berlin**. So wird beispielsweise der Flughafen Berlin Tegel zu 100 % von Schwedt versorgt, der Flughafen Berlin-Schönefeld zu 80 %.

Mineralöl ist mit einem Anteil von rund einem Drittel des Primärenergieverbrauches der **Hauptenergieträger** in Deutschland. Die Nutzung erfolgt zu etwa 60 % im Bereich **Mobilität** (Kraftstoffe), zu ca. 20 % im Bereich **Wärme** (Heizöl) und zu rund 20 % **nichtenergetisch**. Beim nichtenergetischen Verbrauch liegt der Nutzen in den stofflichen Eigenschaften des Rohöls, das zu ca. 84 % aus Kohlenstoff und ca. 14 % aus Wasserstoff besteht. Besonders die leichte Ölfraktion **Naphtha** (Rohbenzin) wird in Form von Basisschemikalien in der petrochemischen Industrie zu einer großen Zahl an Vor- und Endprodukten weiterverarbeitet. Andere Mineralölprodukte werden direkt stofflich genutzt wie z.B. Petrolkoks (u.a. in der Stahlherstellung), Bitumen (Bauindustrie), Spezialbenzine (z.B. als Lösemittel), Paraffine (u.a. in Pharmazie und Kosmetik) oder Wachse (z.B. Kerzen).

Alternativen zur Nutzung flüssiger Kohlenwasserstoffe auf Mineralölbasis bieten langfristig einen entscheidenden Hebel, um die Emission von Treibhausgasen zu reduzieren.

## Perspektiven

In dekarbonisierten Energiesystemen müssen fossile Energie- und Kohlenstoffnutzungspfade durch geschlossene erneuerbare Kohlenstoffkreisläufe ersetzt werden. Es wird erwartet, dass langfristig strombasierte flüssige Kohlenwasserstoffe als Energieträger und Rohstoffbasis für die chemische Industrie einen Beitrag zur THG-Reduktion leisten können. Zu den grundsätzlichen Vorteilen flüssiger Energieträger zählen die hohe **Energiedichte**, die **Speicherbarkeit** über mehrere Jahre und die ausgereifte, weltweit vorhandene **Infrastruktur** für Transport, Lagerung und Verteilung.

Vor allem in den Anwendungsbereichen **Flugverkehr**, **Schwerlastverkehr** und **Hochseeschifffahrt** sind wirtschaftliche alternativen zu flüssigen Kohlenwasserstoffen aufgrund dieser Vorteile bisher nicht abzusehen. Gerade in diesen Anwendungsbereichen stellen **synthetische flüssige Energieträger** auf Basis erneuerbarer Energien eine Lösungsoption zur THG-Reduktion dar. Im Bereich der **stofflichen Nutzung** bieten diese zudem auch die Möglichkeit die heutigen Basiskemikalien der organischen Chemie THG-neutral zu synthetisieren.

In Zukunft ist damit zu rechnen, dass auch über die Raffinerien verstärkt erneuerbare Energien in die flüssigen Kohlenwasserstoffe eingekoppelt werden, um die THG-Emissionen ihrer Produkte schrittweise zu reduzieren. Denkbare Optionen sind z.B.:

- Eine erhöhte Biokraftstoffquote für Biokraftstoffe der 2. Generation.
- Die Einbindung von "grünem" Wasserstoff in den Produktionsprozess.
- Die Einkoppelung von importierten synthetischen flüssigen Energieträgern (z. B. aus Fischer-Tropsch-Synthese).

Durch Verschiebungen auf der Nachfrageseite (etwa durch Rückgang der Dieselmotornachfrage und gleichzeitigem Anstieg der Kerosinnachfrage) ist zu erwarten, dass Raffinerien in Zukunft auch ihre Produktionsprozesse weiter anpassen müssen. Die notwendigen Anpassungen können im ersten Schritt Flexibilitäten in der **Kuppelproduktion** durch veränderte Prozessparameter nutzen. Darüber hinaus ist aber auch mit zusätzlichem Anpassungsaufwand durch neue Prozesse und zusätzliche Anlagen zu rechnen.

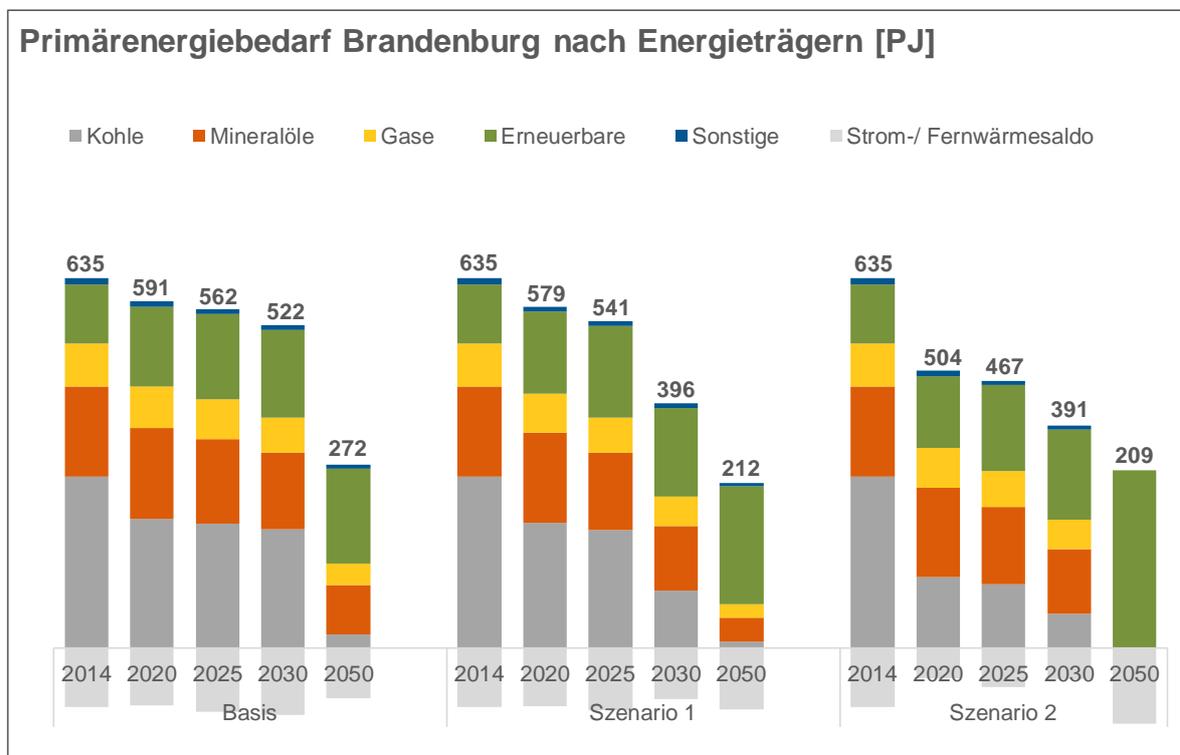
Am Standort Schwedt wird seit 2006 bereits eine Anlage zur Einbindung von **Bioethanol** betrieben. Unter entsprechenden politischen Rahmenbedingungen können derartige Anpassungen auch in Zukunft einen wirtschaftlichen Betrieb der Raffinerie in Schwedt auch unter erhöhten Anforderungen an die THG-Emissionen sicherstellen.

## 8 Primärenergieverbrauch und Emissionen

### 8.1 Primärenergieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch im Land Brandenburg ergibt sich als Summe des Energieeinsatzes der einzelnen Bereiche. Im Einzelnen ergibt sich für die betrachteten Szenarien folgende Entwicklung (vgl. Abbildung 24).

Abbildung 24: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in den Szenarien



Quelle: Eigene Berechnung der Prognos AG

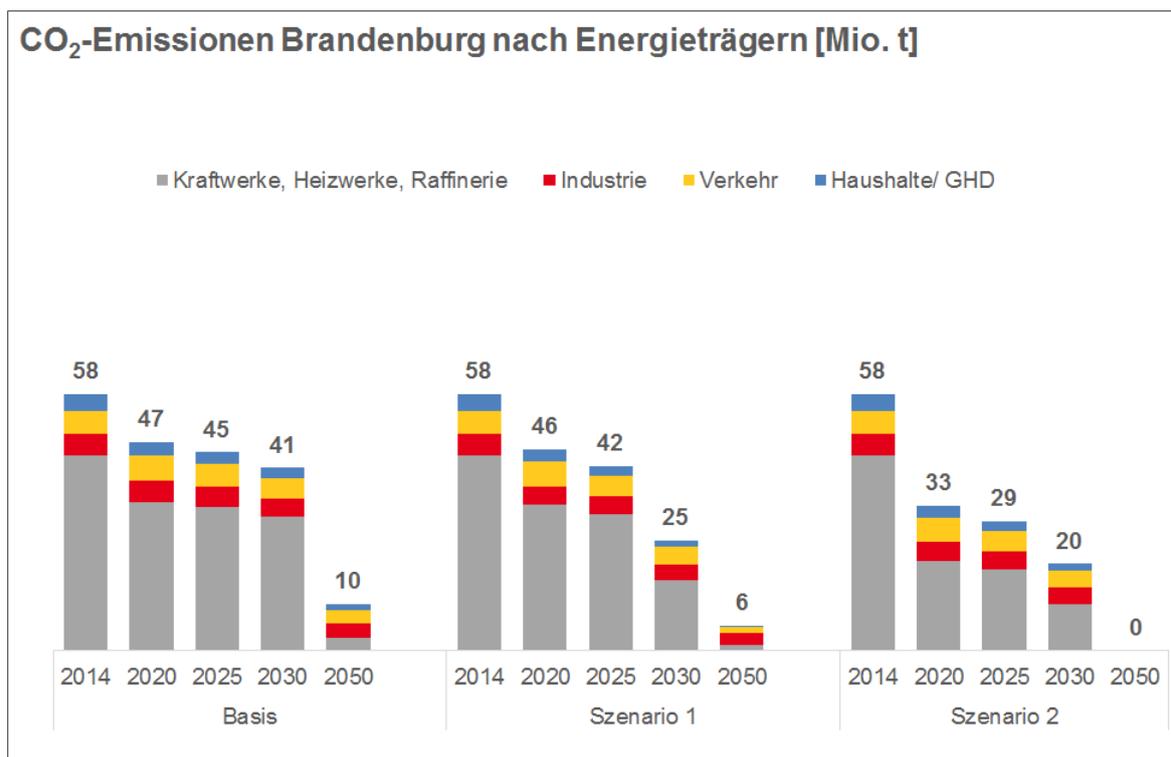
Im **Basisszenario** ist ein Rückgang des Primärenergieverbrauchs von rund 635 PJ im Jahr 2014 auf rund 522 PJ im Jahr 2030 zu erwarten. Dies entspricht einem **Rückgang um rund 20 %**. Dabei steigt der Anteil der Erneuerbaren kontinuierlich, während die Bedeutung der fossilen Energieträger abnimmt. Nach 2030 wird es aufgrund der Außerbetriebnahme der Braunkohlekraftwerke im Land Brandenburg zu einem deutlicheren Rückgang des Primärenergieverbrauchs kommen.

In den **Szenarien 1 und 2** sinkt der Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2030 auf rund 396 PJ (-39 % ggü. 2014) bzw. 391 PJ (-40 % ggü. 2014). Der stärkere und schnellere Rückgang ist insbesondere auf den **schnelleren Kohleausstieg** und einen **geringeren Endenergiebedarf** zurückzuführen.

## 8.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Land Brandenburg ergibt sich als Ergebnis des Energieeinsatzes, im Einzelnen ergibt sich für die betrachteten Szenarien folgende Entwicklung (vgl. Abbildung 25).

Abbildung 25: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den betrachteten Szenarien



Quelle: Eigene Berechnung der Prognos AG

Im **Basisszenario** ist ein Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen von rund 58 Mio. t im Jahr 2014 auf rund 41 Mio. t im Jahr 2030 zu erwarten. Dies entspricht einem **Rückgang um rund 29 %** (ggü. 2014). Im Jahr 2030 wird die Mehrheit der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Umwandlungsbereich anfallen, insbesondere aufgrund der weiterhin bestehenden brandenburgischen Braunkohlenkraftwerksstandorte.

In den **Szenarien 1 und 2** sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 auf rund 25 Mio. t (-57 % ggü. 2014) bzw. 20 Mio. t (-66 % ggü. 2014). Der stärkere Rückgang ist erneut auf den **schnelleren Kohleausstieg** und einen **geringeren Endenergiebedarf** zurückzuführen.

### 8.3 Einordnung der Ergebnisse

Die folgende Tabelle 5 zeigt die **Zielerreichung** der in der Energiestrategie 2030 gesetzten Ziele bezüglich der Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den betrachteten Szenarien.

Er wird deutlich, dass im **Basisszenario** die Ziele bezüglich der Reduktion des Primärenergieverbrauchs und des Anteils der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch erreicht werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen im Jahr 2030 hier deutlich über dem in der Energiestrategie 2030 gesetzten Ziel von 25 Mio. t.

Das Ziel der Energiestrategie 2030 die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2030 auf 25 Mio. t zu reduzieren, wird im **Szenario 1** erreicht und im **Szenario 2** übertroffen. Lediglich das Ziel der Reduzierung des Endenergieverbrauchs bis 2030 wird in diesen beiden Szenarien verfehlt, was insbesondere auf den deutlichen (Wieder-)Anstieg des Endenergieverbrauchs in der Industrie nach der Wirtschaftskrise zurückzuführen ist.

*Tabelle 5: Zielerreichung bzgl. Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Szenarien*

Ziel	2014**	Ziel 2030*	Basis-szenario	Szenario 1	Szenario 2
Primärenergieverbrauch <sup>1</sup>	-2,4 %	-20 %	rd. -20 %	rd. -39 %	rd. -40 %
Anteil erneuerbare Energien am PEV	19 %	32 %	rd. 34 %	rd. 46 %	rd. 47 %
Endenergieverbrauch <sup>2</sup>	-2,4 %	-23 % (auf 220 PJ)	-15 % (243 PJ)	-21 % (227 PJ)	-21 % (227 PJ)
Endenergieverbrauch (mit BER) <sup>2</sup>	-2,4 %	-23 % (auf 220 PJ)	-12 % (256 PJ)	-18 % (241 PJ)	-18 % (241 PJ)
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>3</sup>	-36,3 %	-72 % (25 Mio. t)	rd. -55 % (rd. 41 Mio. t)	rd. -73 % (rd. 25 Mio. t)	rd. -78 % (rd. 20 Mio. t)

Hinweis: <sup>1/2</sup> Veränderung gegenüber dem Jahr 2007;  
<sup>3</sup> Veränderung gegenüber dem Jahr 1990

Quelle: Eigene Berechnungen der Prognos AG

## 9 Regionalwirtschaftliche Auswirkungen der Szenarien im Land Brandenburg

Die regionalwirtschaftlichen Auswirkungen energiepolitischer Schwerpunktsetzungen sind von erheblicher gesellschaftlicher Relevanz und stehen, gerade im Zusammenhang mit der Diskussion um die Energiewende, immer wieder im Zentrum zahlreicher Untersuchungen und sich anschließenden Debatten.<sup>3</sup> Das folgende Kapitel analysiert die Auswirkungen der drei beschriebenen Szenarien auf die wirtschaftliche Situation im Land Brandenburg. Die Analyse beinhaltet folgende **Arbeitsschritte**:

- Quantifizierung der direkten, indirekten und induzierten Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte der Braunkohlewirtschaft und der wichtigsten Erneuerbaren (Wind, PV und Biomasse) im Land Brandenburg für das Jahr 2015
- Fortschreibung der direkten und indirekten regionalwirtschaftlichen Effekte auf Basis geeigneter Kennziffern
- Abschätzung der fiskalischen Effekte für das Land und die Kommunen
- Analyse der Fachkräfteentwicklung und ihrer wirtschaftspolitischen Bedeutung.

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse vorgestellt. Dabei wird überblicksartig auch auf die methodische Vorgehensweise eingegangen.

### 9.1 Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte in den Szenarien

#### 9.1.1 Braunkohlenindustrie

Beschäftigungseffekte werden in der wissenschaftlichen Literatur in direkte, indirekte und induzierte Effekte unterteilt.

- **Direkte Effekte** bezeichnen die primären Produktions-, Beschäftigungs-, und Einkommenseffekte, die direkt in der betrachteten Branche – hier der Braunkohlenindustrie - entstehen. Hierzu zählen die Produktion und die Wertschöpfung der Branche, die Arbeitsplätze und die Einkommen der Beschäftigten.

---

<sup>3</sup> Für aktuelle Analysen, siehe bspw. die Untersuchung vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW, 2017) oder die Kurzstudie von arepo consult (arepo consult, 2017). Eine ausführliche Studienübersicht zu den Beschäftigungseffekten der Braunkohlewirtschaft liefert die Studie von Agora Energiewende (Agora Energiewende, 2017, S. 87).

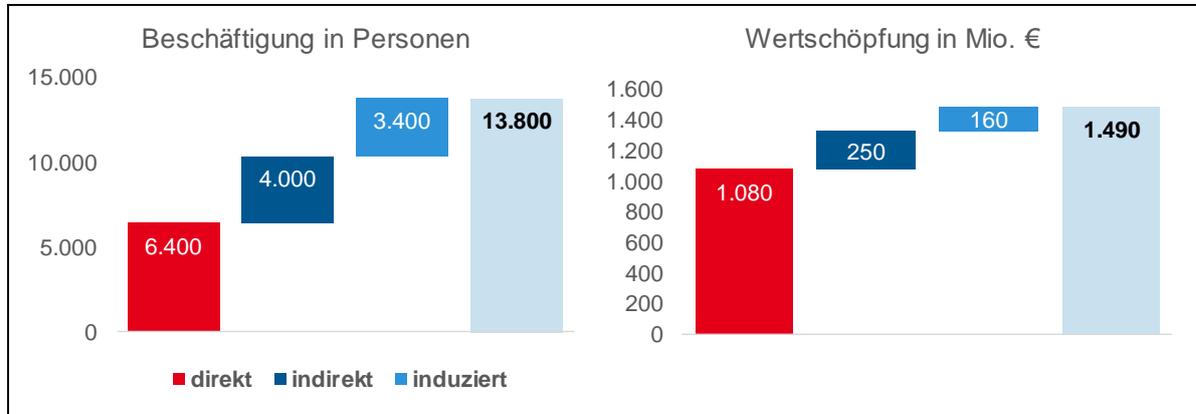
- **Indirekte Effekte** entstehen durch die laufenden Ausgaben und Investitionen der Braunkohleindustrie. Diese Nachfrage nach Waren und Dienstleistungen führt zu einer erhöhten Wertschöpfung und Beschäftigung in den Zulieferbranchen. Die Vorleister setzen Arbeitsleistung für die Produktion von Gütern und Diensten (beispielsweise Schrauben, Schienen, Maschinen oder auch Sonderreinigungsleistung) ein, welche von der Braunkohleindustrie eingekauft werden. Auch die vorleistenden Wirtschaftsbereiche beziehen ihrerseits wiederum Vorleistungen von anderen Bereichen (Vorleistungsverflechtung). Es ergeben sich folglich indirekte Effekte erster, zweiter ... und „n-ter“ Ordnung, wobei die Größenordnung der Effekte von Stufe zu Stufe abnimmt.
- **Einkommensinduzierte Effekte** entstehen durch die Verdienstaussagen der direkt und indirekt Beschäftigten. Die in der Braunkohlenindustrie und in zuliefernden Branchen beschäftigten Personen verwenden einen Teil ihrer Einkommen für Konsumausgaben. Aus dieser zusätzlichen Nachfrage resultieren sog. induzierte Effekte, die sich in gesteigener gesamt- und regionalwirtschaftlicher Produktion, Beschäftigung und Einkommen äußern.

Im ersten Schritt wurden die **direkten Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte** bestimmt, die durch die Verstromung und Förderung der Braunkohle im Land Brandenburg im Jahr 2015 entstehen. Hierbei konnte auf aktuelle Beschäftigtenangaben der LEAG und auf umfangreiche Vorarbeiten zurückgegriffen werden. Zu nennen sind hier u. a. die im Jahr 2011 erstellte Studie für die Vattenfall Europe AG und MIBRAG „Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland“ (Prognos AG, 2011), sowie die im Jahr 2012 erstellte „Untersuchung der energiestrategischen und regionalwirtschaftlichen Auswirkungen der im Rahmen der systematischen Weiterentwicklung der Energiestrategie des Landes Brandenburg untersuchten Szenarien“ (Prognos AG, 2012). Die direkten Effekte wurden im zweiten Schritt als Ausgangsgrößen zur Berechnung der **indirekten und induzierten Effekte** eingesetzt. Für die Berechnung wurde ein kennziffernbasierter Ansatz gewählt. Aufbauend auf den Beschäftigungs- und Wertschöpfungsmultiplikatoren der Vorgängerstudien<sup>4</sup>, wurde so die Frage beantwortet, wieviele Arbeitsplätze und wieviel Wertschöpfung durch einen direkt Beschäftigten in den Zulieferbetrieben geschaffen bzw. gesichert werden konnten. Die Ergebnisse liefert Abbildung 26.

---

<sup>4</sup> Die indirekten und induzierten Effekte wurden mithilfe der Input-Output (IO)-Analyse unter Verwendung einer regionalisierten IO-Tabelle für Brandenburg ermittelt. Für das methodische Vorgehen im Einzelnen wird auf den Anhang der Studie „Bedeutung der Braunkohle für Ostdeutschland“ verwiesen.

Abbildung 26: Direkte, indirekte und induzierte Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte der Braunkohlenindustrie in Brandenburg im Jahr 2015



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Angaben zur Beschäftigung der LEAG und den Multiplikatoren der Vorgängerstudien.  
 Anmerkungen: Beschäftigung bei Stadtwerken, die Braunkohle einsetzen, ist nicht mitgerechnet. Werte für die Beschäftigung wurden auf hundert Beschäftigte und die Angaben zur Wertschöpfung wurden auf zehn Mio. Euro gerundet.

Tabelle 6: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Land Brandenburg im Jahr 2015

Wirtschaftszweig		Erwerbstätige (Tsd.)	Bruttowertschöpfung (Mio. €)
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei (A)		31	737
Produzierendes Gewerbe	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (B)	4	394
	Verarbeitendes Gewerbe (C)	126	8.358
	Energieversorgung (D)	7	2.482
	Wasserversorgung; Entsorgung u. Ä. (E)	12	932
	Baugewerbe (F)	96	4.063
Dienstleistungsbereiche	Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (G)	138	4.915
	Verkehr und Lagerei (H)	68	3.559
	Gastgewerbe (I)	47	918
	Information und Kommunikation (J)	17	1.579
	Finanz- und Versicherungsdienstleister (K)	19	1.180
	Grundstücks- und Wohnungswesen (L)	13	8.061
	Freiberufliche, wissenschaftliche und techn. Dienstleister (M)	51	2.133
	Sonstige Unternehmensdienstleister (N)	92	3.763
	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung (O)	86	5.998
	Erziehung und Unterricht (P)	54	2.771
	Gesundheits- und Sozialwesen (Q)	153	5.412
	Kunst, Unterhaltung und Erholung (R)	17	858
	Sonstige Dienstleister a.n.g. (S)	41	1.529
	Private Haushalte mit Hauspersonal (T)	11	76
	<b>Gesamt (A-T)</b>		<b>1.083</b>

Quelle: Statistische Ämter der Länder (2017)

Die vorstehende Tabelle stellt die Struktur der brandenburgischen Wirtschaft nach Branchen dar und erlaubt so eine Einordnung der **wirtschaftlichen Bedeutung** der Braunkohlenwirtschaft für das Land Brandenburg. Demnach arbeiteten im Jahr 2015 1,3 % der Erwerbstätigen in der Braunkohlenwirtschaft und erwirtschafteten dabei 2,5 % der Wertschöpfung.

### **Fortschreibung**

Ausgehend vom Basisjahr wurden die Beschäftigungseffekte für die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Szenarien in fünf-Jahres-Schritten bis zum Jahr 2035 und als Ausblick für das Jahr 2050 projiziert. Die Beschäftigungseffekte in den Szenarien wurden anhand spezifischer Werte (z.B. Beschäftigte je Megawatt installierter Leistung) ausgehend vom heutigen Bedarf getrennt nach Braunkohlenverstromung und -förderung ermittelt. Für die Beschäftigungswirkungen im Bereich der Tagebaue liegt als Indikator die Fördermenge in Mio. t je Beschäftigten der Brandenburger Tagebaue vor. Wie in den Kapiteln 6.2.2 und 6.3 beschrieben, nimmt die Braunkohlennutzung bis zum Jahr 2030, vor allem aber bis 2050 deutlich ab bzw. läuft aus. Da die Lausitzer Tagebaue im Verbund betrieben werden, können Tagebaue nicht eindeutig bestimmten Kraftwerken zugeordnet werden. Eine exakte und nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimierte Fahrweise der Tagebaue ist nur mit detaillierten Kenntnissen über die Abraum-Kohle Verhältnisse und die Qualität der Braunkohlen in Kombination mit technischen Daten der Kraftwerke möglich. Diese Kenntnisse hat nur der Betreiber LEAG. Somit könnte auch nur LEAG eine Aussage darüber treffen, ob brandenburgische und sächsische Tagebaue nach Stilllegung bestimmter Kraftwerke parallel betrieben werden.

Aus diesem Grund verwendet Prognos zur Abschätzung der künftigen Beschäftigungseffekte der Braunkohlennutzung in Brandenburg einen vereinfachenden Ansatz. Für die Fortschreibung wird davon ausgegangen, dass der heutige Anteil der brandenburgischen Braunkohlenförderung an der gesamten Förderung in der Lausitz konstant bleibt. In der Realität dürfte ein Betreiber zum Zweck der Kostenminimierung bemüht sein, die Zahl der gleichzeitig betriebenen Tagebaue zu minimieren, wenn die maximale Kapazität nicht mehr benötigt wird.

Nach Angaben der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (<http://www.kohlenstatistik.de/home.htm>) errechnet sich ein Anteil Brandenburgs an der Lausitzer Braunkohlenförderung im Jahr 2015 von 52 %. Für die Kohlenförderung wird somit dieser Anteil in den Szenarien festgeschrieben.

Im Bereich der **Kraftwerke** basieren die Beschäftigtenzahlen und notwendigen Vorleistungsbezüge in den Szenarien auf der jeweils installierten Bruttoleistung nach Braunkohlenkraftwerkstyp.

Weiterhin wurden folgende **Annahmen** getroffen:

- Es wurden moderate **Effizienzveränderungen** bei der Förderung der Rohbraunkohle und im Rahmen der Stromerzeugung berücksichtigt.
- Sofern ein Kraftwerk oder ein Tagebau stillgelegt wird, sinkt seine Beschäftigung nicht „schlagartig“ auf null. Vielmehr kann für einen Teil der Beschäftigten von einer Anschlussfähigkeit ausgegangen werden, z.B. für die De-Installation des Kraftwerks bzw. die Sanierung der Tagebaue. Für diese hat sich der Begriff „**Sockelbeschäftigung**“ eingebürgert.

Die Details zu diesen Annahmen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Für die Fortschreibung der Beschäftigung wurde folgende Vorgehensweise angewendet:

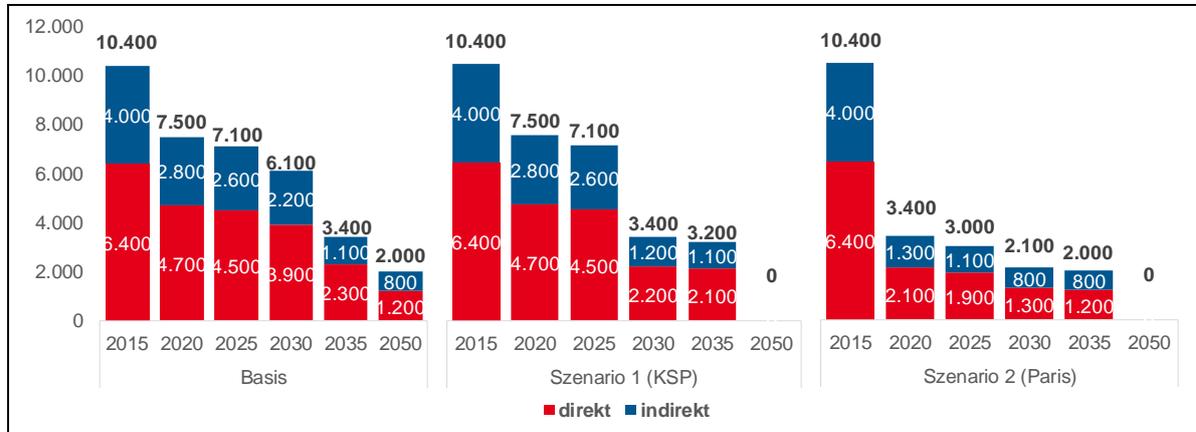
- Zunächst wurden die Kraftwerksbeschäftigten je Megawatt installierter Leistung bzw. die Tagebaubeschäftigten je gefördert Tonne Rohbraunkohle mit einer Produktivitätsentwicklung unterlegt
- dann mit der projizierten Leistung/Menge gemäß Strommarktmodellierung (Kapitel 6.2.2 und 6.3) multipliziert
- aus der Beschäftigung wird über die Produktivität (Bruttowertschöpfung je Beschäftigten der Braunkohlenwirtschaft) die **Bruttowertschöpfung** ermittelt. Hierbei wurde auf Vorgängerstudien zurückgegriffen.

Tabelle 7: Annahmen für die Abschätzung der regionalwirtschaftlichen Auswirkungen

Annahmen zu Produktivitäts- und Effizienzveränderungen (durchschn. Veränderung p.A.)		
	Braunkohlenförderung	Braunkohlen- verstromung
Produktivität direkt Beschäftigte	rd. 0,3 %	rd. 0,6 %
Effizienz im Vorleistungsbezug	rd. 0,13 %	rd. 0,13 %
Sockelbeschäftigung		
Kraftwerke (Rückbau)	20 % des Ausgangsniveaus über 10 Jahre	
Tagebaue (Renaturierung, Re- kultivierung)	20 % des Ausgangsniveaus über 15 Jahre	

Quelle: Eigene Annahmen der Prognos AG

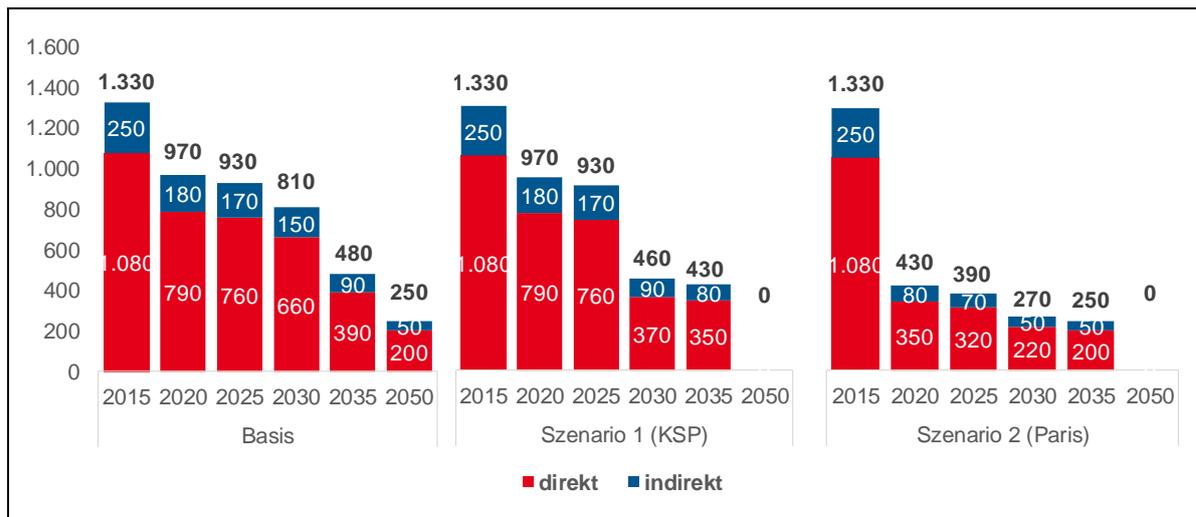
Abbildung 27: Direkte und indirekte Beschäftigte der Braunkohlengewinnung- und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien



Quelle: Eigene Berechnungen / Schätzungen der Prognos AG  
 Hinweis: Ohne Beschäftigung in Braunkohlkraftwerken von Stadtwerken.

Die **induzierten Effekte** wurden bei der Fortschreibung nicht berücksichtigt, da die installierte Bruttoleistung oder die Mengen geförderter Braunkohle hier nicht als sinnvoller Indikator angesehen werden. Es ist nicht davon auszugehen, dass aufgrund einer schwankenden Vorleistungsnachfrage der Konsum und damit die induzierten Effekte sich im ähnlichen Ausmaß verändern.

Abbildung 28: Direkte und indirekte Wertschöpfungswirkungen der Braunkohlengewinnung- und -verstromung im Land Brandenburg in den Szenarien (in Mio. €)



Quelle: Eigene Berechnung der Prognos AG.  
 Wie in obiger Darstellung sind Wertschöpfungseffekte in Stadtwerken, die Braunkohle nutzen, nicht enthalten.

Die Arbeitsplätze in Abbildung 27 sind nach **Arbeitsort** angegeben. Somit würde ein Beschäftigter, der in Brandenburg wohnt aber in Sachsen arbeitet nicht mit dargestellt, auch wenn der Arbeitgeber seinen Sitz in Brandenburg hat. Maßgeblich ist hier der Sitz des Betriebs, in dem die Person tätig ist.

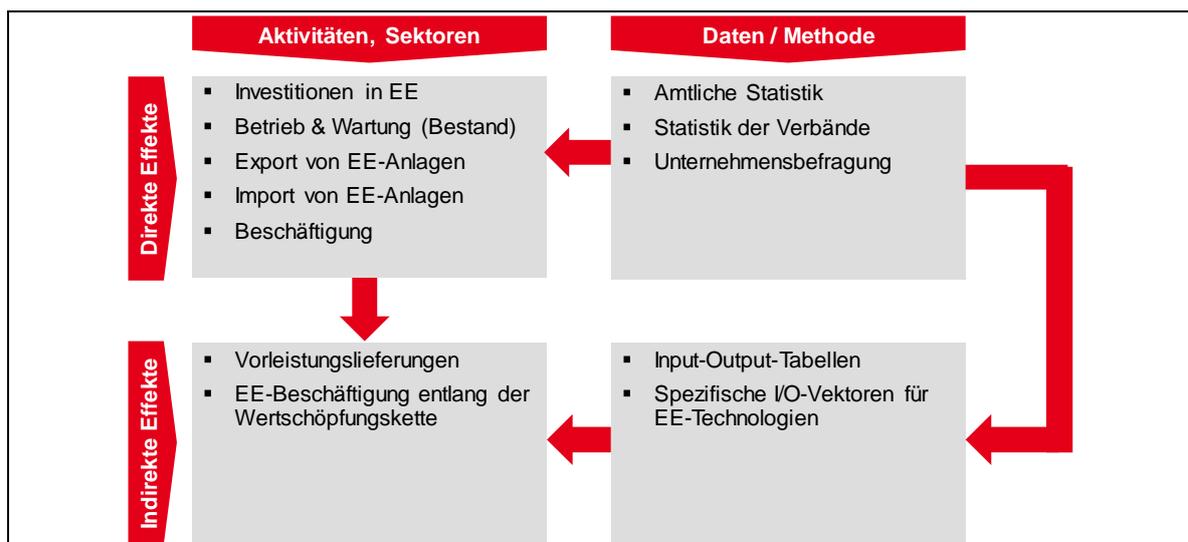
### 9.1.2 Erneuerbare Energien

#### Status quo

Die Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien lässt sich nicht der amtlichen Statistik entnehmen, da die aktuelle Wirtschaftszweigklassifikation diesen Bereich nicht gesondert ausweist. Der Status Quo der Beschäftigung in den wichtigsten Bereichen der erneuerbaren Energien für das Jahr 2015, wurde deshalb aus der aktualisierten Abschätzung der GWS zur Bruttobeschäftigten in den Bundesländern entnommen (GWS, 2017). Hierbei wird die **Bruttobeschäftigung** betrachtet.

Die Bruttobeschäftigung verdeutlicht die Bedeutung der Erneuerbaren Energien. Sie wird ex-post ausgewiesen und setzt sich aus der direkten und der indirekten Beschäftigung zusammen. Die direkt Beschäftigten arbeiten unmittelbar in der jeweiligen Querschnittsbranche (z. B. in der Produktion von Windrädern). Die indirekte Beschäftigung entsteht in den relevanten Zulieferbranchen (z.B. Stahlerzeugung für ein Windrad).

Abbildung 29: Beschreibung der Bruttobeschäftigung



Quelle: Darstellung nach Methodenerläuterung in (GWS, DIW, DLR, ZSW, Prognos, 2014).

Die Abschätzung der **Wertschöpfung** erfolgt wie in der Braunkohlenindustrie über die Produktivität, wobei die mittlere Produktivität

des verarbeitenden Gewerbes in Brandenburg insgesamt herangezogen wurde. Da – wie erwähnt – die Branche „erneuerbare Energien“ in der amtlichen Statistik nicht existiert, bedarf es dieser Vereinfachung. Auf andere Quellen konnte nicht zurückgegriffen werden, weil sie entweder zu alt waren oder keine Angaben zur Wertschöpfung enthielten.

In der nachstehenden Tabelle beziehen sich die für Windenergie angegebenen Beschäftigten nur auf die Onshore Windenergie. Lt. der verwendeten Quelle (GWS, 2017) werden in Brandenburg 440 Beschäftigte durch Offshore Windenergie gesichert. Inhaltlich könnte sich hierunter eine Fertigung von Anlagen oder Komponenten für Offshore Windkraftanlagen verbergen. In der vorliegenden Untersuchung wird aber lediglich auf den Teil der Windenergie abgestellt, der onshore installiert wird, weil für die Fortschreibung der Beschäftigung die in Brandenburg installierte Windleistung herangezogen wird.

*Tabelle 8: Beschäftigte und Wertschöpfung erneuerbarer Energien in Brandenburg 2015*

	Wind *	PV	Biomasse	Erneuerbare gesamt
<b>Beschäftigung</b>				
direkt und indirekt	6.600*	1.600	2.300	<b>10.500</b>
induziert*	2.700	700	900	<b>4.300</b>
gesamt	9.300	2.300	3.200	<b>14.800</b>
<b>Wertschöpfung in Mio. €</b>				
direkt und indirekt	440	110	150	<b>700</b>
induziert*	60	10	20	<b>90</b>
gesamt	500	120	170	<b>790</b>

*Quelle: Beschäftigte nach Angaben der GWS (GWS, 2017). Induzierte für den Status Quo: in Anlehnung an Angaben in (DIW Econ, 2016) unter der Annahme, dass der induzierte Effekt bei Wind auch für PV und Biomasse gilt. Wertschöpfungsangaben ergeben sich aus amtlicher Statistik (Statistische Ämter der Länder, 2017)*

*\* Nur Onshore-Wind*

Die Tabelle zeigt, dass im Jahr 2015 10.500 Beschäftigte durch erneuerbare Energien im Land Brandenburg direkt und indirekt gesichert wurden. Zieht man die induzierten Effekte hinzu, so ergeben sich rd. 14.800 Beschäftigte. Somit sichern in Brandenburg installierte erneuerbare Energien bereits heute mehr Beschäftigung als die Braunkohlenwirtschaft.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Beschäftigung in den erneuerbaren Energien **gleichmäßiger über das Land** (und ggf. über die Landesgrenze hinaus) verteilt ist. Eine Verortung nach Arbeitsort oder gar Wohnort der Beschäftigten ist nicht möglich, da die entsprechenden Angaben nicht vorliegen. Es ist aber davon auszugehen, dass der Teil der Beschäftigung, der durch die Errich-

tung oder den Betrieb der Anlagen gesichert wird, also z.B. Wartungspersonal, relativ nah an den jeweiligen Anlagen lebt, um die Anfahrtswege überschaubar zu halten. Die Herstellung von Anlagen (vor allem bei der Modulfertigung für Photovoltaik) dürfte aber überwiegend außerhalb von Brandenburg stattfinden.

### **Fortschreibung**

Bei der Fortschreibung der Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien ist zu beachten, dass die Dynamik und Strukturveränderung hier durch politische Entscheidungen und Branchenveränderungen größer ist, als in der Braunkohlenwirtschaft mit ihrer sehr langlebigen Infrastruktur. Somit sind aus der Vergangenheit abgeleitete Kennziffern bereits nach kurzer Zeit überholt, wie am Beispiel des Niedergangs der PV-Industrie deutlich wird. Ziel ist es daher, die **längerfristigen Konsequenzen** verschiedener Ausbaupfade für Beschäftigung und Wertschöpfung sichtbar zu machen.

Zu diesem Zweck wird als Parameter der Beschäftigungsentwicklung in den erneuerbaren Energien die jeweilige installierte Leistung zum Betrachtungszeitpunkt herangezogen. Hierdurch wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die Wartung und der Betrieb der Anlagen für die Beschäftigung mit zunehmender installierter Leistung relativ immer wichtiger werden. Der relative Anteil der Beschäftigung, die durch Produktion und Errichtung von Anlagen gesichert wird, nimmt hingegen im Zeitverlauf ab. Durch die Verwendung der (kumulierten) installierten Leistung zur Fortschreibung der Beschäftigung werden kurzfristige Schwankungen bei der Installation der Anlagen von Jahr zu Jahr „gestreckt“. Hierdurch wird die Schwankung der ausgewiesenen Beschäftigung verringert, was eher die Möglichkeiten des Beschäftigungsauf- und -abbaus durch Betriebe wiedergeben dürfte. Ein weiteres Argument für die Verwendung der kumulierten Leistung ist das Fehlen von Daten im Falle einer gesonderten Berechnung von Produktion, Installation, Wartung und Betrieb. Somit werden durch die Verwendung der installierten Leistung Scheingenaugkeiten vermieden, was vor dem Hintergrund struktureller Unsicherheiten in dynamischen Märkten geboten erscheint. Die erneuerbaren Energien Wind, Photovoltaik und Biomasse werden diesbezüglich einheitlich behandelt.

In der Fortschreibung der Beschäftigungswirkungen von Wind und Photovoltaik wird von einem 1 %igen Produktivitätsfortschritt pro Jahr ausgegangen. Bei der Biomasse dürfte sich eine solche Verbesserung nicht realisieren lassen, da in den Szenarien die Neuinstallation der Biomasse auf niedrigem Niveau verharrt und somit keine Skaleneffekte mehr entstehen können.

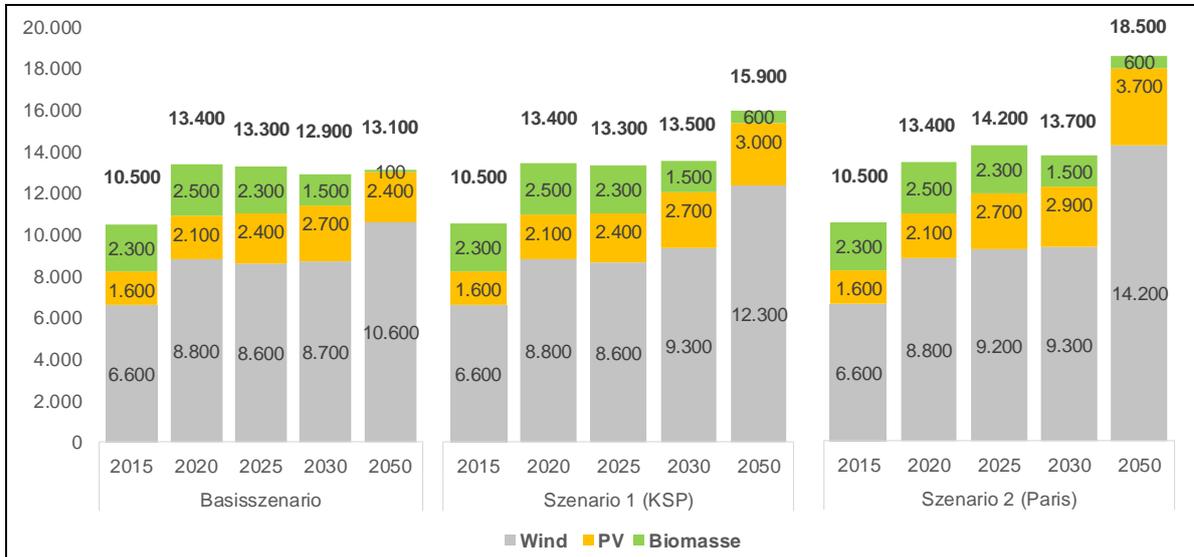
Tabelle 9: Ausgangslage und Fortschreibung der Produktivität

	Wind	PV	Biomasse
Ausgangslage 2015 Beschäftigte je MW installierte Leistung	1,1	0,6	5,4
Fortschreibung	-1 % p.a.	-1 % p.a.	0 % p.a.

Quelle: Ausgangslage berechnet nach Angaben der GWS (GWS, 2017). Fortschreibung durch Prognos

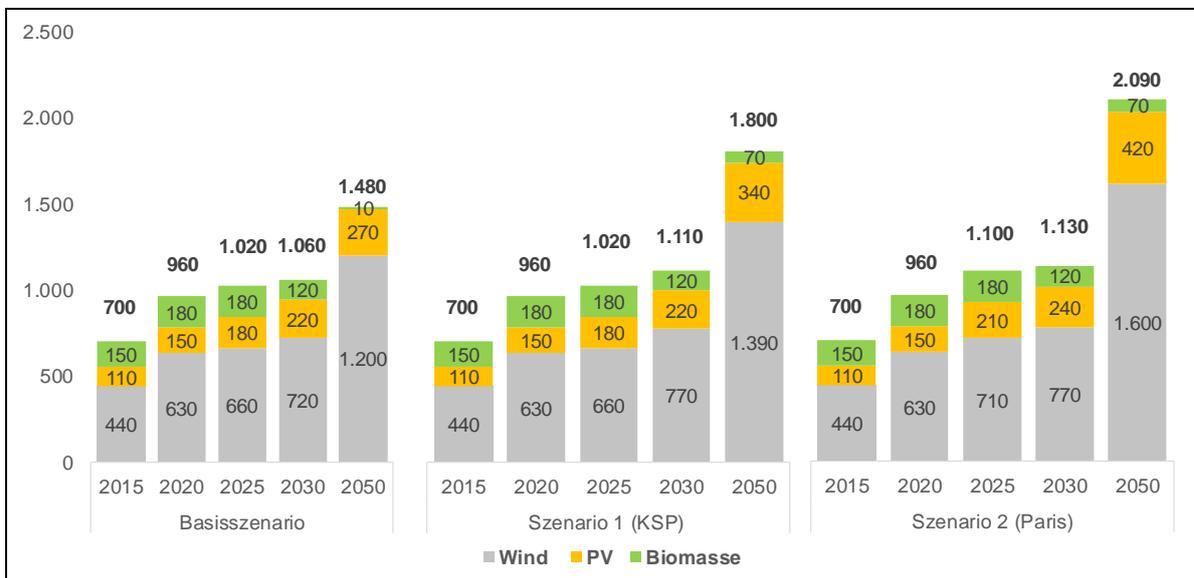
Die nachfolgende Abbildung zeigt die direkte und indirekte Beschäftigung, die durch die in Brandenburg installierten Anlagen gesichert wird. Es wird deutlich, dass bis etwa 2020 die Beschäftigung noch deutlich zunehmen könnte. Danach schlagen die Effekte eines sich verlangsamen Ausbaus zu Buche, der etwa in der Größenordnung der Produktivitätsgewinne liegt. Hierbei ist von besonderer Relevanz, dass zunehmend Altanlagen deinstalliert werden (vgl. Abbildung 13), so dass es in einzelnen Jahren nicht mehr zu einem Netto-Zuwachs der installierten Leistung kommt (es wird ebenso viel abgebaut wie aufgebaut). Nach 2030 verschwindet der Beschäftigungseffekte der Biomasse in den Szenarien nahezu, da etwa ab 2040 fast alle alten Biomasseanlagen rückgebaut sind und nur wenige neu errichtet werden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass langfristig das Biomassepotenzial von Flächen, die dauerhaft von der Gewinnung für Lebensmittel ausgenommen sind, genutzt werden sollte. Biomasse sollte vor allem dort Einsatz finden, wo es mit vergleichsweise hoher Effizienz genutzt werden kann und Alternativen deutlich teurer wären, z.B. bei niedertemperaturigen Industrieprozessen.

Abbildung 30: Beschäftigung (direkt und indirekt) in den Szenarien für erneuerbare Energien in Brandenburg nach Energieträgern



Quelle: Eigene Abschätzung der Prognos AG

Abbildung 31: Wertschöpfung durch erneuerbare Energien in Brandenburg in den Szenarien (in Mio. €)



Wertschöpfung/Erwerbstätigen im verarbeitenden Gewerbe wurde mit ca. 1,5 % pro Jahr fortgeschrieben (=Durchschnitt der realen Veränderung p.a. der letzten 10 Jahre)

## 9.2 Abschätzung der fiskalischen Auswirkungen in den Szenarien

Grundüberlegung für die Abschätzung der **steuerlichen Wirkungen** der Szenarien auf die Gebietskörperschaften ist, dass Beschäftigte Lohn- und Einkommensteuer zahlen müssen und diese zu Steuereinnahmen im Bund, im Land und in den Gemeinden führen. Aufbauend auf den direkten und indirekten Arbeitsplatzeffekten werden die Wirkungen auf die Steuereinnahmen des Landes und der Gemeinden anhand von Kenngrößen abgeschätzt. Ausgehend vom Steueraufkommen nach Verteilung der relevanten Steuerarten, werden arbeitsplatzbezogene Steuern per Anteilsrechnung abgeschätzt. Durch die Koppelung an die Arbeitsplätze lassen sich so auch die Veränderungen in den Szenarien abschätzen.

Ausgangspunkte zur Berechnung der **einkommensabhängigen fiskalischen Wirkungen** für die direkten Arbeitsplätze im Bereich der **Braunkohlenindustrie** bilden die Informationen der LEAG zu gezahlten Arbeitnehmerentgelten. Unter Verwendung von amtlichen Angaben zu den durchschnittlichen Anteilen der Lohnsteuer an den Arbeitnehmerentgelten ergeben sich Schätzwerte für die Lohnsteuerzahlungen der direkt Beschäftigten der Braunkohlenindustrie. Die fiskalischen Wirkungen für die direkten Arbeitsplätze im Bereich der **erneuerbaren Energien** sowie für die indirekten Arbeitsplätze werden über durchschnittliche Steuereinnahmen je Beschäftigten gemäß der amtlichen Statistik ermittelt. Gewinnabhängige Steuereffekte werden aufgrund unzureichender Informationen und damit einhergehender Unsicherheiten nur für die indirekten Effekte berücksichtigt.

Die Aufteilung auf Land und Kommunen erfolgte ohne den Bundesanteil nach Artikel 106 Absatz 3 GG i.V.m. § 1 Gemeindefinanzreformgesetz.

Die nachfolgende Übersicht stellt die Vorgehensweise bezüglich der Schätzungen zum Steueraufkommen im Überblick dar.

*Tabelle 10: Methodischer Überblick zur Abschätzung 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	<i>Keine Angabe möglich</i>	Branchenübergreifende Kennziffern je Arbeitsplatz

Die für das Schätzverfahren herangezogenen Annahmen folgen Vorgängerstudie bzw. sind ähnlich gewählt, so dass hier auf den Vorgängerbericht verwiesen wird.

### **Braunkohlenindustrie**

*Tabelle 11: Einkommensabhängige Steuereffekte aus direkter Beschäftigung in der Braunkohlenindustrie des Landes Brandenburg*

Jahr	Gebietskörperschaft	Basisszenario [Mio. €]	Szenario 1 [Mio. €]	Szenario 2 [Mio. €]
2015	Land	23,9	23,9	23,9
	Gemeinden	8,4	8,4	8,4
	<b>Gesamt</b>	<b>32,4</b>	<b>32,4</b>	<b>32,4</b>
2020	Land	17,6	17,6	7,9
	Gemeinden	6,2	6,2	2,8
	<b>Gesamt</b>	<b>23,8</b>	<b>23,8</b>	<b>10,6</b>

2025	Land	16,8	16,8	7,1
	Gemeinden	5,9	5,9	2,5
	<b>Gesamt</b>	<b>22,8</b>	<b>22,8</b>	<b>9,6</b>
2030	Land	14,6	8,2	4,9
	Gemeinden	5,1	2,9	1,7
	<b>Gesamt</b>	<b>19,7</b>	<b>11,1</b>	<b>6,6</b>
2050	Land	4,5	-	-
	Gemeinden	1,6	-	-
	<b>Gesamt</b>	<b>6,1</b>	-	-

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Angaben der LEAG zu gezahlten Arbeitnehmerentgelten und amtlicher Daten (Statistisches Bundesamt, 2017b).

Die Abschätzung des Steuereffekts der indirekt Beschäftigten erfolgt anhand der Einnahmen im Land Brandenburg aus der Lohn- und Einkommenssteuer (Statistisches Bundesamt, 2017a). Dabei wird auf die Erwerbstätigen bzw. die sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten (Statistische Ämter der Länder, 2017) abgestellt.

Tabelle 12: Indirekte einkommens- und gewinnabhängige Steuereffekte der Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg in den Szenarien

Jahr	Gebietskörperschaft	Basisszenario [Mio. €]	Szenario 1 [Mio. €]	Szenario 2 [Mio. €]
2015	Land	9,3	9,3	9,3
	Gemeinde	5,6	5,6	5,6
	<b>Gesamt</b>	<b>14,9</b>	<b>14,9</b>	<b>14,9</b>
2020	Land	6,6	6,6	2,9
	Gemeinde	3,9	3,9	1,8
	<b>Gesamt</b>	<b>10,5</b>	<b>10,5</b>	<b>4,7</b>
2025	Land	6,0	6,0	2,6
	Gemeinde	3,6	3,6	1,5
	<b>Gesamt</b>	<b>9,6</b>	<b>9,5</b>	<b>4,1</b>
2030	Land	5,1	2,7	1,8
	Gemeinde	3,	1,6	1,1
	<b>Gesamt</b>	<b>8,1</b>	<b>4,3</b>	<b>2,9</b>
2050	Land	1,8	-	-
	Gemeinde	1,1	-	-
	<b>Gesamt</b>	<b>2,9</b>	-	-

*Tabelle 13: Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen durch Braunkohlenindustrie im Land Brandenburg insgesamt*

Jahr	Gebietskörperschaft	Basisszenario [Mio. €]	Szenario 1 [Mio. €]	Szenario 2 [Mio. €]
2015	Land	33,2	33,2	33,2
	Gemeinden	14,	14,	14,
	<b>Gesamt</b>	<b>47,3</b>	<b>47,3</b>	<b>47,3</b>
2020	Land	24,2	24,2	10,8
	Gemeinden	10,1	10,1	4,5
	<b>Gesamt</b>	<b>34,3</b>	<b>34,3</b>	<b>15,3</b>
2025	Land	22,9	22,8	9,7
	Gemeinden	9,6	9,5	4,1
	<b>Gesamt</b>	<b>32,4</b>	<b>32,3</b>	<b>13,7</b>
2030	Land	19,6	10,9	6,7
	Gemeinden	8,2	4,5	2,8
	<b>Gesamt</b>	<b>27,8</b>	<b>15,5</b>	<b>9,5</b>
2050	Land	6,3	-	-
	Gemeinden	2,7	-	-
	<b>Gesamt</b>	<b>9,0</b>	-	-

### Erneuerbare Energien

Wie oben dargelegt, kann für die erneuerbaren Energien eine Aufschlüsselung nach Arbeits- oder Wohnort nicht vorgenommen werden. Insofern kann das hier angewendete Schätzverfahren nur einen **groben Anhaltswert** der steuerlichen Wirkungen liefern. Zudem erfolgte auf der Grundlage der verwendeten Quelle (GWS, 2017) lediglich eine Ausweisung der direkten und indirekten Effekte. Auf dieser Basis erfolgte die Abschätzung.

*Tabelle 14: Auswirkungen der Szenarien auf regional wirksame Steuereinnahmen durch erneuerbare Energien im Land Brandenburg insgesamt*

Jahr	Gebietskörperschaft	Basisszenario [Mio. €]	Szenario 1 [Mio. €]	Szenario 2 [Mio. €]
2015	Land	24,4	24,4	24,4
	Gemeinde	14,7	14,7	14,7
	<b>Gesamt</b>	<b>39,1</b>	<b>39,1</b>	<b>39,1</b>
2020	Land	31,2	31,2	31,2
	Gemeinde	18,6	18,6	18,6
	<b>Gesamt</b>	<b>49,8</b>	<b>49,8</b>	<b>49,8</b>

2025	Land	30,9	30,9	33,
	Gemeinde	18,5	18,5	19,8
	<b>Gesamt</b>	<b>49,5</b>	<b>49,5</b>	<b>52,9</b>
2030	Land	30,	31,4	31,9
	Gemeinde	17,9	18,7	19,
	<b>Gesamt</b>	<b>47,9</b>	<b>50,1</b>	<b>50,9</b>
2050	Land	30,5	37,	43,
	Gemeinde	18,3	22,1	25,8
	<b>Gesamt</b>	<b>48,7</b>	<b>59,1</b>	<b>68,8</b>

### 9.3 Auswirkungen auf die Fachkräftesituation

#### Status Quo und Prognosen zu Erwerbstätigung und Fachkräfteentwicklung

Mit den Energieszenarien sind unmittelbare Auswirkungen auf die Beschäftigungssituation im Land Brandenburg und in der Lausitz verbunden, wie im Kapitel 9.1 hergeleitet wurde. Diese Entwicklung findet vor dem Hintergrund der allgemeinen demografischen und gesellschaftlichen Entwicklung und der Fachkräftesituation im Besonderen statt. Darüber hinaus hängt die Abschätzung der längerfristigen Nachfrageentwicklung nach Arbeitskräften in der brandenburgischen Energiewirtschaft von politischen Rahmenbedingungen und technischen wie auch organisatorischen Innovationen innerhalb der Branche ab.

Im Folgenden werden zunächst Prognosedaten zur Erwerbstätigen- und Fachkräfteentwicklung abgebildet und die **allgemeinen Rahmenbedingungen des brandenburgischen Arbeits- und Fachkräftemarkts** dargestellt. In einem zweiten Schritt werden die voraussichtlichen Auswirkungen der Szenarien auf den Arbeitsmarkt beschrieben.

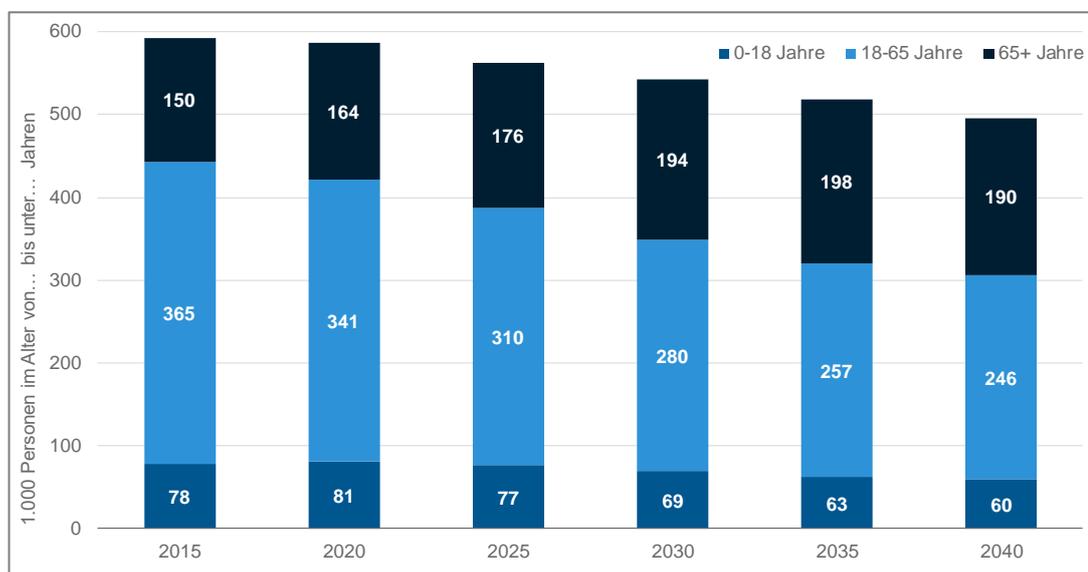
Mit Blick auf die wirtschaftliche Entwicklung einer Region ist das **Erwerbspersonenpotenzial** von großer Bedeutung. Beginnend mit der deutschen Wiedervereinigung hat ein umfassender Strukturwandel in der Region eingesetzt, der zu starken Veränderungen in der Bevölkerungsstruktur geführt hat. Waren am Anfang der Entwicklung insbesondere Wanderungsbewegungen junger und qualifizierter Personen ursächlich, liegen die Gründe für die heutigen und auch zukünftigen Veränderungen vor allem in der **natürlichen Bevölkerungsbewegung**. Konkret bedeutete das, dass in der Region die Sterberate über der Geburtenrate liegt und es damit zu einem Bevölkerungsrückgang bei zunehmender Alterung

der Bevölkerung kommt (LBV Landesamt für Bauen und Verkehr, 2015).

Innerhalb von zwei Jahrzehnten von 1995 bis 2014 hat die brandenburgische Lausitz fast 17 % ihrer Bevölkerung verloren. Zugleich reduzierte sich die für das Arbeitskräfteangebot besonders wichtige Alterskohorte der Bevölkerung zwischen 18 und unter 65 Jahren um über 95.000 Personen (knapp 21%). Somit sank der Anteil der Kohorte an der Gesamtbevölkerung von 65 % auf 62 %. Im gleichen Zeitraum hat sich das Durchschnittsalter der Bevölkerung um über 7 Jahre erhöht. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Erwerbspersonenpotenzial ungefähr im gleichen Umfang zurückgegangen ist.

Die Abbildung 32 zeigt, dass sich diese Trends in der Lausitz weiter fortsetzen werden. Falls nicht ungewöhnlich hohe Wanderungsgewinne den natürlichen Bevölkerungsrückgang ausgleichen, muss sich die Region auf weitere Bevölkerungsverluste einstellen. So wird im Rahmen der aktuellen Bevölkerungsprognose für das Land Brandenburg davon ausgegangen, dass zwischen 2013 und 2040 die Landkreise der Lausitz 17 % ihrer Bevölkerung verlieren werden (LBV Landesamt für Bauen und Verkehr, 2015). Noch stärker werden die Auswirkungen des demografischen Wandels für die Entwicklung des für das Arbeitsangebot wichtige Erwerbspersonenpotenzial sein. Für die Landkreise der brandenburgischen Lausitz wird für das Jahr 2040 gegenüber 2015 mit einem Rückgang von ca. 33 % gerechnet und damit deutlich stärker ausfallen als im gesamten Land Brandenburg (Rückgang um 28 %) und Gesamtdeutschland (Rückgang um 14 %). In der Abbildung 32 wird diese Entwicklung mit Blick auf die Altersstruktur deutlich.

Abbildung 32: Bevölkerung nach Alter in der Lausitz (1.000 Personen, 2015-2040)



Quelle: LBV Landesamt für Bauen und Verkehr, 2015

In absoluten Zahlen ausgedrückt bedeutet dieser Rückgang einen **Verlust an ca. 120.000 Erwerbspersonen** im Zeitraum 2015 bis 2040 in der **brandenburgischen Lausitz**. Damit wird die Anzahl der aus dem Arbeitsmarkt ausscheidenden Personen zukünftig dauerhaft höher sein als die Anzahl der in den Arbeitsmarkt eintretenden Personen. Mit Blick auf den Strukturwandel in der Region und dabei möglicherweise auftretenden Arbeitsplatzverlusten reduziert diese demografische Entwicklung den Druck auf den Arbeitsmarkt. Zugleich sind die Herausforderungen im Zuge des demografischen Wandels für die Region Lausitz nicht zu unterschätzen: Für den Erhalt und den Umbau der industriellen Basis in der Lausitz sind demnach zuwandernde oder einpendelnde Fachkräfte in erheblichen Größenordnungen notwendig.

Die beschriebenen Herausforderungen durch die demografischen Entwicklungen in Brandenburg verstärken sich mit Blick auf die zukünftige Fachkräftesituation in der **Umwelt- und Energiewirtschaft**. Bereits heute stehen viele Unternehmen der Energiebranche in einem branchenübergreifenden **Wettbewerb** um hochqualifizierte **MINT-Fachkräfte** (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik). Insbesondere Ingenieure/-innen aus dem Bereich Maschinenbau sind aktuell stark nachgefragt, zukünftig wird sich dieser Wettbewerb weiter verstärken und sich 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.

Eine **detaillierte Betrachtung der Fachkräftesituation** für die Energiewirtschaft in Brandenburg wurde zuletzt im Jahr 2010

durchgeführt (LASA Brandenburg GmbH, 2010). Hierin wurde festgestellt, dass der Bedarf an entsprechend qualifizierten Fachkräften in Anbetracht der Weiterentwicklung von Produktions-, Verarbeitungs- bzw. Energieerzeugungstechnologien und dem fortschreitenden Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien weiter zunehmen wird. Gleichzeitig wird der Anteil an Forschungs- und Entwicklungs- sowie Managementtätigkeiten steigen, während traditionelle Fertigungstätigkeiten an Bedeutung verlieren.

Weiterhin kommt die Untersuchung zu dem Schluss, dass sich der **Fachkräftebedarf** vor allem **ab dem Jahr 2020** durch den Eintritt der Alterskohorte der gegenwärtig 50-64-Jährigen in den Ruhestand **erheblich intensivieren** wird. Regionale Unterschiede in Bezug auf die Fachkräftesituation werden sich in Folge der demografischen Entwicklung. So wird es abseits der Agglomerationsräume zu Schwierigkeiten kommen, den Bedarf an qualifizierten Fachkräften zu decken.

Vor diesem Hintergrund stellt sich weniger die Frage, ob der Strukturwandel in der Energiewirtschaft zu Arbeitslosigkeit führt, als vielmehr, ob es gelingen wird, genug Fachkräfte auszubilden und für die Branche und das Bundesland Brandenburg bzw. die Lausitz zu gewinnen.

Die Frage des Fachkräftebedarfs sollte in vertiefenden Untersuchungen ggf. mit einer empirischen Erhebung des tatsächlichen Fachkräftebedarfs der in Brandenburg ansässigen Firmen untermauert werden. Möglicherweise kann das Land seine Aktivitäten zur Förderung des Fachkräftenachwuchses verstärken und so dem drohenden Fachkräftemangel vorbeugen. Unternehmen sollten schon aus Eigeninteresse ihrerseits für entsprechende Ausbildungskapazitäten zu sorgen.

## 10 Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende. (2017). *Die deutsche Braunkohlenwirtschaft. Historische Entwicklungen, Ressourcen, Technik, wirtschaftliche Strukturen und Umweltauswirkungen*.
- arepo consult. (2017). *Arbeitsplätze in Braunkohleregionen – Entwicklungen in der Lausitz, dem Mitteldeutschen und Rheinischen Revier*.
- Brandenburg, Ministerium für Wirtschaft und Energie. (2012). *Energiestrategie 2030*. Retrieved from [http://www.energie.brandenburg.de/media/bb1.a.2865.de/Energiestrategie\\_2030.pdf](http://www.energie.brandenburg.de/media/bb1.a.2865.de/Energiestrategie_2030.pdf)
- DIW Econ. (2016). *Die wirtschaftliche Bedeutung der Windenergiebranche in Brandenburg. Eine Kurzexpertise von DIW Econ*.
- Emele, L., Loreck, C., Ziegenhagen, I., Peter, F., Matthes, F. C., & Hermann, H. (2017). *Zukunft Stromsystem Kohleausstieg 2035*. Retrieved from <https://www.prognos.com/publikationen/alle-publicationen/674/show/0f1cc4a4229470b3d33004ae86d57051/>
- GWS. (2014). *Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern: Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2013 in den Bundesländern*.
- GWS. (2017). *Beschäftigung durch Erneuerbare Energien in den Bundesländern. Analyse und Ausarbeitung im Auftrag eines Konsortiums aus acht Bundesländern (Berlin, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein)*. Osnabrück.
- GWS. (2017). *Beschäftigung in Deutschland durch Windenergie – Bundesländerergebnisse*.
- GWS, DIW, DLR, ZSW, Prognos. (2014). *Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb - heute und morgen*.
- IEA. (2016). *World Energy Outlook 2016*.
- IÖW. (2017). *Mehrwert einer regionalen Energiewende im lausitzer und im rheinischen Revier. Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale durch den Ausbau von Photovoltaik und Windenergie*.
- LASA Brandenburg GmbH. (2010). *Energiewirtschaft in Brandenburg. Branchenstruktur und Fachkräfte*.
- LBV Landesamt für Bauen und Verkehr. (2015). *Bevölkerungsprognose für das Land Brandenburg 2014 bis 2040*. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. Retrieved from [https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat\\_berichte/2015/SB\\_A01-08-00\\_2015u00\\_BB.pdf](https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2015/SB_A01-08-00_2015u00_BB.pdf)

O'Sullivan, M., Edler, D., & Lehr, U. (2016). *Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz.*

Prognos AG. (2011). *Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland.*

Prognos AG. (2012). *Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050.* Retrieved from <https://www.prognos.com/publikationen/alle-publikationen/292/show/7f9a4382d75cc40032147306d423aaca/>

Statistisches Bundesamt. (2017). *Steuerhaushalt 2016. Fachserie 14, Reihe 4.*

Zaspel-Heisters, D. B. (2015). *Steuerung der Windenergie durch die Regionalplanung - gestern, heute, morgen.* Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.

ZukunftsAgentur, B. Z. (2016). *6. Monitoringbericht zur Energiestrategie des Landes Brandenburg.* Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg. Retrieved from [https://energie.wfbb.de/de/system/files/media-downloads/6.\\_monitoringbericht\\_zur\\_energiestrategie\\_-\\_berichtsjaehr\\_2014\\_1.pdf](https://energie.wfbb.de/de/system/files/media-downloads/6._monitoringbericht_zur_energiestrategie_-_berichtsjaehr_2014_1.pdf)

## 11 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

BB	Brandenburg (Land)
BWS	Bruttowertschöpfung
DE	Deutschland
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
ETS	Emission Trading System
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GW	Gigawatt
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH
Heizgradtage	Maßstab zur Messung des Bedarfs an Heizenergie.
IEA	International Energy Agency
IND	Industrie (Synonym für verarbeitendes Gewerbe)
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
inkl.	inklusive
kWh	Kilowattstunde
p. a.	per annum (pro Jahr)
PHH	Private Haushalte
Regelenergie	Energie, in Netzen zum Ausgleich zwischen Prognosen und tatsächlichem Aufkommen benötigt wird. Je nachdem, ob die Prognose nach oben oder unten abweicht wird positive oder negative Regelenergie benötigt.
Thermische Kraftwerke	Kraftwerke, in denen durch Verbrennung oder Kernspaltung Wärme gewonnen wird, die dann in Turbinen und Generatoren in Strom umgewandelt wird. Thermische Kraftwerke sind innerhalb gewisser Bandbreiten regelbar, Sofern sie noch nicht mit Maximalleistung betrieben werden, können sie positive oder negative Regelenergie bereitstellen.
THG	Treibhausgase
VER	Verkehr