

# FOLGENABSCHÄTZUNG DES CO<sub>2</sub>-SEKTORZIELS FÜR DIE ENERGIEWIRTSCHAFT IM KLIMASCHUTZPLAN 2050

Eine Studie im Auftrag der RWE AG

Februar 2018





## INHALT

|  |            |
|--|------------|
| Ansprechpartner  | 4          |
| Abbildungsverzeichnis  | 5          |
| Tabellenverzeichnis  | 8          |
| Abkürzungsverzeichnis  | 9          |
| In aller Kürze   | 10         |
| Zusammenfassung  | 13         |
| <b>1 Einleitung</b>  | <b>19</b>  |
| 1.1 Motivation   | 19         |
| 1.2 Analyseansatz und Aufbau der Studie                                    | 23         |
| <b>2 Energiewirtschaftliche Effekte</b>                                    | <b>25</b>  |
| 2.1 Methodik: Strommarktmodellierung für ETS-Szenario und KSP Szenario     | 26         |
| 2.2 Energiewirtschaftliche Auswirkung des KSP 2050                         | 34         |
| <b>3 Gesamtwirtschaftliche Effekte</b>                                     | <b>51</b>  |
| 3.1 Überblick zu Einflussfaktoren  | 52         |
| 3.2 Gesamtwirtschaftliche Effekte der zurückgehenden Braunkohleverstromung | 53         |
| 3.3 Effekte der steigenden Strompreise                                     | 61         |
| <b>4 Regionale Effekte</b>   | <b>79</b>  |
| 4.1 Die deutschen Braunkohlereviere im Überblick                           | 80         |
| 4.2 Direkte und indirekte Bedeutung der Braunkohlewirtschaft               | 87         |
| 4.3 Regionalwirtschaftliche Bedingungen in den Revieren                    | 90         |
| <b>5 Strukturpolitische Anpassungen</b>                                    | <b>118</b> |
| 5.1 Strukturwandel und Handlungsfelder                                     | 118        |
| 5.2 Strukturpolitische Fragestellungen                                     | 124        |
| Literatur  | 131        |
| Anhang A Details zur Strommarktmodellierung .....                          | 134        |
| Anhang B Details zu gesamtwirtschaftlichen Effekten .....                  | 147        |

## ANSPRECHPARTNER

### Konsortialführung

#### Kapitel 2:

Energiewirtschaftliche Effekte



#### Kapitel 3 und Kapitel 4:

Gesamtwirtschaftliche Effekte und  
Regionale Effekte



#### Kapitel 5:

Strukturpolitische Anpassungen



#### Dr. Christoph Riechmann

✉ christoph.riechmann@frontier-economics.com

#### Prof. Dr. Michael Bräuninger

✉ michael.Braeuninger@mb-etr.de

Weitere Autoren: Ulrike Biermann, Prof. Dr. Sven Schulze  
Dr. Silvia Stiller, Dr. Mark-Oliver Teuber

#### Dr. Jens Perner

✉ jens.perner@frontier-economics.com

---

#### Prof. Dr. Dr. h.c. Ulrich Blum

✉ ulrich.blum@visionometrics.com

#### Dr. Christian Growitsch

✉ christian.growitsch@uni-hamburg.de

---

Frontier Economics Ltd ist Teil des Frontier Economics Netzwerks, welches aus zwei unabhängigen Firmen in Europa (Frontier Economics Ltd, mit Büros in Brüssel, Dublin, Köln, London & Madrid) und Australien (Frontier Economics Pty Ltd, mit Büros in Melbourne & Sydney) besteht. Beide Firmen sind in unabhängigem Besitz und Management, und rechtliche Verpflichtungen einer Firma erlegen keine Verpflichtungen auf die andere Firma des Netzwerks. Alle im hier vorliegenden Dokument geäußerten Meinungen sind die Meinungen von Frontier Economics Ltd.

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Abbildung 1  | Sektorspezifische Emissionsminderungsziele für Deutschland gemäß Klimaschutzplan 2050   | 22 |
| Abbildung 2  | Übersicht über Modelllogik und Ableitung Strompreise  | 27 |
| Abbildung 3  | Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionsgrenze im Strommarktmodell (basierend auf EU ETS)   | 30 |
| Abbildung 4  | Exogener CO <sub>2</sub> -Preisfad  | 32 |
| Abbildung 5  | Einfluss des KSP auf die Stromerzeugung in Deutschland  | 35 |
| Abbildung 6  | Zusammensetzung der Exporte/Importe im Current Policies und KSP Szenario  | 36 |
| Abbildung 7  | Differenz der Stromerzeugung zwischen KSP und "Current Policies"-Szenario in Deutschland  | 38 |
| Abbildung 8  | Differenz der Stromerzeugung zwischen KSP und "Current Policies"-Szenario in der Modellregion, exklusive Deutschland                                    | 39 |
| Abbildung 9  | Differenz der CO <sub>2</sub> -Emissionen zwischen KSP und Current Policies   | 40 |
| Abbildung 10 | Kohle- und Gaskapazitäten im Vergleich der Current Policies und KSP Szenarien   | 43 |
| Abbildung 11 | Differenz des Bedarfs an Braunkohle zur Stromgewinnung in den Szenarien (KSP-Szenario minus CP-Szenario)  | 44 |
| Abbildung 12 | Entwicklung der Strompreise Current Policies und KSP  | 45 |
| Abbildung 13 | Zusätzliche Belastung der Nachfrage durch den KSP   | 47 |
| Abbildung 14 | Verbraucherbelastung pro im deutschen Stromsektor verminderte Tonne CO <sub>2</sub>   | 48 |
| Abbildung 15 | Einfluss auf die Systemkosten der Stromerzeugung in DE  | 49 |
| Abbildung 16 | Einfluss auf die Systemkosten der Stromerzeugung in der Modellregion  | 50 |
| Abbildung 17 | Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Braunkohlewirtschaft (Förderung, Verstromung, Veredelung)   | 55 |
| Abbildung 18 | Multiplikatorwirkungen der Braunkohlewirtschaft (Förderung, Verstromung und Veredelung)   | 56 |
| Abbildung 19 | Zeitliche Verteilung der Initialeffekte durch den Klimaschutzplan 2050  | 59 |
| Abbildung 20 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Zeitverlauf  | 60 |
| Abbildung 21 | Niveau der Strompreise  | 63 |
| Abbildung 22 | Entwicklung der Industriestrompreise im internationalen Vergleich   | 64 |
| Abbildung 23 | Stromstückkosten in energieintensiven Industrien 2014   | 67 |
| Abbildung 24 | Umsatz energieintensiver Industrien 2015  | 68 |
| Abbildung 25 | Bruttowertschöpfung in energieintensiven Industrien 2014  | 69 |
| Abbildung 26 | Beschäftigte in energieintensiven Industrien 2015   | 70 |
| Abbildung 27 | Strompreiselastizitäten für energieintensive Industrien   | 71 |
| Abbildung 28 | Zeitliche Verteilung der Initialeffekte in energieintensiven Industrien durch den Klimaschutzplan 2050  | 74 |
| Abbildung 29 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch einen Strompreisanstieg für energieintensive Industrien infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025 | 75 |

FOLGENABSCHÄTZUNG DES CO<sub>2</sub>-SEKTORZIELS FÜR DIE  
ENERGIEWIRTSCHAFT IM KLIMASCHUTZPLAN 2050

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| Abbildung 30 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch einen Strompreisanstieg für energieintensive Industrien infolge des Klimaschutzplans 2050 im Zeitverlauf | 76  |
| Abbildung 31 | Multiplikatorwirkungen von Strompreisanstiegen für energieintensive Industrien  | 77  |
| Abbildung 32 | Die deutschen Braunkohlereviere   | 81  |
| Abbildung 33 | Beschäftigte in der Braunkohleindustrie Ende Dezember 2016  | 81  |
| Abbildung 34 | Entwicklung der Beschäftigten in der deutschen Braunkohleindustrie*   | 82  |
| Abbildung 35 | Anteil Produzierendes Gewerbe (ohne Bau) an der Erwerbstätigkeit  | 83  |
| Abbildung 36 | Anteil Produzierendes Gewerbe (ohne Bau) an der Bruttowertschöpfung   | 84  |
| Abbildung 37 | Qualifikationsstruktur der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (jeweils am 30. Juni 2016)  | 85  |
| Abbildung 38 | Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten nach Qualifikationsniveau, 2008 bis 2016 (jeweils am 30. Juni 2016)                            | 85  |
| Abbildung 39 | Rheinisches Revier  | 93  |
| Abbildung 40 | Struktur der Beschäftigten im System Braunkohle im Rheinischen Revier   | 96  |
| Abbildung 41 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Rheinischen Revier im Zeitverlauf  | 97  |
| Abbildung 42 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Nordrhein-Westfalen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025            | 100 |
| Abbildung 43 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Nordrhein-Westfalen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050                         | 101 |
| Abbildung 44 | Mitteldeutsches Revier  | 102 |
| Abbildung 45 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Vergleich im Mitteldeutschen Revier im Zeitverlauf                           | 106 |
| Abbildung 46 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Sachsen und Sachsen-Anhalt durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025     | 109 |
| Abbildung 47 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Sachsen und Sachsen-Anhalt durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050                  | 110 |
| Abbildung 48 | Lausitzer Revier  | 111 |
| Abbildung 49 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Lausitzer Revier im Zeitverlauf  | 114 |
| Abbildung 50 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Brandenburg und Sachsen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025        | 116 |
| Abbildung 51 | Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Brandenburg und Sachsen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050                     | 117 |
| Abbildung 52 | Anteil der Sektoren an der Bruttowertschöpfung in Deutschland   | 119 |

## FOLGENABSCHÄTZUNG DES CO<sub>2</sub>-SEKTORZIELS FÜR DIE ENERGIEWIRTSCHAFT IM KLIMASCHUTZPLAN 2050

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| Abbildung 53 | Wirtschaftsstruktur in Deutschland, 1991 und 2016   | 120 |
| Abbildung 54 | Entwicklung der Anteile der Sektoren an der Bruttowertschöpfung in den Bundesländern zwischen 1995 und 2016 | 121 |
| Abbildung 55 | Regionale Wirtschaftsstruktur in den Bundesländern, 2016  | 122 |
| Abbildung 56 | Treiber des Strukturwandels   | 123 |
| Abbildung 57 | Übersicht über Modelllogik und Ableitung Strompreise  | 135 |
| Abbildung 58 | Modellregionen im Investitions- und Dispatch Modell   | 136 |
| Abbildung 59 | Stromnachfrage in Deutschland   | 137 |
| Abbildung 60 | Stromnachfrage in Kernregion (exkl. Deutschland)  | 137 |
| Abbildung 61 | Brennstoffpreisannahmen   | 138 |
| Abbildung 62 | Kraftwerkskapazitäten in Deutschland in 2015  | 139 |
| Abbildung 63 | Deutsche Interkonnektorkapazität  | 140 |
| Abbildung 64 | Interkonnektorkapazitäten der gesamten Kernregion   | 141 |

## TABELLENVERZEICHNIS

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabelle 1  | Auswirkungen des Klimaschutzplans auf Wertschöpfung in Millionen Euro (undiskontiert)  | 17  |
| Tabelle 2  | Auswirkungen des Klimaschutzplans auf Arbeitsplätze  | 17  |
| Tabelle 3  | Emissionsminderungsziele in der EU, im EU ETS und in Deutschland   | 21  |
| Tabelle 4  | Im Strommarktmodell angenommene Emissionsbudgets für den modellierten Stromsektor im „Current Policies“-Szenario                               | 30  |
| Tabelle 5  | Im Strommarktmodell angenommene Emissionsbudgets für den Stromsektor im KSP Szenario   | 33  |
| Tabelle 6  | Auswirkung des KSP auf die EEG-Umlage  | 46  |
| Tabelle 7  | Sektorale Verteilung der Gesamteffekte   | 56  |
| Tabelle 8  | Kompensation der Strompreiserhöhung im Klimaschutzplan im Jahr 2025  | 72  |
| Tabelle 9  | Verteilung der Initialeffekte infolge von Strompreiserhöhungen auf die energieintensiven Industrien im Jahr 2025                               | 73  |
| Tabelle 10 | Sektorale Verteilung der Gesamteffekte in Prozent  | 78  |
| Tabelle 11 | Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in wissens- und forschungsintensiven Wirtschaftszweigen, 30. Juni 2016 und Entwicklung 2008 bis 2016 | 87  |
| Tabelle 12 | Geschätzter Initialeffekt der Braunkohlewirtschaft   | 89  |
| Tabelle 13 | Regionalisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte auf die Braunkohlereviere  | 90  |
| Tabelle 14 | Multiplikatorwirkungen der Braunkohlewirtschaft (Förderung, Verstromung und Veredelung) in den Revieren  | 91  |
| Tabelle 15 | Standorte und ihre Kreiszugehörigkeit im Rheinischen Revier  | 94  |
| Tabelle 16 | Standorte und ihre Kreiszugehörigkeit im Mitteldeutschen Revier  | 104 |
| Tabelle 17 | Standorte und ihre Kreiszugehörigkeit im Lausitzer Revier  | 111 |
| Tabelle 18 | Kraftwerkskapazitäten in der Modellregion in GW (exkl. DE), 2015   | 139 |
| Tabelle 19 | De-Rating-Faktoren   | 142 |
| Tabelle 20 | Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten im „Current Policies“-Szenario (ohne Kapazitätsbedingung)                                | 143 |
| Tabelle 21 | Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten KSP (ohne Kapazitätsbedingung)   | 144 |
| Tabelle 22 | Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten im „Current Policies“-Szenario (mit Kapazitätsbedingung)                                 | 145 |
| Tabelle 23 | Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten KSP (mit Kapazitätsbedingung)  | 146 |
| Tabelle 24 | Schätzergebnisse der Branchenumsätze auf die exogenen Einflussgrößen   | 150 |

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

|                 |  |
|-----------------|--|
| CCS             | Carbon Capture and Storage                               |
| CO <sub>2</sub> | Kohlenstoffdioxid  |
| DSM             | Demand Side Management                                   |
| EE              | Erneuerbare Energie                                      |
| EEG             | Erneuerbaren-Energien-Gesetz                             |
| EEX             | European Energy Exchange                                 |
| ENTSO-E         | Verband der europäischen Übertragungsnetzbetreiber Strom |
| EU              | Europäische Union  |
| EU ETS          | EU Emissionshandelssystem                                |
| GW              | Gigawatt   |
| IEA             | International Energy Agency                              |
| KSP             | Klimaschutzplan  |
| kWh             | Kilowattstunde   |
| MW              | Megawatt   |
| MWh             | Megawattstunde   |
| OLS             | Ordinary Least Squares                                   |
| THG             | Treibhausgas   |
| TWh             | Terrawattstunde  |
| TYNDP           | Ten-Year Network Development Plan                        |

## IN ALLER KÜRZE

### **Die administrierte Verfolgung des Sektorziels 2030 für die Energiewirtschaft führt zu zusätzlichen Belastungen der deutschen Volkswirtschaft – ohne unmittelbare Klimaschutzeffekte**

- Die Studie untersucht die durch den Klimaschutzplan 2050 und das darin enthaltene sektorspezifische CO<sub>2</sub>-Minderungsziel für die Energiewirtschaft ausgelösten Effekte (Szenario „Klimaschutzplan 2050“) und vergleicht diese mit der Entwicklung, die sich auf Basis der heute in Kraft befindlichen Klimaschutzinstrumente voraussichtlich einstellen würde – ohne zusätzliche Maßnahmen. Die Modellierung des Sektorziels des Klimaschutzplans 2050 für die Energiewirtschaft erfolgt als technologieneutrale Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im deutschen Stromsektor – also v.a. der aggregierten Emissionen aus Kohle- und Gaskraftwerken.<sup>1</sup>
- Das nationale Sektorziel 2030 aus dem Klimaschutzplan 2050 stellt gegenüber den im Rahmen des EU Emissionshandelssystem vorgesehenen CO<sub>2</sub>-Minderungen eine deutliche Zielverschärfung für die deutsche Energiewirtschaft dar. Die dadurch in Deutschland eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden jedoch lediglich verlagert, und zwar ins Ausland, aus dem Energiesektor heraus und/oder in die Zukunft, sofern die CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate nicht (im Umfang der Zielverschärfung) gelöscht werden. Dem Klimaschutz ist somit durch nationale klimapolitische Maßnahmen im Bereich der Stromwirtschaft nicht geholfen.
- Schon mit dem Rückgang der Kohleverstromung durch die bislang avisierten klimapolitischen Maßnahmen („Current Policies“-Szenario) geht ein kontinuierlicher Strukturwandel in den Braunkohlenrevieren einher, der ohnehin Herausforderungen für die Transformation aufwirft. Der Transformationsbedarf wird im „Klimaschutzplan 2050“-Szenario durch den angestrebten beschleunigten Ausstieg aus der Braunkohlenverstromung noch einmal deutlich verschärft.

### **18 GW Kohlekraftwerkskapazität verlässt den Markt, gleichzeitig halbiert sich die Stromproduktion aus Kohle**

- Die Einführung des Sektorziels für die Energiewirtschaft im Klimaschutzplan führt dazu, dass bis zum Jahr 2030 gegenüber 2015 mindestens 8 GW Braunkohle und mindestens 10 GW Steinkohlekapazitäten vom Netz gehen. Dies geht einher mit einer Reduktion der Stromproduktion aus Kohlekraftwerken um ca. 130 TWh, also ca. 50% verglichen mit heute. Auch im Vergleich zum Current Policies Szenario, mit dem EU Emissionshandelssystem als wesentlicher Steuerungsgröße für die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Energiewirtschaft, verringert sich die Braunkohlekapazität um 4,6 GW und Steinkohlekapazität 8,5 GW. Die Stromerzeugung aus Kohle geht bis 2030 um ca. 80 TWh zurück, also etwa 30% verglichen mit heute.

---

<sup>1</sup> Die quantitativen Berechnungen wurden im Frühjahr und Sommer 2017 vorgenommen. Entsprechend basiert der verwendete Annahmensatz (z.B. für Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preise) auf den Markterwartungen dieses Zeitraums.

- Deutschland wird im Szenario „Klimaschutzplan 2050“ zum Netto-Importeur sowohl von Strom als auch gesicherter Leistung – u.a. aus ausländischen Kernkraft- und Kohlekraftwerken. Gleichzeitig ist eine zusätzliche Kapazität von mehreren GW an Gaskraftwerken in Deutschland erforderlich, wenn ein wesentlicher Teil der Leistungsabsicherung im Inland bereitgestellt werden sollte. Dies setzt voraus, dass auch Kohlekraftwerke mit geringerer Auslastung zum annähernden Ausgleich der Leistungsbilanz im Markt gehalten werden, andernfalls wäre die notwendige Vorhaltung von Gaskraftwerkskapazitäten entsprechend höher.

**Der Strompreis könnte durch die Maßnahmen zeitweise um bis zu 9,60 €/MWh ansteigen – entsprechend nimmt die Belastung der Verbraucher zu**

- Durch die zusätzlichen Kraftwerksstilllegungen aufgrund des Klimaschutzplans kann der Strompreis in Deutschland deutlich – je nach Annahmen zeitweise um bis zu 9,60 EUR/MWh<sup>2</sup>– gegenüber dem „Current Policies“-Szenario ansteigen. Dies gilt insbesondere dann, wenn aus politischen Abwägungen zur Versorgungssicherheit Anreize geschaffen werden sollen, die Leistungsabsicherung zur Deckung hoher Nachfragelast überwiegend (Annahme hier: zumindest zu 90%) in Deutschland anzusiedeln.
- Durch den Strompreiseffekt verschlechtert sich die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie gegenüber ausländischen Konkurrenten. Insgesamt kostet die Zielverschärfung auf nationaler Ebene die Stromverbraucher über den Betrachtungszeitraum bis zu 34 Mrd. EUR.
- Bezieht man alle Folgeeffekte der zusätzlichen Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels der Energiewirtschaft mit ein, sieht sich die deutsche Volkswirtschaft im Szenario „Klimaschutzplan 2050“ im Betrachtungszeitraum mit einem zusätzlichen Verlust an Bruttowertschöpfung von bis zu insgesamt 81 Mrd. EUR und zusätzlichen Arbeitsplatzeinbußen von in der Spitze bis zu 55.000 konfrontiert.

**Zusätzliche Maßnahmen gefährden den geordneten Strukturwandel**

- Mit dem vorzeitigen Rückgang der Kohlekraftwerkskapazitäten gehen erhebliche Belastungen für die Braunkohlereviere einher. Im Betrachtungszeitraum entsteht durch die zusätzlichen Maßnahmen innerhalb der betrachteten Braunkohleländer (Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg) ein Wertschöpfungsverlust von insgesamt mehr als 31 Mrd. EUR, und in der Spitze gehen über 23.000 Arbeitsplätze verloren. Dabei sind nicht nur die Tagebaue und Kraftwerke betroffen, sondern die Verluste erstrecken sich in alle Bereiche der Wirtschaft.
- Dies beeinträchtigt den Strukturwandel in den Revieren erheblich: Bestehende Strukturen brechen schneller weg als vom europäischen Emissionshandel (und ohne nationale Sektorziele) induziert. Aufgrund des merklich geringeren zeitlichen Vorlaufs kann der Rückgang von Wertschöpfung und Arbeitsplätzen nicht vollständig in anderen Sektoren aufgefangen werden. Die Entwicklung

---

<sup>2</sup> Auf Basis Datenstand 2017.

von neuen Strukturen und Ersatzarbeitsplätzen braucht deutlich mehr Zeit als bei Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 vorhanden wäre.

- Dies gilt umso mehr, als dass auch die energieintensiven Industrien in den Revieren aufgrund der Strompreiseffekte unter erheblichem Anpassungsdruck stehen und deshalb in ihrer Funktion als Kompensation für die wegbrechenden Arbeitsplätze in der Braunkohlewirtschaft geschwächt sind.
- Um die negativen Konsequenzen auf Wachstum und Beschäftigung aufgrund des Rückgangs der Kohleverstromung zu vermeiden, ist der Strukturwandel, der schon ohne den Klimaschutzplan eine erhebliche Herausforderung darstellt, mit gestaltender Strukturpolitik zu unterstützen. Die CO<sub>2</sub>-Minderung im EU Emissionshandelssystem würde mehr Zeit bieten, die bestehenden Strukturen ohne Brüche weiterzuentwickeln, da unter diesen Bedingungen an vorhandene Cluster- und Netzwerkstrukturen in den Revieren angeknüpft werden kann.

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Klimaschutzplan 2050 („KSP“)<sup>3</sup> vom November 2016 definiert das Bundesumweltministerium erstmals sektorspezifische, nationale Emissionsminderungsziele: Bis 2030 sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Energiewirtschaft gegenüber 2015 um 61 – 62 % reduziert werden. Es sollen entsprechende Maßnahmen entwickelt und implementiert werden, welche die Zielerreichung sicherstellen.

Die Bundesregierung erkennt dabei an, dass die Sektorziele *„zum Teil weitreichende Folgen für unsere wirtschaftliche und soziale Entwicklung haben“* können. Deshalb wird angekündigt, dass die Sektorziele *„einer umfassenden Folgenabschätzung (impact assessment) unterzogen [werden], deren Ergebnis mit den Sozialpartnern diskutiert wird und 2018 eine Anpassung der Sektorziele ermöglicht.“* (S. 33 des Klimaschutzplans).

Vor diesem Hintergrund hat die RWE AG – als Produzent von Strom aus fossilen Brennstoffen unmittelbar betroffen von den Sektorzielen für die Energiewirtschaft – das Konsortium aus Frontier Economics („Frontier“), Economic Trend Research („ETR“), Georg Consulting und Visionometrics mit einer wissenschaftlich fundierten Analyse möglicher Folgen des Klimaschutzplans (insbesondere der nationalen Ziele für die Energiewirtschaft) beauftragt. Die Beauftragung erfolgte im Februar 2017, die Analysen und Berechnungen wurden im Frühjahr und Sommer 2017 vorgenommen. Entsprechend basiert das verwendete Annahmenset (z.B. für Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preisen) auf den Markterwartungen dieses Zeitraums.

Die zentralen Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst.

### Das nationale Sektorziel für die Energiewirtschaft verschiebt Emissionen ins Ausland, daher keine unmittelbare Klimaschutzwirkung, aber Belastungen für Verbraucher von bis zu insgesamt 34 Mrd. EUR

Auf Basis eines europäischen Strommarktmodells ermittelt Frontier Economics folgende Kernergebnisse bezüglich der energiewirtschaftlichen Auswirkungen des Sektorziels für die Energiewirtschaft im Klimaschutzplan gegenüber einem „Current Policies“- Szenario mit dem EU ETS als wesentlicher Steuerungsgröße für die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Energiewirtschaft:

- **Der Klimaschutzplan (KSP) führt im Vergleich zum Current Policies Szenario zu einer Verschiebung von inländischen Erzeugungsmengen in das Ausland** – Durch das im KSP definierte sektorspezifische Minderungsziel für die Energiewirtschaft sinken die Erzeugungsmengen Deutschlands um bis zu 93 TWh (entspricht 16 % der heutigen inländischen Stromerzeugung). In erster Linie sind davon Braun- und Steinkohlekraftwerke betroffen, die zu

---

<sup>3</sup> Vgl. BMUB (2016).

einem früheren Zeitpunkt den Betrieb einstellen als ohne KSP. Durch die Verschiebung der Erzeugungsmengen wird Deutschland ab dem Jahr 2020 Netto-Importeur von Strom und gesicherte Leistung.

- **Das Sektorziel Energiewirtschaft zeigt im Kontext des EU ETS kaum klimarelevante Wirkung** – Der Treibhausgasausstoß im deutschen Stromsektor sinkt in der Folge zusätzlich um bis zu 87 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr (2035). Die europäische Strommarktmodellierung zeigt, dass etwa 2/3 dieser Minderung durch Mehremissionen bereits unmittelbar infolge einer Verschiebung der Stromproduktion von Deutschland in die Nachbarländer kompensiert wird. Der wesentliche Teil der im Rahmen des Modells verbleibenden CO<sub>2</sub>-Minderung wird im Zuge des EU ETS letztlich durch Mehremissionen in anderen Ländern und Sektoren oder Folgejahren kompensiert („Wasserbetteffekt“).

Das sektorspezifische Ziel für die Energiewirtschaft im Klimaschutzplan hat somit im Kontext des EU ETS kaum unmittelbare klimarelevante Wirkung. Zwar sieht die aktuelle Reform des ETS Möglichkeiten zur Löschung von Zertifikaten vor,<sup>4</sup> die den „Wasserbetteffekt“ dämpfen können. Allerdings wirken die angedachten Mechanismen nur in Teilen, und die klimaschützende Wirkung wird bei einem solchen Vorgehen ausschließlich von der Löschung der Zertifikate ausgelöst, nicht z.B. durch die vorzeitige Stilllegung von Kohlekraftwerken in Folge von sektorspezifischen Emissionszielen.

- **Kosten der Verbraucher steigen um insgesamt bis zu 34 Mrd. EUR bzw. bis zu 3,9 Mrd. EUR pro Jahr** – Der Strompreis steigt infolge der strukturellen Veränderung des Kraftwerkparcs, je nach Annahmen, um **bis zu 9,60 EUR/MWh**. Dies führt, unter Berücksichtigung von sinkenden EEG-Differenzkosten, zu höheren Belastungen der Verbraucher in Höhe von bis zu 3,9 Mrd. EUR pro Jahr (in 2025).

Werden zudem Emissionszertifikate aus dem Markt genommen, werden zweifach Kosten ausgelöst, zum einen für die vorzeitige Außerbetriebnahme der Kraftwerke, zum anderen für die Streichung der Zertifikate. Es könnte also **mit weniger Kosten die gleiche Klimaschutzwirkung erzielt werden, wenn sich die Politik auf die Löschung von Zertifikaten fokussieren würde** und den Ort und Zeitpunkt der Treibhausgasreduktion dem EU ETS überlassen würde.

## Die konsequente Verfolgung des Sektorziels Energiewirtschaft führt zu hohen Verlusten an Wertschöpfung und Beschäftigung

- **Ausgangspunkt der Analyse ist die aktuelle Bedeutung der Braunkohleindustrie zum einen als Wirtschaftsfaktor, zum anderen als Basis für eine kostengünstige Stromerzeugung.** Bei Fortführung der aktuellen Politik („Current Policies“-Szenario) mit dem EU ETS als zentraler

<sup>4</sup> Mitgliedsstaaten können Zertifikate stilllegen, die durch den Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung freierwerden. Zusätzlich erfolgt eine automatische Löschung von Zertifikaten aus der Marktstabilitätsreserve, die jedoch erst langfristig nach Abbau der Reserve klimawirksam wird.

Steuerungsgröße wird die Braunkohleverstromung bis 2050 eingestellt, sodass für die Analyse die derzeitige Bedeutung der Braunkohleindustrie ermittelt werden muss. Mit dem Klimaschutzplan 2050 beschleunigt sich der Ausstieg aus der Braunkohleverstromung. Die folgenden Analysen beziehen sich im Wesentlichen auf die Zusatzkosten, die durch den vorzeitigen Ausstieg im Vergleich zum „Current Policies“- Szenario ausgelöst werden.

- **Derzeit ist die Braunkohleindustrie ein für Wertschöpfung und Beschäftigung bedeutsamer Wirtschaftszweig in Deutschland.** So sind in diesem Wirtschaftsbereich fast 20.000 Personen direkt beschäftigt, die eine Bruttowertschöpfung von zwei Mrd. EUR p.a. erzeugen. Über die Wertschöpfungskette sind noch einmal 20.000 Personen von der Braunkohleindustrie abhängig, die eine Bruttowertschöpfung von 2,5 Mrd. EUR p.a. erwirtschaften. Über die Einkommen und die damit verbundene Konsumnachfrage wird eine weitere Bruttowertschöpfung von 1,3 Mrd. EUR p.a. und eine Beschäftigung von 17.400 Personen induziert. Zusammengefasst erzeugt die Braunkohlewirtschaft direkt oder indirekt eine gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung in Höhe von jährlich 5,9 Mrd. EUR und steht für eine Beschäftigung von 57.000 Personen in Deutschland. Bei Fortführung der aktuellen Politik („Current Policies“) schmelzen diese direkte, indirekte und induzierte Wertschöpfung und Beschäftigung bis 2050 langfristig bis auf null.
- **Der mit dem Klimaschutzplan 2050 angestrebte beschleunigte Ausstieg aus der Braunkohleverstromung verstärkt die ohnehin mit dem Current Policies-Szenario für die Braunkohle verbundenen Verluste an Wertschöpfung und Beschäftigung.** Durch den schnelleren Rückgang der Produktion in der Braunkohleindustrie ergeben sich im Jahr 2030 zusätzliche gesamtwirtschaftliche Wertschöpfungsverluste in Höhe von 1,3 Mrd. EUR (**Tabelle 1**), womit der weitere Abbau von etwa 12.300 Arbeitsplätzen in diesem Jahr verbunden ist (**Tabelle 2**). Über die Jahre bis 2050 kumuliert, ergeben sich durch den Klimaschutzplan 2050 zusätzliche Wertschöpfungsverluste von 22,2 Mrd. EUR (undiskontiert).
- **Die durch den Klimaschutzplan verursachten Strompreissteigerungen führen zu Wettbewerbsnachteilen und Produktionsverlusten bei energieintensiven Industrien.** Diese haben Folgewirkungen in anderen Wirtschaftsbereichen. Im Jahr 2025 erreichen die Verluste ihr Maximum. In diesem Jahr liegt die Wertschöpfung um 3,9 Mrd. EUR niedriger als bei Fortsetzung der bisherigen Politik (**Tabelle 1**). Damit sind Beschäftigungsverluste von 45.000 Personen gegenüber dem Referenzszenario in diesem Jahr verbunden (**Tabelle 2**). **Über die Jahre bis 2050 kumuliert, ergibt sich ein gesamtwirtschaftlicher Wertschöpfungsverlust von 58,7 Mrd. EUR (undiskontiert).**

## Insbesondere die Braunkohlereviere sind hart von Arbeitsplatzverlusten betroffen

- **Durch den mit dem Klimaschutzplan 2050 angestrebten, beschleunigten Ausstieg aus der Braunkohlewirtschaft geht der zeitliche Spielraum für**

**den Strukturwandel und damit die Schaffung neuer Arbeitsplätze in anderen Sektoren erheblich zurück.** Erschwert wird der Strukturwandel dadurch, dass sich im Umfeld der Braunkohlereviere auch besonders viele energieintensive Unternehmen angesiedelt haben, die negativ von den infolge des Klimaschutzplans steigenden Strompreisen betroffen sind und daher selber unter Anpassungsdruck stehen (**Tabelle 1** und **Tabelle 2**).

- Im **Rheinischen Revier** treten die maximalen Verluste von Wertschöpfung und Beschäftigung, die sich ausgehend vom System Braunkohle einstellen, im Jahr 2025 auf. Hier liegt die Wertschöpfung um 268 Mio. EUR niedriger als bei Fortsetzung der aktuellen Politik. Damit gehen 3.100 Arbeitsplätze verloren. Über die Jahre kumuliert, ergibt sich im Klimaschutzplanszenario ein Wertschöpfungsverlust von 3,7 Mrd. EUR (undiskontiert) gegenüber dem Current Policies Szenario. Durch die steigenden Strompreise für energieintensive Industrien ergibt sich in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2025 zudem ein weiterer Wertschöpfungsverlust von etwa 1 Mrd. EUR und ein Rückgang der Beschäftigung um 12.900 Personen. Kumuliert man die Einbußen, die sich durch die Strompreissteigerungen ergeben, bis 2050, so gehen in Nordrhein-Westfalen insgesamt 15,6 Mrd. EUR (undiskontiert) an Wertschöpfung verloren.
- Im **Mitteldeutschen Revier** werden die maximalen Verluste, die sich durch die wegfallende Braunkohlewirtschaft ergeben, im Jahr 2040 erreicht. Der Wertschöpfungsverlust liegt dann bei 132 Mio. EUR p.a., was mit dem Abbau von 1.500 Arbeitsplätzen verbunden ist. Über die Jahre kumuliert ergibt sich ein Wertschöpfungsverlust von 2 Mrd. EUR. Durch die steigenden Strompreise für energieintensive Unternehmen stellt sich im Jahr 2025 in Sachsen und Sachsen-Anhalt ein weiterer Wertschöpfungsverlust von 276 Mio. EUR ein, der mit einem Rückgang der Beschäftigung um 3.600 Personen einhergeht. Kumuliert man die Einbußen, die sich durch die Strompreissteigerungen bis 2050 ergeben, so gehen in Sachsen und Sachsen-Anhalt insgesamt 4,2 Mrd. EUR (undiskontiert) an Wertschöpfung verloren.
- Im **Lausitzer Revier** werden die maximalen Verluste durch die beschleunigt wegfallende Braunkohlewirtschaft im Jahr 2035 erreicht. Der Wertschöpfungsverlust erreicht dann 309 Mio. EUR, was mit dem Abbau von 3.600 Arbeitsplätzen verbunden ist. Über die Jahre kumuliert, ergeben sich Wertschöpfungseinbußen in Höhe von 4,4 Mrd. EUR. Infolge der steigenden Strompreise für energieintensive Industrien ergeben sich im Jahr 2025 in Brandenburg und Sachsen ein zusätzlicher Wertschöpfungsverlust von 237 Mio. EUR und ein Rückgang der Beschäftigung um 3.300 Personen. Kumuliert man die Einbußen, die sich durch die Strompreissteigerungen ergeben, bis 2050, so gehen in Brandenburg und Sachsen insgesamt 3,6 Mrd. EUR (undiskontiert) an Wertschöpfung verloren.

**Tabelle 1** Auswirkungen des Klimaschutzplans auf Wertschöpfung in Millionen Euro (undiskontiert)

|  |   | 2025         | 2030         | 2035         | 2040         | Kumulierte Effekte bis 2050 |
|--|---|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| Direkte Effekte  | Rheinisches Revier                      | 270          | 250          | 150          | 35           | 3.700                       |
|  | Mitteldeutsches Revier                  | 60           | 50           | 85           | 130          | 2.000                       |
|  | Lausitzer Revier                        | 120          | 275          | 310          | 110          | 4.400                       |
|  | <b>Deutschland gesamt</b>               | <b>970</b>   | <b>1.260</b> | <b>1.200</b> | <b>580</b>   | <b>22.200</b>               |
| Strompreis-induzierte Effekte in energieintensiver Industrie | NRW                                     | 1.030        | 970          | 380          | 280          | 15.600                      |
|  | Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt | 360          | 340          | 130          | 100          | 5.500                       |
|  | <b>Deutschland gesamt</b>               | <b>3.850</b> | <b>3.650</b> | <b>1.400</b> | <b>1.050</b> | <b>58.700</b>               |
| <b>Summe für Deutschland gesamt</b>                          |   | <b>4.820</b> | <b>4.910</b> | <b>2.600</b> | <b>1.630</b> | <b>80.900</b>               |

Anmerkung: Wertschöpfungseffekte im Vergleich zum „Current Policies“ Szenario

**Tabelle 2** Auswirkungen des Klimaschutzplans auf Arbeitsplätze

|  |   | 2025          | 2030          | 2035          | 2040          |
|--|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Direkte Effekte  | Rheinisches Revier                      | 3.100         | 2.850         | 1.700         | 400           |
|  | Mitteldeutsches Revier                  | 650           | 550           | 950           | 1.500         |
|  | Lausitzer Revier                        | 1.400         | 3.200         | 3.600         | 1.250         |
|  | <b>Deutschland gesamt</b>               | <b>9.450</b>  | <b>12.300</b> | <b>11.750</b> | <b>5.650</b>  |
| Strompreis-induzierte Effekte in energieintensiver Industrie | NRW                                     | 12.900        | 12.050        | 4.700         | 3.450         |
|  | Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt | 4.800         | 4.500         | 1.750         | 1.300         |
|  | <b>Deutschland gesamt</b>               | <b>45.200</b> | <b>42.600</b> | <b>16.600</b> | <b>12.300</b> |
| <b>Summe für Deutschland gesamt</b>                          |   | <b>54.650</b> | <b>54.900</b> | <b>28.350</b> | <b>17.950</b> |

Anmerkung: Arbeitsplatzeffekte im Vergleich zum „Current Policies“ Szenario

## Auftrag an Politik: Strukturwandel gestalten ohne Strukturbruch zu riskieren

- Die **Braunkohleindustrie ist eine Vielzahl von Netzwerken** eingebunden, die von der Urproduktion mit den dafür verwendeten Technologien bis hin zu den Endprodukten im Bereich der Stromerzeugung und zum Teil der Chemie reicht. Auch hier sind die entsprechenden Produktionstechnologien in den Lieferverflechtungen von großer Bedeutung. Daher ist jede Strategie für eine

zukunftsfähige Nutzung der Braunkohle mit der Frage verbunden, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um das vorhandene Innovationspotential und damit die daraus entstehenden Wertschöpfungsmöglichkeiten weiter nutzen zu können und den Übergang so zu gestalten, dass die Verbindungen, aus denen relevantes Wissen in die umzubauenden Standorte fließt, nicht gekappt werden.

- **Der Zeitpfad des Strukturwandels ist die entscheidende Größe einer erfolgreichen Strukturpolitik** – Auch im Current Policies-Szenario darf es keine Erhaltungspolitik geben. Vielmehr ist eine vorausschauende, langfristig ausgerichtete Politik erforderlich, die zu einem Wandel der bestehenden und zur Entstehung innovativer Strukturen bei gleichzeitigem Erhalt des hohen volkswirtschaftlichen Aktivitätsniveau führt. Bei zu schnellem Wegbrechen der bestehenden Strukturen können die hohen bisherigen Investitionen am Markt nicht mehr erwirtschaftet werden. Bei einer Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 würde die Nutzung einzelner Kraftwerke und der Anlagen vor dem Ablauf ihrer wirtschaftlichen Lebensdauer enden. Deshalb wären bilanzielle und volkswirtschaftliche Verluste unvermeidbar. Weiterhin würden Netzwerkstrukturen zerstört, wodurch ebenfalls Friktionen entstünden. Beides wird sozialpolitisch bedeutsam bei der Suche nach Beschäftigungsalternativen der Arbeitnehmer im Rahmen des Umbaus, es entstehen also „persönliche versunkene Kosten“ durch die Entwertung von Humankapital.

Die Chance muss genutzt werden, mit dem Umbau der regionalen Wertschöpfung hin zu einer klimaneutralen Verwertung von Braunkohle und anderen innovativen Ideen völlig neue Industrien, Netzwerke und Cluster zu induzieren. Nur so ist eine weitgehende Kompensation für die regionale Einkommensentwicklung zu ermöglichen.

# 1 EINLEITUNG

In diesem einführenden Kapitel beschreiben wir

- die Motivation der Studie (**Abschnitt 1.1**); und
- den verwendeten Analyseansatz (**Abschnitt 1.2**).

## 1.1 Motivation

### Klimapolitik ist globales und europäisches Thema

Um das im internationalen Klimaabkommen von Paris in 2015 vereinbarte Ziel einer Erderwärmung um maximal 2 Grad (bzw. „möglichst“ um 1,5 Grad) einzuhalten, müssen globale Treibhausgasemissionen (THG) zukünftig deutlich gesenkt werden. Dabei spielt es für die Erderwärmung aufgrund des Treibhausgaseffekts keine Rolle, wo auf der Welt die Emissionen zukünftig anfallen bzw. vermindert werden. Entsprechend zentral für effektiven und effizienten Klimaschutz ist deshalb ein global koordiniertes Vorgehen: Nur dann kann sichergestellt werden, dass globale Minderungsziele auch tatsächlich erreicht werden, und dass die damit einhergehenden finanziellen Belastungen so gering wie möglich ausfallen, indem länderübergreifend möglichst kostengünstige Emissionsvermeidungsoptionen genutzt werden.

Vor diesem Hintergrund haben sich die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) bereits auf klimapolitische Ziele für die Jahre 2020 und 2030 verständigt sowie Ziele für 2050 formuliert (**Tabelle 3**). Mit diesen Zielen vor Augen haben sich die EU Mitgliedstaaten auf eine Reihe europäischer Maßnahmen zum Erreichen der Ziele geeinigt. Kernelement der EU-Klimapolitik ist die Einführung des europäischen Emissionshandelssystems (EU ETS), das zum 1. Januar 2005 für Großfeuerungsanlagen vor allem in der Stromerzeugung und der Industrie eingeführt wurde und für diese „EU ETS-Sektoren“ einen CO<sub>2</sub>-Minderungspfad vorgibt (**Tabelle 3**, Zeilen 3 und 4).

Der zentrale Vorteil des EU ETS besteht darin, dass über den Handel von Emissionsrechten die zur Erreichung der Klimaziele erforderlichen Emissionsminderungen von den Anlagen in den Ländern innerhalb der EU vorgenommen werden, die hierzu zu den geringsten Kosten in der Lage sind. Im Ergebnis werden die Klimaziele auf diesem Wege kosteneffizient erreicht. Durch die fest vorgegebene, kontinuierlich sinkende Emissionsobergrenze ist die Erreichung des CO<sub>2</sub>-Minderungsziels gewährleistet.

### Bundesregierung setzt auf nationale Emissionsminderungsziele

Trotz der Erreichung der beabsichtigten CO<sub>2</sub>-Minderung ist das EU ETS in den vergangenen Jahren in die Kritik gekommen: Verschiedene Faktoren, wie z.B. ein Rückgang des Energieverbrauchs infolge der Wirtschaftskrise oder ein Rückgang der Zertifikatsnachfrage durch gestiegene Stromproduktion aus geförderten erneuerbaren Energien haben in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren zu Zertifikatsüberschüssen geführt. In der Folge sind die Preise für CO<sub>2</sub>-Zertifikate

stark gesunken: Derzeit kostet die Emission einer Tonne CO<sub>2</sub> etwa 7-10 EUR – im Vergleich zum bislang höchsten Preisstand von etwa 30 EUR im Jahr 2006. Durch die gesunkenen CO<sub>2</sub>-Preise wird die Lenkungswirkung des EU ETS von politischen Entscheidungsträgern in einigen Mitgliedsstaaten in Frage gestellt, und es werden alternative nationale Maßnahmen zur Forcierung von CO<sub>2</sub>-Reduktionen auch in den Sektoren beschlossen, welche dem EU ETS unterliegen.

Unabhängig von den bestehenden, übergeordneten EU-Zielen hat sich Deutschland auch nationale Ziele für die Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gesetzt, welche neben den „Nicht-EU-ETS-Sektoren“ (z.B. Verkehr, Wärme und Landwirtschaft) auch die vom EU ETS erfassten Sektoren umfassen: Gemäß Energiekonzept von 2010 sollen die Emissionen in Deutschland bis 2020 um mindestens 40 % gegenüber 1990 verringert werden, bis 2050 um 80 % bis 95 % (**Tabelle 3**, Zeilen 5 bis 7).

Im Klimaschutzplan 2050 („KSP“) vom November 2016 definiert die Bundesregierung für Deutschland zudem ein „Zwischenziel“ für das Jahr 2030:<sup>5</sup> So sollen die nationalen Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber 1990 reduziert werden. Bis 2040 sollen die THG-Emissionen um mindestens 70% gesenkt werden.

**Tabelle 3** zeigt eine Übersicht der historischen Emissionen (1990 und 2005) sowie der Zielwerte für 2020 bis 2050 in der EU insgesamt, im Rahmen des EU ETS sowie in Deutschland.

---

<sup>5</sup> Vgl. BMUB (2016).

**Tabelle 3 Emissionsminderungsziele in der EU, im EU ETS und in Deutschland**

|               |  | 1990  | 2005       | 2020       | 2030       | 2040  | 2050    |
|---------------|--|-------|------------|------------|------------|-------|---------|
| <b>EU</b>     | Mio. tCO <sub>2</sub> <sup>6</sup>                                     | 4.462 | 4.291      | 3.570      | 2.677      | 1.785 | 892-223 |
|               | % - Minderung ggü. 1990 <sup>7</sup>                                   | -     | -          | 20 %       | mind. 40 % | 60 %  | 80-95 % |
| <b>EU ETS</b> | Mio. tCO <sub>2</sub> <sup>8</sup>                                     | -     | 2.377      | 1,878      | 1,355      | -     | -       |
|               | % - Minderung ggü. 2005  | -     | -          | 21 %       | 43 %       | -     | -       |
| <b>DE</b>     | Mio. tCO <sub>2</sub> <sup>9</sup>                                     | 1.251 | 992        | 751        | 562-543    | -     | 250-63  |
|               | % - Minderung ggü. 1990  | -     | Mind. 20 % | Mind. 40 % | 56-55 %    | -     | 80-95 % |
|               | % - Minderung ggü. 2005 (aus Zielen für 1990 ermittelt <sup>10</sup> ) | -     | -          | 24 %       | 43-45 %    | -     | 75-94 % |

Quelle: Frontier Economics

### Klimaschutzplan 2050 gibt erstmals nationale Sektorziele vor

Die europäischen und deutschen Klimaziele galten bisher über alle Sektoren hinweg, d.h. es gab über die europäische Unterscheidung zwischen ETS- und Nicht-ETS-Sektoren hinaus keine Festlegung beispielsweise dahingehend, ob die Emissionsminderungen in der Energiewirtschaft, der Wärmeversorgung oder im Verkehr erreicht werden sollten.

Ein Novum des Klimaschutzplans ist es nun, dass das Gesamtziel der Emissionsreduktion von mindestens 55 % bis 2030 auf sektorspezifische Emissionsminderungsziele heruntergebrochen wird. Die Bundesregierung will damit u.a. auch die Sektoren stärker in die Pflicht nehmen, die bislang – wie der

<sup>6</sup> Historische Emissionen (für 1990 und 2005) für die EU entstammen UNFCCC (ohne LULUCF).

<sup>7</sup> COM (2011) 112: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (08 March 2011); EU-Ziele für 2040/2050 als Absichtserklärung nicht rechtlich bindend.

<sup>8</sup> Historische Emissionen (für 1990 und 2005) für das EU ETS entstammen European Environment Agency, EU Emissions Trading System (ETS) data viewer, stationary installations, scope corrected.

<sup>9</sup> Historische Emissionen (für 1990 und 2005) für Deutschland entstammen Umweltbundesamt (2016): Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Zielwerte für 2030 wurden 1:1 aus Klimaschutzplan 2050 übernommen.

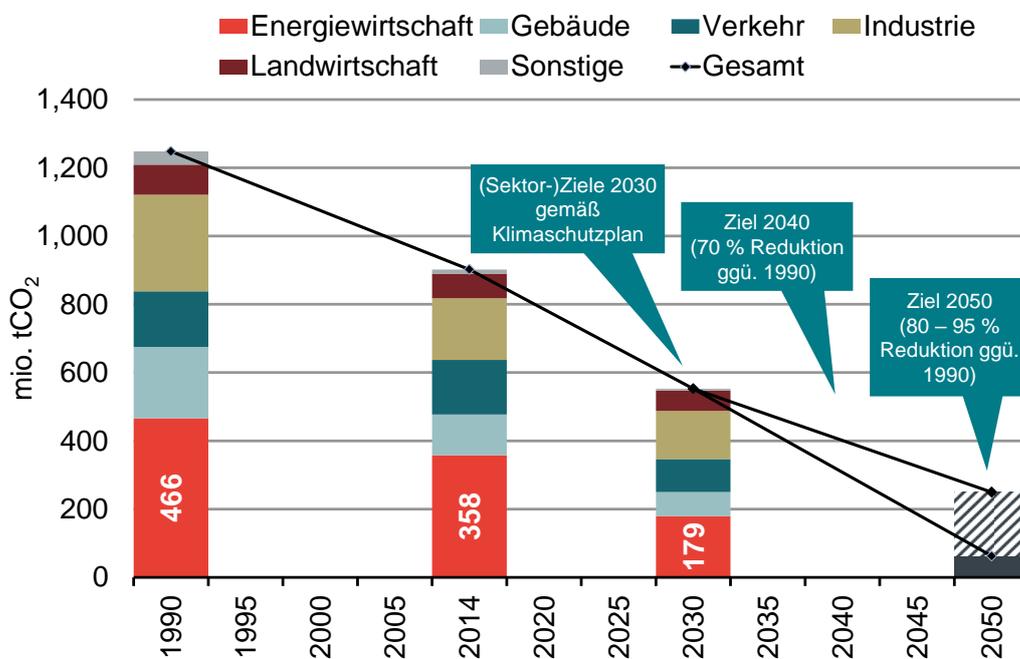
<sup>10</sup> Zielwerte für die deutschen Emissionsminderungen sind in Bezug auf das Basisjahr 1990 definiert. Für den Vergleich mit EU ETS Zielen sind die Zielwerte in Verhältnis zum Jahr 2005 zu setzen.

Verkehr – nur wenig zur THG-Emissionsminderung beigetragen haben  
(Abbildung 1):

- Energiewirtschaft (61 % bis 62 % Minderung bis 2030 gegenüber 1990);
- Gebäude (66 % bis 67 %);
- Verkehr (40 % bis 42 %);
- Industrie (49 % bis 51 %); sowie
- Landwirtschaft (31 % bis 34 %).

Für die Energiewirtschaft heißt das konkret, dass sich die Treibhausgasemissionen von 358 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente in 2014 bis 2030 auf 175-183 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente in etwa halbieren sollen.

**Abbildung 1** Sektorspezifische Emissionsminderungsziele für Deutschland gemäß Klimaschutzplan 2050



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung

Hinweis: Die Grafik basiert auf historischen Daten der Jahre 1990 und 2015 sowie der Bundesregierungsziele für 2030 und 2050. Für die Zwischenjahre wurde linear interpoliert.

### Nationale Sektorziele sollen umfassender Folgenabschätzung unterzogen werden und öffentlich diskutiert werden

Im Klimaschutzplan erkennt die Bundesregierung an, dass die Sektorziele „zum Teil weitreichende Folgen für unsere wirtschaftliche und soziale Entwicklung haben“ können. Deshalb wird angekündigt, dass die Sektorziele „einer umfassenden Folgenabschätzung (impact assessment) unterzogen [werden], deren Ergebnis mit den Sozialpartnern diskutiert wird und 2018 eine Anpassung der Sektorziele ermöglicht.“ (S. 33). Das Gesamtziel für 2030 ist hingegen nicht mehr Teil der Überprüfung.

Vor diesem Hintergrund hat RWE – als Produzent von Strom aus fossilen Brennstoffen unmittelbar betroffen von den Sektorzielen für die Energiewirtschaft – das Konsortium aus Frontier Economics („Frontier“), Economic Trend Research („ETR“), Georg Consulting und Visionometrics, mit einer wissenschaftlich fundierten Analyse der Folgen des Klimaschutzplans und insbesondere der Sektorziele beauftragt. Die Analysen und Berechnungen wurden im Frühjahr und Sommer 2017 vorgenommen. Entsprechend basierte das verwendete Annahmenset (z.B. für Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preisen) auf den Markterwartungen dieses Zeitraums.

## 1.2 Analyseansatz und Aufbau der Studie

Die Studie leistet einen Beitrag zur Folgenabschätzung des Klimaschutzplans für die Stromerzeugung. Wir verfolgen hierzu einen umfassenden Ansatz:

- **Kapitel 2** – Mittels eines **europäischen Strommarktmodells** simulieren wir zunächst ein „Current Policies“-Szenario, welches die ohne Klimaschutzplan bereits bestehenden Herausforderungen der Dekarbonisierung der Energiewirtschaft darlegt. Im Anschluss simulieren wir ein Szenario, in welchem das nationale Sektorziel des Klimaschutzplans für die Energiewirtschaft erreicht werden muss („KSP Szenario“). Durch eine Gegenüberstellung dieser beiden Szenarien schätzen wir die **Auswirkungen des Klimaschutzplans auf energiewirtschaftliche Indikatoren** wie nationale und europäische CO<sub>2</sub>-Emissionen, den Stromerzeugungsmix, Stilllegungszeitpunkte von Kraftwerken und Tagebauen, Strompreise und die Kosten des Stromsystems ab.

Federführend für die energiewirtschaftlichen Analysen ist **Frontier Economics**.

- **Kapitel 3** – Auf Basis der in **Kapitel 2** generierten Simulationsergebnisse bezüglich der Auswirkungen des Klimaschutzplans auf die Braunkohleverstromung, die Braunkohletagebaue und die Strompreise beleuchten wir in **Kapitel 3** die hieraus im Vergleich zum Current Policies-Szenario resultierenden **gesamtwirtschaftlichen Effekte**. Hierzu wird zum einen auf Basis einer **Input-Output-Analyse** untersucht, welche ökonomische Bedeutung die Braunkohlenwirtschaft hat und zum anderen wird betrachtet, welche gesamtwirtschaftlichen Effekte steigende Strompreise haben.

Federführend für die gesamtwirtschaftlichen Analysen ist **Economic Trends Research**.

- **Kapitel 4** – Wir untersuchen die **regionalökonomischen Effekte**, die infolge einer Einstellung der Braunkohleverstromung und der damit verbundenen Stilllegung der Braunkohletagebaue **im Rheinischen, Mitteldeutschen und Lausitzer Revier** auftreten. Hierzu werden die Effekte abgeschätzt, die sich über die regionalen Wertschöpfungsketten zusätzlich zu den unmittelbaren Wirkungen der Braunkohlewirtschaft durch einen beschleunigten Ausstieg aus der Braunkohleverstromung ergeben, wie er im Klimaschutzplan 2050 vorgesehen ist. Gleichzeitig wird auch die besondere Bedeutung der energieintensiven Industrien für die Braunkohlereviere betont.

Federführend für die Analyse der regionalökonomischen Effekte ist **Georg Consult**.

- **Kapitel 5** – Wir erläutern das **Phänomen des Strukturwandels** und stellen es in Bezug zu den Braunkohleregionen. Ferner werden aus theoretischen Ideen und den Erfahrungen der deutschen Wiedervereinigung einige strukturpolitische Leitlinien für die deutschen Braunkohlereviere abgeleitet.

Federführend für die strukturpolitischen Überlegungen ist **Visionometrics**.

## 2 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE

In diesem Kapitel beschreiben wir die Analyse zur Abschätzung der energiewirtschaftlichen Auswirkungen des Klimaschutzplans 2050 wie z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen, Strompreise und die Stromerzeugung:

- Zunächst beschreiben wir die Methodik der energiewirtschaftlichen Analyse (**Abschnitt 2.1**); und
- anschließend erläutern wir die Ergebnisse (**Abschnitt 2.2**).

Der nachfolgende Textkasten fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen.

### ZUSAMMENFASSUNG DER ENERGIEWIRTSCHAFTLICHEN EFFEKTE

Die vorgenommenen Strommarktsimulationen führen zu folgenden Kernergebnissen:

- **Der Klimaschutzplan führt zu einer Verschiebung von inländischen Erzeugungsmengen in das Ausland** – Durch das stromsektorspezifische Minderungsziel des KSP sinken die Erzeugungsmengen Deutschlands um bis zu 93 TWh pro Jahr (entspricht ca. 16% der heutigen jährlichen inländischen Stromerzeugung). In erster Linie sind davon Braun- und Steinkohlekraftwerke betroffen, die zu einem früheren Zeitpunkt den Betrieb einstellen als ohne KSP. Langfristig hat der KSP zudem Auswirkungen auf die Stromerzeugung aus Gaskraftwerken. Durch die Verschiebung dieser Erzeugungsmengen wird Deutschland ab dem Jahr 2020 Netto-Importeur von Strom.
- **Der Klimaschutzplan zeigt im Kontext des EU ETS keine klimarelevante Wirkung** – Der Treibhausgasausstoß im deutschen Stromsektor sinkt in der Folge um bis zu 87 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr (2035). Die europäische Strommarktmodellierung offenbart, dass bis zu 2/3 dieser Minderung durch Mehremissionen infolge der Verschiebung der Stromproduktion von Deutschland in die Nachbarländer bereits unmittelbar kompensiert wird. Nicht vom Modell erfasst ist die Tatsache, dass die zunächst verbleibenden CO<sub>2</sub>-Minderungen in Europa im Rahmen des EU ETS letztlich dadurch kompensiert werden, dass die Gesamtmenge an verfügbaren Zertifikaten fixiert ist und die durch den KSP frei gewordenen Emissionen in Deutschland durch andere Kraftwerke, Länder, und/oder Sektoren ausgestoßen würden, sofern keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden (wie z.B. Herausnahme von Zertifikaten aus dem Handelssystem). Im Endeffekt verbleiben die über Zeit, Länder und Sektoren kumulierten tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Emissionsminderung in Deutschland unverändert („Wasserbett-Effekt“). Der Klimaschutzplan hat somit im Kontext des EU ETS keine unmittelbare klimarelevante Wirkung. Zwar sieht die aktuelle Reform des ETS („Trilog“) Möglichkeiten zur Löschung von Zertifikaten vor,<sup>11</sup> die den „Wasserbetteffekt“ dämpfen können. Allerdings wirken die angedachten Mechanismen nur in Teilen, und die klimaschützende Wirkung wird bei einem solchen Vorgehen ausschließlich von der Löschung der Zertifikate

<sup>11</sup> Mitgliedsstaaten können Zertifikate stilllegen, die durch den Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung freierwerden. Zusätzlich erfolgt eine automatische Löschung von Zertifikaten aus der Marktstabilitätsreserve, die jedoch erst langfristig nach Abbau der Reserve klimawirksam wird.

ausgelöst, nicht z.B. durch die vorzeitige Stilllegung von Kohlekraftwerken in Folge von sektorspezifischen Emissionszielen.

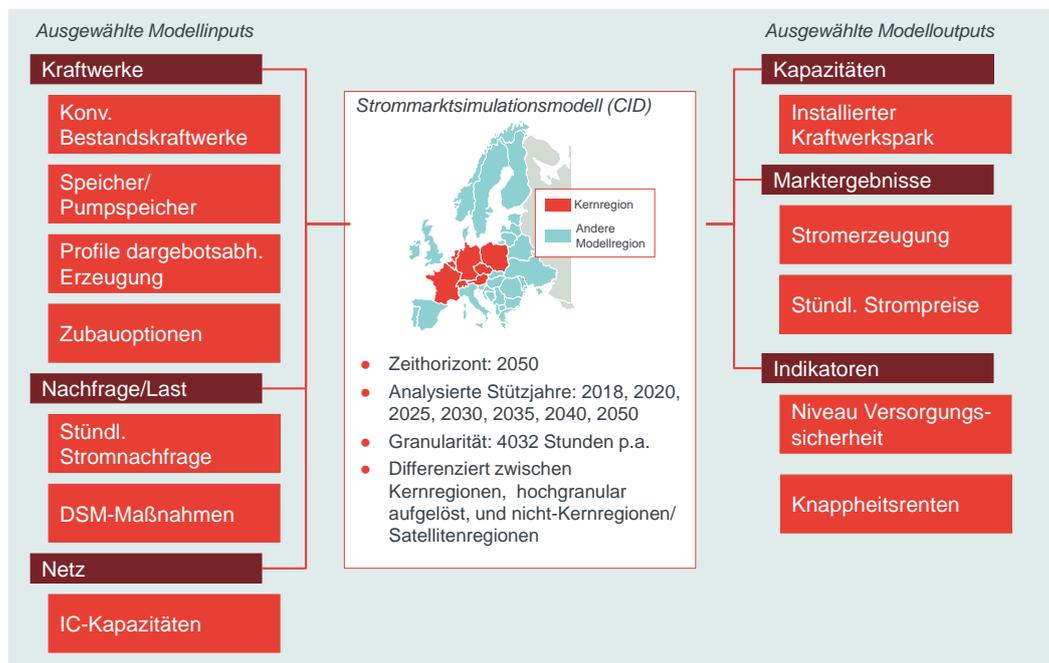
- **Kosten der Verbraucher steigen um insgesamt bis zu 34 Mrd. EUR –**  
Der Strompreis steigt infolge der strukturellen Veränderung des Kraftwerksparks, je nach Szenario, um bis zu 9,60 EUR/MWh. Dies führt, unter Berücksichtigung von sinkenden EEG-Differenzkosten, zu höheren Belastungen der Nachfrage in Höhe von bis zu 3,9 Mrd. EUR pro Jahr (in 2025).  
Werden zudem Emissionszertifikate aus dem Markt genommen, werden zweifach Kosten ausgelöst, zum einen für die vorzeitigen Außerbetriebnahmen der Kraftwerke, zum anderen für die Streichung der Zertifikate. Es könnte also mit weniger Kosten die gleiche Klimaschutzwirkung erzielt werden, wenn sich die Politik auf die Löschung von Zertifikaten fokussieren würde und den Ort und Zeitpunkt der Treibhausgasreduktion dem EU ETS überlassen würde.

## 2.1 Methodik: Strommarktmodellierung für ETS-Szenario und KSP Szenario

Die Analyse der energiewirtschaftlichen Effekte des Sektorziels Energiewirtschaft im Klimaschutzplan (KSP) basiert auf einer umfassenden Modellierung des Europäischen Strommarktes (siehe für eine Modellbeschreibung **Anhang A.1**):

- Das Strommarktmodell simuliert für 8 Stichjahre und eine Auswahl von 24 repräsentativen Wochen pro Stichjahr simultan den Kraftwerkseinsatz sowie Zu- und Rückbauentscheidungen („Combined Investment- und Dispatch Model“).
- Deutschland und dessen Nachbarstaaten sind dabei kraftwerksscharf abgebildet. Weiter entfernte, aber indirekt verbundene Regionen sind mit abnehmender Detailtiefe (z.B. Altersklassen des Kraftwerksparks) Teil des Modells.

Abbildung 2 Übersicht über Modelllogik und Ableitung Strompreise



Quelle: Frontier Economics

Wir vergleichen die sich im Modell einstellenden Marktergebnisse wie z.B. Strompreise, Stromerzeugung und CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen einem EU ETS Referenzszenario („Current Policies“ Szenario) und einem Szenario mit Umsetzung der Sektorziele des Klimaschutzplans 2050 („KSP Szenario“):

- **„Current Policies“ Referenzszenario auf Basis des EU ETS** – Wir definieren einen Referenzpfad für die zukünftige Energie- und Klimapolitik, in welchem die Erreichung der europäischen CO<sub>2</sub>-Minderungsziele für die Energiewirtschaft über das Europäische Emissionshandelssystem (EU ETS) sichergestellt wird. Wir nehmen an, dass hierfür die entsprechenden Maßnahmen auf EU-Ebene im Zeitablauf ergriffen werden. Eine Forcierung der Politik durch nationale Sektorziele des Klimaschutzplans für das Jahr 2030 erfolgt hier nicht.
- **KSP Szenario mit Erreichung des nationalen CO<sub>2</sub>-Sektorziels des Klimaschutzplans** – Wir definieren ein Alternativszenario, in welchem zusätzlich zum EU ETS nationale Maßnahmen zur Erreichung des nationalen Sektorziels, wie es im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung skizziert wird, für die Energiewirtschaft ergriffen werden. Hierbei nehmen wir vereinfachend und konservativ an, dass das Sektorziel über eine einheitliche nationale CO<sub>2</sub>-Bepreisung erreicht wird.

Im Folgenden erläutern wir

- die zentralen Marktumfeldannahmen, wie z.B. Stromnachfragen, Brennstoffpreise und Ausbau Erneuerbarer Energien, die in beiden Szenarien gleich sind (**Abschnitt 2.1.1**);

- die konstituierenden Annahmen des Current Policy Szenarios (**Abschnitt 2.1.2**); sowie
- die konstituierenden Annahmen des KSP Szenarios (**Abschnitt 2.1.3**).

Weitere Details zu den Annahmen und Eingangsparametern für das Modell finden sich in **Anhang A.2**.

### 2.1.1 Marktumfeldannahmen in beiden Szenarien

Sowohl dem "Current Policies"-Szenario als auch dem KSP Szenario liegen, abgesehen von der Modellierung des nationalen Sektorziels Energiewirtschaft, identische Marktumfeldannahmen zu Grunde. Diese reflektieren eine aus unserer Sicht wahrscheinliche Entwicklung der wesentlichen Einflussgrößen im Strommarkt und berücksichtigen, neben den politischen Zielsetzungen in Deutschland, auch den aktuellen Stand der Gesetzgebung in den Nachbarländern.<sup>12</sup>

- **Langfristiger Anstieg der Stromnachfrage durch Sektorkopplung** – Wir nehmen an, dass die Stromnachfrage in Deutschland in den Jahren bis 2030 nur moderat ansteigt, bzw. beinahe konstant bleibt. Mit zunehmender Versorgung der Sektoren Verkehr und Gebäude (Wärme) durch Strom steigt die Nachfrage langfristig jedoch deutlich von ca. 540 TWh in 2015 auf knapp 790 TWh in 2050 an.<sup>13</sup> In den übrigen modellierten Regionen kommt es ebenfalls zu einem Anstieg der Nachfrage, dieser ist jedoch weniger stark ausgeprägt als in Deutschland (+ 14 % von 2015 bis 2050).
- **Moderater Anstieg der Brennstoffpreise** – Die Brennstoffe Kohle und Erdgas sind derzeit durch ein niedriges Preisniveau auf den relevanten Märkten gekennzeichnet. Wir nehmen an, dass dieses geringe Preisniveau (entsprechend aktuell gehandelter Future Preise) bis in die 2020er Jahre anhält und erst mittelfristig eine Erholung stattfindet. Die Preise bleiben jedoch auch langfristig unter den historisch beobachteten Preisniveaus zurück (Gas: unter 30 EUR (real, 2015) /MWh<sub>th</sub> und Kohle unter 10 EUR (real, 2015)/MWh<sub>th</sub>).
- **Kraftwerkspark in Deutschland auf Basis von BNetzA-Kraftwerksliste** – Die Entwicklung des Kraftwerksparks in der Kernregion ergibt sich aus den modellendogenen sowie den bereits heute sicher bekannten Zu- und Rückbauten (z.B. Sicherheitsbereitschaft, Kernenergieausstieg). Für die Herleitung des Startwerts in Deutschland haben wir die BNetzA Kraftwerksliste herangezogen; die Ausgangswerte der übrigen Länder basieren auf der Platts PowerVision Datenbank bzw. nationalen Kapazitätsbilanzen der Übertragungsnetzbetreiber.
- **Ausbau der Erneuerbaren Energien** – Auch der Ausbau der Erneuerbaren Energien erfolgt in der Kernregion modellendogen. Zudem unterstellen wir für Deutschland, dass heute gesetzte Ziele durch das EEG (Zielkorridor) mindestens eingehalten werden. Vor dem Hintergrund des Nachfrageanstiegs

<sup>12</sup> Bei der Interpretation der Ergebnisse sowie der Annahmen ist zu beachten, dass die Modellierung vereinfacht in Form von ausgewählten Stützjahren erfolgt, d.h. eine „Kraftwerksstilllegung bis 2025“ erfolgt im Intervall 2020 bis einschließlich 2024.

<sup>13</sup> Vgl. Fraunhofer (2015): Interaktion EE/Wärme/Verkehr.

bedeutet dies, dass die Zubauziele des EEG 2017 langfristig übertroffen werden.

- **Entwicklung der Grenzkuppelkapazitäten (Interkonnektoren)** – Entsprechend dem Verbundziel der Europäischen Union nehmen wir an, dass die Interkonnektorkapazitäten in der EU ansteigen. Basierend auf dem TYNDP von ENTSO-E gehen wir in etwa von einer Verdopplung der Übertragungskapazität bis 2050 aus. An den deutschen Außengrenzen steigt die Kapazität von ca. 20 auf knapp unter 40 GW.

### 2.1.2 „Current Policies“-Szenario: Steuerung der Emissionssenkung über das Europäische Emissionshandelssystem

Das EU ETS ist das zentrale Instrument zur Minderung von Treibhausgas-Emissionen im Europäischen Stromsektor. Grundidee des EU ETS ist, dass die Betreiber von CO<sub>2</sub>-emittierenden Anlagen – ab einer Anlagengröße von 20 MW Feuerungswärmeleistung in den Sektoren Strom, energieintensive Industrie und privater innereuropäischer Luftverkehr – für jede Tonne CO<sub>2</sub> Emission ein Zertifikat vorweisen bzw. abgeben müssen. Hierdurch wird sichergestellt, dass die EU-weit ausgegebene Höchstmenge an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten („Cap“) nicht überschritten wird, und somit über das kontinuierlich sinkende Cap die gesetzten CO<sub>2</sub>-Minderungsziele im EU ETS erreicht werden.

#### Im Modell: Emissionsgrenze pro Modelljahr entsprechend EU ETS Zielen

Entsprechend formulieren wir im „Current Policies“-Szenario eine Modell-Nebenbedingung zur Abbildung der europaweiten Höchstgrenze von CO<sub>2</sub>-Emissionen für jedes Modelljahr (**Tabelle 4** und **Abbildung 3**), basierend auf den CO<sub>2</sub>-Minderungszielen des EU ETS bzw. der EU, und zwar

- bis 2020: 21 % Minderung gegenüber 2005 entsprechend dem EU ETS Minderungspfad;<sup>14</sup>
- bis 2030: 43 % Minderung gegenüber 2005 entsprechend dem EU ETS Minderungspfad; und
- bis 2050: 90 % Minderung gegenüber 2005, bzw. 92 % gegenüber 1990. Für 2050 besteht derzeit noch kein rechtlich verbindliches Ziel der Emissionsminderung, die Roadmap 2050 der EU Kommission legt jedoch Minderungsbestrebungen für die Emissionen in allen Sektoren um die 80 bis 95 % gegenüber 1990 nahe. Bei der Annahme einer Minderung um 92 % gegenüber 1990 berücksichtigen wir daher, dass die Energiewirtschaft voraussichtlich einen überproportionalen Beitrag zu den Emissionsminderungen wird tragen müssen und orientieren uns entsprechend am oberen Rand des Zielkorridors.

<sup>14</sup> Da im Strommarktmodell nur ein Teil der ETS Sektoren und Länder abgebildet wird (in 2015 zum Beispiel 742 Mio. t im Vergleich zu historischen Emissionen im EU ETS von 1,8 Mrd. t in 2014, d.h. 41 %), wenden wir die Minderungsziele pro-rata auf die vom Modell erfassten Emissionen an.

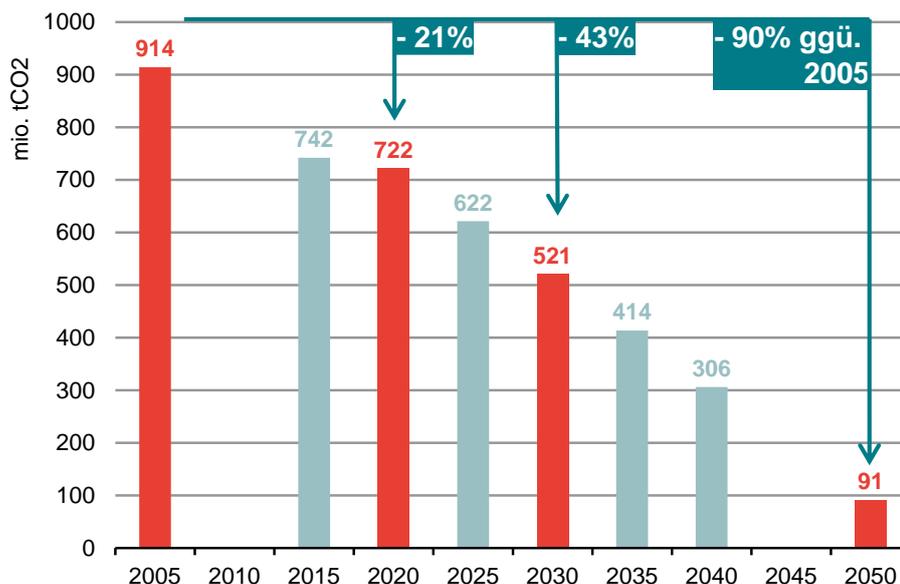
Die Nebenbedingung sorgt im Strommarktmodell dafür, dass die Emissionen des modellierten Kraftwerksparks die Höchstgrenze an CO<sub>2</sub>-Emissionen in keinem Jahr überschreiten. Dabei bleibt im Modell vereinfachend unberücksichtigt, dass durch Banking in der Realität eine Überschreitung des jährlichen Budgets gleichwohl möglich ist. Die Gesamtsumme der Emissionen über die Jahre ist allerdings auch in der Realität konstant.

**Tabelle 4 Im Strommarktmodell angenommene Emissionsbudgets für den modellierten Stromsektor im „Current Policies“-Szenario**

|                    |                       | 1990 | 2005 | 2015 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Alle Länder</b> | Mio. tCO <sub>2</sub> | 975  | 914  | 742  | 722  | 521  | 306  | 91   |
|                    | %-Minderung ggü. 2005 | -    | 0 %  | 19 % | 21 % | 43 % | 67 % | 90 % |
| <b>DE</b>          | Keine Beschränkung    |      |      |      |      |      |      |      |

Quelle: Frontier Economics

**Abbildung 3 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionsgrenze im Strommarktmodell (basierend auf EU ETS)**



Quelle: Frontier Economics

### Zusätzlich EU-weiter exogener CO<sub>2</sub>-Preisfad

Verschiedene Faktoren, wie zum Beispiel ein geringerer Emissionsbedarf infolge der Wirtschaftskrise und nationale Fördermaßnahmen von CO<sub>2</sub>-Vermeidungsmaßnahmen, wie z.B. zum Ausbau der Erneuerbaren Energien, haben in den vergangenen Jahren zu Überschüssen an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten geführt, welche sich auf derzeit etwa 1.8 Mrd. t aufsummieren.<sup>15</sup> In der Praxis können Marktteilnehmer diese Zertifikate in zukünftigen Jahren zur Deckung von CO<sub>2</sub>-

<sup>15</sup> Europäische Kommission (Februar 2017): Report from the Commission to the European Parliament and the Council – Report on the functioning of the European carbon market; COM(2017) 48.

Emissionen einsetzen. Diese als „Banking“ bezeichnete Eigenschaft des EU ETS induziert eine intertemporale Verknüpfung aus heutiger Nachfrage nach CO<sub>2</sub>-Emissionen einerseits und zukünftigen Emissionen von CO<sub>2</sub> andererseits. Aus diesem Grund ist der Preis für CO<sub>2</sub>-Zertifikate heute trotz eines großen Bestandes an verfügbaren Zertifikaten positiv.

Wie beschrieben ist im Modell eine Nebenbedingung für die maximalen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den modellierten Jahren und der erfassten Modellregion aktiviert, die allerdings in den nächsten Jahren aufgrund des Überangebots an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten nicht bindend ist, also keine Wirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Preise hat. Sobald es in einem Modelljahr zu Zertifikatsknappheit kommt, ergibt sich ein modellendogener CO<sub>2</sub>-Preis, welcher die Kosten der zur Erfüllung des CO<sub>2</sub>-Minderungsziels notwendigen CO<sub>2</sub>-Vermeidungsmaßnahme reflektiert – wie zum Beispiel die Mehrkosten der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien gegenüber denen aus fossilen Brennstoffen.

Im hier verwendeten Strommarktmodell wird das Banking von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten nicht explizit abgebildet. Wir modellieren zudem keine Löschung von Emissionszertifikaten. Um das Preisniveau für CO<sub>2</sub>-Zertifikate in der Überschusssituation und mögliche Effekte einer zukünftigen Löschung von Zertifikaten (z.B. aus der Marktstabilitätsreserve) in den nächsten Jahren abzubilden, nehmen wir für die nächsten Jahre einen exogen „gesetzten“ Preispfad (auf Basis öffentlich verfügbarer Preisprojektionen) an. Für den exogenen Preispfad nehmen wir an:

- Kurzfristig (bis einschließlich 2020): Niedriges Preisniveau um 5 EUR (real, 2015)/ tCO<sub>2</sub> auf Basis aktueller Markterwartungen (Futures);
- Mittelfristig (bis einschließlich 2030): Moderater Preisanstieg auf 20 EUR (real, 2015)/ tCO<sub>2</sub> in 2030 (basierend auf einer Veröffentlichung des Instituts Sandbag);<sup>16</sup>
- Langfristig (bis einschließlich 2050): Deutlicher Anstieg auf bis zu 123 EUR (real, 2015)/ tCO<sub>2</sub>, (basierend auf EU Reference Szenario 2016 sowie Öko-Institut).<sup>17</sup>

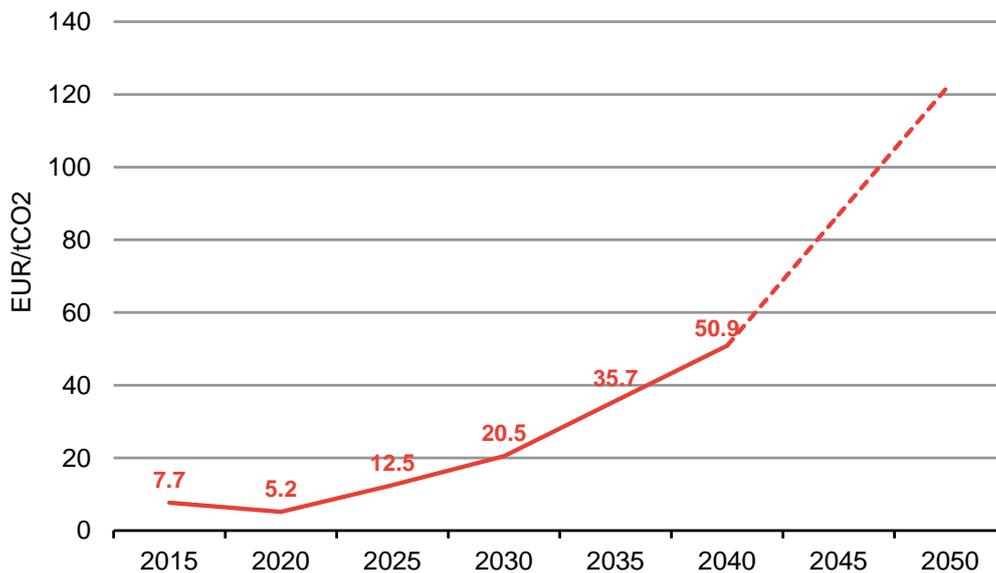
**Abbildung 4** zeigt den Verlauf des exogenen Preispfads für den Zeitraum 2015-2040. Nach 2040 ergeben sich die CO<sub>2</sub> Minderungsanreize nicht mehr aus dem angenommenen Preispfad, sondern aus der CO<sub>2</sub>- Mengenbeschränkung.

---

<sup>16</sup> Sandbag (März 2017): *Any Port in a Storm – Recommendations for the ETS reform in dialogue.*

<sup>17</sup> Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015): Klimaschutzszenario 2050.

Abbildung 4 Exogener CO<sub>2</sub>-Preisfad



Quelle: Frontier Economics

### Keine sektorspezifischen Emissionsgrenzen in Deutschland (kein KSP)

Der derzeitigen Rechtslage entsprechend modellieren wir im "Current Policies"-Szenario keine sektorspezifischen Emissionsgrenzen in Deutschland. CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen in der Energiewirtschaft in Deutschland sowie dem europäischen Ausland ergeben sich aus dem EU ETS sowie aus flankierenden nationalen Maßnahmen, wie der Förderung Erneuerbarer Energien. Dabei nehmen wir jeweils an, dass der heute geltenden Rechtsrahmen sowie verbindliche bzw. als sehr wahrscheinliche geltende Maßnahmen umgesetzt werden.

### 2.1.3 Szenario „KSP 2050“: Nationale Emissionsgrenze zur Erreichung des CO<sub>2</sub>-Sektorziels gemäß KSP

#### Vorgehen und Annahmen bezüglich EU ETS aus "Current Policies"-Szenario als Basis

Bei Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 würden nationale – und für 2030 auch sektorspezifische – Klimaziele implementiert, die neben den europäischen Minderungszielen und –instrumenten bestehen. Für die Annahmen der europaweiten Minderungsziele geben wir in diesem Szenario die gleichen Werte vor wie im "Current Policies"-Szenario.

#### Zusätzlich nationale Emissionsmengenbeschränkung gemäß KSP

Um die nationalen CO<sub>2</sub>-Minderungsziele im Modell abzubilden, fügen wir dem Modell, zusätzlich zu dem sich aus dem EU ETS ergebenden Minderungspfad, das

sektorale Ziel für die Energiewirtschaft als Emissionsmengenbeschränkung in Deutschland hinzu (**Tabelle 5**):<sup>18</sup>

- Für das Jahr 2020 setzen wir das nationale sektorübergreifende Klimaschutzziel aus dem Energiekonzept 2010 an (d.h. minus 40 % gegenüber 1990).
- Für das Jahr 2030 setzen wir das nationale sektorspezifische Klimaschutzziel aus dem KSP 2050 an (minus 62 % gegenüber 1990).
- Für das Jahr 2040 (minus 78 % gegenüber 1990) interpolieren wir linear zwischen den Zielen für die Jahre 2030 und 2050.
- Für das Jahr 2050 gehen wir davon aus, dass vom Stromsektor erwartet wird, höhere Minderungsanstrengungen zu unternehmen als andere Sektoren. Daher setzen wir für den deutschen Stromsektor mit 95 % Minderung gegenüber 1990 entsprechend den oberen Wert des Zielkorridors der Bundesregierung von 80 bis 95 % an.

**Tabelle 5 Im Strommarktmodell angenommene Emissionsbudgets für den Stromsektor im KSP Szenario**

|                    |                          | 1990 | 2005 | 2015 | 2020        | 2030        | 2040        | 2050        |
|--------------------|--------------------------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Alle Länder</b> | Mio. tCO                 | 974  | 914  | 742  | 722         | 521         | 306         | 91          |
|                    | % - Minderung ggü. 2005  | -    | 0 %  | 19 % | <b>21 %</b> | <b>43 %</b> | 67 %        | <b>90 %</b> |
| <b>DE</b>          | Mio. tCO                 | 345  | 309  | 279  | 207         | 133         | 75          | 17          |
|                    | - Minderung ggü. 1990    | -    | -    | 19 % | <b>40 %</b> | <b>62 %</b> | <b>78 %</b> | <b>95 %</b> |
|                    | % - Minderung ggü. 2005* | -    | -    | 10 % | 33 %        | 57 %        | 76 %        | 94 %        |

Quelle: Frontier Economics

\* Aus den Zielen basierend für 1990 ermittelt.

## Umsetzung des KSP über Emissionsbeschränkung impliziert konservative Abschätzung der Kosten des KSP

Die Vorgehensweise, die nationalen Emissionsziele über eine einheitliche Emissionsbeschränkung zu approximieren, impliziert die Annahme, dass die Bundesregierung zur Umsetzung ihres sektorspezifischen Minderungsziels ein effizientes nationales klimapolitisches Instrument implementiert. In einem solchen Rahmen würde die Emissionsminderung im Stromsektor durch die Technologien mit den geringsten Vermeidungskosten erbracht.

Die Erfahrungen lehren, dass in den politischen Entscheidungsprozessen häufig nicht effiziente Lösungen implementiert werden. So würde beispielweise ein unmittelbarer Eingriff in den Kraftwerkspark (z.B. in Form eines Kohleausstiegsplans) gegenüber unseren Rechnungen mit hoher Wahrscheinlichkeit Zusatzkosten verursachen, da nicht davon auszugehen ist,

<sup>18</sup> Die definierten Mengenziele berücksichtigen den Zuschnitt des Strommarktmodells auf den Stromsektor. Die Zwischenjahre werden zudem durch eine lineare Interpolierung der Ziele abgeleitet: Als Ausgangspunkt dient uns dabei die Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2015, aus der Veröffentlichung des Umweltbundesamtes.

dass die Politik über die Informationen verfügt, die notwendig sind, um einen kostenoptimalen Fahrplan für die Schließung der Kraftwerke zu definieren, u.a. auch deshalb, weil sich die rahmenbildenden Marktbedingungen fortlaufend ändern. Die hier gewählte Vorgehensweise ist insofern konservativ bezüglich der Kosten des Klimaschutzplans.

## 2.2 Energiewirtschaftliche Auswirkung des KSP 2050

Im Folgenden Kapitel beschreiben wir die modellierten Auswirkungen des KSP auf

- die Importabhängigkeit (**Abschnitt 2.2.1**);
- die Stromerzeugung in Deutschland und den Nachbarländern (**Abschnitt 2.2.2**);
- die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland und Europa (**Abschnitt 2.2.3**);
- die Strompreise und Belastung der Verbraucher (**Abschnitt 2.2.4**); und
- die Systemkosten und Kosten der Emissionsminderung (**Abschnitt 2.2.5**).

### 2.2.1 Klimaschutzplan erhöht Importabhängigkeit des deutschen Stromsystems

Die Einführung des Klimaschutzplans, umgesetzt als jährliche CO<sub>2</sub>-Obergrenze für die deutsche Stromerzeugung, führt zu einem Absinken der inländischen Stromerzeugung und einem Anstieg der Netto-Importe. Gleichzeitig sinken die im Inland verfügbaren Erzeugungskapazitäten deutlich ab.

**Abbildung 5** illustriert die Differenz der Stromerzeugung in Deutschland zwischen den beiden Szenarien (jeweils KSP Szenario minus "Current Policies"-Szenario). Ein positiver Balken bedeutet eine Zunahme der inländischen Stromerzeugung (bzw. der Netto-Importe), ein negativer Balken illustriert eine Reduktion der inländischen Stromerzeugung. **Abbildung 6** zeigt die Zusammensetzung der Im- und Exporte im "Current Policies"-Szenario (oben) bzw. im KSP Szenario (unten). Folgende Ergebnisse sind festzuhalten:

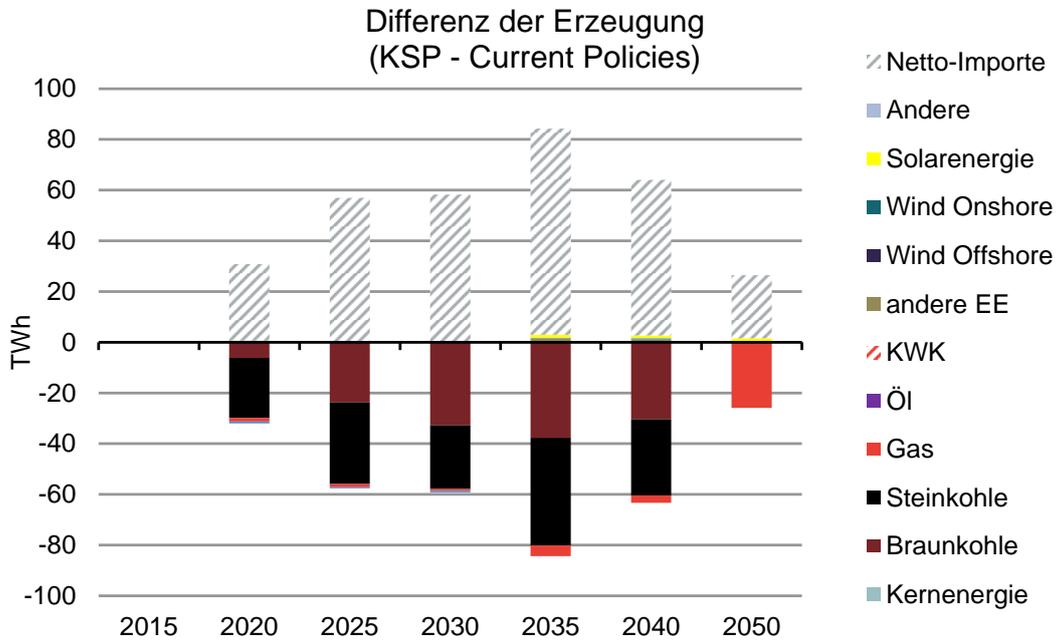
- **Klimaschutzplan führt zu hohen Netto-Importen** – Im "Current Policies"-Szenario bleibt Deutschland, selbst nach Kernenergieausstieg, Netto-Exporteur von Strom (+ 8,5 TWh in 2025). Mittelfristig exportiert Deutschland netto bis zu 30 TWh (2030) in die angrenzenden Nachbarländer. Hintergrund ist u.a. die zunehmende Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien.

Die Einführung des KSP verändert diese Position drastisch: Es kommt zu einem starken Anstieg der Netto-Importe auf bis zu 54 TWh in 2035. In diesem Jahr deckt Deutschland ca. 9 % seiner Stromnachfrage durch Importe. Dies entspricht einem Absinken der inländischen Stromerzeugung um ca. 80 TWh (2035).

- Kurz- und mittelfristig sinken insb. Braun- und Steinkohleerzeugung um bis zu 50 % gegenüber dem "Current Policies"-Szenario (2030-2035).
- Unter der Annahme der für 2050 fortgeschriebenen Sektorziele für die Energiewirtschaft (Emissionsminderung um 95 % bis 2050), führt der KSP

langfristig (2050) auch zu einer 35 %igen Reduktion der Stromerzeugung aus Erdgas.

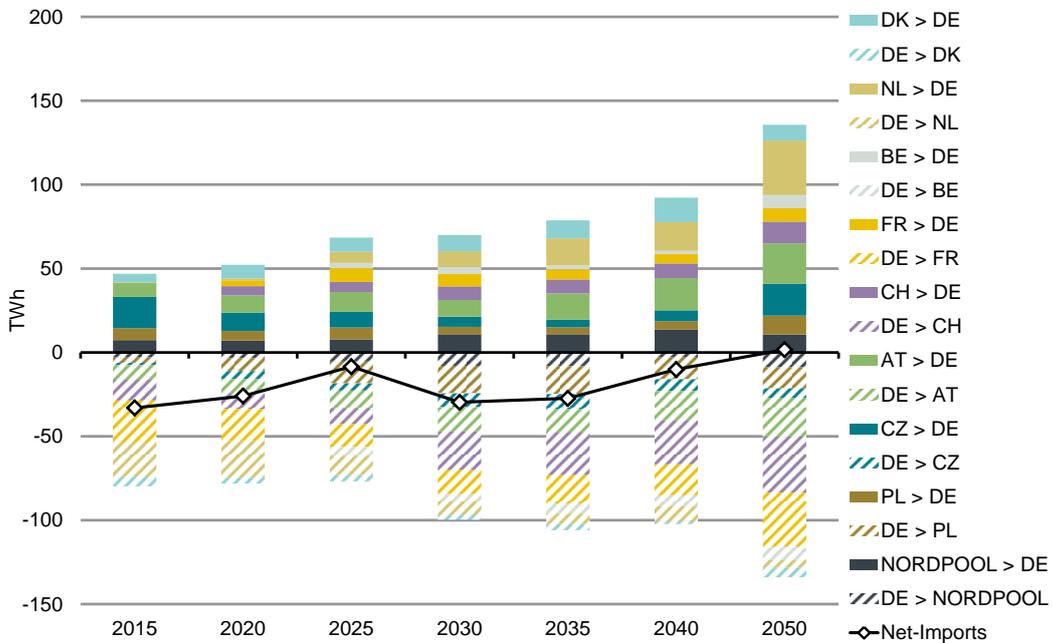
**Abbildung 5 Einfluss des KSP auf die Stromerzeugung in Deutschland**



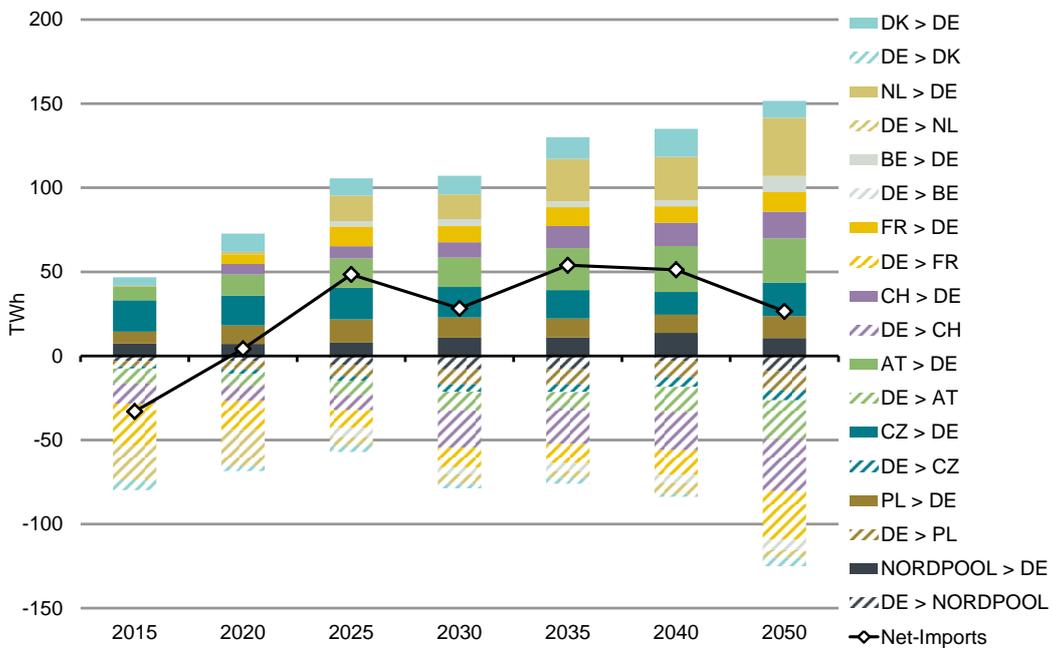
Quelle: Frontier Economics

Abbildung 6 Zusammensetzung der Exporte/Importe im Current Policies und KSP Szenario

Current Policies



Klimaschutzplan 2050



Quelle: Frontier Economics

- **Reduktion der gesicherten Leistung im Inland** – Eine Erhöhung der Netto-Importe aus dem Ausland gefährdet im Rahmen der hier unterstellten Modelllogik die inländische Versorgungssicherheit nicht per se. Die benötigten Strommengen können im Rahmen des Modells durch verfügbare Stromerzeugung in den umliegenden Ländern bereitgestellt werden, auch in extremen Situationen.

Allerdings sinkt im KSP Szenario die inländische Leistungsvorhaltung deutlich gegenüber dem "Current Policies"-Szenario: In 2030 liegt die verfügbare gesicherte Leistung um bis zu 8,6 GW unterhalb des Kapazitätsniveaus des "Current Policies"-Szenarios.

Vor diesem Hintergrund ist in einem verstärkt interventionistisch geprägten Stromsystem, wie es das KSP Szenario darstellt, wahrscheinlich, dass die starke Zunahme der Importabhängigkeit und Leistungsabsicherung durch das Ausland als politisch kritisch eingestuft würde. In einem solchen Marktumfeld besteht eine erhebliche Wahrscheinlichkeit, dass aufgrund politischer Abwägungen zur Versorgungssicherheit wie auch immer geartete Maßnahmen zur Steuerung der Leistungsbilanz in Deutschland eingeführt würden.

Um diese bei hohen Leistungsbilanzdefiziten mögliche politische Entwicklung abzubilden, modellieren wir für die Jahre 2025 und folgende im KSP Szenario eine Mindestanforderung für die Vorhaltung gesicherter Leistung im Inland. Um die Vergleichbarkeit zwischen Current Policies und KSP Szenario sicher zu stellen und Annahmen nicht einseitig einzuführen, treffen wir für das "Current Policies"-Szenario die gleiche Annahme in Bezug auf die Einführung einer Kapazitätsbedingung wie für das KSP Szenario: Konkret gehen wir davon aus, dass in beiden Szenarien mindestens 90 % der Spitzenlast durch Leistungsvorhaltung im Inland abgesichert werden, andernfalls werden zusätzliche Maßnahmen zur Leistungssicherung getroffen. Welche Maßnahmen dies im Einzelnen sein könnten, ist für unsere Analyse unerheblich. Die Bedingung ist so gewählt,<sup>19</sup> dass Absicherungsbeiträge aus dem Ausland in signifikantem Umfang akzeptiert werden, bei extremen Abweichungen allerdings zusätzliche Absicherungsmechanismen im Inland greifen würden.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Szenarien Current Policies und KSP jeweils mit Kapazitätsnebenbedingung. Wir machen im Bereich der Systemkosten jedoch deutlich, welche Kosten oder Preisbestandteile durch die Leistungsbilanz induziert sind und welche durch die Veränderung der Angebotsstruktur.

---

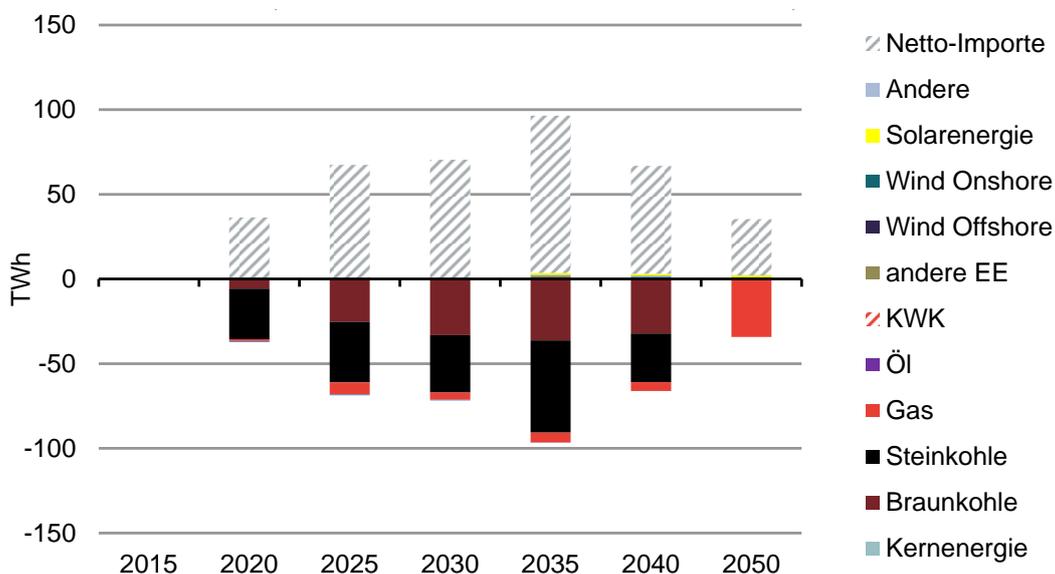
<sup>19</sup> Die Verpflichtung zur Vorhaltung von 90 % der Spitzenlast im Inland bedeutet im Umkehrschluss, dass bis zu 10 % der Spitzenlast in Deutschland durch Erzeugungskapazität außerhalb Deutschlands gedeckt werden kann. Diese basieren auf einer Annahme darüber, wieviel der vorhandenen Interkonnektorkapazität (derzeit etwa 20 GW, d.h. 24 % der nationalen Spitzenlast von 84 GW) zum Zeitpunkt der Spitzenlast in Deutschland tatsächlich genutzt werden kann, um Strom aus dem Ausland zu importieren bzw. wieviel Kapazität aus dem Ausland zum Zeitpunkt der deutschen Spitzenlast für Deutschland zur Verfügung steht.

## 2.2.2 Deutliche Reduktion der inländischen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Verschiebung der Erzeugung ins Ausland<sup>7</sup>

Der Klimaschutzplan entfaltet annahmegemäß seine Wirkung ab dem Jahr 2020. Durch die Vorgabe einer jährlichen Obergrenze für die Emissionen des Stromsektors sinkt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß konventioneller Kraftwerke deutlich gegenüber dem "Current Policies"-Szenario:

- **Deutlicher Rückgang der Braun- und Steinkohleerzeugung in Deutschland** – Die inländische Stromerzeugung ist im KSP Szenario deutlich geringer gegenüber dem "Current Policies"-Szenario, auch bei der Modellierung einer inländischen Kapazitätsbedingung. Durch die CO<sub>2</sub> Obergrenze im deutschen Stromsystem sinkt vor allem die Erzeugung aus Braun- und Steinkohle: Die inländische Erzeugung fällt um bis zu 93 TWh (in 2035) geringer aus als im "Current Policies"-Szenario. Die geringere inländische Erzeugung wird nahezu vollständig durch höhere Netto-Importe aus dem Ausland ersetzt (vgl. **Abbildung 7**). Durch die Verschiebung der Erzeugung ins Ausland wird Deutschland vom Netto - Exporteur (38 TWh Netto - Exporte in 2035 im "Current Policies"-Szenario) zum Netto - Importeur von Elektrizität (54 TWh Netto-Importe in 2035 im KSP Szenario).

**Abbildung 7 Differenz der Stromerzeugung zwischen KSP und "Current Policies"-Szenario in Deutschland**

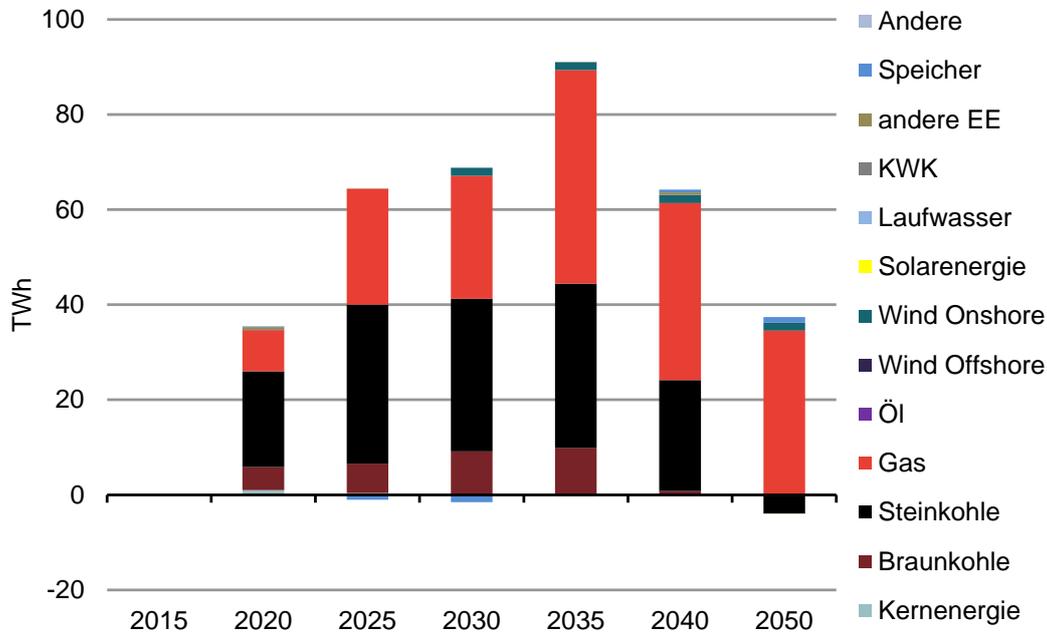


Quelle: Frontier Economics

- **Deutlicher Anstieg der Netto-Importe und der Erzeugung im benachbarten Ausland** - Im Einklang mit höheren Netto-Importen nach Deutschland im KSP Szenario ist die ausländische Stromerzeugung im KSP Szenario deutlich höher als im "Current Policies"-Szenario: Bis zu 91 TWh Strom (in 2035) werden im Ausland mehr im KSP Szenario erzeugt. Die Mehrererzeugung wird kurzfristig vor allem aus Stein- und Braunkohlekapazitäten bedient. Langfristig dominieren Gaskraftwerke die höhere Erzeugung im Ausland (vgl. **Abbildung 8**). Nur ein geringer Anteil der

gestiegenen Erzeugung im Ausland stammt aus zusätzlichen Investitionen in Erneuerbare Energien (+1,7 TWh in 2035).

**Abbildung 8 Differenz der Stromerzeugung zwischen KSP und "Current Policies"-Szenario in der Modellregion, exklusive Deutschland**



Quelle: Frontier Economics

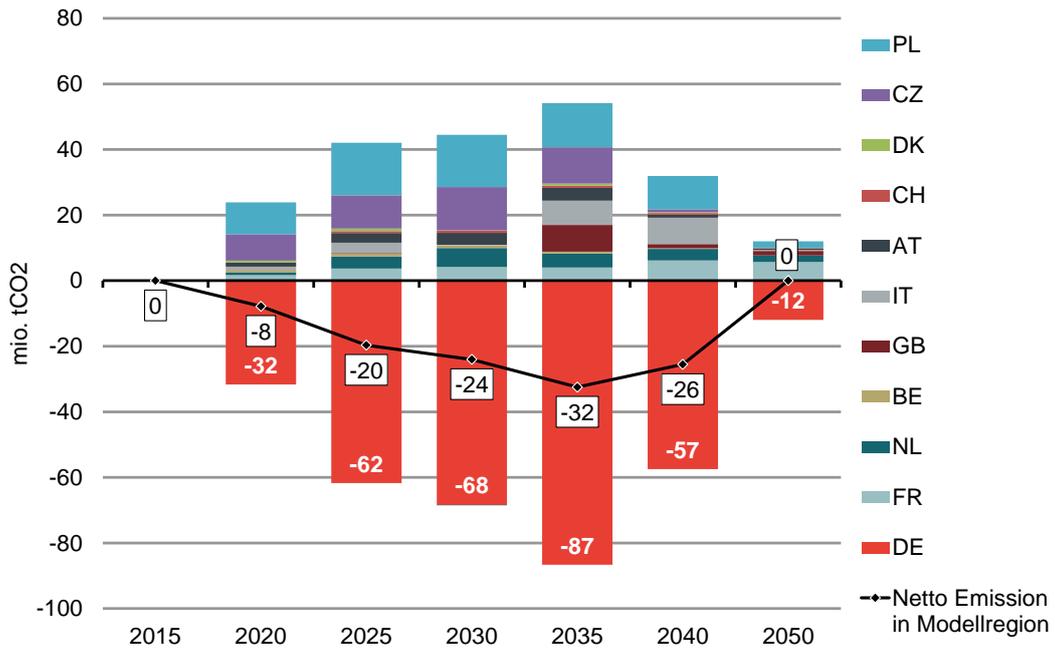
- Hohe CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung in Deutschland wird zum größten Teil durch mehr Emissionen im Ausland kompensiert** – Die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland sinken durch die Emissionsgrenze im KSP Szenario deutlich. So liegen diese um bis zu 87 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (in 2035) unter dem Niveau des "Current Policies"-Szenarios. In Summe sind die Emissionen im KSP Szenario im Zeitraum von 2020 bis 2050 in Deutschland um ca. 1,8 Mrd. t CO<sub>2</sub> niedriger als im "Current Policies"-Szenario. Diese Reduzierung der Emissionen in Deutschland spiegelt sich in den geringeren Erzeugungsmengen (vgl. **Abbildung 7**) wider.

Die europäische Strommarktmodellierung offenbart, dass bis zu 2/3 dieser Minderung durch Mehremissionen infolge der Verschiebung der Stromproduktion von Deutschland in die Nachbarländer bereits unmittelbar kompensiert werden.

Nicht vom Modell erfasst ist, dass die zunächst verbleibenden CO<sub>2</sub>-Minderungen in Europa im Rahmen des EU ETS letztlich dadurch kompensiert werden, dass die Gesamtmenge an verfügbaren Zertifikaten fixiert ist und die durch den KSP frei gewordenen Emissionen in Deutschland grundsätzlich durch andere Kraftwerke, Länder, und/oder Sektoren ausgestoßen würden („Wasserbett-Effekt“). Im Endeffekt verbleiben die über Zeit, Länder und Sektoren kumulierten tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Emissionsminderung in Deutschland unverändert. Der Klimaschutzplan hat

somit im Kontext des EU ETS ohne weitere Maßnahmen keine klimarelevante Wirkung.

**Abbildung 9** Differenz der CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen KSP und Current Policies



Quelle: Frontier Economics

## EMISSIONSMINDERUNG IM KONTEXT DES EU ETS

Die Einführung von nationalen oder regionalen Klimaschutzmaßnahmen in EU-ETS-Sektoren führt aufgrund von Verschiebungseffekten ohne weitere Maßnahmen grundsätzlich zu **keiner Klimawirkung** in Europa:

- **Kompensation innerhalb des Strommarktes** – Sofern sich die Maßnahme auf den Stromsektor bezieht, wird ein Teil der im nationalen Stromsektor eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen durch eine Verlagerung der Stromerzeugung in Länder ohne Maßnahme kompensiert (bereits bei Vernachlässigung des nachfolgend erläuterten Wasserbetteffekts).
- **„Wasserbetteffekt“ im EU ETS** – Durch den Klimaschutzplan sinken die Emissionen in Deutschland. Da aber die Gesamtmenge der EU-ETS-Zertifikate fixiert ist, führt die durch den KSP zusätzlich hervorgerufene nationale, bzw. regionale Emissionsreduktion zu einem Rückgang des Zertifikats-Preises und damit wiederum zu einem geringeren Anreiz zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung in Ländern ohne zusätzliche Reduktionsmaßnahmen. Die Minderemissionen im Stromsektor in Deutschland werden also durch Mehremissionen in anderen Sektoren oder Ländern vollständig ausgeglichen. Dies gilt auch in einem Markt mit überschüssigen CO<sub>2</sub>-Zertifikaten, da diese aufgrund des „Bankings“ zu einem späteren Zeitpunkt verwendet werden können.

Um dies zu vermeiden, sieht die Einigung zwischen EU-Parlament, Kommission und Rat zur Reform des ETS Möglichkeiten zur Löschung von Zertifikaten vor, die den „Wasserbetteffekt“ dämpfen können:

- Mitgliedsstaaten können bei einem Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung die durch eine politikbedingte Stilllegung fossiler Kraftwerke frei werdenden Zertifikate streichen, würden aber im Gegenzug unserer Kenntnis nach auf entsprechende Auktionserlöse verzichten müssen. In diesem Fall würde der „Wasserbetteffekt“ nicht auftreten.<sup>20</sup>
- Zudem können nach dem Jahr 2023 Zertifikate aus der Marktstabilitätsreserve (MSR) gelöscht werden, wenn die MSR das Auktionsvolumen des Vorjahres übersteigt. In diesem Fall besteht der „Wasserbetteffekt“ zumindest mittelfristig weiter, da durch die Löschung nur die aus historischen Überschüssen aufgebaute Reserve abgebaut wird, nicht aber das Auktionsvolumen. Die Klimaschutz-Wirkung ist zudem dadurch begrenzt, dass nur ein Teil der frei werdenden überschüssigen Zertifikate in die MSR überführt werden.

Allerdings wird die klimaschützende Wirkung ausschließlich von der Löschung der Zertifikate ausgelöst, nicht durch die nationale Maßnahme selbst. Dies gilt sowohl für die direkte Löschung von Zertifikaten durch einen Mitgliedstaat als auch für den langfristig wirkenden regelgebundenen Abbau der Marktstabilitätsreserve. Nationale Maßnahmen, wie die forcierte Schließung von Kohlekraftwerken, dienen hier ausschließlich der „optischen“ Korrektur der nationalen Klimabilanz, nicht dem Klimaschutz.

### 2.2.3 Früherer Rückbau der deutschen kohlebasierten Erzeugungskapazitäten

Der Klimaschutzplan erzwingt eine Verschiebung der Erzeugungsmengen ins Ausland. In der Folge sinkt die Auslastung der inländischen Kraftwerke deutlich, und es kommt zu vorzeitigen Außerbetriebnahmen von Kraftwerken, insbesondere kohlebasierter Erzeugungskapazitäten:

- **Kurzfristiger Rückgang der Kohlekapazitäten, langfristig insb. geringere Auslastung** – Kurzfristig werden vor allem Steinkohlekraftwerke zu einem früheren Zeitpunkt vom Netz genommen. Im Jahr 2020 sind die Steinkohlekapazitäten im KSP Szenario um 6,3 GW niedriger als im "Current Policies"-Szenario. Mittelfristig wirkt sich der Klimaschutzplan vor allem auf die Kapazitäten und Auslastung der Braunkohlekraftwerke aus. Im Jahr 2030 bzw. 2040 sind die Braunkohlekapazitäten um 3,5 GW bzw. 5,2 GW niedriger als im "Current Policies"-Szenario. Im Zeitverlauf sinken die Braun- und Steinkohle Stromerzeugungskapazitäten von 48 GW in 2015 auf 29,5 GW in 2030. Dabei entfallen 10 GW des Rückgangs auf Steinkohlekapazitäten und 8 GW auf Braunkohle.

Auch die Auslastung der Braunkohlekraftwerke ist im KSP Szenario zwischen 2020 und 2050 durchgehend niedriger als im "Current Policies"-Szenario. Die Volllaststunden fallen im KSP Szenario von ca. 6.750h im Jahr 2020 auf ca. 4.250h im Jahr 2040. Dagegen liegen die Volllaststunden im "Current Policies"-Szenario bei ca. 7.100h im Jahr 2020 und 5.300h im Jahr 2040.

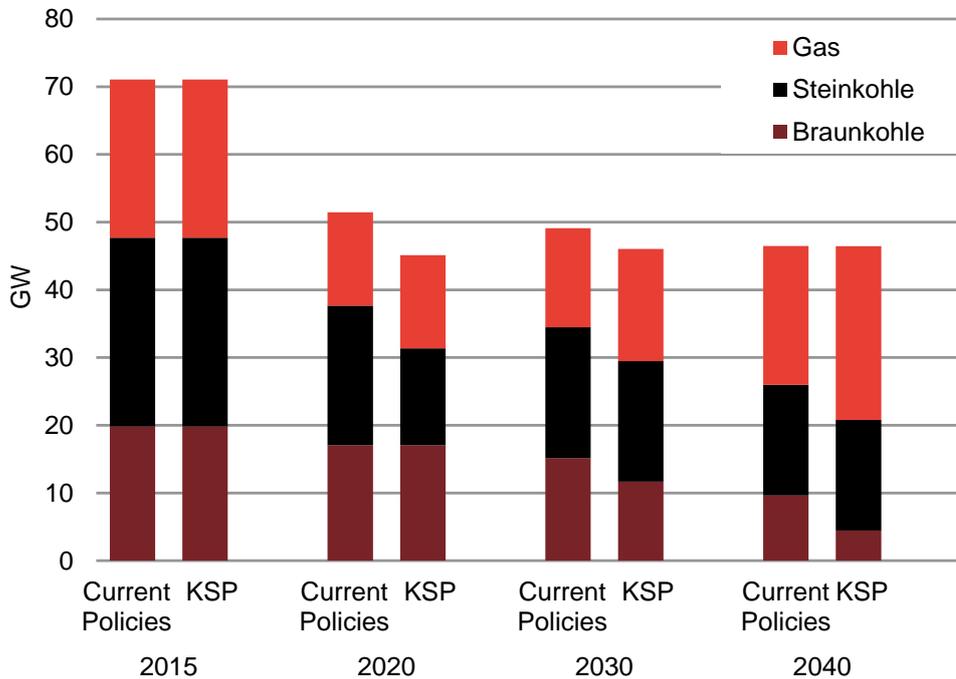
Durch die Anforderung der Leistungsvorhaltung im Inland wird der Rückgang der Kapazitäten kohlebasierter Kraftwerke vor allem durch Kapazitäten aus Gaskraftwerken ersetzt, aber auch durch Kohlekapazitäten. So weisen ca. 5 GW Steinkohlekraftwerke im Jahr 2030 eine Auslastung von unter 1.000 Stunden pro Jahr auf, d.h. diese Kraftwerke dienen v.a. der Leistungsabsicherung.

Als Folge der deutschen Stromimporte im KSP Szenario bestehen mittel- und langfristig mehr Erzeugungskapazitäten im Ausland. Dadurch ist vor allem langfristig (2050) auch die Erzeugung und Auslastung der Gaskapazitäten geringer.

---

<sup>20</sup> Für andere nationale Klimaschutzinstrumente, wie z.B. einen CO<sub>2</sub>-Mindestpreis, besteht diese Möglichkeit zur Löschung bei enger Auslegung der überarbeiteten ETS-Richtlinien nicht und der Wasserbetteffekt wirkt weiterhin unvermindert.

**Abbildung 10 Kohle- und Gaskapazitäten im Vergleich der Current Policies und KSP Szenarien**



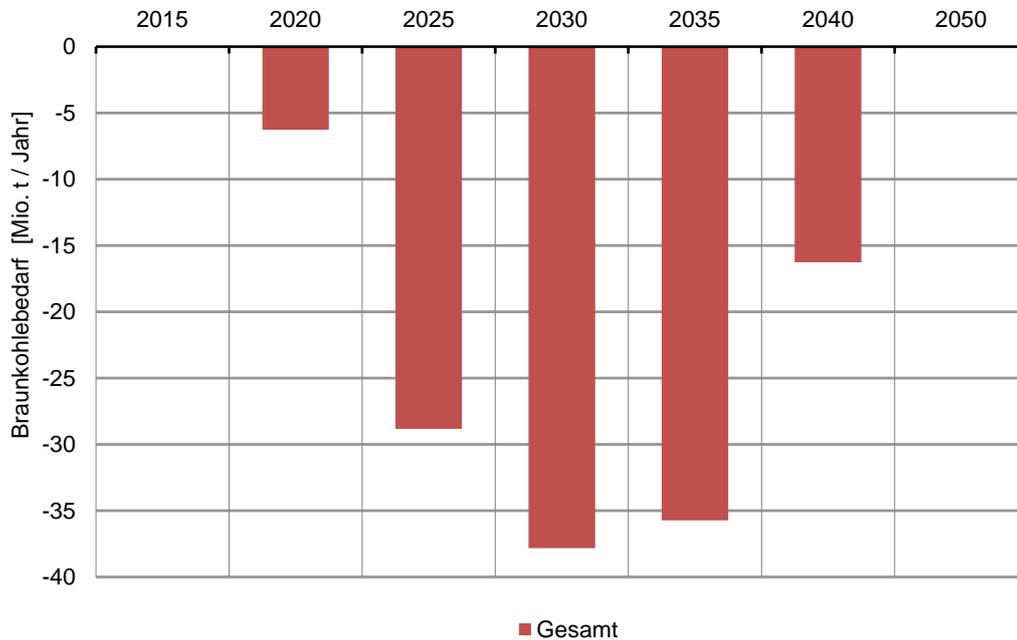
Quelle: Frontier Economics

Hinweis: Die zugrunde liegenden Daten sind in Tabelle 22 und Tabelle 23 dargestellt.

Die beschleunigte Schließung der Braunkohlekraftwerke sowie die geringere Auslastung der noch verbleibenden Braunkohlekraftwerke im KSP Szenario gegenüber dem "Current Policies"-Szenario gehen mit einem reduzierten Braunkohlebedarf zur Verstromung einher.

Basierend auf unseren Strommarktsimulationen ergibt sich in beiden Szenarien für das Jahr 2015 eine Braunkohleförderung von 153 Mio. t. Am Ende des Betrachtungszeitraums, im Jahr 2050, sind in beiden Szenarien keine Fördermengen mehr zur Stromgewinnung erforderlich. Allerdings kommt es in den Zwischenjahren im KSP Szenario durch die beschleunigte Schließung der Braunkohlekraftwerke zu einem stärkeren Rückgang der erforderlichen Braunkohlemengen. Die größte Differenz in der benötigten Förderung ergibt sich hierbei in den Modelljahren 2025, 2030 und 2035, in denen die Differenz bis zu 38 Mio. t beträgt (**Abbildung 11**). Der beschleunigte Rückgang des Braunkohleeinsatzes wird sich entsprechend auf die Fördermengen der Tagebaue auswirken, falls sich nicht alternative Nutzungen erschließen lassen. Gegenüber dem "Current Policies"-Szenario werden im KSP Szenario die Tagebaue ihre Förderung stärker anpassen müssen.

Abbildung 11 Differenz des Bedarfs an Braunkohle zur Stromgewinnung in den Szenarien (KSP-Szenario minus CP-Szenario)



Quelle: Frontier Economics

Hinweis: Kohlebedarf für Veredelungszwecke nicht mit einbezogen.

Helmstädter Revier auf Grund der Schließung in 2016 nicht weiter berücksichtigt

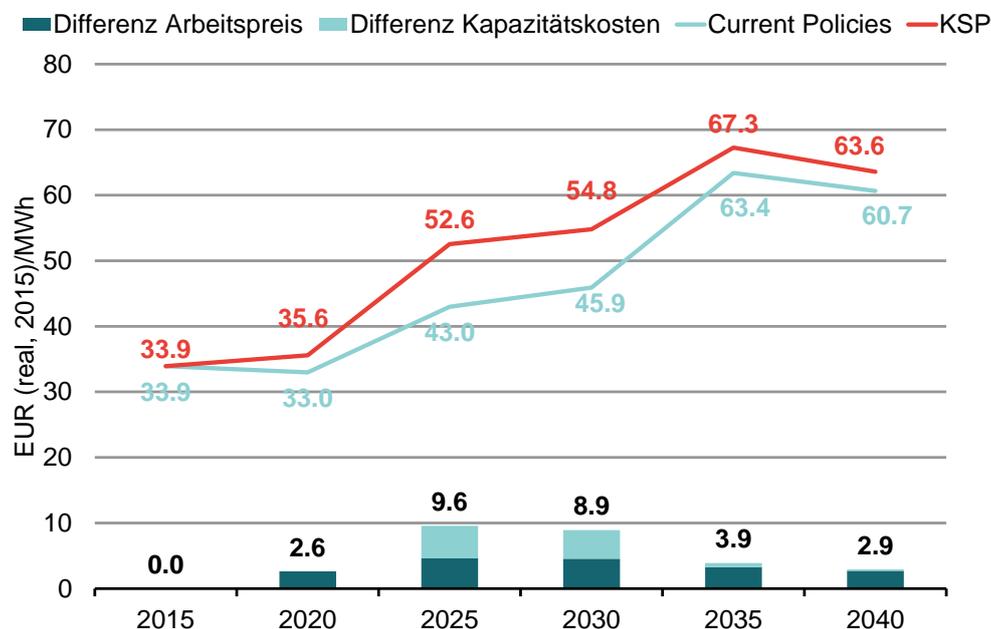
## 2.2.4 Strompreisanstieg und höhere Belastung für inländische Verbraucher

Die Außerbetriebnahme eines großen Teils der deutschen Grundlastkraftwerke sowie die Verschiebung von Erzeugungsmengen ins Ausland haben zur Folge, dass Kraftwerke mit höheren Kosten den Strompreis setzen. Zusätzlich steigen die Kosten der Kapazitätsvorhaltung gegenüber dem "Current Policies"-Szenario an.

- **Mittelfristiger Strompreisanstieg im "Current Policies"-Szenario** – Der Großhandelspreis für Strom bleibt im "Current Policies"-Szenario kurzfristig auf dem aktuell niedrigem Niveau: In 2020 liegt der Preis bei 34 EUR/MWh (real, 2015). Aufgrund des Anstiegs der CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreise sowie des vollständigen Ausstiegs aus der Kernenergieerzeugung steigt der Großhandelspreis im Modell bis 2025 auf 43 EUR/MWh (real, 2015) an. Aufgrund des auch langfristig ansteigenden CO<sub>2</sub> Preises sowie des deutlichen Anstiegs der Stromnachfrage (u.a. aufgrund der Verwendung von Strom im Wärme- und Verkehrssektor) nimmt die Notwendigkeit von Investitionen in neue Erzeugungsanlagen zu und die Großhandelspreise steigen bis 2050 deutlich auf ca. 110 EUR/MWh (real, 2015).
- **Klimaschutzplan erhöht Strompreise um bis zu 9,60 EUR/MWh** – Der Klimaschutzplan führt zu einer strukturellen Änderung des Stromangebots, mit geringerer inländischer Erzeugung und höherem Stromimport. Dies bedingt, dass Kraftwerke mit höheren Grenzkosten häufiger den Preis setzen. Es kommt zu einem Anstieg des Arbeitspreises (ohne Berücksichtigung der

Kosten der Kapazitätsvorhaltung) von bis zu 4,60 EUR/MWh (real 2015) in 2025. In späteren Jahren sinkt der Einfluss des KSP auf 3,3 (2035), bzw. 2,7 EUR/MWh (2040). Gleichzeitig sinkt die Auslastung der inländischen Kraftwerke, und es findet aufgrund der unterstellten inländischen Mindest-Kapazitätsvorhaltung mittelfristig ein Ersatz von Braunkohle- und Steinkohle durch Gaskraftwerke statt. Hierfür fallen Mehrkosten in Höhe von bis zu 2,7 Mrd. EUR pro Jahr an (Maximalwert im Jahr 2025), welche von den Stromverbrauchern zu tragen sind.<sup>21</sup> Bei unterstellter Kostentragung über Arbeitspreise erhöht die Kapazitätsvorhaltung damit die Strompreise um bis zu 5 EUR/MWh (real, 2015). Beide Effekte zusammengenommen erhöhen den für Verbraucher relevanten Preis um bis zu 9,60 EUR/MWh (real, 2015).

Abbildung 12 Entwicklung der Strompreise Current Policies und KSP



Quelle: Frontier Economics

- Geringere EEG-Differenzkosten senken Belastungen für Stromverbraucher** – Den höheren Belastungen durch höhere Strompreise stehen manchen Verbrauchern Entlastungen gegenüber, die sich aus geringeren EEG-Förderkosten ergeben, gegenüber. Verbraucher, die - wie zum Beispiel ein Großteil der energieintensiven Industrie - von der EEG-Umlage befreit sind, erfahren diese Entlastung hingegen nicht. Die EEG-Differenzkosten<sup>22</sup> sinken im "Current Policies"-Szenario von 25,7 Mrd. EUR in

<sup>21</sup> Die Kosten der Kapazitätsvorhalten ergeben sich aus dem „Schattenpreis“ der Kapazitätsbedingung, also den marginalen Kosten der Kapazitätsvorhaltung, gewichtet mit dem Angebot an gesicherter Leistung.

<sup>22</sup> Bestandsförderung bis zum 31.12.2016, Förderkosten aus Basis der angenommenen LCOE. Zur Berechnung der EEG-Umlage wurde angenommen, dass der Anteil der nicht-privilegierten Letztverbraucher konstant bei 66 % des Stromverbrauchs bleibt.

2025 auf 9,7 Mrd. EUR. Im "Current Policies"-Szenario sinkt die EEG-Umlage von 7,2 ct/kWh in 2020 auf 2,2 ct/kWh in 2040. Die höheren Strompreise im KSP Szenario sowie die Erlöse aus der Kapazitätsbedingung führen zu höheren Erlösen der EEG-Anlagen. Die Differenzkosten sinken, und dementsprechend sinkt auch die EEG-Umlage um bis zu 0,34 ct/kWh (2030).

**Tabelle 6**      **Auswirkung des KSP auf die EEG-Umlage**

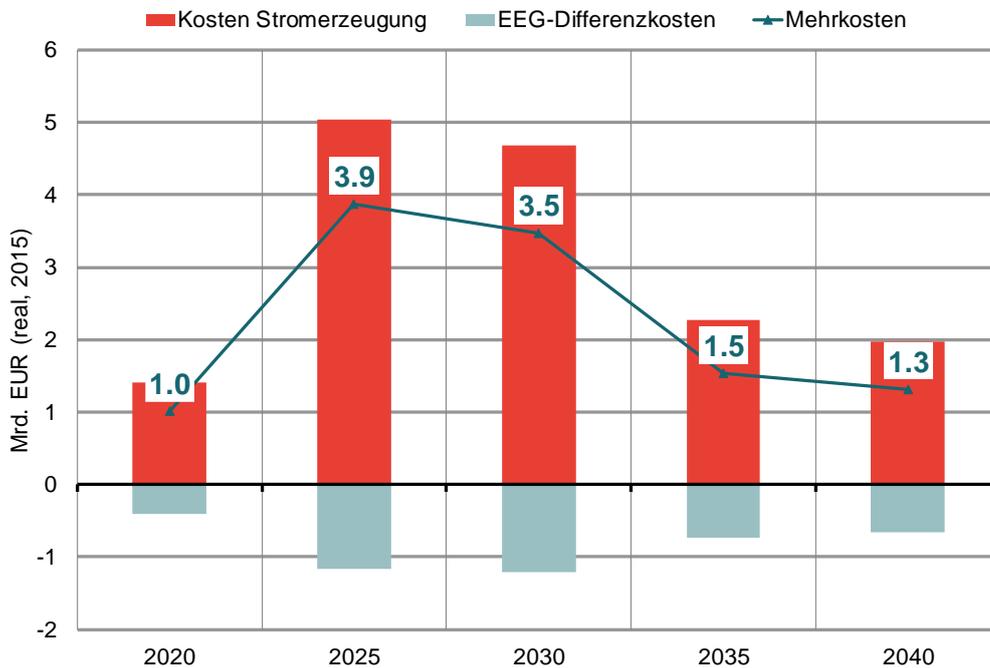
| Stichjahr | EEG-Differenzkosten         |                | Nicht-priv. Letztverbrauch (TWh) | Differenz der EEG-Umlage (EUR-ct/kWh) |
|-----------|-----------------------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------------|
|           | Current Policies (Mrd. EUR) | KSP (Mrd. EUR) |                                  |                                       |
| 2020      | 25,70                       | 25,29          | 356,92                           | -0,11                                 |
| 2025      | 23,26                       | 22,10          | 358,67                           | -0,32                                 |
| 2030      | 17,62                       | 16,40          | 360,41                           | -0,34                                 |
| 2035      | 8,97                        | 8,24           | 400,97                           | -0,18                                 |
| 2040      | 9,71                        | 9,05           | 441,53                           | -0,15                                 |

Quelle: Frontier Economics

- Belastungen der Verbraucher steigen um bis zu 3,9 Mrd. EUR pro Jahr** – Die höheren Bezugspreise für Strom reduzieren die Konsumentenrenten zugunsten der Stromerzeuger im Inland, vor allem aber im Ausland. Die Mehrbelastung der Nachfrager aus höheren Strompreisen (inkl. Kosten der höheren Kapazitätsvorhaltung) beträgt im Zeitraum 2020 bis 2050 46,4 Mrd. EUR (Barwert, real 2015). Gleichzeitig sinken die Differenzkosten der EEG-Förderung um 12,4 Mrd. EUR, der Nettoeffekt beträgt somit 34 Mrd. EUR.

Grundsätzlich lassen sich also folgende Umverteilungseffekte durch die Einführung des KSP Szenarios feststellen: Die Belastung der inländischen Verbraucher steigt an zu Gunsten von, in erster Linie, ausländischen Erzeugern (fossile und erneuerbar) und zweitens zu Gunsten von inländischen erneuerbaren Erzeugern, die keine festgeschriebene Einspeisevergütung (mehr) erhalten.

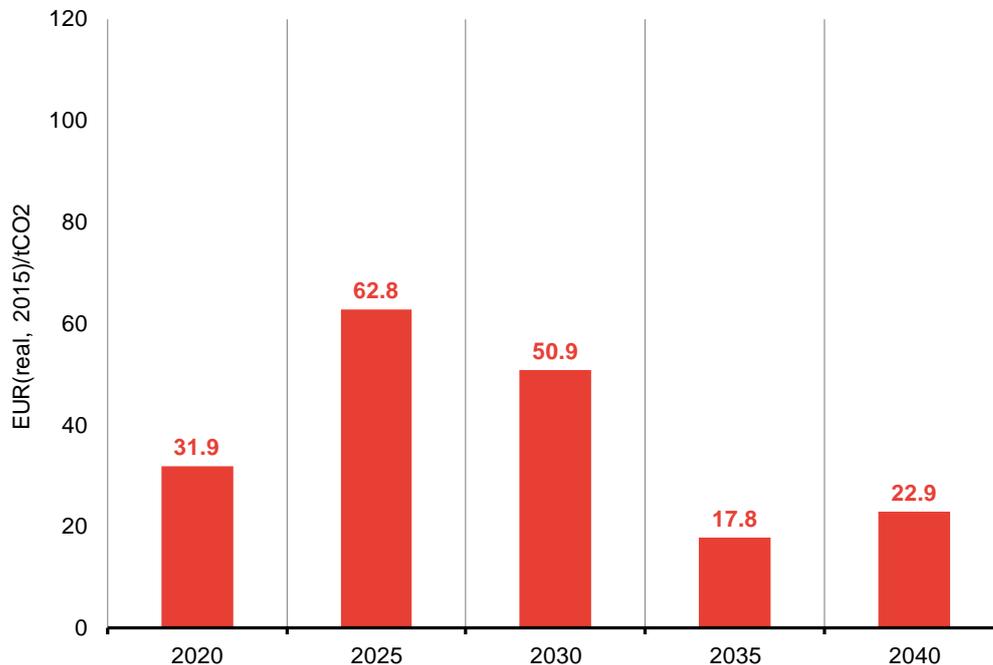
Abbildung 13 Zusätzliche Belastung der Nachfrage durch den KSP



Quelle: Frontier Economics

- Deutsche Verbraucher zahlen bis zu 63 EUR pro Tonne CO<sub>2</sub>-Verminderung im deutschen Stromsektor** – Die in Deutschland erreichte Minderung des CO<sub>2</sub>-Austoßes kann in ein Verhältnis zu der Mehrbelastung der Verbraucher gesetzt werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass ein Großteil der Emissionsminderung durch Mehremissionen im Ausland und in anderen Sektoren kompensiert wird. Die Verbraucher in Deutschland müssen daher bis zu 63 EUR pro im Inland vermiedene Tonne CO<sub>2</sub> zahlen (siehe **Abbildung 14**). Dies berücksichtigt, wie bereits oben beschrieben, sowohl die Mehrkosten durch höhere Strompreise als auch die Reduktion der EEG-Differenzkosten. Nicht inkludiert sind etwaig zu finanzierende Beträge für die Herausnahme und Löschung von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten aus dem EU ETS.

Abbildung 14 Verbraucherbelastung pro im deutschen Stromsektor  
verminderte Tonne CO<sub>2</sub><sup>23</sup>



Quelle: Frontier Economics

## 2.2.5 Klimaschutzplan erhöht die Kosten des Stromsystems

Die Systemkosten geben einen Aufschluss auf die Effizienz des Stromsystems. Die Systemkosten in unserer Analyse beinhalten

- variable Erzeugungskosten (Brennstoff, Wartung);
- fixe Kosten der Stromerzeugung (Wartung und Instandhaltung);
- Kapitalkosten für Neuanlagen und Investitionsmaßnahmen; sowie
- Gutschriften oder Lastschriften für Stromimporte- und Exporte<sup>24</sup>.

Die Einführung der sektorspezifischen Minderungsziele des Klimaschutzplans führt zu folgender Veränderung der Systemkosten in Deutschland und Europa:

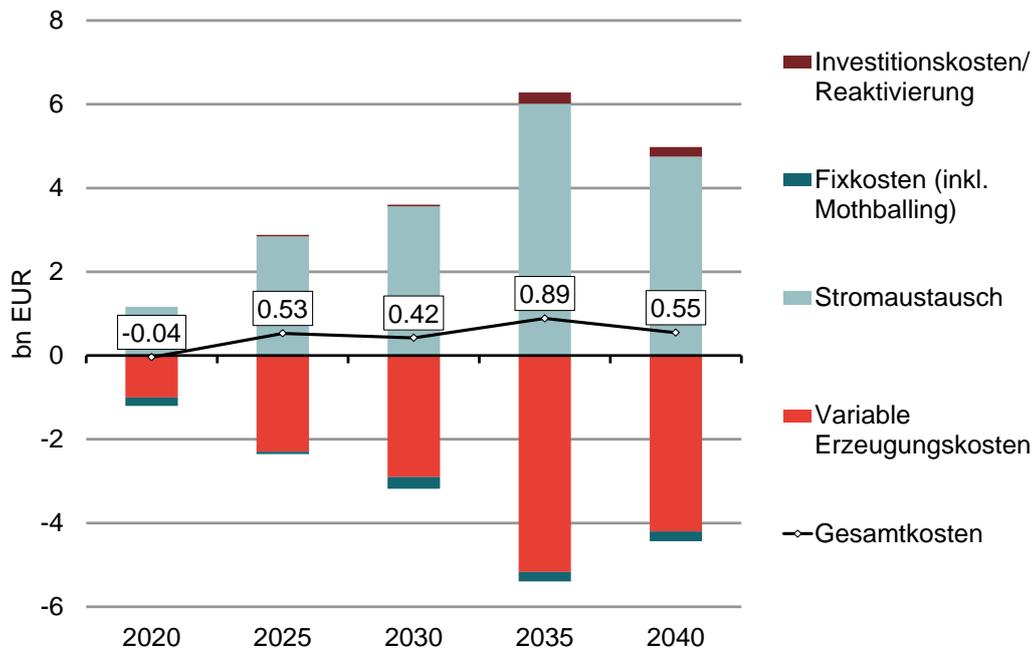
- **Reduktion der inländischen Erzeugung führt zu höheren Systemkosten in Deutschland, v.a. aufgrund höherer Importe** – Bei den deutschen Systemkosten dominiert der Effekt auf die Stromimporte. Bei Verschiebung von Stromerzeugung in das Ausland steigen die Kosten für Importe an (bewertet zu ausländischen Großhandelspreisen). Gleichzeitig fallen die variablen Kosten der Erzeugung im Inland. Weniger starken Einfluss auf die Kosten haben die fixen Betriebskosten der Kraftwerke, die moderat sinken. Gleichzeitig steigen die aufzuwendenden Kapitalkosten für höhere

<sup>23</sup> Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden in das Ausland, andere Sektoren oder spätere Emissionszeiträume verlagert, oder es wird eine entsprechende Menge an Emissionszertifikaten aus dem Markt genommen bzw. gelöscht. Die Kosten hierfür sind in den ausgewiesenen Werten noch nicht enthalten.

<sup>24</sup> Importe werden mit dem Strompreis des exportierenden Landes belastet, bzw. gutgeschrieben.

Investitionen. In Summe steigen die Systemkosten der deutschen Stromerzeugung um bis zu 900 Mio. EUR (real, 2015) im Jahr. Über den Zeitraum von 2020 bis 2040 beträgt der Anstieg der Systemkosten 4,8 Mrd. EUR (Barwert, real 2015).<sup>25</sup>

Abbildung 15 Einfluss auf die Systemkosten der Stromerzeugung in DE



Quelle: Frontier Economics

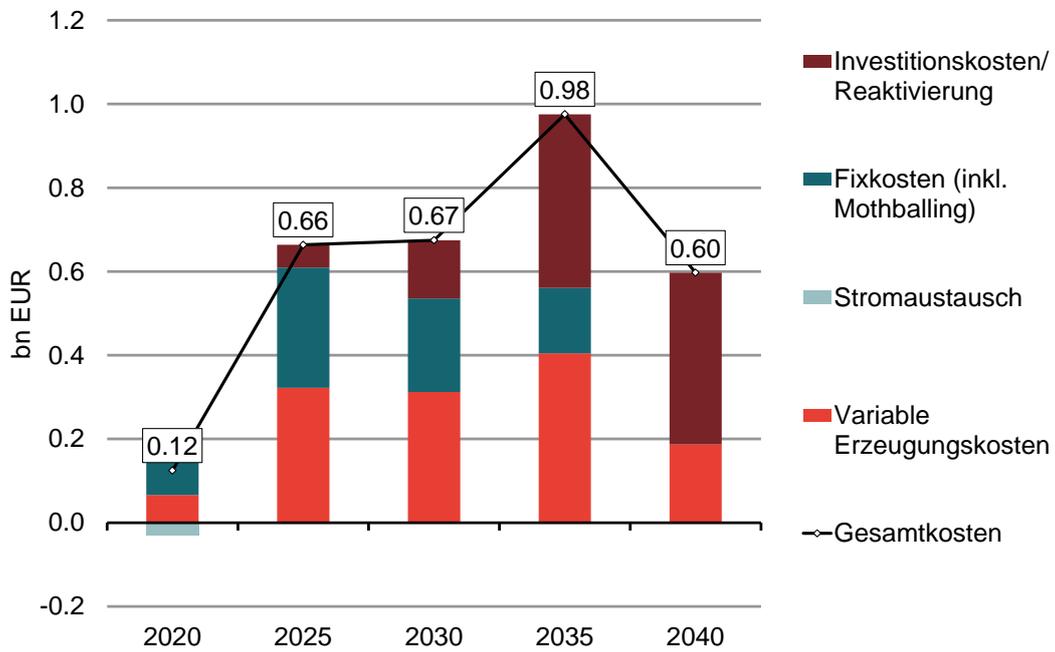
- Anstieg der Europäischen Systemkosten um 7 Mrd. EUR** – Unter Berücksichtigung aller modellierten Länder<sup>26</sup> (inkl. Deutschlands) beträgt der Systemkostenunterschied zwischen den Szenarien ca. 7 Mrd. EUR (Barwert, real 2015). Die wesentlichen Kostentreiber sind hier die höheren variablen Kosten der Stromerzeugung im "Current Policies"-Szenario, da hier Kraftwerke mit höheren Grenzkosten häufiger eingesetzt werden. Langfristig steigen auch die Investitionskosten, da durch den früheren Marktaustritt der deutschen Kohlekraftwerke mehr Kraftwerkskapazitäten (hier u.a. im Ausland) zugebaut werden.

Ähnlich wie in Deutschland führt die Änderung der Erzeugungsstruktur auch in den benachbarten Ländern zu einem Anstieg der Strompreise. Diese fallen mit ca. 4 EUR/MWh zwar weniger groß aus als in Deutschland, aber auch hier werden Haushalte und Gewerbe, bzw. Industriekunden stärker belastet.

<sup>25</sup> Ein Großteil der Netto-Mehrkosten fällt nach 2030 an, durch die Diskontierung gehen diese Mehrkosten jedoch mit weniger Gewicht in den Barwert ein. Als nicht-diskontierte Summe dargestellt betragen die Mehrkosten von 2020 bis 2040 9.5 Mrd. Euro (real, 2015).

<sup>26</sup> DE, FR, NL, BE, GB, IT, AT, CH, DK, CZ, PL.

Abbildung 16 Einfluss auf die Systemkosten der Stromerzeugung in der Modellregion



Quelle: Frontier Economics

### 3 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE

Kapitel 3 beleuchtet die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Braunkohlewirtschaft und die Implikationen, die sich durch eine Einstellung der Braunkohleverstromung für die Strompreise ergeben würden. Hierzu wird zum einen untersucht, welche ökonomische Bedeutung die Braunkohlewirtschaft aufweist, und zum anderen wird betrachtet, welche gesamtwirtschaftlichen Effekte steigende Strompreise haben. Wir gehen wie folgt vor:

- Erstellung eines Überblicks über die relevanten Einflussgrößen (**Abschnitt 3.1**).
- Quantifizierung der gesamtwirtschaftlichen und sektoralen direkten sowie indirekten Bedeutung der Braunkohlewirtschaft mittels Input-Output-Analyse (**Abschnitt 3.2**).
- Untersuchung der Relevanz der Strompreise für energieintensive Industrien und Bewertung der Folgen von steigenden Strompreisen im Klimaschutzplan 2050 (**Abschnitt 3.3**).

#### FAZIT ZU DEN GESAMTWIRTSCHAFTLICHEN EFFEKTEN

Derzeit ist die Braunkohleverstromung nicht nur zur Sicherung der Energieversorgung bedeutsam, sondern zusammen mit der Braunkohleförderung und -veredelung auch ein Wirtschaftszweig, dessen Bedeutung weit über die Braunkohleregionen hinausreicht: Über die volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsketten ergeben sich in verschiedenen Sektoren und Regionen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte. Der Ausstieg aus der Braunkohleverstromung führt dazu, dass diese langfristig entfallen. Darüber hinaus führt er zu stark steigenden Strompreisen, was insbesondere bei den energieintensiven Industrien zu einer geringeren Wettbewerbsfähigkeit führen dürfte. Auch wenn es kompensierende Effekte in anderen Sektoren oder im Energiesektor über den Ausbau der erneuerbaren Energien gibt, bringt die Einstellung der Braunkohleverstromung erhebliche Herausforderungen für die deutsche Volkswirtschaft mit sich.

Die Analysen haben gezeigt, dass ein erheblich beschleunigter Ausstieg aus der Braunkohleverstromung, wie er im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung angestrebt wird, die ohnehin schon hohen volkswirtschaftlichen Produktions-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverluste infolge des sich aufgrund des ETS einstellenden Ausstiegspfad noch erheblich verstärken würde. Durch den schnelleren Rückgang der Produktion in der Braunkohleindustrie ergeben sich im Jahr 2030 – zusätzlich zu der Entwicklung, die sich bei Fortführung der derzeitigen Politik einstellen würde – gesamtwirtschaftliche Wertschöpfungsverluste in Höhe von 1,3 Mrd. EUR, womit der weitere Abbau von über 12.300 Arbeitsplätzen verbunden ist. Kumuliert über die Jahre, fallen bis 2050 durch die beschleunigte Einstellung der Braunkohleverstromung zusätzliche Produktionsverluste in Höhe von 61 Mrd. EUR an, in deren Folge die Wertschöpfung um 22,2 Mrd. EUR sinkt (undiskontiert).

Hinzu kommen die Produktionsverluste in den energieintensiven Industrien und die hieraus entstehenden Folgewirkungen in anderen Wirtschaftsbereichen. Diese erreichen ihr Maximum im Jahr 2025 und führen dann insgesamt zu zusätzlichen Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverlusten von fast 3,9 Mrd. EUR und über 45.000 Personen. In der Summe über die Jahre wird bis 2050 eine um 58,7 Mrd. EUR geringere gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung als im "Current Policies"-Szenario generiert (undiskontiert).

### 3.1 Überblick zu Einflussfaktoren

Die Braunkohleverstromung setzt die Braunkohleförderung voraus und macht damit auch die Braunkohleveredelung möglich. Damit ist die Braunkohleindustrie ein Wirtschaftszweig mit direkter Bedeutung für Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung. Davon profitieren zunächst die Braunkohlereviere. Aufgrund von interregionalen wirtschaftlichen Verflechtungen ergeben sich aber auch außerhalb der Braunkohlereviere positive wirtschaftliche Effekte. Diese werden zum einen über die direkte Vorleistungsnachfrage der Unternehmen der Braunkohleindustrie und die daran anknüpfenden Wertschöpfungsketten ausgelöst. Zum anderen ermöglicht die Braunkohleverstromung günstige Strompreise und trägt damit zur Wettbewerbsfähigkeit der energieintensiven Industrien bei.

Mit dem Ausstieg aus der Braunkohleverstromung entfallen die positiven Effekte und es kommt zu Anpassungsprozessen, die eine erhebliche Herausforderung für die deutsche Wirtschaft und insbesondere für die betroffenen Regionen darstellen. Ob und inwieweit diese ohne größere Einbrüche bei Produktion, Beschäftigung und Einkommen bewältigt werden können, hängt wesentlich von dem Zeitraum ab, über den die Anpassung stattfindet: Ein langsamer Ausstieg aus der Braunkohleverstromung und -förderung bedeutet, dass in den Braunkohleregionen neue Wirtschaftszweige aufgebaut werden können, wodurch der notwendige Strukturwandel ermöglicht wird. Bei einem schnellen Ausstieg ist die dafür notwendige Zeit nicht vorhanden, sodass es zumindest vorübergehend zu wirtschaftlichen Schwächephasen und damit verbunden zu einer steigenden Arbeitslosigkeit kommen kann. Die Folgen dieser Verwerfungen werden nicht auf die Braunkohlereviere beschränkt bleiben, sondern über die Multiplikatorwirkungen in die gesamte deutsche Wirtschaft ausstrahlen.

Im Zusammenhang mit den Preissteigerungen bei Strom wird bedeutsam sein, ob Deutschland alleine betroffen ist oder ob es auch in anderen Ländern, deren energieintensive Unternehmen in direktem Wettbewerb mit den deutschen Unternehmen stehen, zu Strompreissteigerungen kommt. In der energiewirtschaftlichen Analyse wurde gezeigt, dass es im "Current Policies"-Szenario zu einem langsamen Ausstieg aus der Braunkohleförderung und -verstromung kommt. Getrieben wird dieser im Wesentlichen von steigenden Preisen für CO<sub>2</sub>-Zertifikate, was eine Verstromung der Braunkohle unrentabel macht. Da die Zertifikate europaweit gehandelt werden, sind die europäischen Wettbewerber – teilweise und in Abhängigkeit von deren Stromerzeugung – auch von steigenden Strompreisen betroffen. Im Gegensatz dazu würde der Klimaschutzplan 2050 als nationales Instrument dazu führen, dass die Strompreise

in Deutschland nicht nur sehr viel schneller, sondern auch sehr viel stärker als in den anderen EU-Ländern stiegen.<sup>27</sup>

## 3.2 Gesamtwirtschaftliche Effekte der zurückgehenden Braunkohleverstromung

Aufgrund der hohen Bedeutung der Braunkohlewirtschaft für Wertschöpfung und Beschäftigung innerhalb der Reviere und durch die Folgewirkungen, die sich bundesweit erstrecken, hat die Einstellung der Braunkohleverstromung negative Implikationen. Zunächst entstehen unmittelbare Folgen für die Tagebaue sowie für die Verstromung und Veredelung der Braunkohle. Die Produktion dieser Wirtschaftsbereiche wird unmittelbar wegfallen, wodurch zum einen die Umsätze der betroffenen Unternehmen und damit auch die von ihnen generierte Wertschöpfung betroffen sein werden. Zum anderen verlieren die in den Unternehmen der drei deutschen Braunkohlereviere tätigen Mitarbeiter ihre Arbeitsplätze, was mit negativen Folgen für deren Einkommen verbunden ist.

Die ökonomischen Konsequenzen des Endes der Braunkohle machen aber nicht beim System Braunkohle halt. Da die Unternehmen der Braunkohlewirtschaft für ihre Produktion Vorleistungen anderer Branchen nachfragen, breiten sich die Effekte über die volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsketten in die vorgelagerten Wirtschaftsbereiche aus. Dies betrifft zum Beispiel Maschinen oder Dienstleistungen zu deren Instandhaltung. Da die Vorleistungslieferanten der Braunkohleunternehmen wiederum Vorleistungen anderer Wirtschaftszweige in Anspruch nehmen, sind diese mittelbar ebenfalls negativ von der wegfallenden Nachfrage betroffen. Dieser Prozess setzt sich über alle Stufen der Wertschöpfungskette fort. Mit Hilfe von Input-Output-Analysen kann der gesamte Effekt des Ausstiegs aus der Braunkohleförderung auf Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung quantifiziert werden. Wir gehen folgendermaßen vor:

- **Abschnitt 3.2.1** – Wir erläutern die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Braunkohlewirtschaft in Deutschland heute. Dazu ermitteln wir durch eine Input-Output-Analyse die Bedeutung („Multiplikator“) der Braunkohleförderung, -verstromung und -veredelung für Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung in vor- und nachgelagerten Branchen.
- **Abschnitt 3.2.2** – Wir zeigen auf, wie sich die Bedeutung der Braunkohlewirtschaft zwischen verschiedenen Wirtschaftssektoren unterscheidet.
- **Abschnitt 3.2.3** – Wir legen die gesamtwirtschaftlichen Effekte der durch den Klimaschutzplan verursachten beschleunigten Reduktion der Braunkohleförderung und -verstromung auf Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland dar. Dazu verwenden wir die vorher ermittelten Auswirkungen des Klimaschutzplans auf Braunkohleförderung und -verstromung sowie die berechneten Multiplikatoren.

---

<sup>27</sup> In der aktuellen Debatte um den Kohleausstieg wird zunehmend die Forderung nach ergänzenden nationalen Instrumenten gestellt, vgl. z.B. Agora Energiewende (2016).

### 3.2.1 Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Braunkohlewirtschaft

#### Methodisches Vorgehen

Die Braunkohleverstromung sichert zunächst im System Braunkohle unmittelbar Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung (Initialeffekt). Im Dezember 2016 waren in den drei Braunkohlerevieren etwa 19.700 Beschäftigte in der Braunkohlewirtschaft tätig (vgl. Statistik der Kohlenwirtschaft 2017). Ferner wurden im Jahr 2016 in den drei bedeutenden Revieren insgesamt etwa 170 Mio. Tonnen Braunkohle gefördert. Für das Rheinische Revier liegen detaillierte Umsatzangaben vor (vgl. RWE 2017), die es ermöglichen, auf Basis der jeweiligen Fördermengen auch die Umsätze für das Mitteldeutsche und das Lausitzer Revier hochzurechnen. Die Verteilung von Umsätzen und Beschäftigung auf die drei Teilbereiche Förderung, Veredelung und Verstromung der Braunkohle erfolgt auf Basis von Unternehmensangaben (vgl. RWE 2017). Hiernach entfallen 55 % von Umsatz und Beschäftigung auf die Förderung, 35 % auf die Verstromung und 10 % auf die Veredelung.<sup>28</sup> Für die Berechnungen der gesamtwirtschaftlichen Effekte, die vom System Braunkohle ausgehen, wird die aktuelle Input-Output-Tabelle für Deutschland zugrunde gelegt (vgl. Statistisches Bundesamt 2017a).

#### Initial-, Erstrunden- und Wertschöpfungseffekt

- Die Braunkohleindustrie sichert zunächst die unmittelbare Produktion der Kraftwerke, der Tagebaue und der Veredelungsbetriebe. Damit entsteht eine jährliche gesamtwirtschaftliche Produktion von etwa 6,7 Mrd. EUR. Hiermit ist eine Bruttowertschöpfung von zwei Mrd. EUR und eine Beschäftigung von etwa 19.700 Personen verbunden. Dies ist der Initialeffekt der volkswirtschaftlichen Wirkungskette, der direkt in der Braunkohlewirtschaft anfällt.
- Von der Produktion im System Braunkohle sind auch deren unmittelbare Zulieferer abhängig, da die Braunkohleindustrie über die Nachfrage nach deren Produkten und Dienstleistungen einen Teil des Umsatzes bestimmt. Dieser Erstrundeneffekt umfasst eine Produktion von 3,5 Mrd. EUR, womit eine Bruttowertschöpfung von 1,4 Mrd. EUR und eine Beschäftigung in Höhe von 10.300 Arbeitskräften in Zusammenhang steht.
- Im nächsten Schritt fragen auch die unmittelbaren Zulieferer der Braunkohlewirtschaft Vorleistungen bei ihnen vorgelagerten Unternehmen nach, was wiederum eine Vorleistungsnachfrage jener Unternehmen bedingt. Die über die gesamte vorgelagerte Wertschöpfungskette summierte Produktion beläuft sich auf 2,8 Mrd. EUR, wodurch eine Wertschöpfung von 1,2 Mrd. EUR und eine Beschäftigung von 9.600 Personen geschaffen wird.
- Fasst man den Initial-, Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekt zusammen, so bedingt die Braunkohlewirtschaft jährlich eine gesamtwirtschaftliche Produktion von 13 Mrd. EUR, womit eine

---

<sup>28</sup> Der Braunkohlebezug der Kraftwerke stellt im Wesentlichen den Umsatz der Tagebaue dar. Um die volkswirtschaftlichen Verflechtungen und somit die Gesamteffekte der Braunkohle im Rahmen der Input-Output-Analyse korrekt abzubilden, ist es jedoch notwendig, den Umsatz auf die drei Teilbereiche des Systems Braunkohle aufzuteilen. Ähnliche Untersuchungen finden sich in Buttermann et al. (2010); Buttermann, Baten (2011) sowie in Prognos (2011).

Bruttowertschöpfung von 4,5 Mrd. EUR und eine Beschäftigung von 39.600 Personen einhergehen.

### Induzierter Effekt

Die Beschäftigung sichert auch Einkommen, was eine Konsumnachfrage ermöglicht. Die Konsumgüternachfrage ruft wiederum eine Produktion in anderen Wirtschaftsbereichen hervor. Insgesamt induziert die Braunkohlewirtschaft auf diese Weise eine jährliche Produktion in Höhe von drei Mrd. EUR, womit eine Bruttowertschöpfung von 1,3 Mrd. EUR und eine Beschäftigung von 17.400 Personen einhergehen.

### Gesamteffekt

**Abbildung 17 Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Braunkohlewirtschaft (Förderung, Verstromung, Veredelung)**



Quelle: ETR (2017).

Zusammengefasst über sämtliche Runden und Effekte sorgt die Braunkohlewirtschaft jährlich für eine gesamtwirtschaftliche Produktion von 16 Mrd. EUR. In deren Folge entsteht eine gesamtwirtschaftliche Bruttowertschöpfung von 5,9 Mrd. EUR und eine Beschäftigung von 57.000 Personen.

### Herleitung von Multiplikatoren

Bezieht man den gesamten volkswirtschaftlichen Effekt auf den auslösenden Effekt (Initialeffekt), so ergibt sich ein Multiplikator, der das Ausmaß der gesamtwirtschaftlichen Wirkung quantifiziert. Die Berechnungen ergeben einen Multiplikator des Produktionswertes von 2,4, der Bruttowertschöpfung von 3,0 und der Beschäftigung von 2,9. Das heißt, dass sich die Bedeutung der

Braunkohlewirtschaft von der initialen Produktion und Wertschöpfung über die Wertschöpfungskette mehr als verdoppelt, bzw. sogar verdreifacht. Die Beschäftigungswirkung ist derart zu interpretieren, dass von jedem Beschäftigten im System Braunkohle entlang der Wertschöpfungskette fast zwei weitere Beschäftigte abhängig sind. Diese hohen Multiplikatorwirkungen sind darauf zurückzuführen, dass sich die Unternehmen der Braunkohlewirtschaft am Anfang der Wertschöpfungskette befinden, sodass sich die Effekte auf weite Teile der Volkswirtschaft erstrecken.

**Abbildung 18 Multiplikatorwirkungen der Braunkohlewirtschaft (Förderung, Verstromung und Veredelung)**



Quelle: ETR (2017).

### 3.2.2 Sektorale Auswirkungen

Die im letzten Abschnitt dargestellte gesamtwirtschaftliche Produktion, die über die Wertschöpfungsketten ausgelöst wird, verteilt sich sehr unterschiedlich auf die einzelnen Wirtschaftsbereiche. **Tabelle 7** zeigt die Verteilung des volkswirtschaftlichen Gesamteffektes auf die Wirtschaftssektoren.

Da die Initialeffekte und auch ein Großteil der Erstrundeneffekte im Produzierenden Gewerbe anfallen, ist insbesondere dieser Sektor stark von der Braunkohlewirtschaft abhängig (**Tabelle 7**).

**Tabelle 7 Sektorale Verteilung der Gesamteffekte**

| Sektor | Produktionswert<br>(Mio. EUR) | Bruttowertschöpfung<br>(Mio. EUR) | Beschäftigung<br>(Personen) |
|--------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|        |                               |                                   |                             |

## FOLGENABSCHÄTZUNG DES CO<sub>2</sub>-SEKTORZIELS FÜR DIE ENERGIEWIRTSCHAFT IM KLIMASCHUTZPLAN 2050

|   |              |            |              |
|---|--------------|------------|--------------|
| Land- und Forstwirtschaft, Fischerei    | 19           | 9          | 100          |
| Produzierendes Gewerbe                  | 12.615       | 3.963      | 39.400       |
| <i>Darunter</i>                         |              |            |              |
| <i>Verarbeitendes Gewerbe</i>           | <i>3.476</i> | <i>943</i> | <i>8.000</i> |
| <i>Baugewerbe</i>                       | <i>501</i>   | <i>223</i> | <i>2.500</i> |
| Dienstleistungsbereiche                 | 3.414        | 1.964      | 17.500       |
| <i>Darunter</i>                         |              |            |              |
| <i>Handel, Verkehr und weitere</i>      | <i>1.387</i> | <i>694</i> | <i>6.100</i> |
| <i>Finanz- und Unternehmensdienstl.</i> | <i>1.495</i> | <i>915</i> | <i>8.400</i> |
| <i>Öffentliche und private Dienstl.</i> | <i>532</i>   | <i>354</i> | <i>3.000</i> |
| Insgesamt                               | 16.048       | 5.936      | 57.000       |

Quelle: ETR (2017).

Fast 80 % der von der Braunkohle abhängigen Produktion fallen im Produzierenden Gewerbe an, während knapp über 20 % auf den Dienstleistungssektor zurückgehen. Bei der Wertschöpfung und der Beschäftigung ist der Industrieanteil am Gesamteffekt hingegen etwas geringer und liegt jeweils knapp unter 70 %.

### 3.2.3 Die Folgen des Klimaschutzplans 2050

#### Methodisches Vorgehen

Sowohl bei der Fortsetzung der derzeitigen Politik ("Current Policies"-Szenario) als auch bei Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 wird die Braunkohleverstromung bis 2050 eingestellt, sodass die direkt und indirekt erzeugte Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung entfallen. Wie sich die volkswirtschaftlichen Effekte im Zeitablauf bis 2050 darstellen, hängt aber entscheidend davon ab, wann welche Kraftwerke vom Netz gehen, bzw. wann in welchem Tagebau der Betrieb eingestellt wird. In der energiewirtschaftlichen Analyse wurden die Ausstiegspfade der Kraftwerke und der zugehörigen Tagebaue in den jeweiligen Szenarien abgeleitet. Hiernach werden im "Current Policies"-Szenario im Jahr 2040 noch fünf Tagebaue in Betrieb sein, während im KSP Szenario bis zu diesem Zeitpunkt lediglich zwei Tagebaue noch nicht stillgelegt wurden.

Um die Bedeutung eines Ausstieges aus der Braunkohleverstromung zu verschiedenen Zeitpunkten bis zum Jahr 2050 darzustellen, werden die prognostizierten Kohlebedarfe der Kraftwerke in beiden Szenarien herangezogen. Zusätzlich wird ein gewisser Anteil der Förderung für Veredelungszwecke verwendet. Um die zur Veredelung eingesetzte Fördermenge bis zum Jahr 2050 abzuschätzen, wird davon ausgegangen, dass die betroffenen Unternehmen bestrebt sein werden, die Veredelung möglichst lange auf hohem Niveau aufrechtzuerhalten, um die Auslastung der Tagebaue zu sichern. Zudem ist der Umsatz je eingesetzter Tonne Braunkohle in der Veredelung etwa dreimal so hoch

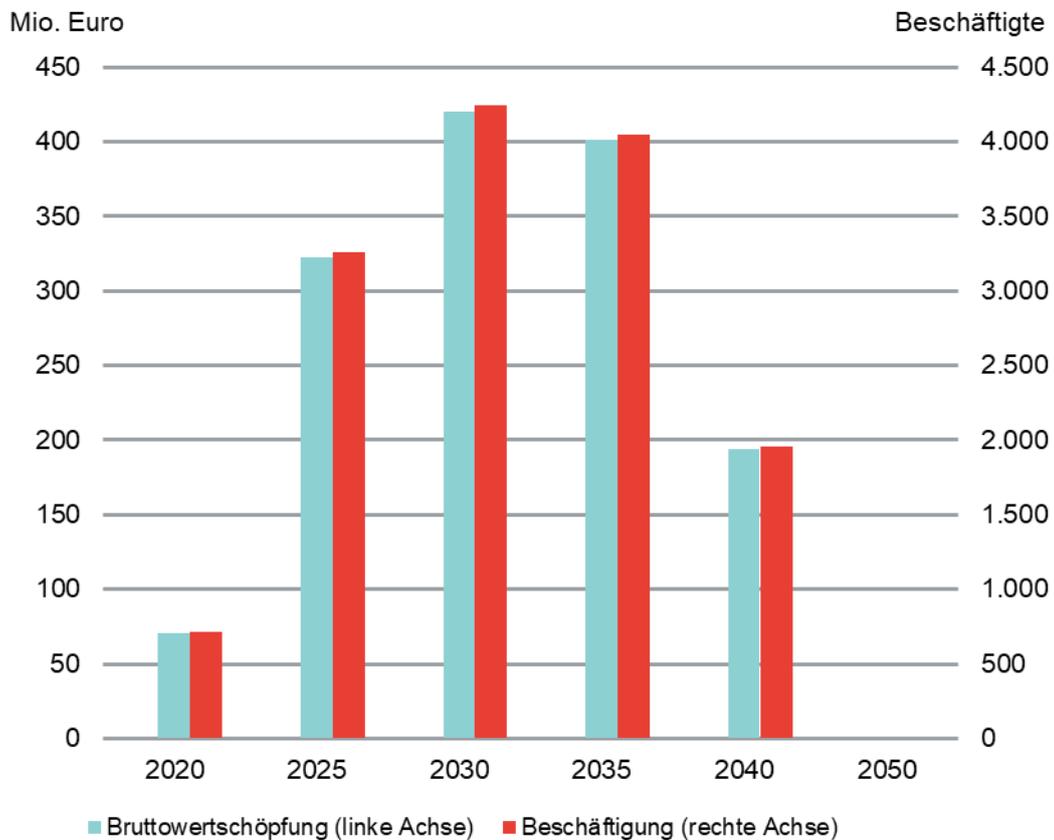
wie in der Verstromung. Daher wird unterstellt, dass die im Jahr 2015 zur Veredelung eingesetzte Fördermenge in den Revieren im Zeitverlauf konstant bleibt. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Veredelung im Mitteldeutschen und im Lausitzer Revier spätestens ab 2040 zusammen mit dem Betrieb in den Tagebauen Profen und Nochten eingestellt wird. Aus der Summe der Bedarfe der Kraftwerke und der Veredelungsbetriebe ergibt sich die gesamte Fördermenge.

### Initialeffekte durch den Klimaschutzplan

Auf Basis der Umsätze und Fördermengen der Vergangenheit kann der Branchenumsatz mit Hilfe der prognostizierten Fördermengen im Current Policies und KSP Szenario im Zeitverlauf abgeschätzt werden. Die Umsatzunterschiede zwischen beiden Szenarien stellen einen volkswirtschaftlichen Verlust von Produktion durch den Klimaschutzplan 2050 dar. Diese Einbußen fließen als Initialeffekte in eine Input-Output-Analyse ein, auf deren Basis sich die weiteren gesamtwirtschaftlichen Wirkungen ergeben.

**Abbildung 19** stellt die Verteilung der Initialeffekte von Wertschöpfung und Beschäftigung bis 2050 dar, die sich durch einen beschleunigten Braunkohleausstieg ergeben. Es zeigt sich, dass der gesamtwirtschaftliche Initialeffekt im Jahr 2030 seinen Höhepunkt erreicht, bzw. dass zu diesem Zeitpunkt die höchsten Produktionsverluste in der Braunkohlewirtschaft durch einen beschleunigten Ausstieg aus der Braunkohle (KSP Szenario) zu erwarten sind. Insgesamt ist in diesem Jahr im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario mit einem zusätzlichen Produktionsausfall in Höhe von 1,4 Mrd. EUR im System Braunkohle zu rechnen. Dadurch wird die Wertschöpfung um 420 Mio. EUR und die Zahl der Arbeitsplätze um 4.200 reduziert.

Abbildung 19 Zeitliche Verteilung der Initialeffekte durch den Klimaschutzplan 2050



Quelle: ETR (2017).

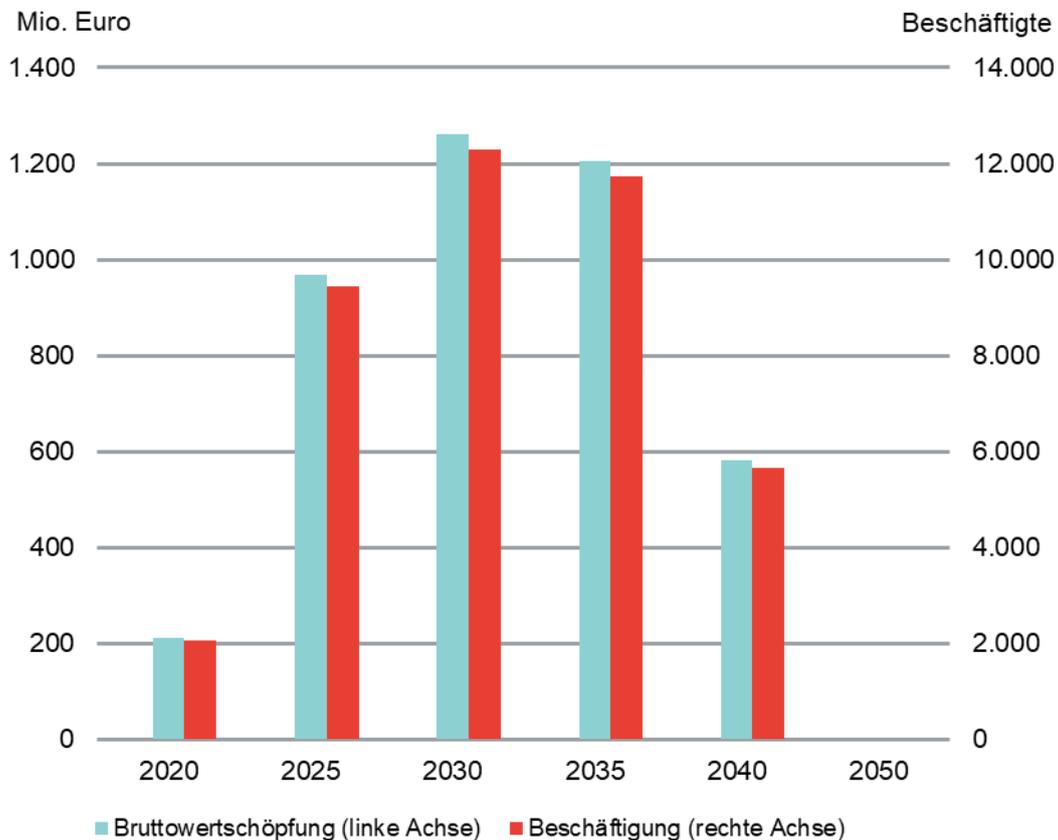
### Gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimaschutzplans

Ausgehend von den Initialeffekten ergeben sich die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen auf Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 entlang der gesamten vorgelagerten Wertschöpfungskette und durch die induzierten Effekte. **Abbildung 20** zeigt die zeitliche Verteilung und Höhe der Gesamteffekte im Zeitraum von 2020 bis 2050. Da der Ausstieg aus der Braunkohleförderung im Jahr 2050 in beiden Szenarien abgeschlossen sein soll, ergeben sich ab diesem Zeitpunkt keine weiteren gesamtwirtschaftlichen Effekte.

Die gesamtwirtschaftlichen Produktionsausfälle infolge eines beschleunigten Ausstieges aus der Braunkohleförderung im Vergleich zum sich infolge des ETS einstellenden Ausstiegspfad, mit denen negative Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte einhergehen, erreichen analog zu den Initialeffekten im Jahr 2030 ihr Maximum. In diesem Jahr wird die gesamtwirtschaftliche Produktion um 3,5 Mrd. EUR niedriger als im Current Policies Fall sein. Dies ist zu 42 % auf Umsatzrückgänge im System Braunkohle (Initialeffekt), zu 22 % auf Produktionsausfälle in direkten Zulieferunternehmen (Erstrundeneffekt), zu 17 % auf Einbußen entlang der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Wertschöpfungsketteneffekt) und zu 19 % auf rückläufige Konsumausgaben (induzierter Effekt) zurückzuführen. Infolge der Produktionsausfälle geht die

Bruttowertschöpfung um 1,3 Mrd. EUR zurück, wodurch die gesamtwirtschaftliche Beschäftigung um etwa 12.300 Personen sinkt.

**Abbildung 20 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Zeitverlauf**



Quelle: ETR (2017).

### Kumulierte gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimaschutzplans bis 2050

Die Produktionsausfälle sind nicht auf das Jahr 2030 beschränkt. Vielmehr werden in den vorhergehenden Jahren schon Ausfälle in nennenswerter Höhe angefallen sein und auch in den Folgejahren bis 2035 entstehen jeweils Verluste vergleichbarer Größenordnung wie 2030 (**Abbildung 20**). Relevant für die Kosten des Klimaschutzplans 2050 ist die Summe der gesamtwirtschaftlichen Produktions- und Wertschöpfungsverluste über die Jahre.

Bis 2050 sind durch die beschleunigte Einstellung der Braunkohleverstromung im Klimaschutzplan im Vergleich zum sich infolge des ETS einstellenden Ausstiegspfad kumulierte Einbußen bei der Produktion in Höhe von 61 Mrd. EUR und der Wertschöpfung um 22,2 Mrd. EUR zu erwarten. Diese Wirkungen stellen die Untergrenze der gesamtwirtschaftlichen Effekte dar, die sich aus beschleunigten Ausstiegen aus der Kohleverstromung ergeben. Neben der Braunkohle- wird beispielsweise auch die Steinkohleverstromung schneller eingestellt. Die hierdurch auftretenden gesamtwirtschaftlichen Effekte sind in den oben dargestellten Wirkungen noch nicht berücksichtigt.

## EFFEKTE AUF DIE STEINKOHLERVERSTROMUNG

Die oben berechneten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte beziehen sich auf das System Braunkohle. Durch den Klimaschutzplan 2050 wird aber auch der Einsatz von Steinkohle zur Stromerzeugung schneller zurückgefahren als im "Current Policies"-Szenario.

Im Jahr 2015 wurden in Steinkohlekraftwerken netto 113,7 TWh Strom erzeugt. Die Wertschöpfung der Steinkohlekraftwerke ergibt sich aus dem Umsatz abzüglich der in Anspruch genommenen Vorleistungen, wobei sich der Umsatz aus der Nettostromerzeugung aus Steinkohle und dem relevanten Absatzpreis ergibt. Für den Absatzpreis wird der durchschnittliche Spotpreis über die Stunden, in denen Steinkohlekraftwerke am Netz sind (Merit-Order), verwendet. Aus vorangegangenen Untersuchungen ergibt sich, dass die Beschäftigung besser über die Erzeugungskapazität als über die tatsächliche Stromerzeugung abgebildet werden kann (vgl. enervis 2016). Somit wird für Beschäftigte in den Steinkohlekraftwerken ein funktionaler Zusammenhang zu den Erzeugungskapazitäten angenommen. Aus diesen Zusammenhängen resultiert eine Bruttowertschöpfung der Steinkohlekraftwerke von etwa 1,2 Mrd. EUR und eine Beschäftigung von 9.200 Personen.

Wie bei der Braunkohle findet durch den Klimaschutzplan 2050 auch der Ausstieg aus der Steinkohleverstromung beschleunigt statt. Die größte Differenz zwischen der Entwicklung im Klimaschutzplan und der Fortsetzung der aktuellen Politik ergibt sich im Jahr 2035, in dem die Wertschöpfung um etwa 580 Mio. EUR geringer ausfällt. Da die Erzeugungskapazitäten sehr viel langsamer abgebaut werden als die Stromerzeugung, könnte der Rückgang bei der Beschäftigung deutlich geringer ausfallen als bei der Wertschöpfung. Es ist allerdings auch davon auszugehen, dass sich die Relation zwischen Beschäftigung und Erzeugungskapazitäten verändern wird, wenn sich die Kraftwerke sehr viel länger im Stillstand befinden.

### 3.3 Effekte der steigenden Strompreise

Die ökonomischen Effekte der Einstellung der Braunkohleförderung und -verstromung liegen nicht nur in deren direkter wirtschaftlicher Bedeutung begründet, sondern auch in deren Relevanz für eine sichere und günstige Energieversorgung, die eine zentrale Voraussetzung für wichtige Industriezweige darstellt. Dabei hat der Strompreis über verschiedene Kanäle Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit dieser Industrien.

Industrieproduktion findet in Deutschland in der Regel mit hohem Kapitaleinsatz statt, der über Investitionen in Maschinen und Anlagen erfolgt. Diese sind weitgehend immobil, was impliziert, dass die Unternehmen, nachdem Investitionsentscheidungen getroffen wurden, an einen Standort gebunden sind. Wenn die Stromkosten in einer Region sehr viel stärker steigen als in anderen Regionen und Kostensteigerungen aufgrund des Wettbewerbs nicht in steigenden Preisen weitergegeben werden können, wird die Produktion am Standort langfristig nicht mehr rentabel sein und eingestellt werden. Die Folgen wären hohe Verluste,

da die eingesetzten Kapitalgüter abgeschrieben werden müssen. Deshalb werden Unternehmen bestrebt sein, die Produktion aufrecht zu erhalten und anzupassen. Gleichzeitig werden neue Investitionen an alternativen Standorten getätigt, die langfristig die günstigeren Produktionsbedingungen bieten. Da große Investitions- und Standortentscheidungen, wie der Aufbau neuer Werke, nur in größeren zeitlichen Abständen getroffen werden, sind die Konsequenzen der steigenden Strompreise hier nur schwierig abzuschätzen.

Bei gegebener Standortentscheidung führt ein Anstieg der Energiekosten zu höheren Produktionskosten. Sofern Unternehmen diese mittels steigender Preise für die hiervon betroffenen Güter weitergeben, geht die Güternachfrage zurück. Dabei wird der Nachfragerückgang umso stärker ausfallen, je besser die Substitutionsmöglichkeiten für das Gut sind. Sofern identische Güter von Unternehmen im Ausland produziert werden, die keinen Kostenanstieg zu verzeichnen haben, würde das Unternehmen in Deutschland bei einer Preiserhöhung die gesamte Nachfrage verlieren. Folglich kann der Kostenanstieg nicht überwältigt werden. Bei den höheren Produktionskosten wird die für das Unternehmen optimale Produktionsmenge sinken. Wenn Unternehmen einen gewissen Preissetzungsspielraum haben, weil keine perfekten Substitutionsgüter existieren, wird die Reaktion des Unternehmens auf den Energiekostenanstieg in einer Erhöhung der Preise bestehen, mit der ein Teil des Kostenanstiegs an die Kunden weitergeben wird. Gleichzeitig sinkt die Produktions- und Absatzmenge. Diese negativen Effekte einer Strompreiserhöhung können dadurch ausgeglichen werden, dass andere Kostenfaktoren für eine Entlastung der Unternehmen sorgen. In Anhang B ist der Zusammenhang zwischen Faktorpreisen und der optimalen Produktionsmenge im Rahmen eines einfachen ökonomischen Modells dargestellt.

Im Falle eines beschleunigten Ausstiegs aus der Braunkohleverstromung, der mit gegenüber dem „Current Policies“-Szenario höheren Strompreisen einhergehen dürfte, sind energieintensive Unternehmen in besonderem Maße betroffen. Daher wird im Folgenden

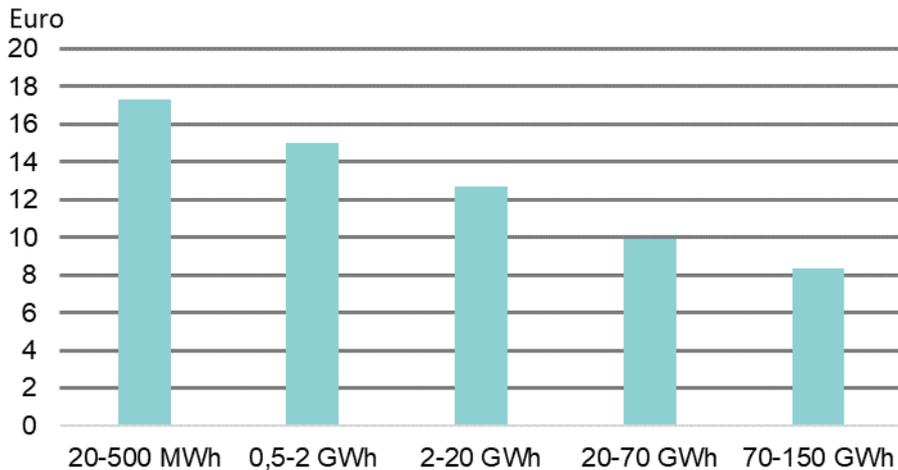
- zunächst die Entwicklung der Strompreise für Industriekunden in Deutschland dargestellt und mit derjenigen im Ausland verglichen, da diese Unternehmen in internationaler Konkurrenz stehen (**Abschnitt 3.3.1**);
- im Anschluss werden die energieintensiven Branchen identifiziert. Auf Basis der Entwicklung in den letzten Jahrzehnten wird weitergehend untersucht, ob und inwieweit die steigenden Strompreise zu einer Reduktion von Produktions- und Absatzmengen geführt haben (**Abschnitt 3.3.2**); und
- auf Basis dieser Schätzungen werden dann die Folgen eines beschleunigten Ausstiegs aus der Braunkohleverstromung im Klimaschutzplan betrachtet. Dabei werden nicht nur die direkten Effekte auf die energieintensiven Industrien analysiert, sondern auch die indirekten Effekte über deren Vorleistungsnachfrage (**Abschnitt 3.3.3**).

### 3.3.1 Die Entwicklung der Strompreise

#### Die Entwicklung in Deutschland

Die Strompreise unterscheiden sich für verschiedene Kunden in Abhängigkeit von der jeweiligen Abnahmemenge. **Abbildung 21** zeigt das Niveau der Preise für Stromkunden mit verschiedenen Abnahmemengen im Jahr 2016.

**Abbildung 21 Niveau der Strompreise**



Angaben ohne Mehrwertsteuer und erstattungsfähige Steuern und Abgaben für das Jahr 2016

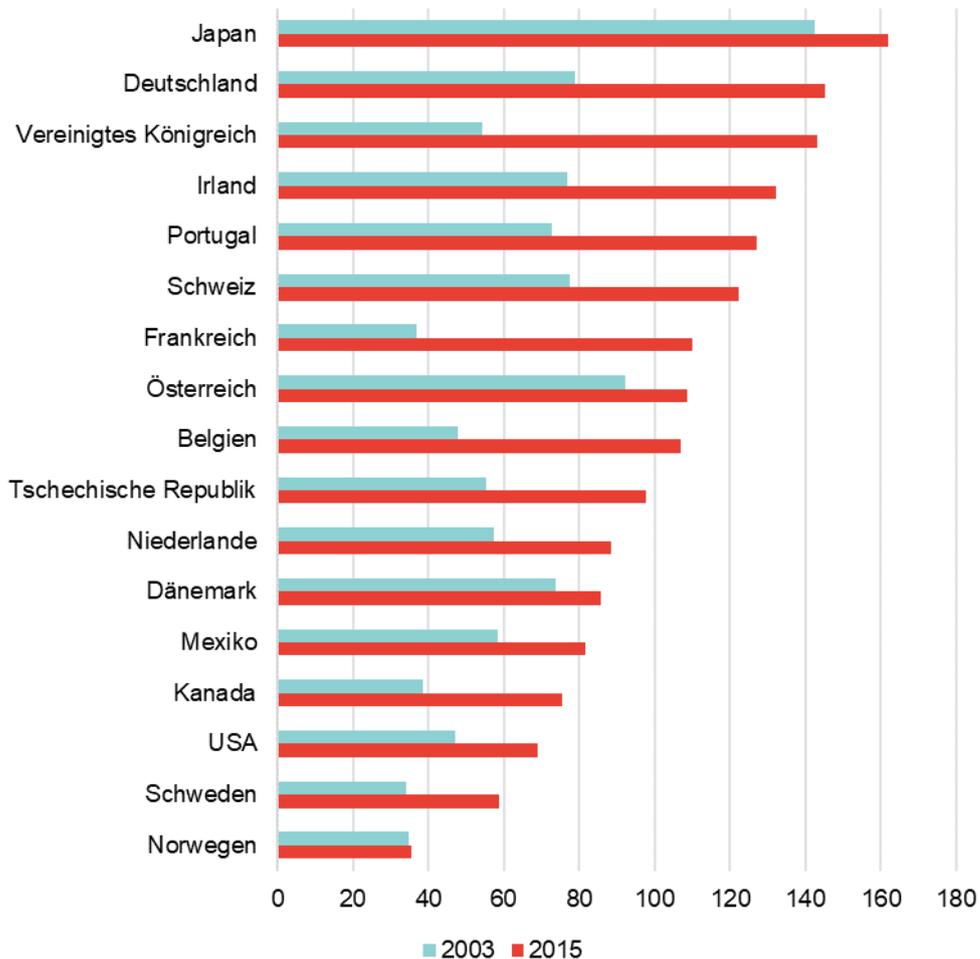
Quellen: Eurostat (2017); ETR (2017).

Das Preisniveau unterscheidet sich erheblich zwischen den verschiedenen Abnahmebändern. So mussten Kunden mit einer jährlichen Abnahmemenge zwischen 20 und 500 MWh im Jahr 2016 gut 17 Cent pro kWh bezahlen, während der Preis für Großabnehmer (70-150 GWh) zum gleichen Zeitpunkt bei etwa acht Cent pro kWh lag, also nicht einmal halb so hoch. Der Strompreis für Industrieabnehmer mit einem jährlichen Verbrauch zwischen 500 und 2.000 MWh lag bei 14,92 Cent pro kWh. Dieser setzte sich aus 4,36 Cent für die Energiekosten, 3,57 Cent für die Netzkosten und 6,99 Cent für Steuern und Abgaben zusammen. Dagegen bezahlten im Jahr 2016 Großabnehmer der Industrie (70-150 GWh pro Jahr) 1,99 Cent für Energie und Versorgung, 2,1 Cent für Netzentgelte und 4,68 Cent für Steuern und Abgaben. Die Preise für Großkunden sind daher deutlich niedriger, wobei sich der Preisunterschied in allen drei Komponenten feststellen lässt (vgl. Eurostat 2017).

#### Die Entwicklung im internationalen Umfeld

Die International Energy Agency (IEA) veröffentlicht in einem Jahresreport für ausgewählte Länder den Elektrizitätspreis für die Industrie. Diese Preise sind in Abbildung 22 für die Jahre 2003 und 2015 dargestellt.

**Abbildung 22 Entwicklung der Industriestrompreise im internationalen Vergleich**



Quellen: IEA (2004 & 2016); ETR (2017).

Die Industriekunden in Deutschland haben im Jahr 2015 im internationalen Vergleich den zweithöchsten Strompreis bezahlt. Dieser lag bei 145 US-Dollar pro MWh und damit knapp 40 % über dem Mittelwert der hier betrachteten Länder. Der höchste Wert betrug in Japan 162 US-Dollar, der niedrigste in Norwegen 35 US-Dollar.

Aus **Abbildung 22** kann auch die zeitliche Entwicklung der Strompreise zwischen 2003 und 2015 abgeleitet werden. Mit einer Preissteigerung von 84 % lag das Wachstum der Preise in Deutschland im Mittelfeld. In einigen Ländern (Frankreich, Vereinigtes Königreich, Belgien und Kanada) lag die Wachstumsrate deutlich höher. Allerdings war dort das preisliche Ausgangsniveau im Jahr 2003 deutlich niedriger. So sind die Preise in Kanada beispielsweise relativ stärker gewachsen als in Deutschland. Der absolute Preisanstieg lag mit etwa 37 US-Dollar aber deutlich unter dem in Deutschland, wo die Preise um 66 US-Dollar zugenommen haben.

Insgesamt zeigt sich, dass die Strompreise für Industriekunden in Deutschland sehr hoch waren, stark gewachsen sind und somit auch gegenwärtig sehr hoch sind.

### Die zukünftige Entwicklung in Deutschland

Aus den Analysen zu den energiewirtschaftlichen Konsequenzen des Klimaschutzplans 2050 in Kapitel 2 ergibt sich die Entwicklung der Großhandelspreise für Strom sowie die EEG-Differenzzahlung im "Current Policies"-Szenario und im KSP Szenario. In beiden Szenarien steigt der Großhandelspreis für Strom von gut 30 EUR/MWh im Jahr 2020 auf 110 EUR/MWh im Jahr 2050. Aufgrund des schnelleren Ausstiegs aus der Braunkohleverstromung steigt der Strompreis im Klimaschutzplan Szenario jedoch deutlich schneller, wobei sich die größten Unterschiede in den Jahren 2025 und 2030 ergeben (vgl. **Abschnitt 2.2.4**). Da der Klimaschutzplan 2050 zu einem schnelleren Ausstieg aus der Braunkohleverstromung führt, steigen die Preise in den Jahren bis 2025 deutlich stärker. Dann wird auch im "Current Policies"-Szenario die Verstromung eingeschränkt, sodass es zu sinkenden Preisunterschieden kommt. Dabei werden die großen Preisunterschiede bei den Großhandelspreisen zum Teil durch niedrigere EEG-Umlagen kompensiert

Die für die Industrie relevanten Strompreise werden aber auch durch Steuern und Abgaben sowie die Netzentgelte beeinflusst. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Teile der Unternehmen von der EEG-Umlage befreit sind: Für die Verbrauchsgruppe 70-150 GWh lagen die Steuern und Abgaben im Jahr 2016 bei 4,68 Cent/kWh (Eurostat). Darin enthalten sind Abgaben und Umlagen (2,68 Cent) und die Stromsteuer (2,05 Cent). Die größte Einzelkomponente bildet die EEG-Umlage, die im Durchschnitt der Industrieunternehmen in dieser Gruppe bei 2,37 Cent/kWh liegt. Der Vergleich zur vollständigen EEG-Umlage in Höhe von 6,35 Cent/kWh (April 2016) zeigt, dass große Teile des Stroms in dieser Abnahmegruppe von der EEG-Umlage befreit sind (vgl. Bundesnetzagentur 2016). Die für die Industrieunternehmen betrachtete Differenz ist im Jahr 2025 mit 8,37 EUR/MWh am höchsten. Fünf Jahre später ist der Unterschied mit 7,67 EUR noch immer in ähnlicher Größenordnung vorhanden, anschließend gehen die Preisunterschiede aber deutlich zurück.

## 3.3.2 Die energieintensiven Industrien

### Überblick

Die Strompreise beeinflussen insbesondere die energieintensiven Industrien, bei denen die Wertschöpfung einen im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen überdurchschnittlich hohen Strombedarf aufweist. Hieraus resultieren auch besonders hohe Stromstückkosten<sup>29</sup>, die sich aus der Relation zwischen den

<sup>29</sup> Die Stromstückkosten werden berechnet, indem zunächst die einzelnen Wirtschaftssektoren der Kostenstrukturerhebung des Statistischen Bundesamtes (vgl. Statistisches Bundesamt 2017b) den Definitionen der Wirtschaftsbereiche in der Energiebilanz 2014 (vgl. AG Energiebilanzen 2016) zugeordnet werden. Die gesamten Energiekosten eines Sektors ergeben sich aus der Kostenstrukturerhebung. Um die Stromkosten aus den Energiekosten herauszurechnen, wird der sektorale Energieverbrauch auf die vier Komponenten Strom, Kohle, Koks und einen Restwert auf Basis der Energiebilanz aufgeteilt. Die Stromkosten ergeben sich, indem der Stromverbrauch mit dem Strompreis für Industriekunden multipliziert wird. Die sektoralen Stromkosten

Stromkosten (Stromverbrauch x Strompreis) und der Bruttowertschöpfung ergeben. Die Stromstückkosten zeigen also, welche Stromkosten eine Branche zu tragen hat, um einen Euro Wertschöpfung zu erzielen. Gerade in Branchen mit hohen Stromstückkosten könnte ein Anstieg der Stromkosten zu einem Verlust an Wettbewerbsfähigkeit führen.

Besonders stromintensiv ist die Produktion der Papierindustrie, bei der die Stromkosten einen Anteil von 28,7 % an der Wertschöpfung haben. Dann folgen die Produktion von NE-Metallen (22,4 %) und die Stahlindustrie (17,5 %). Damit liegen die Stromstückkosten in diesen Branchen erheblich höher als im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes (4,7 %). Etwas geringere, aber noch immer deutlich überdurchschnittliche Stromstückkosten ergeben sich für die Gießereien (14,1 %), die energieintensive Nahrungs- und Futtermittelproduktion (13 %), die Baustoff- und Glasindustrie (12,3 bzw. 11,9 %) sowie für die Chemiebranche (10,7 %) (**Abbildung 23**).<sup>30</sup>

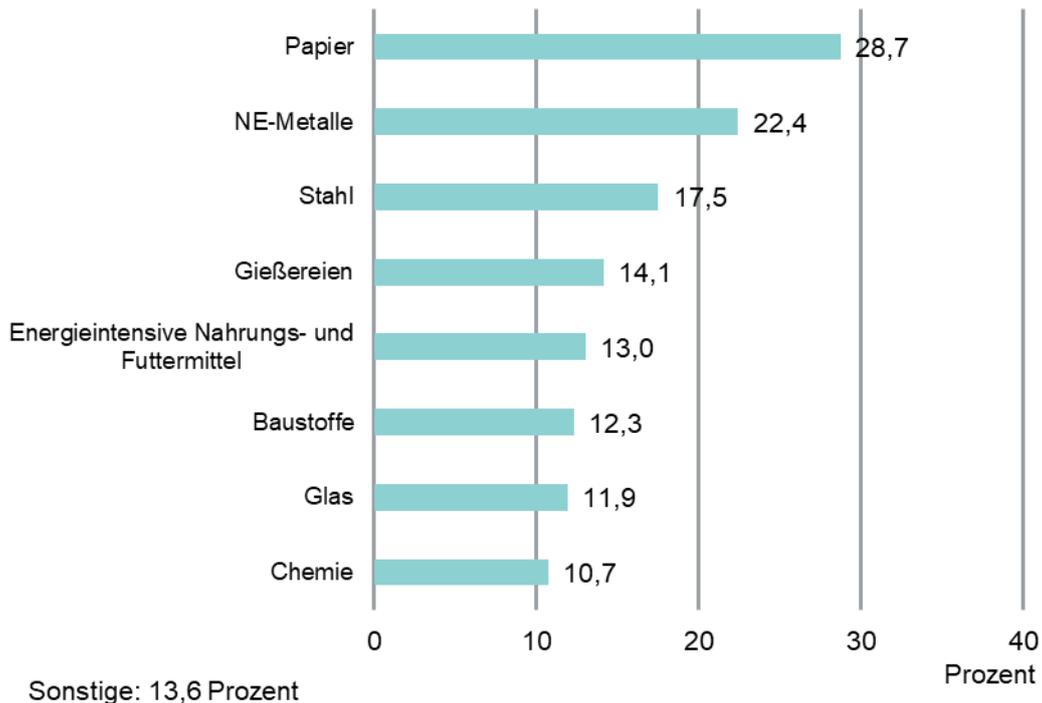
Auch innerhalb der Branchen der energieintensiven Industrien unterscheiden sich die Stromkosten zum Teil erheblich. So ist beispielsweise in der Chemieindustrie die „Herstellung von chemischen Grundstoffen“ und hierunter insbesondere die „Herstellung von Industriegasen“ mit Stromstückkosten von 61,4 % der Bruttowertschöpfung mit sehr viel höheren Stromkosten belastet als der Branchendurchschnitt. Selbiges zeigt sich bei der NE-Metallindustrie, bei der vor allem die „Erzeugung und erste Bearbeitung von Aluminium“ mit Stromstückkosten von 30,4 % deutlich stärker belastet ist als die übrigen NE-Metallbranchen. Ferner produzieren die Eisengießereien innerhalb der Gießereiindustrie am stromintensivsten (17,7 %). Auch in der Baustoffindustrie unterscheidet sich die Bedeutung von Strom zwischen den einzelnen Branchen deutlich: Während die Stromstückkosten mit 27,3 % im Sektor „Gewinnung von Natursteinen, Kalk- und Gipsstein, Kreide usw.“ sowie mit 25 % bei der „Herstellung von Kalk und gebranntem Gips“ erheblich über dem Branchendurchschnitt liegen, sind sie mit 3,1 % bei der „Herstellung von sonstigen Erzeugnissen aus Beton, Zement und Gips“ oder mit 2,8 % bei der „Herstellung von Faserzementwaren“ deutlich niedriger. Diese Zahlen weisen darauf hin, dass die Gewinnung der Rohstoffe deutlich stromintensiver verläuft als große Teile ihrer Veredelung.

---

werden anschließend durch die entsprechende Bruttowertschöpfung dividiert. Zum Konzept vgl. auch Germeshausen und Löschel (2015).

<sup>30</sup> Eine Abgrenzung der energieintensiven Industrien nach der WZ 2008 findet sich in der Tabelle in Anhang B.1.2. Unter „Sonstige“ sind alle übrigen Wirtschaftsgruppen (Dreisteller) bzw. Wirtschaftsklassen (Viersteller) zusammengefasst, deren Stromstückkosten mindestens zehn Prozent betragen. Hierbei wird von der Definition von stromkostenintensiven Unternehmen nach § 64 EEG 2017 abgewichen, wonach Unternehmen erst dann als stromkostenintensiv betrachtet werden, wenn ihre jeweilige Stromkostenintensität mindestens 14 Prozent beträgt. Der Grund hierfür besteht darin, dass auch Branchen, die im Durchschnitt eine geringere Stromkostenintensität aufweisen, viele energieintensive Unternehmen enthalten können. Als praktische Referenzgröße wurde die als energieintensiv geltende Branche mit den geringsten Stromstückkosten herangezogen. Dies ist die Chemieindustrie mit durchschnittlichen Stromstückkosten von 10,7 Prozent.

**Abbildung 23 Stromstückkosten in energieintensiven Industrien 2014**

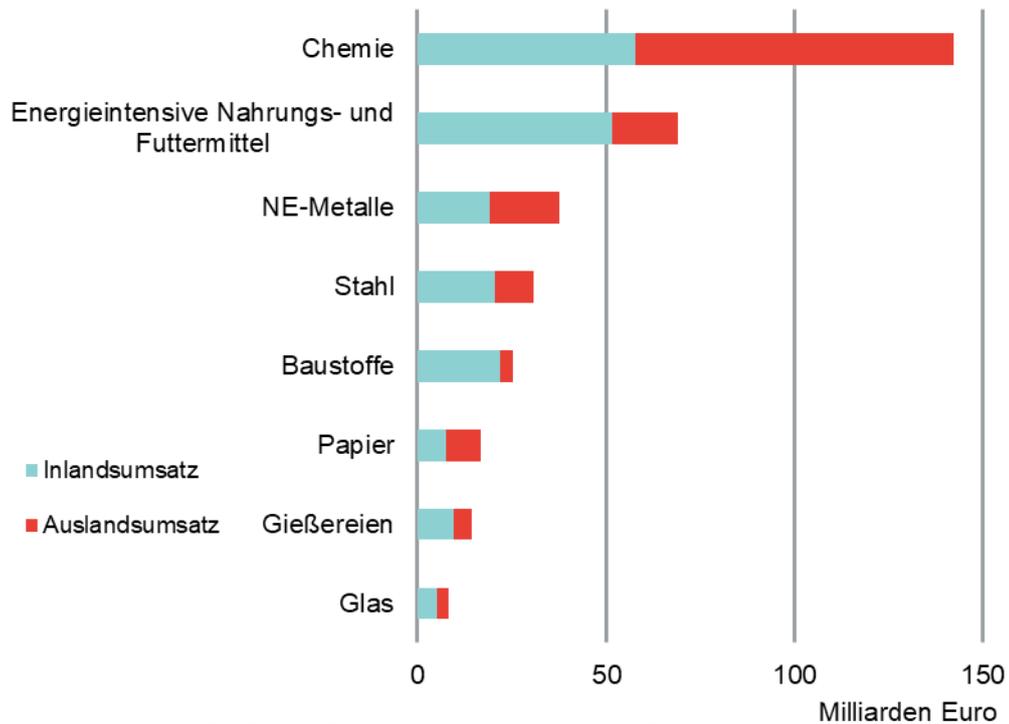


Quellen: AG Energiebilanzen (2016); Statistisches Bundesamt (2017b); ETR (2017).

Im Jahr 2015 betrug der Umsatz der energieintensiven Industrien in Deutschland 344 Mrd. EUR. Dies entspricht einem Anteil von 19,3 % am gesamten Verarbeitenden Gewerbe. Insbesondere die Chemieindustrie sowie die energieintensiven Nahrungs- und Futtermittel haben mit einem Anteil von 41,4 % bzw. 20 % am Umsatz der energieintensiven Industrien eine überdurchschnittlich hohe Bedeutung. Auf Platz drei folgt die NE-Metallindustrie mit einem Anteil von 10,9 %. Innerhalb der Chemieindustrie hatte die besonders stromintensive „Herstellung von chemischen Grundstoffen“ einen Anteil am Branchenumsatz von 64,3 %, während die „Erzeugung und erste Bearbeitung von Aluminium“ bei den NE-Metallen einen Umsatzanteil von 35,7 % auf sich vereinen konnte und somit zusammen mit der Kupfererzeugung die bedeutendste Position einnahm.

Wie **Abbildung 24** zeigt, erzielen einige Branchen einen großen Anteil ihres Gesamtumsatzes im Ausland, was auf eine hohe internationale Wettbewerbsfähigkeit hindeutet. Dies gilt insbesondere für die Chemieindustrie, die im Jahr 2015 fast 60 % ihres Umsatzes im Ausland generierte. Nichtsdestotrotz können auch Branchen mit geringem Auslandsumsatz auf dem heimischen Markt starker internationaler Konkurrenz ausgesetzt sein.

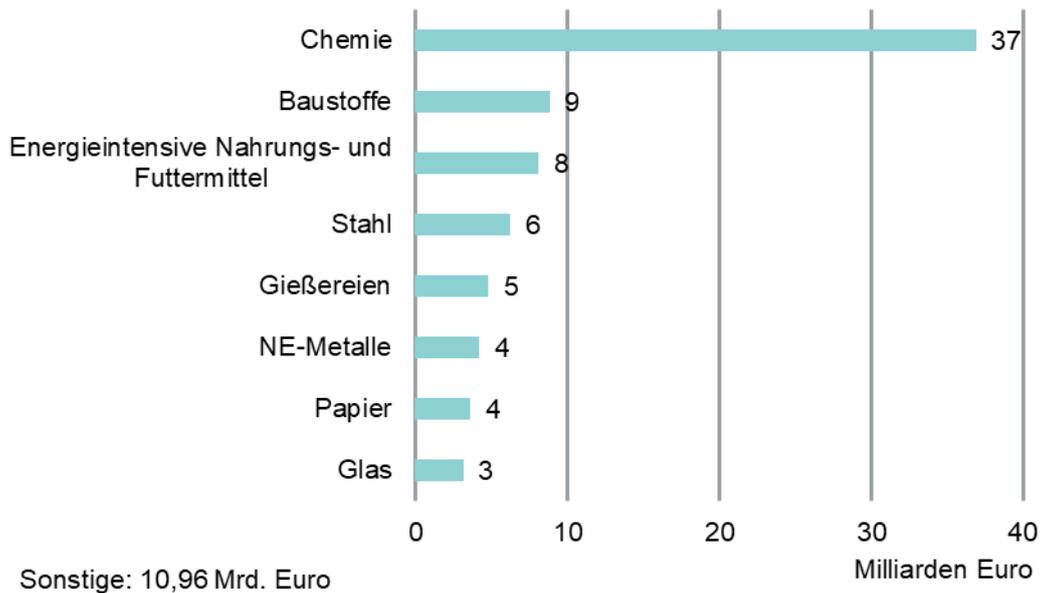
Abbildung 24 Umsatz energieintensiver Industrien 2015



Quellen: Statistisches Bundesamt (2017b); ETR (2017).

Insgesamt erwirtschafteten die Unternehmen der energieintensiven Industrien im Jahr 2014 eine Bruttowertschöpfung in Höhe von 75,9 Mrd. EUR, wovon fast die Hälfte (48,7 %) auf die Chemieindustrie entfiel (**Abbildung 25**). Betrachtet man die Wertschöpfung der energieintensiven Branchen im Verhältnis zum Verarbeitenden Gewerbe, so zeigt sich, dass 14,1 % der Wertschöpfung aus den energieintensiven Industrien stammte. Der Wertschöpfungsanteil der energieintensiven Industrien am Verarbeitenden Gewerbe ist somit um mehr als fünf Prozentpunkte geringer als der entsprechende Umsatzanteil. Hieran lässt sich der überdurchschnittliche Vorleistungsbedarf dieser Branchen erkennen, sowohl in Form von Materialien als auch an Energie und Strom.

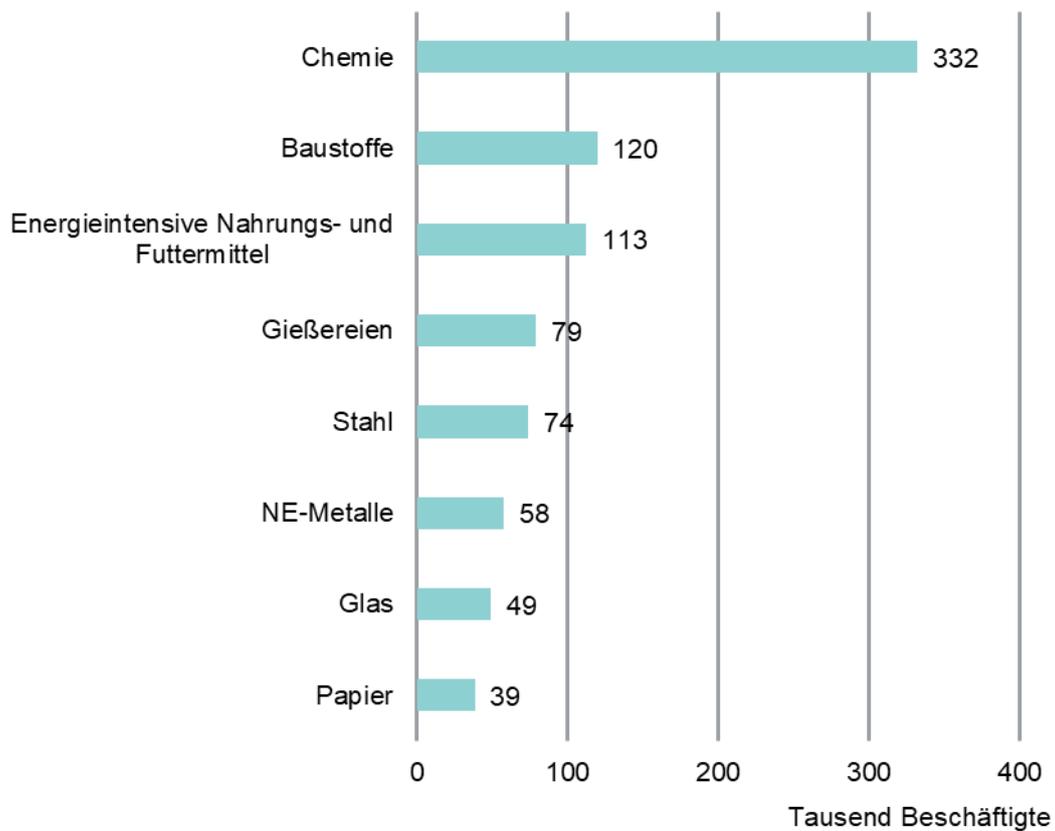
Abbildung 25 Bruttowertschöpfung in energieintensiven Industrien 2014



Quellen: Statistisches Bundesamt (2017b); ETR (2017).

Zur Herstellung ihrer teilweise stark spezialisierten Produkte benötigen die energieintensiven Industrien eine Vielzahl hochqualifizierter Mitarbeiter. Insgesamt waren im Jahr 2015 über 863.000 Beschäftigte in den energieintensiven Industrien tätig. Dies entspricht einem Anteil von 14,2 % am gesamten Verarbeitenden Gewerbe, was annähernd mit dem zugehörigen Wertschöpfungsanteil korrespondiert. Vergleicht man die einzelnen energieintensiven Branchen miteinander, so liegt erneut die Chemieindustrie an der Spitze. Mit 332.000 Beschäftigten stellte sie im Jahr 2015 38,5 % an der energieintensiven Gesamtbeschäftigung. Auf der anderen Seite hatte die Papierindustrie mit einem entsprechenden Anteil von 4,5 % aus Beschäftigungssicht die geringste Bedeutung (Abbildung 26).

Abbildung 26 Beschäftigte in energieintensiven Industrien 2015



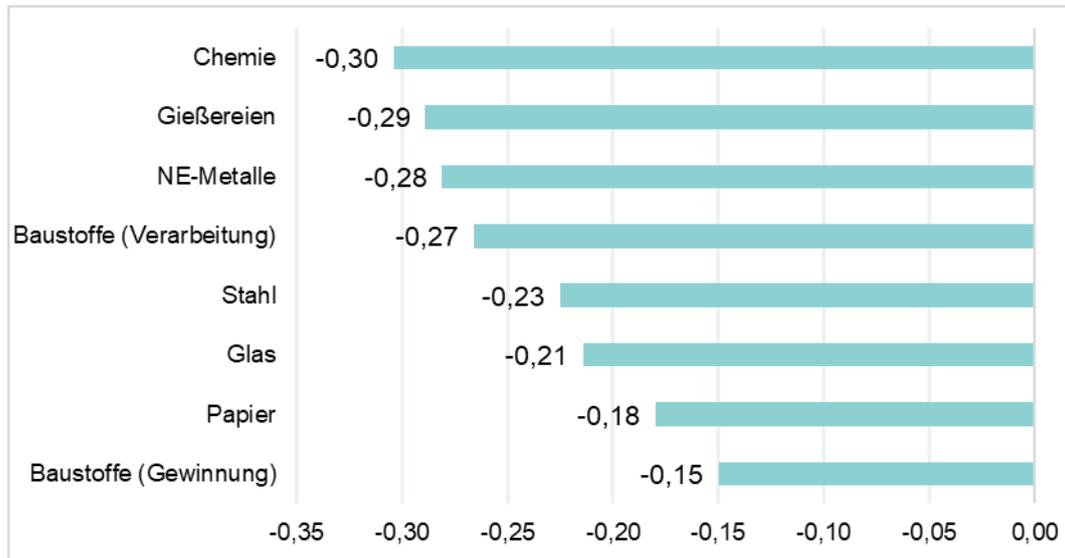
Quellen: Statistisches Bundesamt (2017b); ETR (2017).

### Determinanten der Produktion energieintensiver Industrien

Ein beschleunigter Ausstieg aus der Braunkohleverstromung gemäß Klimaschutzplan 2050 führt zu stark steigenden Strompreisen und hat damit erhebliche Implikationen für die energieintensiven Industrien in Deutschland. Um den Einfluss einer Strompreiserhöhung auf die Umsätze der energieintensiven Industrien und die damit verbundenen direkten, indirekten und induzierten gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen abzuschätzen, ist es notwendig, die branchenindividuellen Strompreiselastizitäten zu ermitteln. Diese geben an, wie stark die Umsätze infolge von Strompreissteigerungen zurückgehen. Hierzu wird eine Regression der Branchenumsätze (vgl. Statistisches Bundesamt 2017b) auf die wesentlichen Kostenfaktoren und eine Variable zur Abbildung der weltweiten Nachfrage nach Industrieprodukten durchgeführt. Die im Rahmen der Schätzungen verwendeten Methoden und detaillierte Schätzergebnisse finden sich in Anhang B.

Der Effekt der Strompreise auf die Umsätze ist in allen energieintensiven Industrien ähnlich. Ein Anstieg der Strompreise führt zu einem Anstieg der Kosten, der über die Preise an die Kunden weitergegeben wird. Die Preissteigerungen führen daher zu einem Nachfragerückgang, wodurch wiederum die Produktion zurückgefahren wird.

**Abbildung 27 Strompreiselastizitäten für energieintensive Industrien**



Quelle: ETR (2017).

Am höchsten ist der Einfluss der Strompreise in der Chemiebranche. Steigen die Strompreise um 10 %, so sinkt der Umsatz um etwa 3 %. Bei der Gewinnung von Baustoffen ist der Effekt hingegen etwas geringer. Auf einen Strompreisanstieg von 10 % folgt ein Umsatzrückgang von 1,5 % (**Abbildung 27**).

Auf Basis der ermittelten Elastizitäten können mit Hilfe von Simulationen der zukünftigen Strompreisentwicklung für industrielle Abnehmer, die Auswirkungen auf die Umsätze der energieintensiven Industrien und ihre gesamtwirtschaftliche Dimension abgeschätzt werden.

### Lohnkompensation zur Strompreiserhöhung

Die Folgen von Strompreisanstiegen für die Wettbewerbsfähigkeit können durch andere nationale Maßnahmen kompensiert werden. Unter anderem deshalb hat in den letzten Jahren – trotz steigender Strompreise – die Wettbewerbsfähigkeit nicht gelitten. Eine besondere Bedeutung hatte dabei die sehr moderate Lohnpolitik. Die Umsätze der verschiedenen energieintensiven Industrien reagieren unterschiedlich elastisch auf Lohnänderungen. Grundsätzlich führen steigende Löhne, analog zu den Stromkosten, zu sinkenden Umsätzen. **Tabelle 8** zeigt die für den jeweiligen Sektor notwendige Lohnzurückhaltung, um die durch den Klimaschutzplan bedingte zusätzliche Erhöhung der Strompreise für energieintensive Industrien im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario im Jahr 2025 zu kompensieren. Hierbei ist davon auszugehen, dass die Löhne nicht sofort um diesen Betrag zurückgehen, sondern sich über die Zeit weniger dynamisch entwickeln als ohne den Strompreisanstieg.

**Tabelle 8**      **Kompensation der Strompreiserhöhung im Klimaschutzplan  
im Jahr 2025**

| <b>Energieintensive Industrien</b> | <b>Notwendige<br/>Lohnzurückhaltung in %</b> |
|------------------------------------|--|
| Chemie                             | 5,4  |
| Glas                               | 4,7  |
| Papier                             | 4,2  |
| Gießereien                         | 3,9  |
| Baustoffe (Verarbeitung)           | 1,3  |
| Baustoffe (Gewinnung)              | 1,0  |
| Stahl                              | *  |
| NE-Metalle                         | *  |

*\*Lohnelastizitäten sehr klein und insignifikant. Veränderungen der Löhne wirken sich nicht auf die Umsätze aus.*

Quelle: ETR (2017).

### 3.3.3 Folgen des Klimaschutzplans 2050 für energieintensive Industrien

Ein beschleunigter Ausstieg aus der Braunkohleverstromung aufgrund des Klimaschutzplans 2050 führt dazu, dass die Strompreise insbesondere in den Jahren bis 2035 deutlich höher liegen werden als im "Current Policies"-Szenario. Aufgrund der höheren Produktionskosten sinken die Produktion, die Wertschöpfung und die Beschäftigung in den energieintensiven Industrien (Initialeffekt). Über die volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsketten erstrecken sich die Auswirkungen auf weitere Wirtschaftsbereiche.

Die zeitliche Verteilung der Folgen eines beschleunigten Ausstieges aus der Braunkohleverstromung (KSP Szenario) auf die Strompreise wurde in **Abschnitt 2.2.4** dargestellt. Hiermit sind in den einzelnen Jahren unterschiedlich starke gesamtwirtschaftliche Effekte verbunden, die umso höher ausfallen, je stärker sich die Strompreise infolge eines beschleunigten Ausstieges erhöhen. Die Strompreisunterschiede und damit die gesamtwirtschaftlichen Produktionsausfälle infolge eines beschleunigten Ausstieges aus der Braunkohleverstromung im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario, mit denen negative Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte einhergehen, erreichen im Jahr 2025 ihr Maximum.

#### Initial-, Erstrunden- und Wertschöpfungseffekt

Die Ausgangsbasis der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen sind die Initialeffekte, die unmittelbar in den energieintensiven Industrien anfallen. Diese ergeben sich durch die Strompreisreagibilität der Produktion in den energieintensiven

Industrien, die in **Abschnitt 3.3.2** abgeleitet wurde. Steigen die Strompreise für Industrieabnehmer, so führt dies – kumuliert über alle energieintensiven Industrien – zu unmittelbaren Produktionsrückgängen in Höhe von 5,8 Mrd. EUR. Die Bruttowertschöpfung geht um 1,1 Mrd. EUR zurück, verbunden mit einem Beschäftigungsrückgang von 12.900 Personen. **Tabelle 9** zeigt die Verteilung der Initialeffekte auf die einzelnen energieintensiven Industrien im Jahr 2025.

**Tabelle 9** Verteilung der Initialeffekte infolge von Strompreiserhöhungen auf die energieintensiven Industrien im Jahr 2025

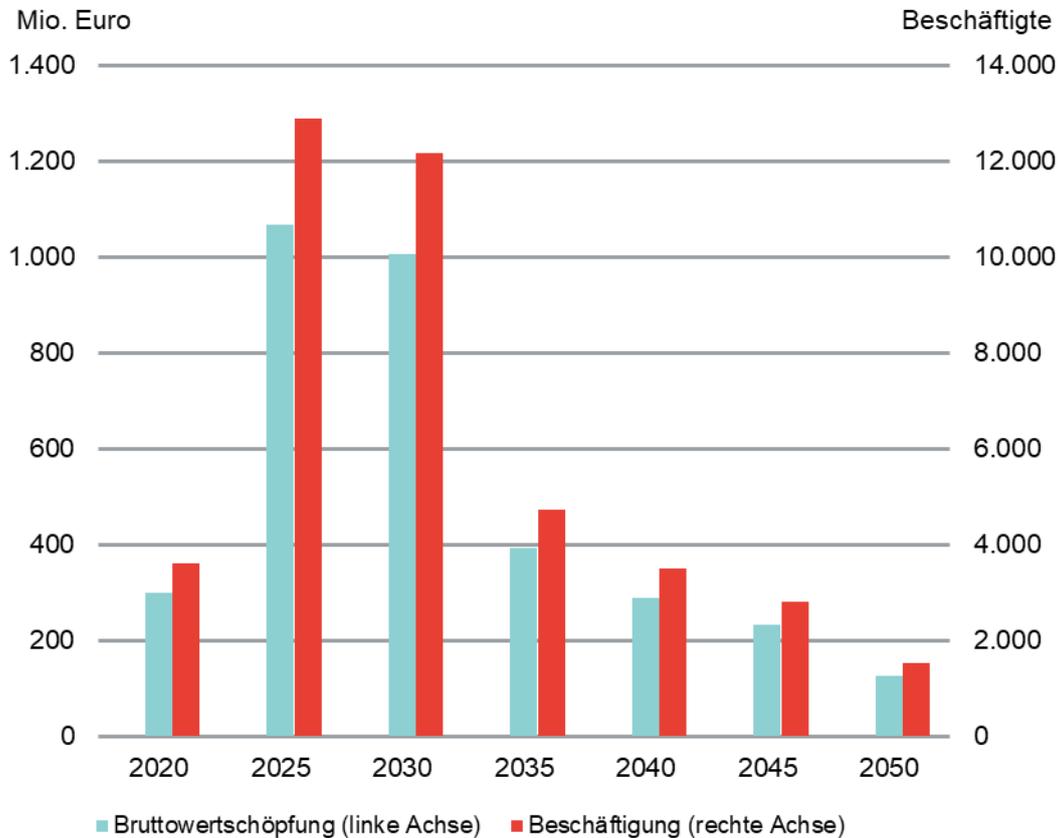
| Energieintensive Industrien | Produktionswert (Mio. EUR) | Bruttowertschöpfung (Mio. EUR) | Beschäftigung (Personen) |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Baustoffe (Gewinnung)       | 42,5                       | 14,8                           | 200                      |
| Papier                      | 223,1                      | 50,6                           | 700                      |
| Chemie                      | 3.438,1                    | 597,5                          | 6.000                    |
| Glas                        | 54,0                       | 19,8                           | 300                      |
| Baustoffe (Verarbeitung)    | 408,3                      | 131,6                          | 1.900                    |
| Stahl                       | 599,2                      | 63,7                           | 1.000                    |
| NE-Metalle                  | 783,7                      | 92,0                           | 1.400                    |
| Gießereien                  | 296,2                      | 98,5                           | 1.400                    |
| Insgesamt                   | 5.845,1                    | 1.068,5                        | 12.900                   |

Quelle: ETR (2017).

Es zeigt sich, dass die Chemieindustrie den mit Abstand größten Rückgang an Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung zu verkraften hat. Beim Produktionswert würden 58,8 % der gesamten unmittelbaren Produktionsverluste der energieintensiven Industrien anfallen, bei der Wertschöpfung 55,9 % und bei der Beschäftigung 46,4 %. Dies ist einerseits auf die vergleichsweise große Bedeutung der Chemiebranche für die deutsche Volkswirtschaft und andererseits darauf zurückzuführen, dass die Strompreiselastizität in der Chemieindustrie am größten ist.

Das Ausmaß der Initialeffekte im Zeitverlauf ist erheblich davon abhängig, um wie viel der Strompreis für Industriekunden im KSP Szenario stärker steigt als im "Current Policies"-Szenario. Wie oben beschrieben, treten die größten Effekte im Jahr 2025 auf (**Abbildung 28**).

**Abbildung 28 Zeitliche Verteilung der Initialeffekte in energieintensiven Industrien durch den Klimaschutzplan 2050**



Quelle: ETR (2017).

Infolge der rückläufigen Produktion in energieintensiven Industrien fragen die zugehörigen Unternehmen weniger Vorleistungsgüter bei Unternehmen aus vorgelagerten Wirtschaftszweigen nach. Daher sinkt auch die Produktion dieser Unternehmen. Dies ist der Erstrundeneffekt der volkswirtschaftlichen Wertschöpfungskette, der sich ausgehend von den energieintensiven Industrien auf die gesamte Volkswirtschaft erstreckt und im Jahr 2025 in einem Umsatzrückgang in Höhe von 3,4 Mrd. EUR resultiert. Bedingt durch die sinkenden Umsätze geht auch die Bruttowertschöpfung der direkten Zulieferunternehmen und die zugehörige Beschäftigung zurück. In der ersten Runde sinkt die Bruttowertschöpfung um 900 Mio. EUR und die Beschäftigung um 10.700 Personen. Da im nächsten Schritt auch die unmittelbaren Zulieferer der energieintensiven Industrien – aufgrund der gesunkenen Produktion – weniger Vorleistungen aus vorgelagerten Wirtschaftszweigen nachfragen, sind auch jene negativ betroffen. Die über die gesamte vorgelagerte Wertschöpfungskette summierten Produktionsausfälle belaufen sich auf 3,4 Mrd. EUR, wodurch die Wertschöpfung um 1,2 Mrd. EUR und die Beschäftigung um 13.300 Personen zurückgeht. Zusammengefasst (Initial-, Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekt) ergeben sich infolge der Strompreiserhöhung für Industriekunden, Produktionsausfälle im Wert von 12,6 Mrd. EUR, womit ein

Rückgang der Bruttowertschöpfung um 3,2 Mrd. EUR und der Verlust von 36.900 Arbeitsplätzen einhergeht (**Abbildung 29**).

**Abbildung 29 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch einen Strompreisanstieg für energieintensive Industrien infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025**

| Initialeffekt                  | + | Erstrundeneffekt               | + | Wertschöpfungsketteneffekt     |
|--------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
| Produktion: 5,8 Mrd. Euro      |   | Produktion: 3,4 Mrd. Euro      |   | Produktion: 3,4 Mrd. Euro      |
| Wertschöpfung: 1,1 Mrd. Euro   |   | Wertschöpfung: 0,9 Mrd. Euro   |   | Wertschöpfung: 1,2 Mrd. Euro   |
| Beschäftigung: 12.900 Personen |   | Beschäftigung: 10.700 Personen |   | Beschäftigung: 13.300 Personen |
| +                              |   |                                |   |                                |
| <b>Summe</b>                   |   | Produktion: 12,6 Mrd. Euro     |   |                                |
|                                |   | Wertschöpfung: 3,2 Mrd. Euro   |   |                                |
|                                |   | Beschäftigung: 36.900 Personen |   |                                |
| <b>Induzierter Effekt</b>      |   | Produktion: 1,8 Mrd. Euro      |   |                                |
|                                |   | Wertschöpfung: 0,7 Mrd. Euro   |   |                                |
|                                |   | Beschäftigung: 8.300 Personen  |   |                                |
| <b>Gesamteffekt</b>            |   | Produktion: 14,4 Mrd. Euro     |   |                                |
|                                |   | Wertschöpfung: 3,9 Mrd. Euro   |   |                                |
|                                |   | Beschäftigung: 45.200 Personen |   |                                |

Quelle: ETR (2017).

### Induzierter Effekt

Dieser Beschäftigungsrückgang führt weiterhin zu einem Einkommensverlust, der sich negativ auf die Nachfrage nach Konsumgütern auswirkt. Dies löst wiederum Produktionsrückgänge in anderen Wirtschaftsbereichen aus, die sich auf 1,8 Mrd. EUR summieren. Infolgedessen sinkt die Bruttowertschöpfung in den betroffenen Wirtschaftszweigen um 700 Mio. EUR und die Beschäftigung um 8.300 Personen.

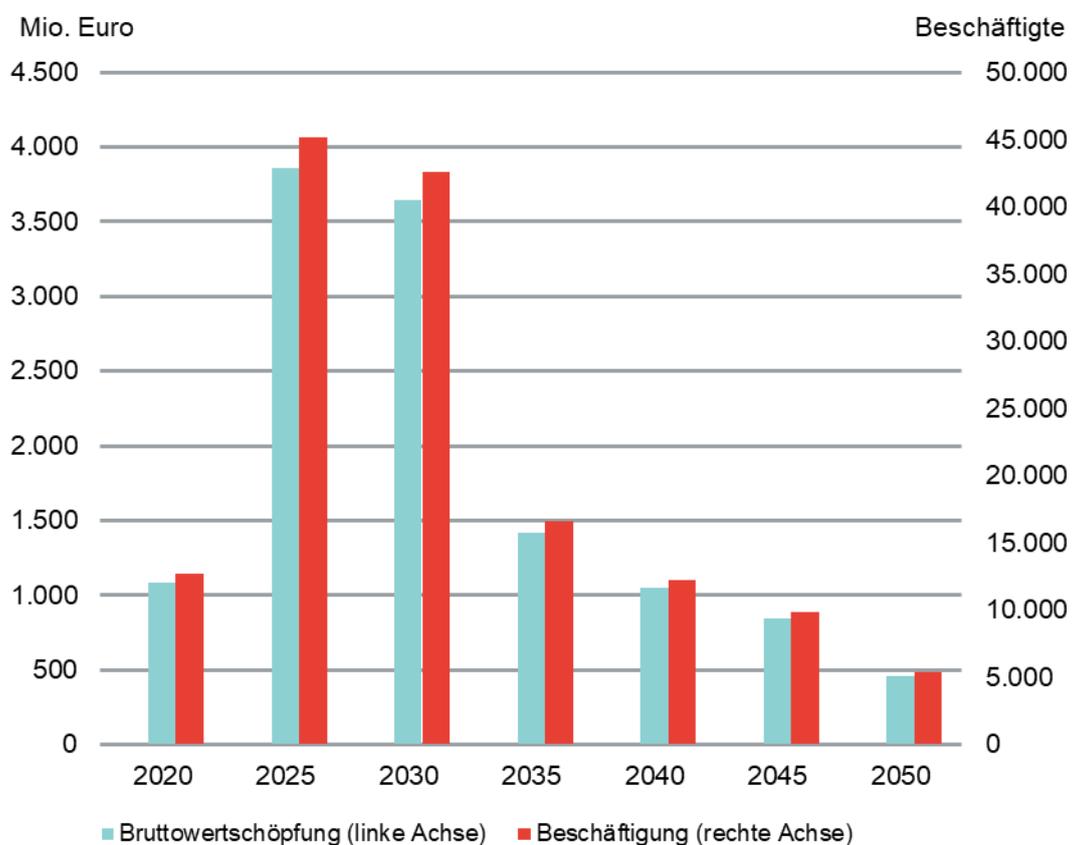
### Gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimaschutzplans

Fasst man für 2025 sämtliche Effekte über alle Stufen der Wertschöpfungskette zusammen, so ergibt sich infolge der Strompreiserhöhung für Industriekunden durch den Klimaschutzplan ein gesamtwirtschaftlicher Produktionsrückgang von 14,4 Mrd. EUR, wodurch die Wertschöpfung um 3,9 Mrd. EUR und die Beschäftigung um 45.200 Personen zurückgeht (**Abbildung 30**).

Die oben dargestellten Ergebnisse zeigen lediglich die Verluste an Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung, die sich im Jahr 2025 durch einen beschleunigten Ausstieg aus der Braunkohleverstromung ergeben. Wie **Abbildung 30** zeigt, dürfte das Ausmaß dieser negativen volkswirtschaftlichen Effekte auch bis zum Jahr 2030 nur geringfügig zurückgehen. In den Folgejahren schwächt sich die Dynamik jedoch deutlich ab, sodass im Jahr 2050 nur noch mit zusätzlichen Wertschöpfungsverlusten von 460 Mio. EUR und mit Beschäftigungsrückgängen um 5.400 Personen im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario zu rechnen ist.

In der Summe über alle Jahre ist allerdings mit erheblichen Umsatz-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungsrückgängen infolge steigender Strompreise für Industriekunden zu rechnen, sollte der geplante Ausstieg aus der Braunkohleverstromung vonseiten der Politik beschleunigt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass jeder zusätzliche Anstieg der Strompreise in jedem einzelnen Jahr einen Wettbewerbsnachteil für die energieintensiven Unternehmen bedeutet, der sich in steigenden Preisen und in der Folge in einer rückläufigen Nachfrage und Produktion niederschlägt

**Abbildung 30 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch einen Strompreisanstieg für energieintensive Industrien infolge des Klimaschutzplans 2050 im Zeitverlauf**



Quelle: ETR (2017).

Fasst man die Effekte für alle Einzeljahre zusammen, so ergeben sich durch den Klimaschutzplan 2050 im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario gesamtwirtschaftliche Produktionsverluste in Höhe von 219 Mrd. EUR, was zu einem Bruttowertschöpfungsverlust von 58,7 Mrd. EUR führt.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Werte nur die Effekte umfassen, die sich ausgehend von den energieintensiven Industrien ergeben. In der Realität dürften die Folgewirkungen noch höher ausfallen, da auch Unternehmen, die hier nicht zu den energieintensiven Industrien gezählt wurden, durch Strompreisanstiege Wettbewerbsnachteile aufweisen. Die sich daraus ergebenden Folgeeffekte müssen daher zu den oben dargestellten Wirkungen des Klimaschutzplans 2050 hinzuaddiert werden.

## Herleitung von Multiplikatoren

Setzt man die gesamten volkswirtschaftlichen Effekte von Strompreisanstiegen für energieintensive Unternehmen in Relation zu den auslösenden Effekten (Initialeffekte), so ergibt sich der Multiplikator für die gesamtwirtschaftliche Wirkung. Wie **Abbildung 31** zeigt, ergibt sich ein geschätzter Multiplikator des Produktionswertes von 2,5, der Bruttowertschöpfung von 3,6 und der Beschäftigung von 3,5. Dies bedeutet, dass eine durch den Produktionsrückgang in energieintensiven Industrien initial gesunkene Produktion und Wertschöpfung entlang der Wertschöpfungskette mehr als verdoppelt bzw. mehr als verdreifacht wird. Die Beschäftigungswirkung erfolgt in der Form, dass es beim Wegfall eines Beschäftigten in den energieintensiven Industrien entlang der Wertschöpfungskette infolge der rückläufigen Gesamtproduktion zur Freisetzung von mehr als zwei weiteren Beschäftigten kommt.

**Abbildung 31 Multiplikatorwirkungen von Strompreisanstiegen für energieintensive Industrien**



Quelle: ETR (2017).

Die Verteilung der gesamtwirtschaftlichen Produktionsausfälle auf die Wirtschaftsbereiche gestaltet sich sehr heterogen. **Tabelle 10** zeigt die prozentuale Aufteilung der Produktions-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungsrückgänge auf die Wirtschaftssektoren, die sich infolge einer Strompreiserhöhung für die energieintensiven Industrien ergeben.

Die energieintensiven Industrien sind sämtlich im Produzierenden Gewerbe und – mit Ausnahme der Gewinnung von Baustoffen – im Verarbeitenden Gewerbe angesiedelt. Aufgrund der hohen Bedeutung der Initialeffekte, die vollständig in diesen Sektoren anfallen und der Erstrundeneffekte, die zu einem großen Teil ebenfalls dort verortet sind, hat die Industrie die Hauptlast der gesamtwirtschaftlichen Produktionsausfälle zu tragen. 81,1 % der Produktionsausfälle entfallen auf das Produzierende Gewerbe. Bei der Bruttowertschöpfung entfällt ein Anteil von 60,2 % auf diesen Sektor. Außerdem fallen hier 60 % der Beschäftigungsverluste an. Die Auswirkungen auf den Dienstleistungssektor sind aus Produktionssicht zwar vergleichsweise gering, haben jedoch einen relativ großen Beschäftigungseffekt. Infolge der im Vergleich

zur Industrie geringeren Produktivität ist mit den Nachfragerückgängen nach Dienstleistungen, die sich über alle Stufen der Wertschöpfungskette ergeben, ein relativ stärkerer Freisetzungseffekt bei der Beschäftigung verbunden.

**Tabelle 10**      **Sektorale Verteilung der Gesamteffekte in Prozent**

| <b>Sektor</b>                            | <b>Pro-<br/>duktionswert</b> | <b>Bruttower<br/>t-<br/>schöpfung</b> | <b>Beschäfti-<br/>gung</b> |
|--|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Land- und Forstwirtschaft, Fischerei     | 0,1                          | 0,2                                   | 0,2                        |
| Produzierendes Gewerbe                   | 81,1                         | 60,2                                  | 60,0                       |
| <i>Darunter</i>                          |                              |                                       |                            |
| <i>Verarbeitendes Gewerbe</i>            | 73,3                         | 49,1                                  | 50,5                       |
| <i>Baugewerbe</i>                        | 1,0                          | 1,7                                   | 2,2                        |
| Dienstleistungsbereiche                  | 18,8                         | 39,6                                  | 39,8                       |
| <i>Darunter</i>                          |                              |                                       |                            |
| <i>Handel, Verkehr und weitere</i>       | 8,6                          | 16,2                                  | 16,5                       |
| <i>Finanz- und Unternehmensdienstl.</i>  | 8,8                          | 19,9                                  | 20,1                       |
| <i>Öffentliche und sonstige Dienstl.</i> | 1,4                          | 3,5                                   | 3,2                        |
| Insgesamt                                | 100                          | 100                                   | 100                        |

Quelle: ETR (2017).

## 4 REGIONALE EFFEKTE

Kapitel 4 untersucht die regionalökonomische Bedeutung der Braunkohlewirtschaft. Diese wird durch die Effekte deutlich, die sich infolge einer Einstellung der Braunkohleverstromung und der damit verbundenen Stilllegung der Braunkohletagebaue im Rheinischen, Mitteldeutschen und Lausitzer Revier ergeben. Hierzu werden die Effekte abgeschätzt, die sich über die regionalen Wertschöpfungsketten zusätzlich zu den unmittelbaren Wirkungen der Braunkohlewirtschaft durch einen beschleunigten Ausstieg aus der Braunkohleverstromung einstellen, wie er im Klimaschutzplan 2050 vorgesehen ist. Wir gehen dazu wie folgt vor:

- Erstellung eines deskriptiven Überblicks zur Wertschöpfungs- und Beschäftigungsentwicklung in den Braunkohlerevieren (**Abschnitt 4.1**);
- Quantifizierung der regionalwirtschaftlichen Auswirkungen einer Einstellung der Braunkohleverstromung innerhalb der Reviere (**Abschnitt 4.2**); sowie
- revierspezifische Analysen der zeitlichen Entwicklung der regionalökonomischen Wirkungen (**Abschnitt 4.3**).

### FAZIT ZU DEN REGIONALEN EFFEKTEN

Ein beschleunigter Ausstieg aus der Braunkohleverstromung und die damit verbundene Einstellung der Braunkohleförderung und -veredelung werden insbesondere die Braunkohlereviere hart treffen. Mit der Stilllegung dieses für die Regionen bedeutsamen Wirtschaftszweiges geht die Freisetzung der beschäftigten Arbeitskräfte einher. Während es bei einem langsamen Ausstieg möglich sein dürfte, parallel zum Arbeitsplatzverlust in der Braunkohlewirtschaft neue Arbeitsplätze in anderen Sektoren zu schaffen, wird durch einen beschleunigten Ausstieg, wie er im Klimaschutzplan 2050 angestrebt wird, zumindest ein höherer Anteil der Beschäftigten den Angebotsdruck auf die regionalen Arbeitsmärkte erhöhen.

Abhängig vom geplanten Ausstiegspfad fallen die zusätzlichen Verluste an Wertschöpfung und Beschäftigung, die sich durch den Klimaschutzplan 2050 im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario ergeben, innerhalb der Reviere unterschiedlich aus. Während die maximalen Wirkungen im Rheinischen Revier mit einem Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverlust in Höhe von 268 Mio. EUR bzw. 3.100 Arbeitsplätzen im Jahr 2025 auftreten und in den Folgejahren nachlassen, erreichen sie im Mitteldeutschen Revier in 2040 (132 Mio. EUR, bzw. 1.500 Beschäftigte) und im Lausitzer Revier in 2035 (309 Mio. EUR, bzw. 3.600 Beschäftigte) ihren Höhepunkt. Fasst man die Wertschöpfungseffekte über die Jahre bis 2050 zusammen, so treten durch den beschleunigten Ausstieg aus der Braunkohleverstromung im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario im Rheinischen Revier zusätzliche Wertschöpfungsverluste in Höhe von 3,7 Mrd. EUR auf. Im Mitteldeutschen Revier fällt die Wertschöpfung insgesamt um 2 Mrd.

EUR geringer aus und im Lausitzer Revier belaufen sich die zusätzlichen Wertschöpfungsverluste auf 4,4 Mrd. EUR (jeweils undiskontiert).

Ob das hierdurch entstehende zusätzliche Angebot an Arbeitskräften auf eine passende Nachfrage trifft, hängt ganz wesentlich vom Qualifikationsniveau dieser Beschäftigten ab. Neben vielen Hochqualifizierten, wie Ingenieuren und Facharbeitern, besteht ein großer Teil der im System Braunkohle beschäftigten Arbeitskräfte aber auch aus Angelernten. Die große Herausforderung für die Regionen wird darin liegen, hier entsprechende Arbeitsplätze in anderen Sektoren zu schaffen. Dies wird dadurch erschwert, dass im Umfeld der Braunkohleindustrie viele energieintensive Unternehmen angesiedelt sind, die aufgrund steigender Strompreise an Wettbewerbsfähigkeit verlieren und Beschäftigung abbauen.

Die maximalen regionalwirtschaftlichen Effekte steigender Strompreise für energieintensive Industrien ergeben sich analog zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung im Jahr 2025. Das für das Rheinische Revier relevante wirtschaftliche Umfeld ist Nordrhein-Westfalen. Innerhalb des Bundeslandes stellen sich infolge steigender Strompreise für energieintensive Industrien im Klimaschutzplan im Jahr 2025 Wertschöpfungsverluste in Höhe von einer Mrd. EUR und der Abbau von 12.900 Arbeitsplätzen ein. Das Mitteldeutsche Revier liegt in Sachsen und Sachsen-Anhalt. Zusammengefasst für beide Bundesländer fällt die regionale Wertschöpfung in 2025 im KSP um 276 Mio. EUR geringer aus als im "Current Policies"-Szenario. In der Folge sinkt die Beschäftigung um 3.600 Personen. Auch die energieintensiven Unternehmen im Umfeld des Lausitzer Reviers sind negativ von steigenden Strompreisen betroffen. Die relevante Region wird durch Brandenburg und Sachsen gebildet. Insgesamt ist in diesen beiden Bundesländern im Jahr 2025 mit Wertschöpfungsverlusten von 237 Mio. EUR zu rechnen, wodurch die Beschäftigung um 3.300 Personen sinkt.

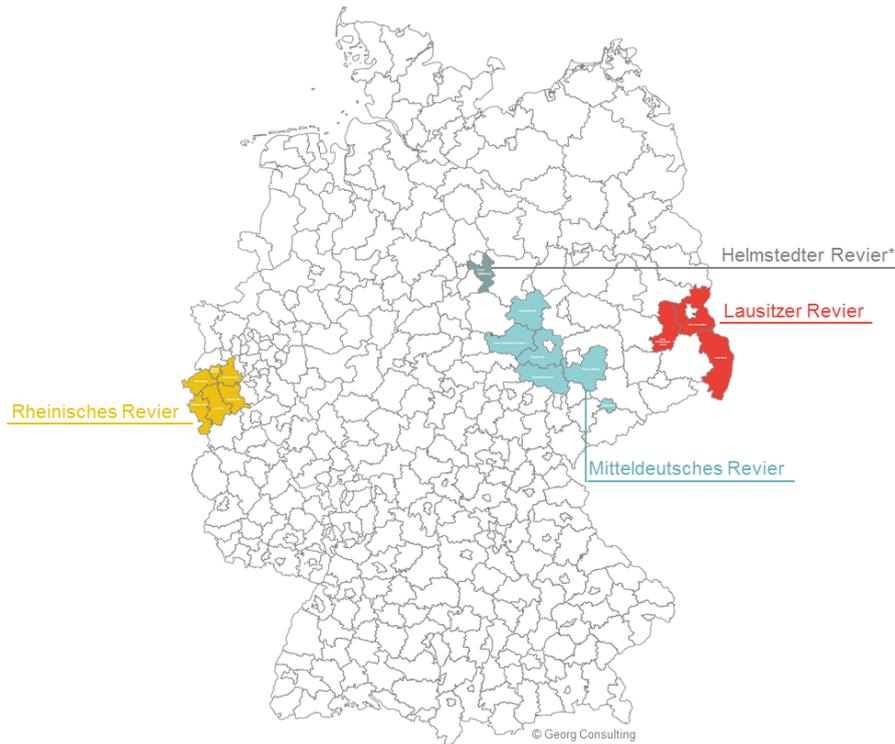
Fasst man die Wertschöpfungsverluste, die sich infolge des Klimaschutzplans im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario ergeben, über die Jahre bis 2050 zusammen, so ergeben sich in Nordrhein-Westfalen Verluste in Höhe von 15,6 Mrd. EUR, in Sachsen und Sachsen-Anhalt von 4,2 Mrd. EUR und in Brandenburg und Sachsen von 3,6 Mrd. EUR.

## 4.1 Die deutschen Braunkohlereviere im Überblick

Die deutschen Braunkohlereviere, das Rheinische Revier, das Helmstedter Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Lausitzer Revier (**Abbildung 32**), hatten im Jahr 2016 zusammen eine Gesamtfördermenge von 171 Millionen Tonnen. Ende 2016 waren in diesen Revieren 19.700 Menschen in der Braunkohleindustrie (Braunkohlebergbau, Braunkohlebrikettherstellung, Kokerei, Elektrizitätsversorgung) beschäftigt (vgl. Statistik der Kohlenwirtschaft 2017). Hierunter hatten das Rheinische Revier mit fast 9.000 Beschäftigten und das Lausitzer Revier mit mehr als 8.000 Arbeitsplätzen den höchsten Anteil, während im Mitteldeutschen Revier etwa 2.400 Arbeitskräfte beschäftigt waren. Im Helmstedter Revier waren Ende Dezember 2016 noch 199 Personen in der Sicherheitsbereitschaft und der Rekultivierung tätig, während es im Braunkohlebergbau keine Arbeitsplätze mehr gibt. Die Auskohlung des Tagebaus

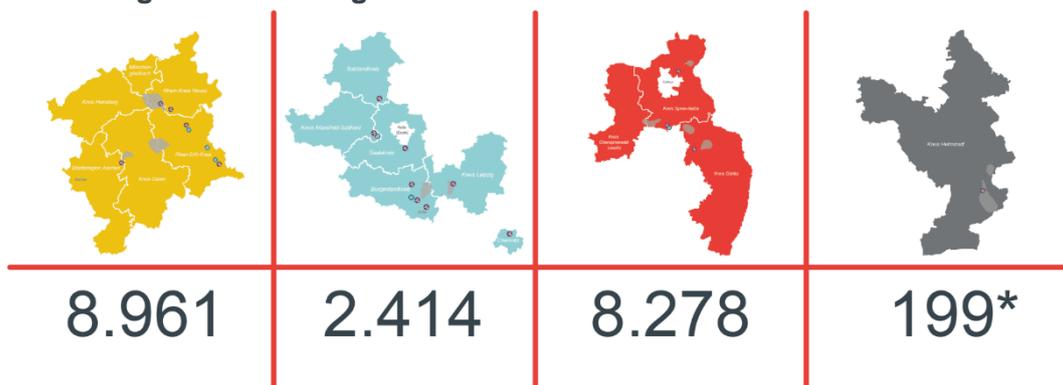
in Schöningen im Helmstedter Revier fand Ende August 2016 statt. Die drei verbliebenen Förderregionen spielen damit als Wirtschaftsfaktor für die zugehörigen Bundesländer eine bedeutende Rolle. Dabei liegt das Rheinische Revier vollständig in Nordrhein-Westfalen, während das Mitteldeutsche Revier zum ganz überwiegenden Teil in Sachsen und Sachsen-Anhalt angesiedelt ist. Das Lausitzer Revier liegt in Brandenburg und Sachsen.

**Abbildung 32 Die deutschen Braunkohlereviere**



Quelle: Georg Consulting (2017).

**Abbildung 33 Beschäftigte in der Braunkohleindustrie Ende Dezember 2016**



Quellen: Statistik der Kohlenwirtschaft (2017); Georg Consulting (2017).

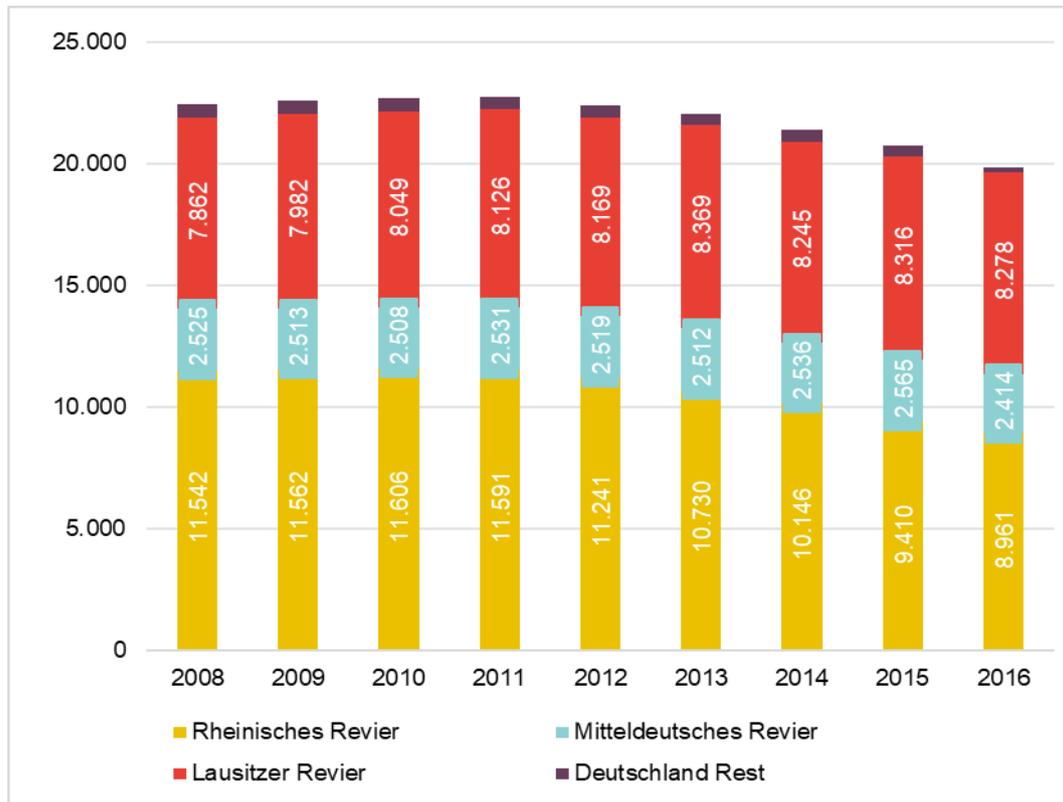
\*Kraftwerk Buschhaus ab Oktober 2016 im Stillstandsbetrieb; Auskohlung des Tagebaus Schöningen Ende August 2016

Beschäftigte aktuell in Sicherheitsbereitschaft und Rekultivierung tätig

Die Gesamtzahl der Beschäftigten in der deutschen Braunkohleindustrie ist rückläufig und hat in den vergangenen Jahren, im Zeitraum von 2008 bis 2016, um 12 % abgenommen. Insbesondere das Rheinische Revier war von einem

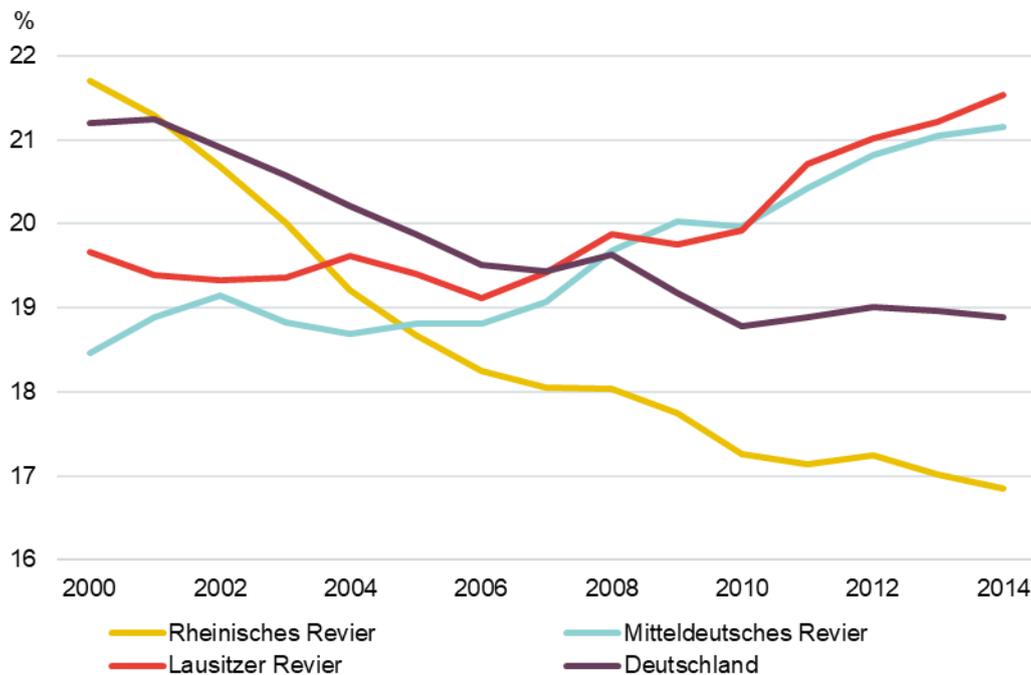
Beschäftigungsabbau betroffen. Dies ist auch in der Lausitz der Fall, wo 1990 noch mehr als 60.000 Personen in der Braunkohlindustrie beschäftigt waren. Allerdings ist der Rückgang in den letzten Jahren abgebremst worden und die Beschäftigung in der Braunkohlindustrie im Lausitzer Revier hat sich stabilisiert.

**Abbildung 34 Entwicklung der Beschäftigten in der deutschen Braunkohlindustrie\***



Quellen: Statistik der Kohlenwirtschaft (2017); Georg Consulting (2017).  
 \*(einschließlich Beschäftigte in den Braunkohlekraftwerken der allg. Versorgung)

**Abbildung 35 Anteil Produzierendes Gewerbe (ohne Bau) an der Erwerbstätigkeit**



Quellen: Statistische Ämter der Länder (2016); Georg Consulting (2017).

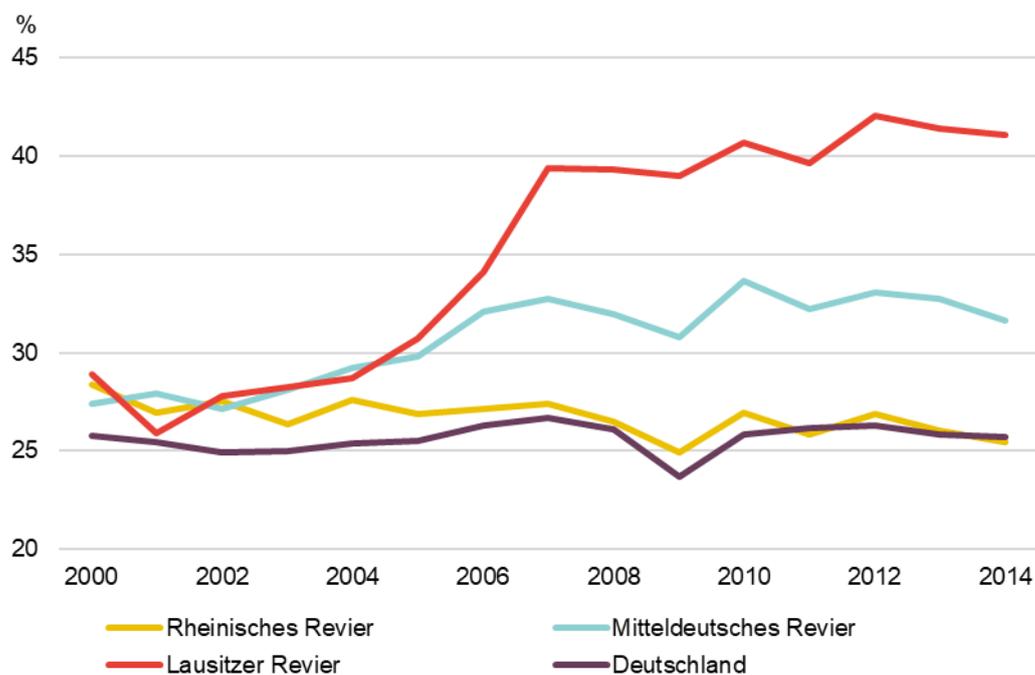
Im Zuge des Rückgangs der Braunkohleförderung und -verstromung wird die Beschäftigung in der Braunkohleindustrie weiter sinken. Dabei erfolgt der Beschäftigungsrückgang im KSP Szenario deutlich schneller als im "Current Policies"-Szenario, sodass im KSP Szenario höhere regionalwirtschaftliche Wirkungen auftreten werden.

Bei einer Abschätzung der regionalen Anpassungspotenziale und -erfordernisse der hiervon betroffenen deutschen Braunkohlereviere sind besonders die Wirtschaftsstruktur, die Erwerbspersonenpotenziale und die regionalen demografischen Entwicklungstendenzen zu berücksichtigen. Im Allgemeinen haben diversifizierte Regionen bessere Voraussetzungen für die Kompensation von strukturellen Veränderungen in einzelnen Branchen als relativ monostrukturierte Regionen. Relevant für das Potenzial des Arbeitsmarktes, freigesetzte Arbeitskräfte in anderen Branchen aufzunehmen, sind auch die Qualifikations- und Altersstruktur der betroffenen Erwerbspersonen und die generelle Entwicklung des Arbeitskräfteangebots.

Zudem betreffen die allgemeinen deutschlandweiten Trends wirtschaftsstruktureller Veränderungen auch die Braunkohlereviere. Gegenwärtig wird die wirtschaftliche Entwicklung unter anderem durch einen zunehmenden Anteil des Dienstleistungssektors und einen rückläufigen Anteil des Produzierenden Gewerbes an der Erwerbstätigkeit geprägt. Im Zeitraum von 2000 bis 2014 ist der Industrieanteil an der Erwerbstätigkeit deutschlandweit um 2,3 Prozentpunkte zurückgegangen. Darüber hinaus sind das Wachstum forschungs- und wissensintensiver Wirtschaftszweige und ein steigender Beschäftigungsanteil von hoch qualifizierten Arbeitskräften mit akademischem Abschluss von herausgehobener Bedeutung.

Der Beitrag des Produzierenden Gewerbes (ohne Bau) zur Bruttowertschöpfung liegt im Mitteldeutschen Revier und im Lausitzer Revier oberhalb des bundesdeutschen Durchschnittswertes. Im Lausitzer Braunkohlerevier beträgt der Bruttowertschöpfungsanteil des Produzierenden Gewerbes (ohne Bau) 41 %, was in der dort besonders hohen regionalen Bedeutung der Braunkohleindustrie als Wirtschaftsfaktor begründet ist. Der Anteil des Produzierenden Gewerbes (ohne Bau) an der Erwerbstätigkeit ist seit dem Jahr 2000 im Mitteldeutschen Revier und im Lausitzer Revier entgegen dem bundesweiten Trend angestiegen. Die Tertiarisierung der Wirtschaft im Lausitzer Revier und im Mitteldeutschen Revier ist damit weniger weit vorangeschritten als in Deutschland insgesamt. Im Rheinischen Revier entspricht der Bruttowertschöpfungsanteil des Produzierenden Gewerbes (ohne Bau) dem deutschen Durchschnittswert. Entsprechend bestehen hier relativ hohe Herausforderungen für die weitere Spezialisierung auf den Dienstleistungssektor und die daran gebundenen Arbeitsplätze.

**Abbildung 36 Anteil Produzierendes Gewerbe (ohne Bau) an der Bruttowertschöpfung**

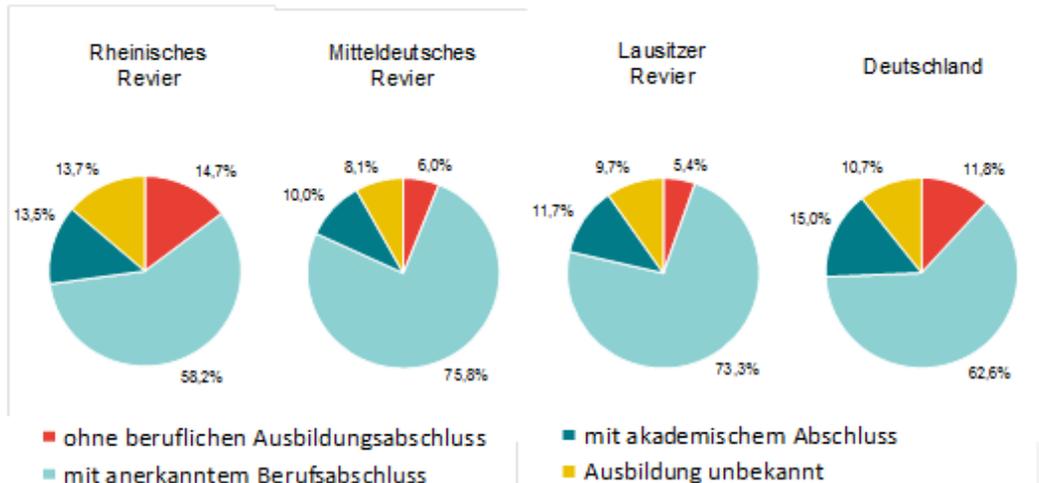


Quellen: Statistische Ämter der Länder (2016); Georg Consulting (2017).

Zudem lässt sich für die Braunkohlereviere feststellen, dass der wissensbasierte Strukturwandel – gemessen an der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten – weniger weit als in Deutschland insgesamt vorangeschritten ist. Gegenwärtig fällt der Anteil der hoch qualifizierten Beschäftigten in den deutschen Braunkohlereviere mit aktivem Tagebau geringer als im bundesweiten Durchschnitt aus (**Abbildung 37**). Die Braunkohlereviere stehen damit den wissensbasierten Strukturwandel betreffend noch vor erheblichen Herausforderungen. Dessen Gelingen ist eine zentrale Voraussetzung für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit dieser Regionen und die Potenziale zur Kompensation von Wertschöpfungsrückgängen im Zuge des Ausstiegs aus der

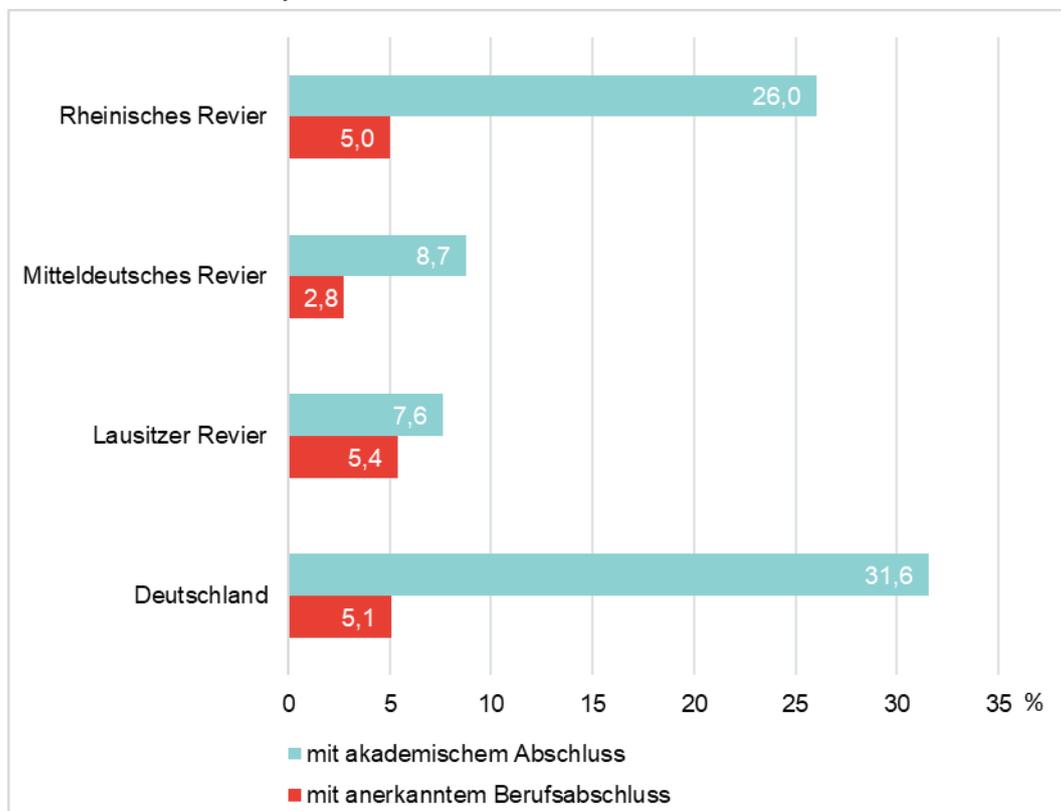
Braunkohleförderung. Zwar nimmt die Beschäftigung von Personen mit akademischem Abschluss in den deutschen Braunkohlerevieren zu, diese Entwicklung verläuft insgesamt in Deutschland aber deutlich dynamischer, insbesondere im Vergleich mit dem Mitteldeutschen und dem Lausitzer Revier.

**Abbildung 37 Qualifikationsstruktur der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (jeweils am 30. Juni 2016)**



Quellen: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2017); Georg Consulting (2017).

**Abbildung 38 Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten nach Qualifikationsniveau, 2008 bis 2016 (jeweils am 30. Juni 2016)**



Quellen: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2017); Georg Consulting (2017).

Bei der Analyse der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten in den Braunkohlerevieren ist zu berücksichtigen, dass – wie für Montan- und klassische Industrieregionen typisch - zusätzlich zu relativ vielen gut qualifizierten Beschäftigten, wie Ingenieuren und Facharbeitern, auch ein vergleichsweise hoher Anteil der Arbeitskräfte aus Angelernten besteht. Im Rheinischen Revier sind es fast 20 % der Beschäftigten (**Abschnitt 4.3.1**). Hieraus resultiert ein Mismatch der Qualifikationen, da die Nachfrage nach hoch qualifizierten Beschäftigten kontinuierlich zunimmt, die durch den Abbau von Arbeitsplätzen in der Braunkohleindustrie freigesetzten Arbeitskräftepotenziale diese Anforderungen jedoch zum Teil nicht erfüllen. Die Studie von Franke et al. (2017) zeigt für ehemalige Braunkohlebeschäftigte in den ostdeutschen Braunkohlerevieren, dass weniger gut ausgebildete Personen nach ihrem Ausscheiden aus der Braunkohlewirtschaft stärker und länger von Arbeitslosigkeit betroffen waren.

Bei der Schaffung neuer Arbeitsplätze in anderen Sektoren ist auch die Qualität der Beschäftigung zu beachten. Die Arbeitsplätze in der Braunkohlewirtschaft weisen hohe technische und soziale Standards auf und es stellt sich die Frage, inwieweit dies auch für Arbeitsplätze in anderen Sektoren, insbesondere im Dienstleistungsbereich, der Fall sein wird.

Der Anstieg der Anzahl von hoch qualifizierten Beschäftigten steht in engem Zusammenhang mit dem Fortschreiten des wissensbasierten Strukturwandels und der Entstehung von neuen Arbeitsplätzen in den wissens- und forschungsintensiven Wirtschaftszweigen (**Tabelle 11**), die im Jahr 2016 in Deutschland 42,4 % aller Beschäftigungsverhältnisse ausmachten. Auch in den deutschen Braunkohlerevieren steigt die Beschäftigung in diesen Wirtschaftszweigen. Eine Ausnahme davon stellen die wissensintensiven Industrien im Rheinischen Revier dar, die im Zeitraum von 2008 bis 2016 einen Beschäftigungsabbau verzeichneten.

Insgesamt weisen die wissens- und forschungsintensiven Wirtschaftszweige im Rheinischen Revier einen Beschäftigungsanteil von 37 %, im Mitteldeutschen Revier von 24,8 % und im Lausitzer Revier von 27,4 % auf. In den deutschen Braunkohlerevieren ist damit gemessen an der relativen Bedeutung dieser Wirtschaftszweige für die Beschäftigung der wissensbasierte Strukturwandel weniger weit vorangeschritten als in Deutschland insgesamt.

**Tabelle 11 Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in wissens- und forschungsintensiven Wirtschaftszweigen, 30. Juni 2016 und Entwicklung 2008 bis 2016**

|                        | Wissensintensive Industrien |        | Wissensintensive Dienstleistungen |        | Forschungsintensive Industrien |        |
|------------------------|-----------------------------|--------|-----------------------------------|--------|--------------------------------|--------|
|                        | 30.06.16                    | 08-16  | 30.06.16                          | 08-16  | 30.06.16                       | 08-16  |
| Rheinisches Revier     | 63.464                      | -4,7 % | 146.171                           | 19,0 % | 47.232                         | 3,1 %  |
| Mitteldeutsches Revier | 23.325                      | 5,0 %  | 36.376                            | 9,4 %  | 16.225                         | 4,8 %  |
| Lausitzer Revier       | 16.060                      | 1,2 %  | 19.735                            | 5,9 %  | 7.048                          | 13,2 % |
| Deutschland            | 3.623.700                   | 4,9 %  | 6.452.642                         | 19,8 % | 3.103.526                      | 6,8 %  |

Quellen: Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2017); Georg Consulting (2017).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die deutschen Braunkohlereviere noch eine vergleichsweise starke Spezialisierung auf das Produzierende Gewerbe aufweisen. Der wissensbasierte Strukturwandel und die Spezialisierung auf Dienstleistungsarbeitsplätze sind hier weniger weit vorangeschritten als in Deutschland insgesamt. Der Anteil der hoch qualifizierten Beschäftigten an der Gesamtbeschäftigung ist geringer als im deutschen Durchschnitt. Diese strukturellen Aspekte stellen, zusätzlich zum Abbau von Arbeitsplätzen und dem Rückgang von Wertschöpfung im Zusammenhang mit dem Auslaufen der Braunkohleförderung, zentrale Herausforderungen für die zukünftige regionalwirtschaftliche Entwicklung der deutschen Braunkohleregionen dar.

Im Folgenden werden die direkten und indirekten Effekte der Einstellung der Braunkohleförderung für die einzelnen Reviere auf Basis der regionalisierten Input-Output-Analyse aus Kapitel 4 dargestellt. Ein wesentliches Ziel der Analyse ist dabei, die zusätzlichen Herausforderungen zur strukturellen Anpassung in den Braunkohlereviere im KSP Szenario abzuleiten. Da im Helmstedter Revier, mit seiner gegenwärtig relativ geringen Anzahl von im Zusammenhang mit der Braunkohleindustrie verbliebenen Beschäftigten, keine Effekte des Klimaschutzplans 2050 auftreten werden, wird dieses Revier in den weiteren Untersuchungen nicht berücksichtigt.

## 4.2 Direkte und indirekte Bedeutung der Braunkohlewirtschaft

Die hohe regionalökonomische Bedeutung der Braunkohlewirtschaft zeigt sich anhand des Umsatzes von 6,7 Mrd. EUR in den drei deutschen Braunkohlereviere, der mit einer Wertschöpfung von zwei Mrd. EUR und einer Beschäftigung von 19.700 Mitarbeitern verbunden ist. Über die Wertschöpfungsketten breiten sich die Effekte in der Folge in weitere Bereiche der gesamten Volkswirtschaft aus.

Der direkte Initialeffekt der Braunkohleförderung, -verstromung und -veredelung, der unmittelbar im System Braunkohle anfällt, verteilt sich auf die Reviere

entsprechend der dort anfallenden Braunkohleförderung. Im Jahr 2016 wurden in den drei bedeutenden Revieren insgesamt etwa 170 Mio. Tonnen Braunkohle gefördert. Davon entfielen 90,5 Mio. Tonnen auf das Rheinische, 62 Mio. Tonnen auf das Lausitzer und 18 Mio. Tonnen auf das Mitteldeutsche Revier (vgl. Statistik der Kohlenwirtschaft 2017).

Für das Rheinische Revier liegen detaillierte Umsatzangaben vor (vgl. RWE 2017). Auf deren Basis und mittels der jeweiligen Fördermengen werden die Umsätze für das Mitteldeutsche und das Lausitzer Revier hochgerechnet (**Abschnitt 4.1.1**). Die Braunkohleverstromung macht es zunächst notwendig, Braunkohle zu fördern, womit dann auch die Produktion der Veredelungsbetriebe ermöglicht wird. Tabelle 12 zeigt die geschätzte Verteilung von Umsatz und Beschäftigung auf die Teilbereiche des Systems Braunkohle und die betrachteten Reviere.

**Tabelle 12** Geschätzter Initialeffekt der Braunkohlewirtschaft

|              | Rheinisches Revier |              | Mitteldeutsches Revier |              | Lausitzer Revier  |              |
|--------------|--------------------|--------------|------------------------|--------------|-------------------|--------------|
|              | Umsatz (Mio. EUR)  | Beschäftigte | Umsatz (Mio. EUR)      | Beschäftigte | Umsatz (Mio. EUR) | Beschäftigte |
| Förderung    | 1.953              | 4.929        | 446                    | 1.328        | 1.287             | 4.553        |
| Verarbeitung | 355                | 896          | 81                     | 241          | 234               | 828          |
| Verstromung  | 1.242              | 3.136        | 283                    | 845          | 819               | 2.897        |
| Insgesamt    | 3.550              | 8.961        | 810                    | 2.414        | 2.340             | 8.278        |

Quellen: RWE (2017); Statistik der Kohlewirtschaft (2016, 2017); ETR (2017).

Um die Bedeutung der Braunkohleverstromung für die drei Reviere Rheinisches Revier, Mitteldeutsches Revier und Lausitzer Revier abzuschätzen, werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte regionalisiert. Dabei ist zu beachten, dass die Initialeffekte vollständig innerhalb der Reviere gemäß der in **Tabelle 12** dargestellten Verteilung anfallen. Die Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekte treten dagegen bundesweit auf. Um die Auswirkungen innerhalb der Reviere zu quantifizieren, werden die Anteile der zu den jeweiligen Revieren gehörenden Landkreise an der Bruttowertschöpfung in Deutschland im Jahr 2013 herangezogen (vgl. Statistische Ämter der Länder 2016). Anschließend werden die gesamtwirtschaftlichen Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekte mit diesen Anteilen gewichtet.

Um im Rahmen der Regionalisierung der induzierten Effekte sicherzustellen, dass die Veränderung des Konsums proportional zur Veränderung der Einkommen erfolgt, wird zunächst das Verhältnis vom Initialeffekt zur Summe aus Initial-, Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekt ermittelt. Anschließend wird der gesamte induzierte Effekt mit dem entsprechenden Anteil des jeweiligen Reviers gewichtet, um die induzierten Effekte zu erhalten, die innerhalb des Reviers auftreten. Dieses Vorgehen ist notwendig, da die induzierten Effekte, die sich infolge der Initialeffekte ergeben, durch wegfallenden Konsum vor Ort schwerpunktmäßig innerhalb der Reviere anfallen. Der verbleibende Teil der induzierten Effekte wird analog zu den Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekten anhand der Bruttowertschöpfungsanteile der zu den jeweiligen Revieren gehörenden Landkreise auf die Reviere verteilt.

In der Summe über alle Effekte ergibt sich die in **Tabelle 13** dargestellte Verteilung. Sie zeigt an, in welchem Umfang Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung in den Revieren vom System Braunkohle abhängen.

**Tabelle 13 Regionalisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte auf die Braunkohlereviere**

|                        | <b>Produktionswert<br/>(Mio. EUR)</b> | <b>Bruttowertschöpfung<br/>(Mio. EUR)</b> | <b>Beschäftigung</b> |
|------------------------|---------------------------------------|---|----------------------|
| Rheinisches Revier     | 4.597                                 | 1.408                                     | 13.900               |
| Mitteldeutsches Revier | 1.109                                 | 345                                       | 4.000                |
| Lausitzer Revier       | 2.947                                 | 891                                       | 12.100               |
| Insgesamt              | 8.653                                 | 2.644                                     | 30.000               |

Quelle: ETR (2017).

Als größtes deutsches Braunkohlerevier hat das Rheinische Revier die höchste regionalwirtschaftliche Bedeutung. Kumuliert fällt etwas mehr als die Hälfte (53,9 %) der gesamtwirtschaftlichen von der Braunkohle abhängigen Produktion in dieses Revier. Bei der Wertschöpfung liegt der Anteil bei 44,5 % und bei der Beschäftigung bei 52,7 %. Aufgrund der Initialeffekte und den damit verbundenen vor Ort stärker ausgeprägten Folgen der induzierten Effekte tragen die Reviere die Hauptlast eines Ausstiegs aus der Braunkohlewirtschaft. Dies zeigt auch die sektorale Verteilung der Effekte in den Revieren. Analog zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung sind die Produktions-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Braunkohleindustrie ganz wesentlich im Produzierenden Gewerbe verortet, was zusätzliche Herausforderungen für den sektoralen Strukturwandel in den Regionen mit sich bringt.

Die Multiplikatorwirkungen innerhalb der drei Reviere fallen in etwa gleicher Größenordnung aus. Der Multiplikator des Produktionswertes liegt in den Revieren bei 1,3 bzw. 1,4. Dies bedeutet, dass zusätzlich zu den Initialeffekten weitere Umsatzrückgänge in Höhe von 30 bzw. 40 % der Initialeffekte in den Regionen anfallen. Bei der Wertschöpfung weist das Mitteldeutsche Revier mit einem Wert von 1,5 die höchste regionale Multiplikatorwirkung auf. Innerhalb des Reviers bedingt jeder Euro Wertschöpfung in der Braunkohleindustrie weitere 50 Cent Wertschöpfung in der Region. Auch die intraregionale Beschäftigungswirkung fällt mit einem Multiplikator von 1,7 im Mitteldeutschen Revier am stärksten aus (vgl. **Tabelle 14**).

## 4.3 Regionalwirtschaftliche Bedingungen in den Revieren

Im Folgenden werden die regionalwirtschaftlichen Ausgangsbedingungen für den weiteren Strukturwandel in den deutschen Kreisen und kreisfreien Städten betrachtet, in denen gegenwärtig Braunkohletagebau, Braunkohleverstromung oder Braunkohleveredlung stattfindet. Die allgemeinen sozioökonomischen Bedingungen und die generellen strukturellen Entwicklungstrends geben Hinweise auf die regionale Anpassungsfähigkeit zur Kompensation des mit dem Ausstieg

aus der Braunkohleförderung bedingten Abbaus von Arbeitsplätzen. Es wird für die jeweilige Region gezeigt, im welchem Umfang der Ausstieg aus der Braunkohlindustrie Anpassungsbedarf erzeugt und wie sich dieser durch den Klimaschutzplan 2050 beschleunigt.

**Tabelle 14 Multiplikatorwirkungen der Braunkohlewirtschaft (Förderung, Verstromung und Veredelung) in den Revieren**

|                        | Produktion | Bruttowertschöpfung | Beschäftigung |
|------------------------|------------|---------------------|---------------|
| Rheinisches Revier     | 1,3        | 1,4                 | 1,6           |
| Mitteldeutsches Revier | 1,4        | 1,5                 | 1,7           |
| Lausitzer Revier       | 1,3        | 1,3                 | 1,5           |

Quelle: ETR (2017).

Neben den unmittelbaren Auswirkungen im System Braunkohle und den daraus resultierenden Folgewirkungen entstehen durch die steigenden Strompreise für energieintensive Unternehmen weitere regionalwirtschaftliche Effekte im Umfeld der Braunkohlereviere.

In Kapitel 3 wurden die gesamtwirtschaftlichen Folgen steigender Strompreise infolge des Klimaschutzplans 2050 im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario für energieintensive Industrien herausgearbeitet. Diese Effekte werden im Folgenden auf die regionale Ebene heruntergebrochen, um die Auswirkungen auf die Reviere abzuschätzen. Da sich im Umfeld der Braunkohleindustrie besonders viele energieintensive Unternehmen angesiedelt haben, sind die unmittelbaren wirtschaftlichen Folgen von Strompreissteigerungen dort besonders groß. Dabei beeinträchtigt der Rückgang von Wertschöpfung und Beschäftigung in den energieintensiven Industrien und die damit einhergehenden regionalen Folgewirkungen auch die Aufnahmepotenziale für Beschäftigte aus der Braunkohlewirtschaft.

Die Regionalisierung der ökonomischen Effekte der Strompreiserhöhungen erfolgt auf Ebene der Bundesländer. Für das Rheinische Revier wird die Analyse daher für Nordrhein-Westfalen vorgenommen, während für das Mitteldeutsche Revier die Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt und für das Lausitzer Revier Brandenburg und Sachsen betrachtet werden.<sup>31</sup>

Im Rahmen der Analysen sind verschiedene Effekte und Wirkungskanäle zu unterscheiden. Zunächst ergeben sich die regionalen Initialeffekte auf Basis der Produktion der energieintensiven Unternehmen im jeweiligen Bundesland.<sup>32</sup> Um

<sup>31</sup> Zwar befindet sich ein kleiner Teil des Mitteldeutschen Revieres in Thüringen, dieser ist im Vergleich zu den Revieranteilen der anderen beiden Bundesländer jedoch marginal.

<sup>32</sup> Umsätze stehen in der amtlichen Statistik auf Ebene der Bundesländer lediglich auf der statistischen Abgrenzungsebene für die Wirtschaftsabteilungen (2-Steller) zur Verfügung und sind daher für energieintensive Branchen, die mit Ausnahme der Chemieindustrie, statistisch weitgehend auf der relativ detaillierten Ebene der 3-Steller abgegrenzt werden, nicht unmittelbar ableitbar. Die Umsätze werden daher mit Hilfe der Anteile der Beschäftigten in energieintensiven Industrien an der Beschäftigung in der jeweils übergeordneten Wirtschaftsabteilung geschätzt. Dieses Vorgehen ist sinnvoll, da es auf der verwendeten tiefen sektoralen Gliederungsebene aufgrund der Wettbewerbssituation der Unternehmen keine systematischen regionalen

diese abzuschätzen, werden die Strompreiselastizitäten (**Abschnitt 3.3**), die Zeitpfade für die Strompreise im Current Policies bzw. KSP Szenario und die regionalen Branchenumsätze der energieintensiven Industrien herangezogen.

Die lokalen Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekte, also die Wirkungen entlang der vorgelagerten Wertschöpfungsketten, treten innerhalb des gesamten Bundesgebietes auf. Um ihre Bedeutung innerhalb eines Bundeslandes abzuschätzen, werden – für jeden Produktionssektor – die Anteile des Bundeslandes an der bundesdeutschen Bruttowertschöpfung herangezogen. Die Veränderungen des Konsums erfolgen proportional zur Veränderung der Einkommen, sodass die induzierten Effekte in den initial betroffenen Regionen besonders stark ausfallen.

### 4.3.1 Das Rheinische Revier

Auf das Rheinische Revier entfielen im Jahr 2016 mit rund 90,5 Millionen Tonnen 52,7 % der gesamten Fördermenge des deutschen Braunkohletagebaus. Die Kohleförderung findet im Rheinland gegenwärtig im Tagebau Garzweiler, im Tagebau Hambach und im Tagebau Inden statt. Daneben gibt es Braunkohlekraftwerke und Veredlungsunternehmen, die zusammen mit dem Tagebau das Rheinische Revier ausmachen (**Abbildung 39**). Das Rheinische Revier hat - bei einer Betrachtung auf Kreisebene - mit einer mit Nord-Süd-Ausdehnung von etwa 100 Kilometern und einer Ost-West-Ausdehnung von etwa 80 Kilometern eine hohe Reichweite direkter regionalwirtschaftlicher Ausstrahlungseffekte. Die zukünftige Entwicklung der Braunkohleförderung und -verstromung wirkt sich deshalb direkt auf einen beträchtlichen Teil des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen aus. Entsprechendes gilt für potenzielle regionalwirtschaftliche Effekte, die im Zusammenhang mit dem Auslaufen der Braunkohleförderung und -verstromung entstehen können.

---

Differenzen bei den Produktivitäten gibt. Eine Übersicht zur Abgrenzung der energieintensiven Industrien im Rahmen der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) findet sich in Anhang B.

Abbildung 39 Rheinisches Revier



\* Diese Übersichtskarte soll einen groben Überblick über räumliche Dimension und Kreiszugehörigkeit der Braunkohlereviere bieten und erhebt keinen Anspruch auf Exaktheit der Standorte und Reviergrenzen

**Tabelle 15 Standorte und ihre Kreiszugehörigkeit im Rheinischen Revier**

| <b>Tagebau</b>  |   |
|---|---|
| Tagebau Garzweiler  | Rhein-Erft-Kreis, Rhein-Kreis Neuss, Kreis Heinsberg, Mönchengladbach |
| Tagebau Hambach   | Kreis Düren, Rhein-Erft-Kreis   |
| Tagebau Inden   | Kreis Düren, Städteregion Aachen                                      |
| <b>Kraftwerk</b>  |   |
| Weisweiler  | Städteregion Aachen   |
| Frimmersdorf  | Rhein-Kreis Neuss   |
| Neurath   | Rhein-Kreis Neuss   |
| Niederaussem  | Rhein-Erft Kreis  |
| Goldenberg (Industriekraftwerk; 2015 weitgehend vom Stromnetz genommen) | Rhein-Erft Kreis  |
| <b>Veredelung</b>   |   |
| Fortuna   | Rhein-Erft Kreis  |
| Frechen   | Rhein-Erft Kreis  |
| Knapsacker Hügel  | Rhein-Erft Kreis  |

Quelle: Georg Consulting (2017).

In den Kreisen und kreisfreien Städten des Rheinischen Reviers leben (in der hier verwendeten regionalen Abgrenzung) insgesamt rund 2,3 Millionen Menschen. Die Bevölkerung hat im Zeitraum von 2011 bis 2015 um 2,4 % zugenommen und bis zum Jahre 2030 ergibt die Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamts für dieses Braunkohlerevier eine weitere Zunahme der Bevölkerung, wohingegen die Bevölkerung in Deutschland insgesamt im Prognosezeitraum zurückgehen wird.

### Sozioökonomische Kennziffern

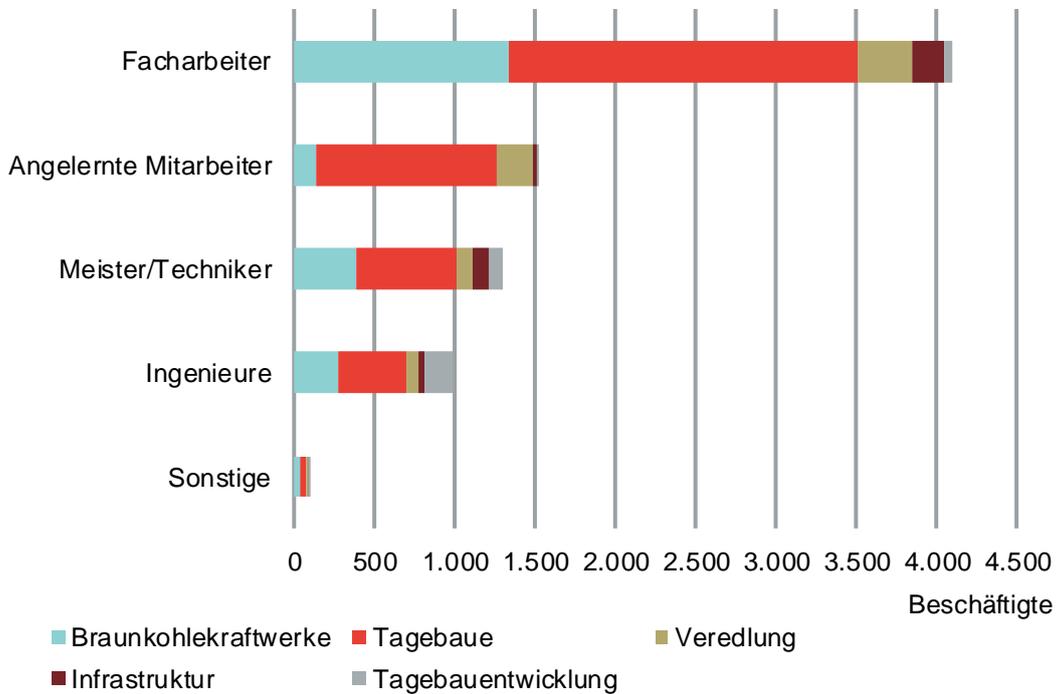
Im Rheinischen Revier gibt es 1,03 Millionen Erwerbstätige, davon sind etwa 70 % abhängig Beschäftigte. Die Arbeitslosenquote liegt in den meisten Teilen der Region, insbesondere in Mönchengladbach und der Städteregion Aachen mit 10,5 bzw. 8,1 %, deutlich über dem bundesdeutschen Durchschnitt von 6,1 %. Lediglich im Rhein-Kreis Neuss (5,7 %) und im Kreis Heinsberg (6 %) ist die Arbeitslosenquote geringer (Jahr 2016). Im Jahr 2016 gab es im Jahresdurchschnitt 86.700 Arbeitslose, rund 8.000 weniger als im Jahr 2010. Dies

entspricht einem Rückgang der Arbeitslosenzahlen um 8,5 % in diesem Zeitraum. Deutschlandweit lag der entsprechende Wert bei 17 %. Der Rückgang des Arbeitslosenbestandes verläuft damit langsamer als im bundesweiten Durchschnitt. Hinsichtlich der Struktur der Arbeitslosen lässt sich feststellen, dass rund 57 % der Arbeitslosen keinen Abschluss haben (Deutschland: 46,9 %). Das verfügbare Einkommen der Haushalte liegt im Großteil der Kreise und kreisfreien Städte des Rheinischen Reviers unterhalb des bundesweiten Durchschnitts.

Schon in den letzten Jahren ist die Beschäftigung in der Braunkohleindustrie im Rheinischen Revier deutlich zurückgegangen. So ist die Zahl der Arbeitsplätze seit dem Jahr 2008 um 22 %, 2.581 Arbeitsplätze, gefallen. Gleichzeitig sind im Zeitraum von 2008 bis 2016 in der Gesamtwirtschaft rund 88.000 Beschäftigungsverhältnisse entstanden, was mit einem Plus von 13,8 % in etwa der Zuwachsrate in Deutschland insgesamt entsprach. Dabei zeigt sich auch im Rheinischen Revier der Strukturwandel hin zu einem steigenden Anteil von Beschäftigten im Dienstleistungssektor. Der Anteil des Produzierenden Gewerbes, zu welchem auch der Bergbau zählt, an der Erwerbstätigkeit sank im Zeitraum von 2008 bis 2014 und lag 2014 mit 16,9 % unterhalb des bundesweiten Durchschnitts. In den Branchen des Dienstleistungssektors entstehen zusätzliche Arbeitsplätze. Somit würde der Abbau von Beschäftigung in der Braunkohleindustrie, wenn sich die gegenwärtigen Trends fortsetzen, insbesondere auf einen Arbeitskräftebedarf im wachsenden Dienstleistungssektor treffen.

Betrachtet man die direkt im System Braunkohle beschäftigten Arbeitskräfte, so zeigt sich, dass die Mehrzahl der Beschäftigten Facharbeiter sind. Über die Hälfte der unbefristeten Mitarbeiter fällt in diese Kategorie und weist damit einen mittleren Bildungsabschluss auf. Gleichzeitig ist fast ein Fünftel der Beschäftigten angelernt. Insbesondere in den Veredelungsbetrieben und im Tagebau ist der Anteil der angelernten Mitarbeiter mit 29,8 % bzw. 25,6 % der Beschäftigten besonders hoch. Der kumulierte Beschäftigtenanteil von Meistern/Technikern und Ingenieuren, die über einen akademischen Bildungsgrad verfügen, liegt bei 28,5 % (**Abbildung 40**).

Abbildung 40 Struktur der Beschäftigten im System Braunkohle im Rheinischen Revier



Quellen: RWE (2017); ETR (2017).

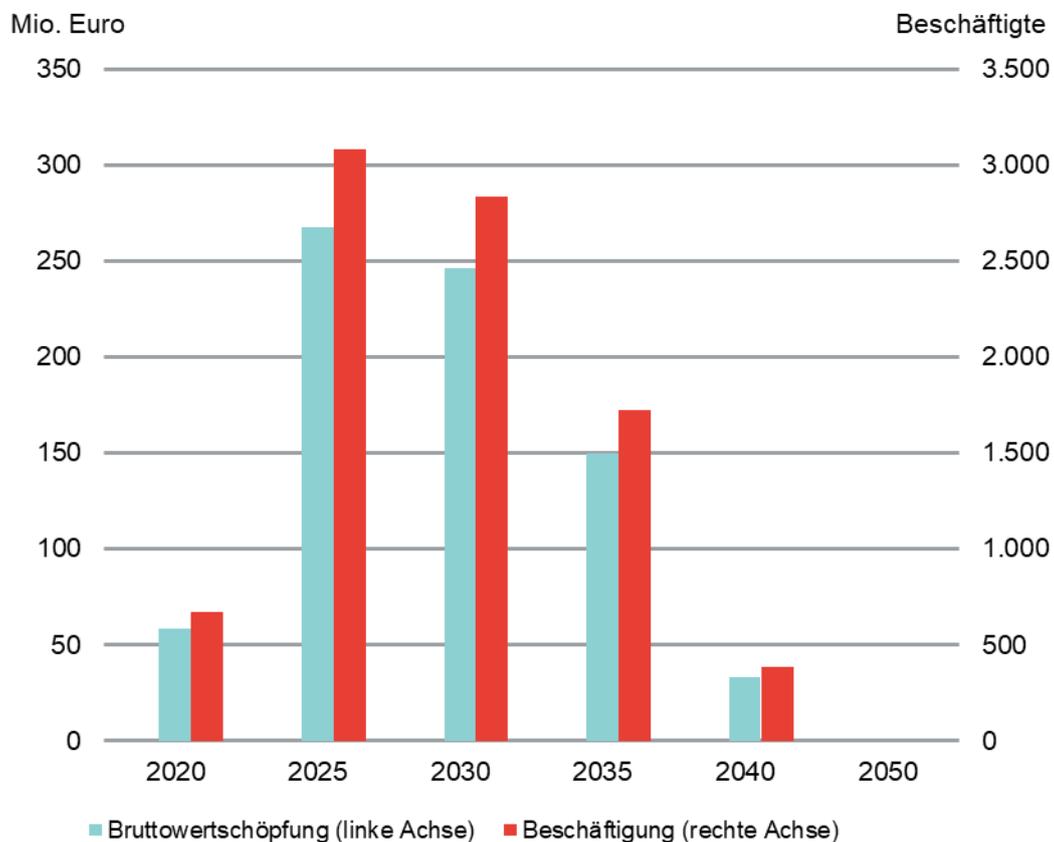
### Zeitliche Verteilung der regionalwirtschaftlichen Effekte infolge des Klimaschutzplans 2050

Mit dem Ausstieg aus der Braunkohleförderung und -verstromung werden die Wertschöpfung und die Beschäftigung, die direkt und indirekt mit der Braunkohleindustrie verbunden sind, weiter zurückgehen. Sie sind im Wesentlichen abhängig vom Kohlebedarf der Kraftwerke, in denen die Braunkohle der Tagebaue Garzweiler, Hambach und Inden verstromt wird. Darüber hinaus werden etwa 30% der Förderung des Tagebaus Hambach in der Veredlung eingesetzt. Im Jahr 2015 wurden dafür insgesamt 12,5 Mio. Tonnen verwendet, von denen etwa 2 Mio. Tonnen für den Produktionsprozess benötigt wurden und 10,6 Mio. Tonnen in Veredelungsprodukte wie Braunkohlenbriketts, Staub- oder Wirbelschichtkohle einfließen (vgl. Statistik der Kohlenwirtschaft 2016). Zusätzlich wird noch Herdofenkoks hergestellt, der als hochwertige Alternative zur Aktivkohle unter anderem im Umweltsektor eingesetzt und ausschließlich im Rheinischen Revier produziert wird. Die Unternehmen werden bestrebt sein, die Veredlung der Braunkohle möglichst lange auf hohem Niveau aufrechtzuerhalten. Daher wird unterstellt, dass die zur Veredlung bestimmte Förderung des Jahres 2015 bis 2050 konstant bleibt. Aus der Summe der Bedarfe der Kraftwerke und der Veredelungsbetriebe ergibt sich die gesamte Fördermenge im Rheinischen Revier.

Im Durchschnitt der Jahre 2014 bis 2016 wurde im Rheinischen Revier ein Umsatz von etwa 3,6 Mrd. EUR im System Braunkohle erzielt, was auf eine Fördermenge von durchschnittlich etwa 92 Mio. Tonnen Braunkohle zum Einsatz in der

Verstromung oder Veredelung zurückzuführen ist. Auf Basis der prognostizierten Förderungen im Current Policies, bzw. KSP Szenario kann die weitere Entwicklung hochgerechnet werden (Kapitel 2). Im KSP Szenario wird die Kohleförderung schneller zurückgefahren als im "Current Policies"-Szenario (siehe **Abbildung 11** auf Seite 44). Die Umsatzunterschiede zwischen beiden Szenarien stellen einen Verlust von Produktion und in der Folge von Wertschöpfung und Beschäftigung im Rheinischen Revier dar. Diese Einbußen sind die Initialeffekte einer regionalen Wirkungskette, die sich infolge einer sinkenden Vorleistungs- (Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekt) und Konsumnachfrage (induzierter Effekt) in der Region ergeben. Mit Hilfe der in **Abschnitt 3.2** abgeleiteten regionalen Multiplikatoren können die regionalen Gesamteffekte quantifiziert werden.

**Abbildung 41 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Rheinischen Revier im Zeitverlauf**



Quelle: ETR (2017).

Im Jahr 2025 ergibt sich die größte Differenz der Braunkohleförderung zwischen dem KSP und "Current Policies"-Szenario. Zu diesem Zeitpunkt ist im System Braunkohle im Rheinischen Revier mit einem Produktionsausfall in Höhe von 657 Mio. EUR infolge des beschleunigten Ausstiegs aus der Braunkohleverstromung zu rechnen. Durch die rückläufige Produktion im KSP im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario sinkt die Wertschöpfung der Braunkohlewirtschaft um 191 Mio. EUR, wodurch der Bedarf an Arbeitskräften um etwa 1.900 Personen zurückgeht. Mit den regionalen Multiplikatoren können aus den Initialeffekten die örtlichen Gesamteffekte berechnet werden. Analog zu den Initialeffekten zeigen sich die

stärksten Wirkungen im Jahr 2025. Insgesamt ist im Rheinischen Revier in diesem Jahr mit Produktionsrückgängen von 854 Mio. EUR durch den Klimaschutzplan zu rechnen. Der unmittelbare Produktionsausfall von 657 Mio. EUR im System Braunkohle erhöht sich entlang der regionalen Wertschöpfungsketten um 30 %. Wie **Abbildung 41** zeigt, sinkt die regionale Bruttowertschöpfung infolge der Produktionsrückgänge im Jahr 2025 um etwa 268 Mio. EUR, womit ein Beschäftigungsrückgang um etwa 3.100 Personen einhergeht. Der unmittelbare Wertschöpfungsverlust in der Braunkohlewirtschaft wird somit um 40 % und der Beschäftigungseffekt um fast 60 % gesteigert.

Auch in den folgenden Jahren bis 2035 ist mit erheblichen regionalen Wirkungen durch einen beschleunigten Braunkohleausstieg zu rechnen. Ab 2040 unterscheidet sich die Kohleförderung zwischen den beiden Szenarien dann zunehmend weniger.

Über den gesamten Anpassungsprozess infolge des Klimaschutzplans 2050 hinweg wird die Produktion im Rheinischen Revier, ausgelöst durch die Einstellung der Braunkohleverstromung, um insgesamt 11,9 Mrd. EUR zurückgehen. Hiermit stehen Wertschöpfungseinbußen von 3,7 Mrd. EUR in Zusammenhang. Bei den daraus resultierenden Anpassungsprozessen kommt dem Rheinischen Revier zugute, dass es sich um eine Region mit relativ hoher Bevölkerungsdichte handelt, die in räumlicher Nähe der dynamisch wachsenden Städte Neuss, Düsseldorf, Köln und Aachen liegt. So wird die Region voraussichtlich auch zukünftig Bevölkerungszuwächse verzeichnen.

Auch in den vergangenen Jahren sind im Rheinischen Revier kontinuierlich Arbeitsplätze in der Braunkohleindustrie abgebaut worden. Gleichzeitig sind in anderen Wirtschaftszweigen neue Arbeitsplätze entstanden, zum Teil in anderen Industrien und darüber hinaus aber besonders im Dienstleistungsbereich.

Industrielle Schwerpunkte finden sich in der Region (neben der Braunkohleindustrie) in Branchen wie der Nahrungsmittelindustrie, der Textilindustrie, der Chemischen Industrie und im Maschinenbau. Eine besondere Bedeutung haben dabei Industrien, die sich aufgrund der hohen Verfügbarkeit von günstiger Energie im Umfeld angesiedelt haben. Hier könnte sich die wirtschaftliche Dynamik aufgrund von Strompreissteigerungen deutlich verlangsamen.

Die energieintensiven Unternehmen im Umfeld des Rheinischen Reviers verteilen sich über Nordrhein-Westfalen, wobei die Schwerpunkte in Form der Chemie- und Stahlindustrie sowie von Aluminiumhütten, metallverarbeitenden Betrieben und der Papierindustrie an der Rheinschiene und im Ruhrgebiet liegen. Im Folgenden werden deshalb die regionalökonomischen Folgewirkungen steigender Strompreise im Bundesland betrachtet. Unter den energieintensiven Industrien hat die Chemiebranche mit 52,6 % den höchsten Anteil am gesamten regionalen Branchenumsatz, gefolgt von der Stahlindustrie mit 18,5 %. Die übrigen energieintensiven Branchen sind im Vergleich von deutlich geringerer Bedeutung und haben sämtlich Anteile die unter 10 % liegen.

Aufgrund seiner Größe und Struktur hat Nordrhein-Westfalen eine herausgehobene Bedeutung für die energieintensiven Industrien, sodass sowohl die regionalen Initialeffekte als auch die weiteren Wirkungen im Vergleich zu

anderen Bundesländern überdurchschnittlich hoch sind. Die größten Unterschiede beim Strompreis zwischen dem KSP und dem "Current Policies"-Szenario treten analog zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung im Jahr 2025 auf. Folglich sind in diesem Jahr die regionalen Initialeffekte und damit auch die gesamten regionalwirtschaftlichen Wirkungen am stärksten.

Im Jahr 2025 ist in Nordrhein-Westfalen infolge eines Strompreisanstiegs mit unmittelbaren Produktionsausfällen in energieintensiven Industrien in Höhe von 1,9 Mrd. EUR zu rechnen. Diese sind zu 58 %, bzw. 1,1 Mrd. EUR auf die Chemie- und zu 15 % bzw. 284 Mio. EUR auf die Stahlindustrie zurückzuführen. Mit den regionalwirtschaftlichen Produktionsausfällen steht ein Rückgang der Bruttowertschöpfung um insgesamt 354 Mio. EUR und der Verlust von etwa 4.800 Arbeitsplätzen in Zusammenhang. Da insbesondere die Chemie- und die Papierindustrie entlang des Rheins und im Rheinischen Revier potenzielle Arbeitgeber für aus der Braunkohlewirtschaft ausscheidende Arbeitskräfte darstellen, ist dies vor dem Hintergrund der beschleunigten Einstellung der Braunkohleverstromung im Klimaschutzplan als zusätzlich problematisch einzustufen. Als Folgewirkung geht die Nachfrage der energieintensiven Unternehmen nach Vorprodukten zurück, wodurch die unmittelbaren Zulieferer negativ betroffen sind. Dieser Erstrundeneffekt verursacht in Nordrhein-Westfalen weitere Produktionsrückgänge im Umfang von 695 Mio. EUR. In der Folge sinkt die Wertschöpfung um 197 Mio. EUR und die Beschäftigung um 2.300 Personen. Da nun auch die Nachfrage der unmittelbaren Zulieferer nach Vorprodukten zurückgeht, ergeben sich entlang der vorgelagerten Wertschöpfungsketten weitere Produktionsausfälle, die in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2025 eine Höhe von 720 Mio. EUR erreichen, womit der Verlust von 255 Mio. EUR Wertschöpfung und der Abbau von 2.900 Arbeitsplätzen einhergeht. Kumuliert über alle Effekte (Initial-, Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekt) ergeben sich infolge einer Strompreiserhöhung für Industriekunden in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2025 Produktionsausfälle im Wert von 3,3 Mrd. EUR, womit ein Rückgang der Bruttowertschöpfung um 806 Mio. EUR und der Verlust von 10.000 Arbeitsplätzen einhergehen (**Abbildung 42**).

**Abbildung 42 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Nordrhein-Westfalen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025**



Quelle: ETR (2017).

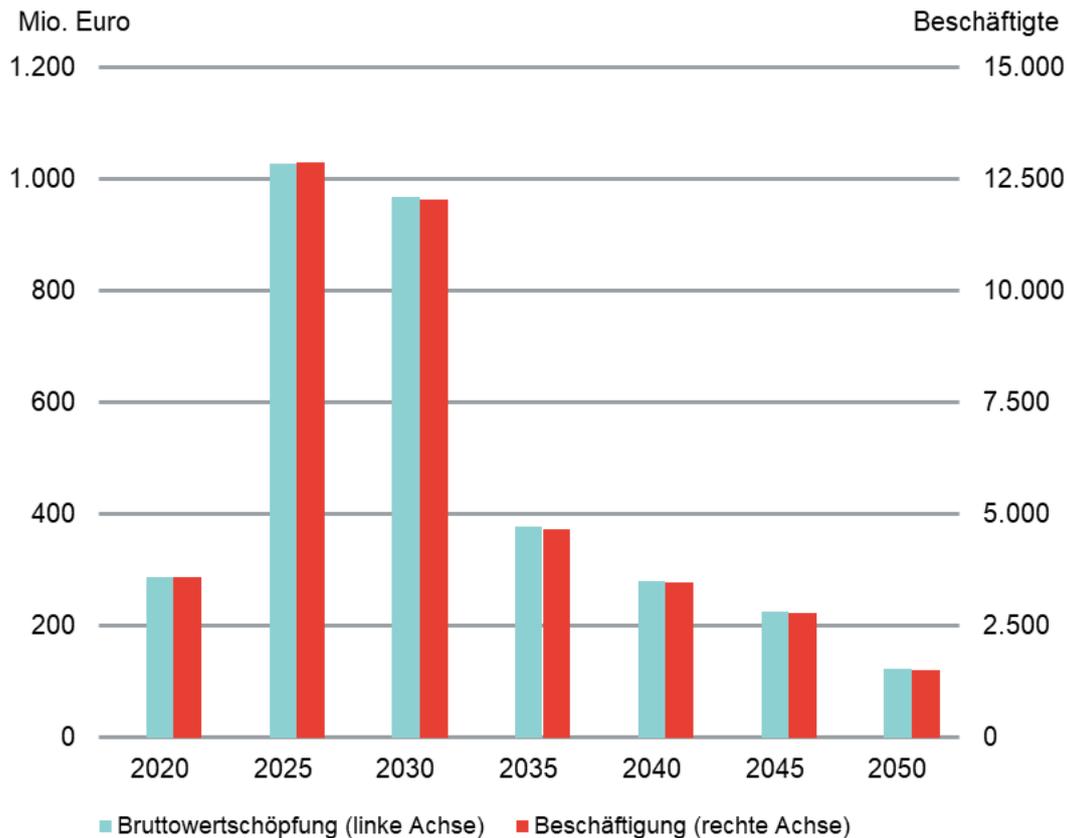
Infolge der rückläufigen Beschäftigung sinken die Einkommen und damit auch die Konsumnachfrage. Dies löst wiederum Produktionsrückgänge in anderen Wirtschaftsbereichen Nordrhein-Westfalens aus, die sich auf 683 Mio. EUR summieren. Infolgedessen sinkt die Bruttowertschöpfung in den betroffenen Wirtschaftszweigen des Bundeslandes um 222 Mio. EUR und die Beschäftigung um 2.900 Personen.

Werden sämtliche oben dargestellte Effekte für Nordrhein-Westfalen zusammengefasst, so ergibt sich infolge einer Strompreiserhöhung durch den Klimaschutzplan – im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario – für Industriekunden im Jahr 2025 innerhalb des Bundeslandes ein regionalwirtschaftlicher Produktionsrückgang von vier Mrd. EUR. In der Folge geht die Wertschöpfung im Jahr 2025 um eine Mrd. EUR und die Beschäftigung um 12.900 Personen zurück (**Abbildung 42**). Diese Verluste fallen überwiegend bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes an, da die energieintensiven Industrien, mit Ausnahme der Gewinnung von Baustoffen, sämtlich dort verortet sind und sich die Initialeffekte somit vollständig im Verarbeitenden Gewerbe manifestieren. Auch ein Großteil der Erstrundeneffekte findet in diesem Sektor statt. Insgesamt gehen 52,1 % der regionalen Wertschöpfungsrückgänge und 54,8 % der Beschäftigungswirkungen vom Verarbeitenden Gewerbe aus.

Die regionalwirtschaftlichen Wirkungen auf Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung bleiben nicht auf das Jahr 2025 beschränkt. Wie **Abbildung 43** zeigt, dürften die negativen regionalwirtschaftlichen Effekte auch bis zum Jahr 2030 deutlich größer sein als im "Current Policies"-Szenario. In den Folgejahren geht auch im "Current Policies"-Szenario die Wertschöpfung zurück, sodass im Jahr 2050 nur noch mit geringeren Zusatzverlusten durch den Klimaschutzplan 2050 (Wertschöpfungsverluste von 123 Mio. EUR; Beschäftigungsrückgänge um 1.500 Personen) zu rechnen ist. Das deutlich frühere Auftreten der hohen Verluste

kann aber bereits zur Verlagerung von Standorten und veränderten Investitionsentscheidungen und damit zu nachhaltigen Rückgängen von Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung führen (Hystereseeffekt), die hier noch nicht berücksichtigt sind.

**Abbildung 43 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Nordrhein-Westfalen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050**



Quelle: ETR (2017).

Fasst man sämtliche Effekte über die Jahre bis 2050 zusammen, so ergeben sich infolge steigender Strompreise für energieintensive Unternehmen im Klimaschutzplan im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario regionalwirtschaftliche Produktionsausfälle in Höhe von 60,8 Mrd. EUR. In der Folge sinkt die Wertschöpfung um insgesamt 15,6 Mrd. EUR.

Vor dem Hintergrund einer in diesem Fall nachlassenden Dynamik in der Industrie stellt der generelle Ausstieg aus der Braunkohle bis zum Jahr 2050 schon im "Current Policies"-Szenario eine Herausforderung für die Region dar. Bei dessen Bewältigung ist es sicherlich ein Vorteil, dass der Beschäftigungsabbau schrittweise erfolgt und deshalb durch einen langsamen Aufbau der Beschäftigung in anderen Sektoren begleitet werden kann. Als Folge des Klimaschutzplans 2050 erfolgt der Beschäftigungsabbau aber sehr viel schneller, insbesondere in den Jahren bis 2035. Die in diesen Jahren freigesetzten Arbeitskräfte müssen neue Beschäftigungsverhältnisse in anderen Unternehmen finden, was auch deshalb schwierig sein könnte, weil die spezifischen Qualifikationen aus der

Braunkohleindustrie nicht nahtlos in andere Sektoren übertragen werden können. Die Erfahrungen in der Vergangenheit haben gezeigt, dass die so freigesetzten Arbeitskräfte – trotz Umschulungen und anderer arbeitsmarktpolitischer Instrumente – häufig nicht in andere Arbeitsmarktsegmente vermittelbar sind und deshalb für lange Zeit in der Arbeitslosigkeit verbleiben (vgl. dazu auch Kapitel 5).

### 4.3.2 Das Mitteldeutsche Revier

Im Mitteldeutschen Revier wurden im Jahr 2016 etwa 17,7 Millionen Tonnen Braunkohle abgebaut, was 10,3 % der in Deutschland geförderten Menge entspricht. Die Förderung der Braunkohle findet dort im Tagebau Profen, im Tagebau Vereinigtes Schleenhain und im Tagebau Amsdorf statt. Es gibt eine Reihe von Industriekraftwerken, insbesondere für die Chemische Industrie und Veredlungskraftwerke. Die Fläche der direkt von der Braunkohleindustrie betroffenen Kreise macht insgesamt etwa 7.600 km<sup>2</sup> aus.

Abbildung 44 Mitteldeutsches Revier



*\* Diese Übersichtskarte soll einen groben Überblick über räumliche Dimension und Kreiszugehörigkeit der Braunkohlereviere bieten und erhebt keinen Anspruch auf Exaktheit der Standorte und Reviergrenzen*

In den Kreisen des Mitteldeutschen Reviers leben 1,2 Millionen Menschen. Dabei ist die Bevölkerung im Zeitraum von 2011 bis 2015 um 1,2 % zurückgegangen. Diese Entwicklung wird gemäß der Prognose der zugehörigen Statistischen Landesämter zukünftig an Tempo gewinnen, sodass die Bevölkerung im Zeitraum

von 2015 bis 2030 um 10,2 % zurückgehen wird. Dabei betrifft diese Entwicklung die ländlich geprägten Kommunen stärker als die Städte.

Die Anzahl der Arbeitsplätze im Mitteldeutschen Revier beträgt rund 540.000, darunter sind etwa 77 % abhängig Beschäftigte. Die Arbeitslosenquote liegt in allen zu diesem Braunkohlerevier zugehörigen Kreisen über dem bundesdeutschen Durchschnittswert. Besonders hoch ist sie im Landkreis Mansfeld-Südharz und im Salzlandkreis. Im Jahr 2016 waren etwa 45.500 Menschen arbeitslos, was etwa 23.000 weniger arbeitslose Personen als im Jahr 2010 waren. Die Arbeitslosen im Mitteldeutschen Revier weisen ein relativ hohes Qualifikationsniveau auf. Der Anteil von Personen mit einem anerkannten Berufsabschluss an den Arbeitslosen beträgt rund 66 %, was den deutschlandweiten Anteil dieser Qualifikationsgruppe von 42,3 % deutlich übertrifft. Arbeitslosigkeit stellt damit in diesem Braunkohlerevier, trotz rückläufiger Arbeitslosenzahlen, insgesamt eine größere Herausforderung für die regionale Entwicklung dar als in vielen anderen Regionen. Das durchschnittliche verfügbare Einkommen der Haushalte liegt in den Kreisen des Mitteldeutschen Reviers etwa 17 % unterhalb des bundesweiten Durchschnitts.

**Tabelle 16 Standorte und ihre Kreiszugehörigkeit im Mitteldeutschen Revier**

| <b>Tagebau</b>                  |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Tagebau Profen                  | Burgenlandkreis, Landkreis Leipzig |
| Tagebau Vereinigtes Schleenhain | Landkreis Leipzig                  |
| Tagebau Amsdorf                 | Mansfeld-Südharz                   |
| <b>Kraftwerk</b>                |                                    |
| Deuben (Industriekraftwerk)     | Burgenlandkreis                    |
| Zeitzaun (Industriekraftwerk)   | Burgenlandkreis                    |
| Wahlitz (Industriekraftwerk)    | Burgenlandkreis                    |
| Lippendorf                      | Landkreis Leipzig                  |
| Könnern (Industriekraftwerk)    | Salzlandkreis                      |
| Schkopau                        | Saalekreis                         |
| Amsdorf (Industriekraftwerk)    | Mansfeld-Südharz                   |
| <b>Veredelung</b>               |                                    |
| Deuben                          | Burgenlandkreis                    |
| Amsdorf                         | Mansfeld-Südharz                   |

Quelle: Georg Consulting (2017).

### Sozioökonomische Kennziffern

Im Jahr 2016 waren im Mitteldeutschen Revier noch 2.400 Personen in der Braunkohleindustrie tätig. Dabei ist die Beschäftigung in der Braunkohleindustrie seit 2008 um über 4 % zurückgegangen, was 111 Arbeitsplätzen entspricht. Neue Beschäftigungsverhältnisse entstehen in anderen Wirtschaftszweigen – allerdings sehr viel langsamer als in anderen Regionen. So hat die Beschäftigung im Mitteldeutschen Revier im Zeitraum von 2008 bis 2016 nur um 5,8 % zugenommen, wohingegen die Zahl der Beschäftigungsverhältnisse bundesweit um 13,3 % gestiegen ist.

Das Mitteldeutsche Revier ist eine stark industriell geprägte Region, mit der Braunkohleförderung und -verarbeitung als traditionell bedeutsamen industriellen Arbeitgeber. Hier stieg im Zeitraum von 2008 bis 2014 der Anteil des Produzierenden Gewerbes an der Erwerbstätigkeit und lag mit 21,1 % oberhalb

des bundesweiten Durchschnitts. Damit folgt das Mitteldeutsche Revier nicht dem bundesweiten Trend der Bedeutungszunahme des Dienstleistungssektors als Arbeitgeber.

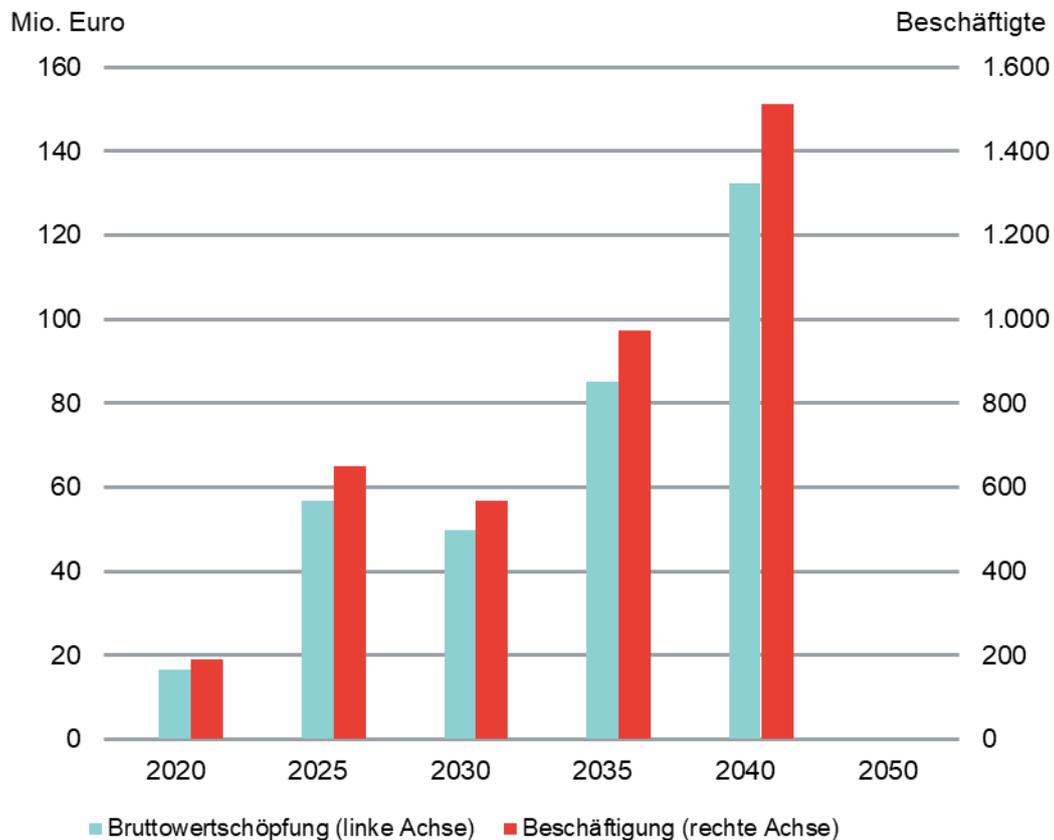
### Zeitliche Verteilung der regionalwirtschaftlichen Effekte infolge des Klimaschutzplans 2050

Für das Mitteldeutsche Revier werden die regionalen Wirkungen eines beschleunigten Ausstieges aus der Braunkohleförderung auf Basis des prognostizierten Kohlebedarfs der von den Tagebauen Profen und Schleenhain versorgten Kraftwerke Lippendorf und Schkopau bestimmt. Darüber hinaus findet auch die für Veredelungszwecke verwendete Förderung Berücksichtigung. Die Veredelung der Braunkohle erfolgt im Mitteldeutschen Revier am Standort Deuben, der an den Tagebau Profen angeschlossen ist. Im Jahr 2015 wurden etwa 3,8 % der gesamten Förderung im Mitteldeutschen Revier in Veredelungsbetrieben eingesetzt. Dies entspricht 724.000 Tonnen Braunkohle (vgl. Statistik der Kohlenwirtschaft 2016). Es ist davon auszugehen, dass der Bedarf der Veredelungsindustrie bis zum Jahr 2035 konstant bleibt. Anschließend findet keine Veredelung mehr statt. Die gesamte benötigte Fördermenge im Mitteldeutschen Revier ergibt sich für die einzelnen Jahre aus der Summe der Bedarfe der Kraftwerke und der Veredelungsbetriebe.

Für den Durchschnitt der Jahre 2014 bis 2016 ergibt sich bei einer Fördermenge für Verstromung und Veredelung von etwa 18 Mio. Tonnen Braunkohle ein geschätzter regionaler Branchenumsatz von 810 Mio. EUR. Auf Basis der prognostizierten Förderungen im Current Policies bzw. KSP Szenario kann die weitere Entwicklung hochgerechnet werden. Die Umsatzunterschiede zwischen beiden Szenarien stellen einen Verlust von Produktion und in der Folge von Wertschöpfung und Beschäftigung im Mitteldeutschen Revier dar. Diese Einbußen sind die Initialeffekte einer regionalen Wirkungskette, da mit der rückläufigen Produktion im System Braunkohle weitere Effekte in anderen Bereichen der regionalen Wirtschaft verbunden sind, die sich infolge einer sinkenden Vorleistungs- (Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekt) und Konsumnachfrage (induzierter Effekt) vor Ort ergeben. Mit Hilfe der in **Abschnitt 4.2** abgeleiteten regionalen Multiplikatoren können die regionalen Gesamteffekte quantifiziert werden.

Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Ausstiegsszenarien ergibt sich im Mitteldeutschen Revier zwischen 2035 und 2050. Der Initialeffekt fällt im Jahr 2040 mit Abstand am größten aus. Ein beschleunigter Ausstieg aus der Braunkohle würde in diesem Jahr im Mitteldeutschen Revier einen unmittelbaren Produktionsrückgang von mehr als 300 Mio. EUR in der Braunkohlewirtschaft verursachen, durch den die zugehörige Wertschöpfung um 88 Mio. EUR und die daran gekoppelte Beschäftigung um 890 Personen zurückgeht.

**Abbildung 45 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Vergleich im Mitteldeutschen Revier im Zeitverlauf**



Quelle: ETR (2017)

Die durch die Initialeffekte angestoßenen revierspezifischen Gesamteffekte ergeben sich aus den regionalen Multiplikatoren. Analog zu den Initialeffekten zeigen sich die stärksten regionalen Wirkungen im Jahr 2040. In diesem Jahr ist im Mitteldeutschen Revier mit einem Produktionsausfall in Höhe von 424 Mio. EUR zu rechnen, wodurch die Wertschöpfung um 132 Mio. EUR sinkt und insgesamt mehr als 1.500 Arbeitsplätze verloren gehen (**Abbildung 45**). Dies bedeutet, dass sich der initiale Produktionsrückgang entlang der regionalen Wertschöpfungsketten um 40 % ausweitet, während sich die Wertschöpfungswirkung um 50 % und der Beschäftigungseffekt sogar um 70 % erhöht.

In der Summe über alle Jahre bis 2050 werden durch die im Klimaschutzplan beschleunigt wegfallende Braunkohlewirtschaft regionalwirtschaftliche Produktionsverluste in Höhe von 6,4 Mrd. EUR ausgelöst. In der Folge sinkt die regionale Wertschöpfung um 2 Mrd. EUR.

Durch die nach und nach wegfallende Braunkohleindustrie geht also ein entscheidender Wirtschaftszweig im Mitteldeutschen Revier verloren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Kreise des Mitteldeutschen Reviers kontinuierliche Bevölkerungsverluste erfahren, die sich zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter verstärken werden. Dies gilt auch für die an dieses Braunkohlerevier

angrenzenden, besonders ländlich und dünn besiedelten Landkreise. Ausnahmen hiervon stellen im näheren räumlichen Umfeld die Städte Halle und Leipzig dar, von denen als Umlandkreise dieser Städte der Saalekreis beziehungsweise der Landkreis Leipzig besonders profitieren. Dies sind daher auch die räumlichen Schwerpunkte für die ökonomische Entwicklung der Region. Insgesamt gibt es aber im Mitteldeutschen Revier eine Reihe von Kommunen mit relativ schwacher wirtschaftlicher Basis, welche wenig Potenziale für die Kompensation des Abbaus von Arbeitsplätzen in der Braunkohleindustrie bieten.

Der Ausstieg aus der Braunkohleförderung und -verstromung trifft damit in diesem Braunkohlerevier auf ein wirtschaftliches Umfeld, das sich im Vergleich zu Deutschland insgesamt gegenwärtig weniger dynamisch entwickelt. Vor diesem Hintergrund und bei dem zu erwartenden Bevölkerungsrückgang ist in der Region kaum mit größeren zukunftsweisenden Investitionen in neue Industrien zu rechnen, die mit einem Aufbau von neuen Arbeitsplätzen verbunden wären. Der mit dem Klimaschutzplan 2050 einhergehende beschleunigte Abbau von Arbeitsplätzen im System Braunkohle, der sich bis zum Jahr 2040 immer stärker auswirkt, wird die negativen Erwartungen in die Entwicklung der Region weiter erhöhen und sich damit auch negativ auf die Investitionsneigung auswirken. In den letzten Jahren ist die Zahl der Arbeitsplätze im Produzierenden Gewerbe gewachsen. Prägende industrielle Branchen waren dabei, neben der Braunkohleindustrie, die Chemische Industrie (Chemieparcs), die Lebensmittelindustrie und der Maschinenbau. Die zukünftige Dynamik in diesen Industrien wird allerdings durch die zu erwartenden Strompreissteigerungen infolge des Ausstiegs aus der Braunkohleverstromung gedämpft.

Das Mitteldeutsche Revier liegt zum ganz überwiegenden Teil in den Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt. Deshalb werden die regionalökonomischen Effekte, die sich infolge steigender Strompreise im Klimaschutzplan 2050 im Vergleich zum aktuellen Ausstiegspfad für energieintensive Unternehmen ergeben, für diese beiden Bundesländer abgeschätzt. Dabei spielt insbesondere die wirtschaftliche Stärke Sachsens eine wichtige Rolle, die – gemessen an der anteilmäßigen Bedeutung an der deutschen Bruttowertschöpfung – etwa doppelt so hoch ausfällt, wie die Sachsen-Anhalts. Die Zeitpfade für die Strompreisunterschiede zwischen den Szenarien werden aus der gesamtwirtschaftlichen Analyse auf die regionale Ebene übertragen. Die maximalen Preisunterschiede ergeben sich im Jahr 2025, wodurch die regionalwirtschaftlichen Produktions-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverluste, die sich infolge des Klimaschutzplans 2050 ergeben, in diesem Jahr ebenfalls am stärksten ausfallen.

Insgesamt geht der überwiegende Teil der Umsätze in energieintensiven Industrien in Sachsen und Sachsen-Anhalt mit einem Anteil von 48,7 % auf die Chemieindustrie zurück, gefolgt von den Gießereien mit einem Anteil von 10,7 %.

In der Summe wird der durch den Klimaschutzplan hervorgerufene Strompreisanstieg bei den energieintensiven Industrien in Sachsen und Sachsen-Anhalt im Jahr 2025 einen Produktionsrückgang in Höhe von 425 Mio. EUR auslösen, der zu 54 % auf die Chemieindustrie und zu jeweils etwa 11 % auf die Verarbeitung von Baustoffen und die Gießereien zurückgeht. Hierdurch sinkt die regionale Wertschöpfung um 90 Mio. EUR, womit ein Beschäftigungsabbau von

1.300 Personen verbunden ist. Infolge der teilweise wegfallenden Vorleistungsnachfrage sinkt die Produktion in der ersten Runde um weitere 193 Mio. EUR, wodurch die Wertschöpfung um 53 Mio. EUR und die Beschäftigung um 600 Arbeitskräfte fällt. Entlang der vorgelagerten Wertschöpfungsketten fallen weitere Produktions-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverluste in Höhe von 196 Mio. EUR, 67 Mio. EUR bzw. 800 Personen an. In der Summe beider Bundesländer geht die Produktion also um 814 Mio. EUR, die Wertschöpfung um 210 Mio. EUR und die Beschäftigung um 2.700 Personen zurück (Abbildung 46).

Weiterhin sinkt durch die rückläufige Beschäftigung auch der Konsum, was zu einem weiteren Rückgang der Produktion um 206 Mio. EUR, der Wertschöpfung um 66 Mio. EUR und der Beschäftigung um 900 Personen führt.

In der Summe über alle Effekte ergeben sich in Sachsen und Sachsen-Anhalt im Jahr 2025 infolge der steigenden Strompreise regionalwirtschaftliche Gesamtverluste von etwa einer Mrd. EUR bei der Produktion. Hiermit steht ein Rückgang der Wertschöpfung in Höhe von 276 Mio. EUR und der Verlust von 3.600 Arbeitsplätzen in Zusammenhang (**Abbildung 46**). Analog zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung ist insbesondere die Industrie überproportional stark betroffen. In Sachsen fallen 41,8 % der Wertschöpfungsverluste im Verarbeitenden Gewerbe an. In Sachsen-Anhalt sind es sogar 57,4 %. Ein ähnliches Bild zeichnet sich für die Beschäftigung: Während in Sachsen 49,1 % der Beschäftigungswirkungen in diesem Sektor verortet sind, sind es in Sachsen-Anhalt 58,1 %.

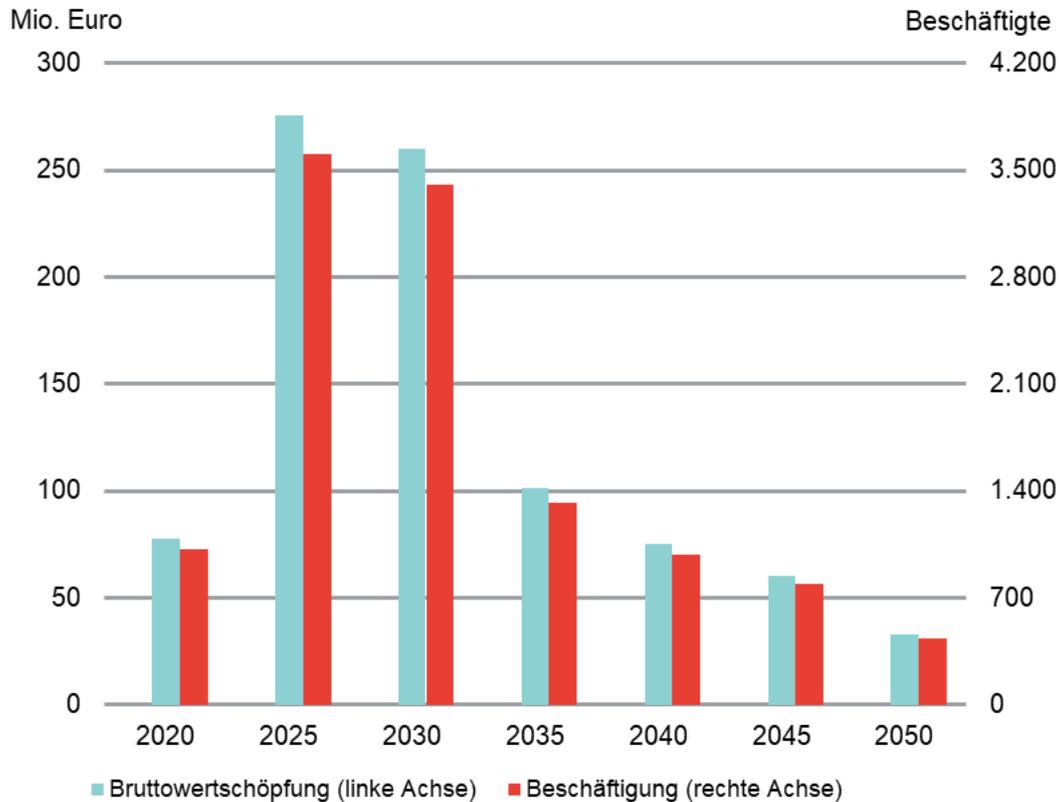
Wie **Abbildung 47** zeigt, bleiben die volkswirtschaftlichen Einbußen nicht auf das Jahr 2025 beschränkt. Insgesamt ist auch in den nachfolgenden Jahren mit deutlichen Verlusten an Produktion und Wertschöpfung in Sachsen und Sachsen-Anhalt zu rechnen. Insgesamt wird die Produktion bis 2050 infolge steigender Strompreise für energieintensive Industrien im Klimaschutzplan um 15,5 Mrd. EUR zurückgehen. Hierdurch sinkt die regionale Wertschöpfung um 4,2 Mrd. EUR.

**Abbildung 46 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Sachsen und Sachsen-Anhalt durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025**



Quelle: ETR (2017).

**Abbildung 47 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Sachsen und Sachsen-Anhalt durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050**



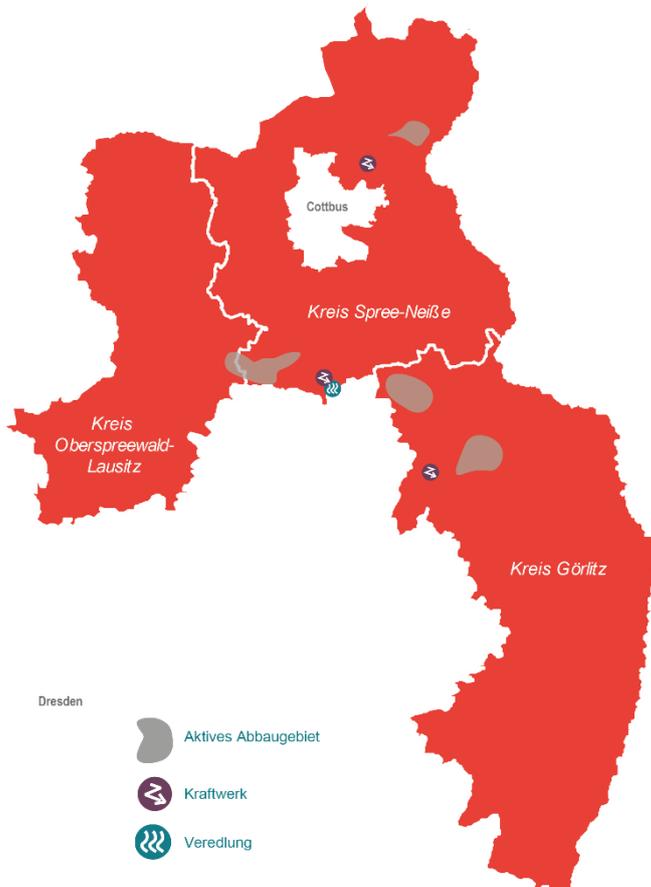
Quelle: ETR (2017).

### 4.3.3 Das Lausitzer Revier

Im Lausitzer Revier wurden im Jahr 2016 rund 62 Millionen Tonnen Braunkohle gefördert, was 36,3 % der gesamten Braunkohleförderung in Deutschland im Jahr 2016 entsprach. Die Braunkohleförderung verteilt sich auf den Tagebau Jänschwalde, den Tagebau Welzow-Süd, den Tagebau Nochten und den Tagebau Reichwalde. Im Industriepark Schwarze Pumpe in Spremberg im Landkreis Spree-Neiße gibt es ein Braunkohlekraftwerk und einen Veredlungsbetrieb. Weitere Braunkohlekraftwerke sind in Jänschwalde (Landkreis Spree-Neiße) und in Boxberg (Landkreis Görlitz) angesiedelt.

Die Bevölkerung in den Landkreisen des Lausitzer Reviers ist im Zeitraum von 2011 bis 2015 um 2,8 % zurückgegangen. Entsprechend der Prognose der für die zugehörigen Landkreise zuständigen Statistischen Landesämter setzt sich der Bevölkerungsrückgang bis zum Jahr 2030 weiter fort. Demnach werden im Jahr 2030 12,8 % weniger Menschen als heute in diesem Braunkohlerevier leben. Besonders stark wäre hiervon der Landkreis Spree-Neiße mit einem Bevölkerungsrückgang von 16,2 % betroffen.

Abbildung 48 Lausitzer Revier



\* Diese Übersichtskarte soll einen groben Überblick über räumliche Dimension und Kreiszugehörigkeit der Braunkohlereviere bieten und erhebt keinen Anspruch auf Exaktheit der Standorte und Reviergrenzen

Die Zahl der Arbeitsplätze im Lausitzer Revier liegt bei rund 211.000, worunter 75 % abhängige Beschäftigungsverhältnisse sind. Die Arbeitslosenquote in den Landkreisen dieses Braunkohlereviere übertrifft den bundesdeutschen Durchschnitt. Am höchsten ist sie im Landkreis Oberspreewald-Lausitz mit 10,5 %. Die Zahl der Arbeitslosen betrug im Jahr 2016 über 24.500 Personen. Der Arbeitslosenstand war damit in diesem Jahr um rund 13.000 Personen geringer als noch im Jahr 2010. Annähernd 70 % der Arbeitslosen haben einen anerkannten Berufsabschluss, was (wie im Mitteldeutschen Revier) den entsprechenden bundesweiten Vergleichswert deutlich übertrifft. Das durchschnittliche verfügbare Einkommen der Haushalte ist im Lausitzer Revier rund ein Fünftel niedriger als im Durchschnitt aller Haushalte in Deutschland.

**Tabelle 17 Standorte und ihre Kreiszugehörigkeit im Lausitzer Revier**

**Tagebau**

|                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| Tagebau Jänschwalde | Spree-Neiße                        |
| Tagebau Welzow-Süd  | Spree-Neiße, Oberspreewald-Lausitz |
| Tagebau Nochten     | Görlitz                            |

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| Tagebau Reichwalde | Görlitz     |
| <b>Kraftwerk</b>   |             |
| Schwarze Pumpe     | Spree-Neiße |
| Boxberg            | Görlitz     |
| Jänschwalde        | Spree-Neiße |
| <b>Veredelung</b>  |             |
| Schwarze Pumpe     | Spree-Neiße |

Quelle: Georg Consulting (2017).

### Sozioökonomische Kennziffern

Im Lausitzer Revier sind derzeit etwa 8.300 Personen in der Braunkohleindustrie beschäftigt. Dies sind 5,2 % aller Beschäftigten in der Region. Die Beschäftigung in der Braunkohleindustrie im Lausitzer Revier ist von 2008 bis 2016 um 5,3 % gestiegen, was einem Gewinn von 416 Arbeitsplätzen entspricht. In dieser Zeit sind in den Kreisen und kreisfreien Städten des Lausitzer Reviers in der Gesamtwirtschaft rund 10.381 zusätzliche Arbeitsplätze entstanden. Die zugehörige Zuwachsrate betrug 7 % (Deutschland 13,3 %).

Im Lausitzer Revier lag der Anteil des Produzierenden Gewerbes (ohne Bau) an der Bruttowertschöpfung im Jahr 2014 mit rund 41 % deutlich oberhalb des entsprechenden bundesweiten Durchschnitts von rund 26 %. 21,5 % aller Arbeitsplätze entfallen auf diesen Industriezweig, während es in Deutschland insgesamt 18,9 % waren. Die Bedeutung der Industrie als Arbeitgeber hat im Lausitzer Revier in den vergangenen Jahren weiter zugenommen, während der Anteil des Dienstleistungssektors an der Erwerbstätigkeit gesunken ist. Nur rund 12 % aller Beschäftigten sind bisher in wissensintensiven Dienstleistungen tätig, während es in ganz Deutschland rund ein Fünftel aller Beschäftigten sind.

### Zeitliche Verteilung der regionalwirtschaftlichen Effekte infolge des Klimaschutzplans 2050

Die Wertschöpfung und die Beschäftigung der Braunkohleindustrie im Lausitzer Revier sind vom Kohlebedarf der Kraftwerke abhängig, die an die Tagebaue Jänschwalde, Nochten, Reichwalde und Welzow-Süd angeschlossen sind. Außerdem erfolgt am Standort Schwarze Pumpe in der Niederlausitz die Veredelung von Rohbraunkohle zu hochwertigen Brennstoffen wie Braunkohlebriketts, Staub- oder Wirbelschichtkohle. Hierzu wird ausschließlich Braunkohle der Tagebaue Nochten und Welzow-Süd verwendet. Im Jahr 2015 wurden etwa 5,7 % der gesamten Förderung im Lausitzer Revier in der Veredelung eingesetzt, was 3,6 Mio. Tonnen Braunkohle entsprach (vgl. Statistik der

Kohlenwirtschaft 2016). Es ist davon auszugehen, dass die Unternehmen die Veredelung möglichst lange aufrechterhalten. Daher wird angenommen, dass die zur Veredelung bestimmte Förderung bis 2035 konstant bleibt. Spätestens bis 2040 wird sie eingestellt. Aus der Summe der Bedarfe der Kraftwerke und der Veredelungsbetriebe ergibt sich die gesamte Fördermenge im Lausitzer Revier.

Auf Basis der Fördermengen für Verstromung und Veredelung von etwa 62 Mio. Tonnen ergibt sich ein geschätzter regionaler Branchenumsatz von 2,3 Mrd. EUR. Bis zum Jahr 2050 wird dieser in beiden betrachteten Szenarien auf null reduziert. Dabei erfolgt die Reduktion der Förderung im KSP Szenario deutlich früher als im "Current Policies"-Szenario.

Die Umsatzunterschiede zwischen beiden Szenarien stellen einen Verlust von Produktion und in der Folge von Wertschöpfung und Beschäftigung im Lausitzer Revier dar. Diese Einbußen sind die Initialeffekte einer regionalen Wirkungskette, da mit der rückläufigen Produktion im System Braunkohle weitere Effekte in anderen Bereichen der regionalen Wirtschaft verbunden sind, die sich infolge einer sinkenden Vorleistungs- (Erstrunden- und Wertschöpfungsketteneffekt) und Konsumnachfrage (induzierter Effekt) vor Ort ergeben. Mit Hilfe der in **Abschnitt 4.2** abgeleiteten regionalen Multiplikatoren können die regionalen Gesamteffekte quantifiziert werden.

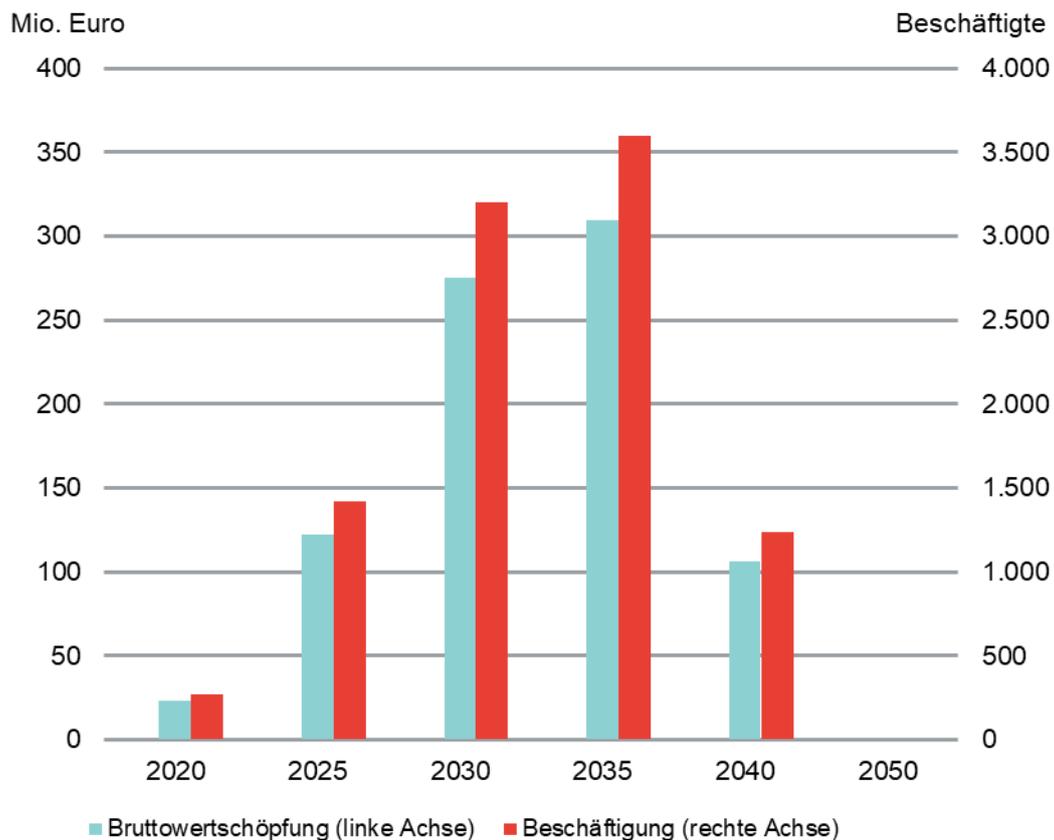
Im Vergleich der Szenarien weist das Lausitzer Revier die größten zeitlichen Unterschiede bezüglich der Fördermengen auf. Auf Basis dieser Unterschiede ergeben sich die maximalen Initialeffekte im Lausitzer Revier im Jahr 2035. In diesem Jahr ist mit einem Rückgang der Produktion im System Braunkohle um 818 Mio. EUR zu rechnen, womit ein Verlust an Wertschöpfung in Höhe von etwa 240 Mio. EUR und eine negative Beschäftigungswirkung von 2.400 Arbeitsplätzen einhergeht.

Auf Basis der Initialeffekte ergeben sich die örtlichen Gesamteffekte durch die regionalen Multiplikatoren. Analog zu den Initialeffekten zeigen sich die stärksten regionalen Wirkungen im Jahr 2035. Insgesamt ist im Lausitzer Revier in diesem Jahr mit Produktionsrückgängen von 1,1 Mrd. EUR zu rechnen. Der unmittelbare Produktionsausfall von 818 Mio. EUR im System Braunkohle erhöht sich entlang der regionalen Wertschöpfungsketten also um weitere 30 %. Wie **Abbildung 49** zeigt, sinkt die regionale Bruttowertschöpfung infolge der Produktionsrückgänge um 309 Mio. EUR, womit ein Beschäftigungsrückgang um 3.600 Personen einhergeht. Der unmittelbare Wertschöpfungsverlust in der Braunkohlewirtschaft steigert sich in der regionalen Gesamtbetrachtung also um 30 %, während sich die negative Beschäftigungswirkung sogar um 50 % erhöht.

Insgesamt ist im Lausitzer Revier über die Jahre mit erheblichen regionalwirtschaftlichen Effekten infolge eines beschleunigten Ausstieges aus der Braunkohleförderung zu rechnen. Diese dürften vor allem in den Jahren zwischen 2030 und 2040 besonders hoch ausfallen, da sich hier der Klimaschutzplan 2050 massiv auf die Fördermengen und die Stromerzeugung auswirkt. In der Summe werden durch die schnellere Einstellung der Braunkohleverstromung im Klimaschutzplan bis zum Jahr 2050 im Lausitzer Revier Produktionsausfälle von 15,1 Mrd. EUR anfallen, womit ein Wertschöpfungsverlust in Höhe von 4,4 Mrd. EUR verbunden ist.

Relevant für die Potenziale der Kompensation des Abbaus von Arbeitsplätzen in der Braunkohleindustrie im Lausitzer Revier sind unter anderem die Besonderheiten seiner räumlichen Struktur und die sich verschärfenden Herausforderungen des Bevölkerungsrückgangs. Die Bevölkerungsdichte im Lausitzer Revier ist relativ gering und aufgrund der abnehmenden Bevölkerung geht sie zukünftig weiter zurück. Hieraus resultiert, insbesondere in den stark schrumpfenden Kommunen, die strukturpolitische Herausforderung, eine Basis für die wirtschaftliche Entwicklung aufrechtzuerhalten.

**Abbildung 49 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung durch den Klimaschutzplan 2050 im Lausitzer Revier im Zeitverlauf**



Quelle: ETR (2017).

Auch im Lausitzer Revier entstehen zwar in einer Reihe von Wirtschaftszweigen neue Arbeitsplätze und auch die Braunkohlewirtschaft baut gegenwärtig noch Beschäftigung auf. Die Zuwachsraten bei den Beschäftigungsverhältnissen liegen hier aber aktuell deutlich unterhalb des entsprechenden Wertes für Deutschland insgesamt. Dabei ist das Lausitzer Revier stark industriell geprägt. Insgesamt gibt es eine hohe Abhängigkeit von der Braunkohleindustrie und energieintensiven Industrien. Schwerpunkte, die sich insbesondere im Industriepark Schwarze Pumpe finden, sind die Kunststoff-, die Chemie- und die Papierindustrie. Steigende Strompreise werden die Dynamik in diesen Industriezweigen dämpfen, sodass diese keine wesentliche Entlastung für den Arbeitsmarkt bringen werden.

Durch den Ausstieg aus der Braunkohleförderung und dem damit verbundenen Abbau von Arbeitsplätzen in der Braunkohleindustrie entfällt ein bedeutsamer

wirtschaftlicher Kern in den Landkreisen des Lausitzer Reviers. Generell birgt dies die Gefahr sich selbst verstärkender regionalwirtschaftlicher Abwärtsspiralen in den besonders von dem Ausstieg aus der Braunkohlewirtschaft betroffenen Kommunen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Standortbedingungen des Lausitzer Reviers unter anderem von seiner peripheren Lage in Deutschland und von der Grenzlage zu Tschechien und Polen negativ geprägt sind. Der beschleunigte Ausstieg aus der Braunkohleindustrie wird die Erwartungen an die wirtschaftliche Entwicklung dämpfen und die Investitionen reduzieren.

Das Lausitzer Revier liegt im südöstlichen Brandenburg und im nordöstlichen Teil Sachsens. Vor diesem Hintergrund werden die regionalökonomischen Effekte der steigenden Strompreise für diese beiden Bundesländer bestimmt. Die größten regionalökonomischen Effekte treten im Jahr 2025 auf, in dem der Klimaschutzplan zu den höchsten Strompreissteigerungen – im Vergleich zum "Current Policies"-Szenario – führt.

Unter den energieintensiven Industrien hat die Chemieindustrie auch in Brandenburg und Sachsen die größte Bedeutung. 33,5 % der Gesamtumsätze stammen aus dieser Branche. Weiterhin ist die Verarbeitung von Baustoffen mit einem Umsatzanteil von 14,8 % von größerer Bedeutung, ebenso die Stahlindustrie mit 14,1 % und die Gießereien mit 13,2 %. Insgesamt sind die energieintensiven Industrien somit insbesondere in Brandenburg homogener aufgestellt als in den übrigen betrachteten Bundesländern, aber in der Summe auch von geringerer Bedeutung für die regionale Produktion.

Im Jahr 2025 sind in Brandenburg und Sachsen<sup>33</sup> Produktionsausfälle in energieintensiven Unternehmen in Höhe von 255 Mio. EUR infolge steigender Strompreise zu erwarten, die zu 39 % auf die Chemieindustrie, zu jeweils 15 % auf die Verarbeitung von Baustoffen und die Gießereien und zu 12 % auf die Stahlindustrie zurückgehen. Hierdurch sinkt die Wertschöpfung um 58 Mio. EUR und die Beschäftigung um 1.100 Personen. Der regionale Erstrundeneffekt nimmt bei der Produktion einen Umfang von 190 Mio. EUR, bei der Wertschöpfung von 53 Mio. EUR und bei der Beschäftigung von 600 Arbeitskräften an. Entlang der regionalen Wertschöpfungsketten gehen 196 Mio. EUR Produktion, 69 Mio. EUR Wertschöpfung und 800 Arbeitsplätze verloren. In der Summe führen die Produktionsausfälle in energieintensiven Industrien im Jahr 2025 zu einem regionalwirtschaftlichen Produktionsverlust von 641 Mio. EUR, womit Wertschöpfungseinbußen von 180 Mio. EUR und Beschäftigungsrückgänge von 2.500 Personen einhergehen (**Abbildung 50**).

Über die induzierten Effekte, die sich durch rückläufige Einkommen und Konsum in den Bundesländern ergeben, geht weiterhin eine Produktion von 166 Mio. EUR in der Region verloren, wodurch die Wertschöpfung um 57 Mio. EUR und die Beschäftigung um weitere 800 Arbeitskräfte sinkt.

Dies bedeutet, dass in der Summe über alle Runden und Effekte die regionalwirtschaftliche Produktionsleistung in Brandenburg und Sachsen allein im

---

<sup>33</sup> Sachsen ist sowohl für das Mitteldeutsche als auch das Lausitzer Revier ein relevanter Bereich und wird deshalb bei beiden Analysen berücksichtigt. Dies impliziert, dass die regionalen Effekte nicht aufaddiert werden können, da es dann zu Doppelzählungen käme.

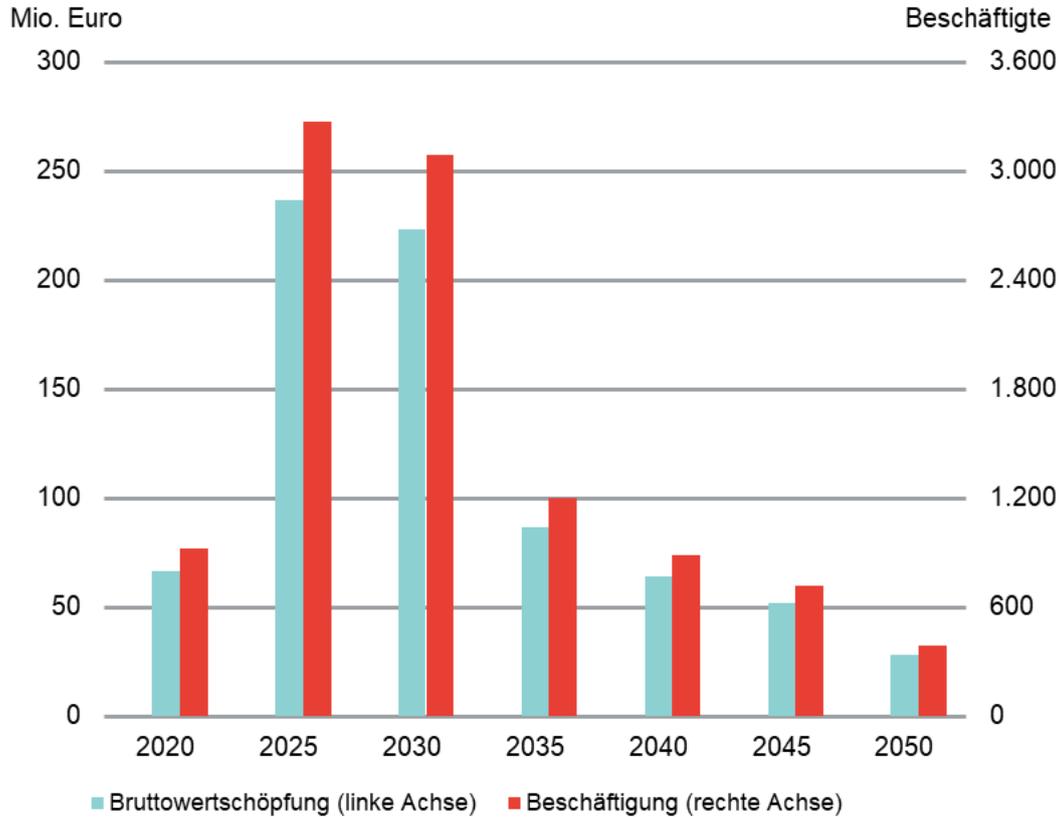
Jahr 2025 um 807 Mio. EUR zurückgeht. Gleichzeitig gehen 237 Mio. EUR Wertschöpfung und 3.300 Arbeitsplätze verloren (**Abbildung 50**). Wie oben beschrieben, gehen in Sachsen etwas weniger als die Hälfte der regionalwirtschaftlichen Wirkungen auf das Verarbeitende Gewerbe zurück. In Brandenburg sind es 39,1 % der Wertschöpfungs- und 45 % der Beschäftigungseffekte.

**Abbildung 50 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Brandenburg und Sachsen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050 im Jahr 2025**



Quelle: ETR (2017).

**Abbildung 51 Verlust an Wertschöpfung und Beschäftigung in Brandenburg und Sachsen durch einen Strompreisanstieg infolge des Klimaschutzplans 2050**



Quelle: ETR (2017).

Auch in den Folgejahren sind aufgrund der weiterhin vorhandenen Strompreisunterschiede zwischen den Szenarien erhebliche regionalwirtschaftliche Effekte in Brandenburg und Sachsen zu erwarten. Insbesondere in der Zeit bis 2030 werden die regionalwirtschaftlichen Wirkungen nur geringfügig schwächer als in 2025 ausfallen. In den Jahren nach 2030 gehen die Produktions-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverluste dann jedoch deutlich zurück (**Abbildung 51**).

In der Summe ist bis 2050 mit regionalwirtschaftlichen Produktionsrückgängen in Höhe von 12,3 Mrd. EUR infolge steigender Strompreise für energieintensive Unternehmen im Klimaschutzplan im Vergleich zum Current Policies Fall zu rechnen. Hiermit gehen Wertschöpfungseinbußen von 3,6 Mrd. EUR einher.

## 5 STRUKTURPOLITISCHE ANPASSUNGEN

Kapitel 5 erläutert kurz das Phänomen des Strukturwandels und stellt es in Bezug zu den Braunkohleregionen. Ferner werden aus theoretischen Ideen und den Erfahrungen der deutschen Wiedervereinigung einige strukturpolitische Leitlinien für die deutschen Braunkohlereviere abgeleitet. Dazu wird in den folgenden Schritten vorgegangen:

- Strukturpolitische Handlungsfelder werden aufgezeigt (**Abschnitt 5.1**);
- Verschiedene Strukturpolitische Fragestellungen werden dargestellt (**Abschnitt 5.2**);

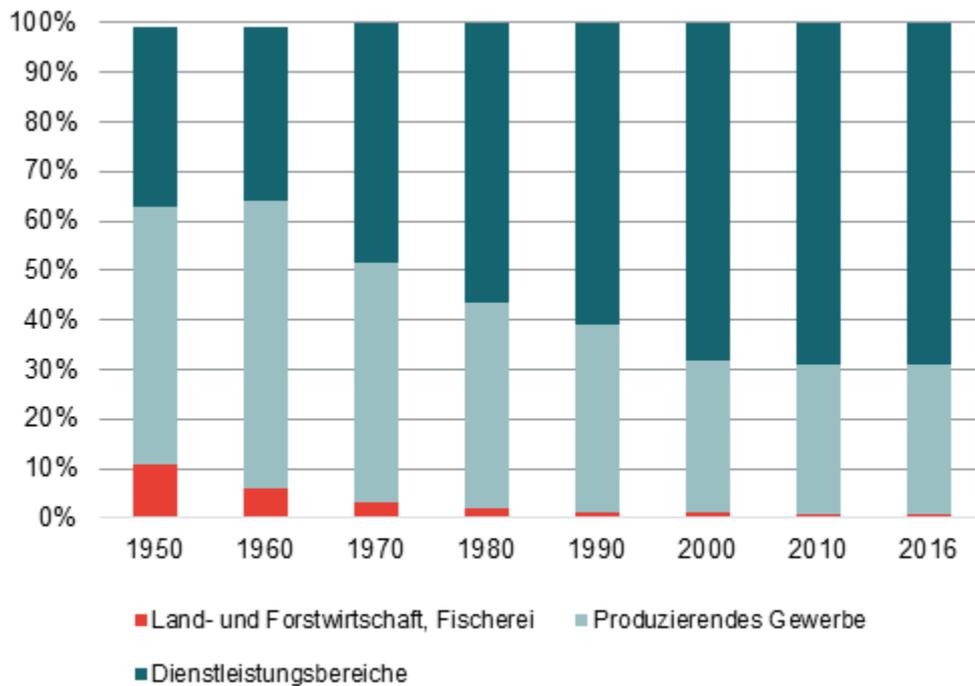
### FAZIT ZU DEN STRUKTURPOLITISCHEN EFFEKTEN

Der Strukturwandel war zwischen 1995 und 2016 in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Nordrhein-Westfalen und Sachsen besonders stark ausgeprägt. Die Treiber des Strukturwandels sind dabei sowohl angebots- als auch nachfrageseitiger Natur. Damit kann Strukturpolitik nicht nur mit den Mitteln der Erhaltungspolitik betrieben werden, vielmehr kann eine Anpassungs- und Gestaltungspolitik den Strukturwandel voranbringen, indem sie gezielt auf die treibenden Kräfte einwirkt. In den jeweiligen deutschen Braunkohleregionen sind die strukturpolitischen Anpassungserfordernisse hoch, wenngleich unterschiedlich ausgeprägt. Es ist in jedem Falle notwendig, regionale Abwärtsspiralen durch frühzeitiges Gegenlenken zu verhindern und dabei die technologischen Kompetenzen und die Wertschöpfungsketten im Auge zu behalten, die in hohem Maße die Fähigkeit, Technologien und Wissen zu absorbieren, beeinflussen. Deshalb ist die zeitliche Gestaltung des Rückgangs der Braunkohlverstromung im höchsten Maße relevant für den Erfolg einer den Strukturwandel unterstützenden Politik in den einzelnen Revieren.

### 5.1 Strukturwandel und Handlungsfelder

Der Strukturwandel beschreibt allgemein branchenbezogene und technisch-arbeitsorganisatorische Veränderungen, die sich in der relativen Bedeutung der Wirtschaftssektoren niederschlagen. Gemäß der Drei-Sektoren-Hypothese nimmt dabei im Verlauf der wirtschaftlichen Entwicklung die Bedeutung des primären Sektors (Land- und Forstwirtschaft) zugunsten der sekundären (Industrie) und tertiären (Dienstleistungen) Sektoren ab, wobei der tertiäre Sektor immer größere Relevanz erlangt. Für Deutschland insgesamt hat sich dieser Strukturwandel seit 1950 genau in dieser Weise abgespielt (**Abbildung 52**): Der Anteil der Dienstleistungen an der Bruttowertschöpfung in Deutschland beträgt mittlerweile gut 69 Prozent, derjenige des Produzierenden Gewerbes 30 Prozent und derjenige der Landwirtschaft kaum ein Prozent.

**Abbildung 52 Anteil der Sektoren an der Bruttowertschöpfung in Deutschland**



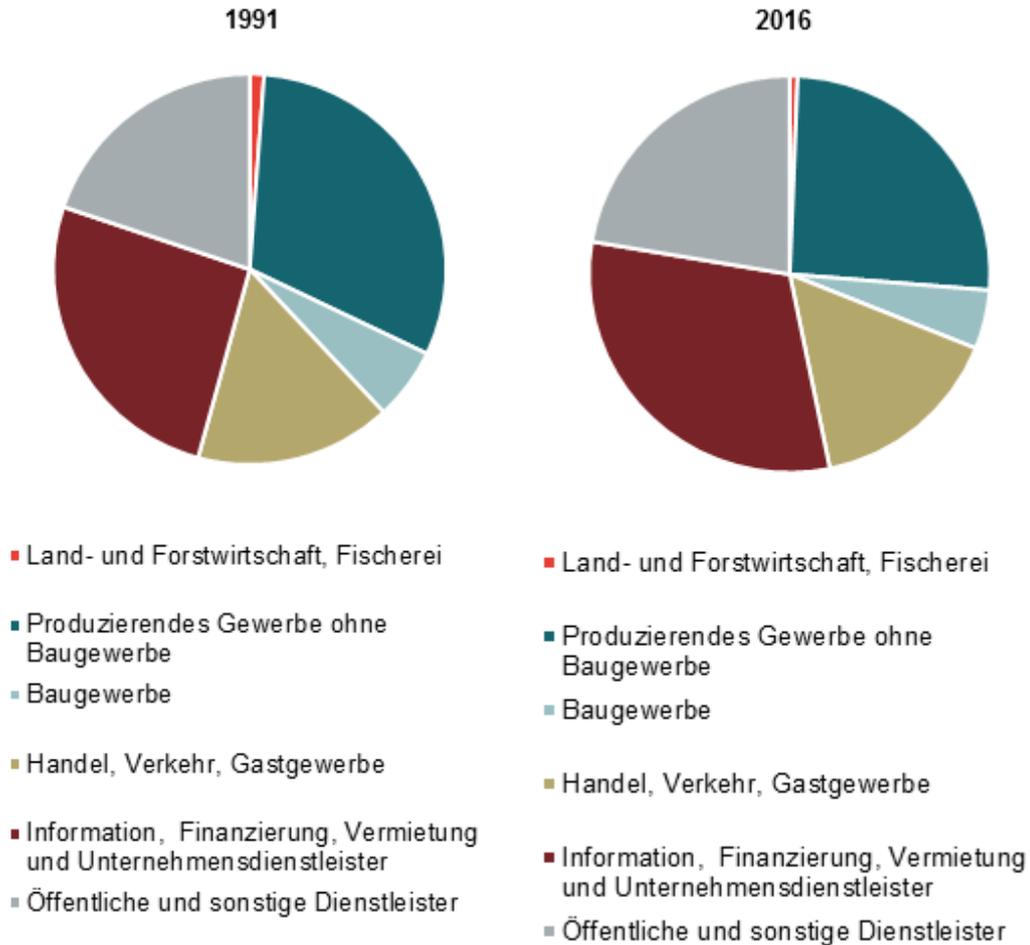
Quellen: VGR der Länder (2017), ETR (2017).

In den letzten zwei Dekaden lässt sich zudem nicht nur eine Verschiebung zwischen den drei Sektoren, sondern auch innerhalb der Sektoren beobachten (**Abbildung 53**). So hat die Bedeutung des Produzierenden Gewerbes, auch bedingt durch den Strukturbruch der Wiedervereinigung, merklich abgenommen. Parallel dazu wurden Dienstleistungen in Informations- und Finanzwirtschaft, bei Vermietung und Unternehmensdienstleistungen sowie bei öffentlichen und sonstigen Dienstleistungen immer wichtiger. In diesem Zusammenhang spielt insbesondere die zunehmende Bedeutung von wissens- und forschungsintensiven Industrien und Dienstleistungen eine wichtige Rolle. Wachstumsimpulse werden immer mehr durch innovationsstarke Unternehmen generiert, deren Wertschöpfung sich durch einen hohen Einsatz von Humankapital auszeichnet. Dieser Trend bedingt einen wachsenden Bedarf an hochqualifizierten Arbeitskräften. Im Zusammenhang mit dem beobachteten Strukturwandel ist von besonderer Bedeutung, ob die im Produzierenden Gewerbe freigesetzten Arbeitskräfte eine entsprechende Qualifikation aufweisen, um diese zunehmende Nachfrage zu bedienen.

Die strukturellen Veränderungen in Deutschland haben gravierende regionale Implikationen. So verdeutlicht **Abbildung 54**, dass der Strukturwandel in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich verlaufen ist. Vor allem in Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Hessen und Berlin hat eine starke Tertiärisierung stattgefunden. Ein höheres Tempo des regionalen Strukturwandels bedeutet für die einzelnen Unternehmen und auch für die Wirtschaftspolitik einen verstärkten Anpassungsbedarf. So haben sowohl in Nordrhein-Westfalen als auch in Ostdeutschland die Veränderung der Wirtschaftsstruktur zu langen

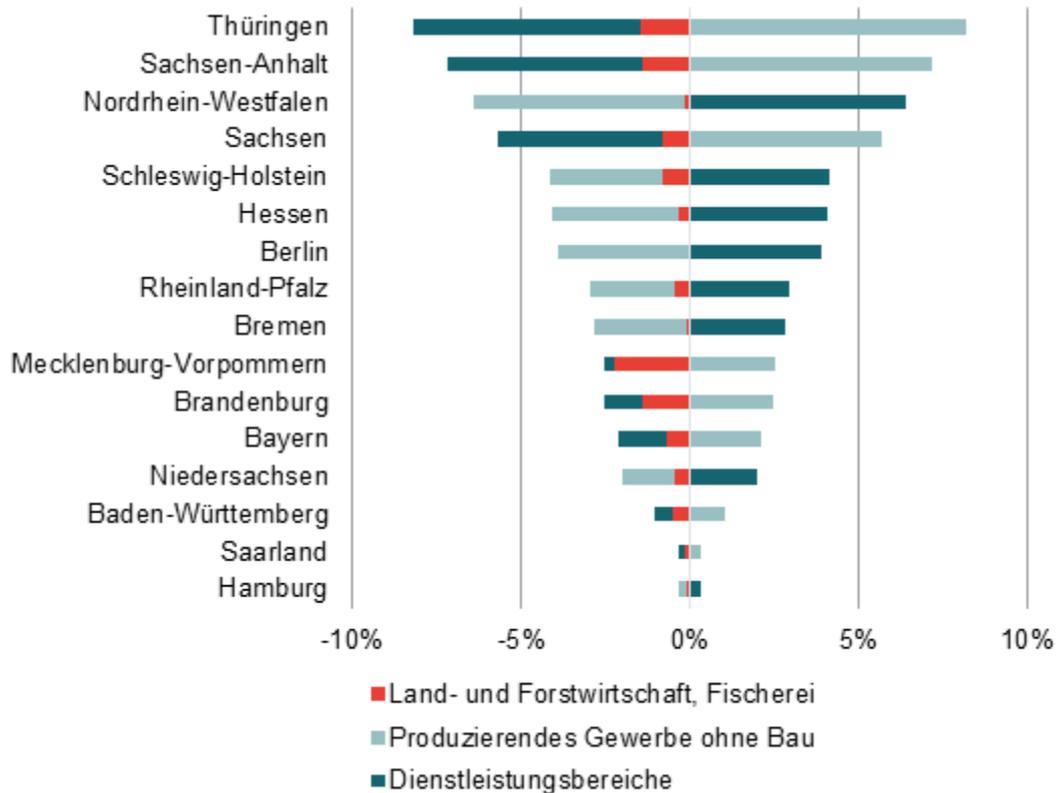
wirtschaftlichen Schwächephasen mit hoher Arbeitslosigkeit und geringen Einkommenszuwächsen geführt. Dabei haben bestehende Unternehmen und Industrien ihre Produktion relativ abrupt zurückgefahren, während neue Industrien nur sehr langsam entstanden und gewachsen sind.

**Abbildung 53 Wirtschaftsstruktur in Deutschland, 1991 und 2016**



Quellen: VGR der Länder (2017), ETR (2017).

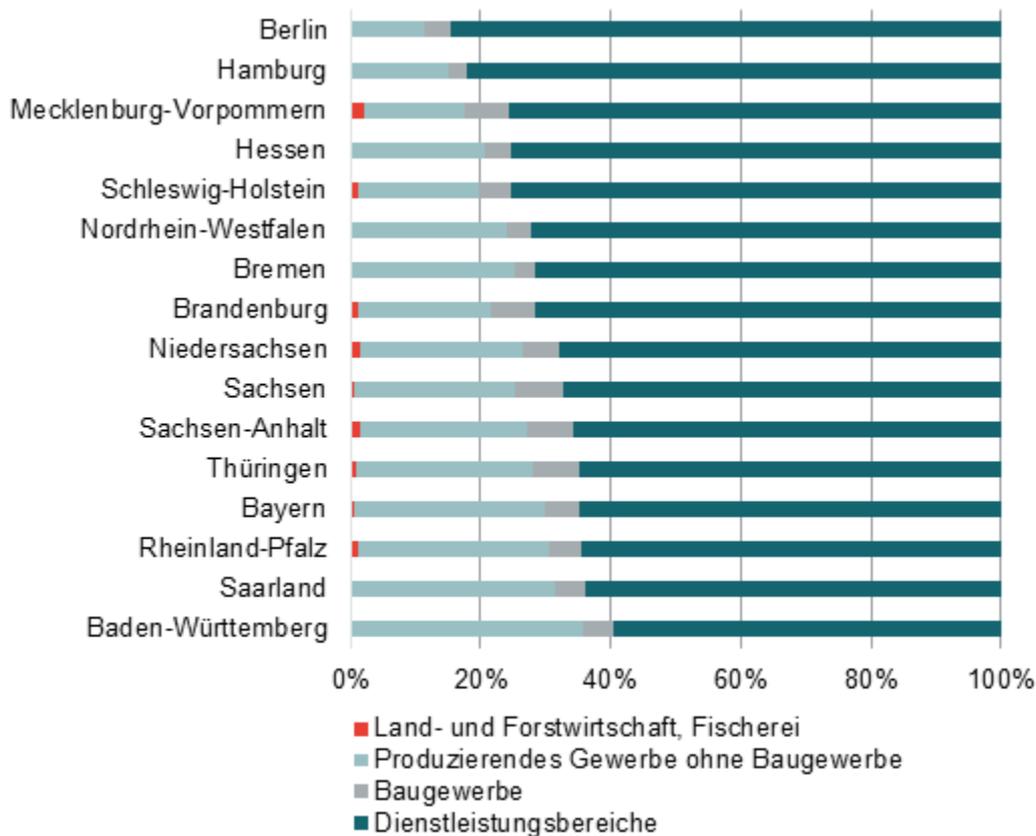
**Abbildung 54** Entwicklung der Anteile der Sektoren an der Bruttowertschöpfung in den Bundesländern zwischen 1995 und 2016



Quelle: VGR der Länder (2017), ETR (2017).

Der Verlauf des Strukturwandels in den Bundesländern beeinflusst die regionale Wirtschaftsstruktur, die in **Abbildung 55** dargestellt ist. Erwartungsgemäß ist der Dienstleistungssektor besonders in den beiden städtischen Bundesländern Berlin und Hamburg stark vertreten. Regional ergeben sich sowohl aus dem Tempo des Strukturwandels als auch aus der aktuellen Wirtschaftsstruktur für die einzelnen Bundesländer und ihre Kreise spezifische Herausforderungen. Um diesen zu begegnen, gilt es im Folgenden zunächst die Faktoren des Strukturwandels zu benennen.

Abbildung 55 Regionale Wirtschaftsstruktur in den Bundesländern, 2016



Quellen: Statistische Ämter der Länder (2017); ETR (2017).

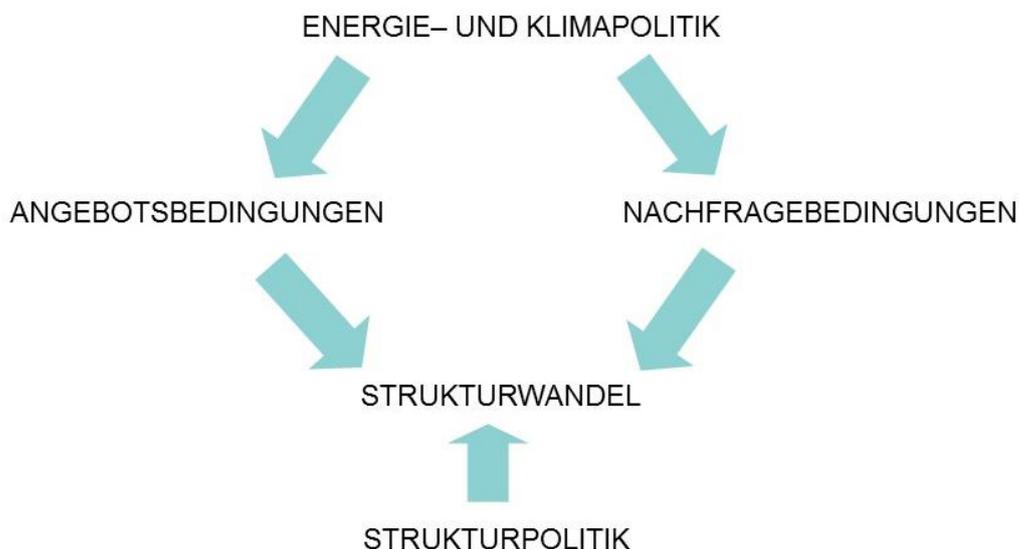
Die Treiber des Strukturwandels sind vielfältig und wirken sowohl von der Angebots- als auch von der Nachfrageseite: Zum einen führen veränderte Konsumgewohnheiten und -anforderungen dazu, dass Unternehmen und Branchen zu Anpassungen gezwungen oder als Produzenten substituiert werden und aus dem Markt ausscheiden. Auch die Energie- und Klimapolitik beeinflusst die Struktur der Nachfrage durch Regulierung und Veränderung von Präferenzen. Zum anderen wirkt auf der Angebotsseite die Globalisierung, die sich auch durch den zunehmenden Anteil handelbarer Güter und damit einer Intensivierung des Wettbewerbs zeigt und durch veränderte Handelsströme und Kapitalmarktverflechtungen sichtbar wird. Vor Ort ändern sich unter anderem auch die Technologiedurchdringung der Produktion, Inventionen, Wissensakkumulation und schließlich Innovationen. Letztere verteilen sich neu auf globale Standorte, die Vernetzung der Produktion ändert sich, so dass alte Geschäftsmodelle anpassungsbedürftig oder obsolet werden und neue Geschäftsmodelle entstehen. Ergänzend greift die Energie- und Klimapolitik als Regulierung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene in die Produktionsbedingungen und die Produktionskosten ein.

Die Wirksamkeit der Wirtschaftspolitik hängt neben der Intensität der Eingriffe entscheidend davon ab, ob sie diese Tendenzen positiv und verstärkend aufnehmen kann oder hemmen will (Lagemann et al. 2015). So ist es vorstellbar, dass z.B. eine innovationsfreundliche Steuer- und Standortpolitik den

Strukturwandel bewusst befördert bzw. abfedert oder ihn bei eigentlich anderen Zielsetzungen billigend mit beschleunigt.

Im Hinblick auf die Entwicklung einzelner Industriezweige lassen sich zudem Alterungsmerkmale ausmachen, die im Zuge eines (anstehenden) Strukturwandels auftreten (Woischneck 2015). Die wichtigsten sind der Rückgang des eigenen Innovationspotenzials, geringere Investitionsmöglichkeiten im eigenen Sektor, das relative Zurückfallen durch das Vordringen neuer Industriezweige sowie politisch-soziale Einflüsse (inklusive Regulierung), die die Dynamik des Sektors bremsen. Hiermit kann sowohl ein Strukturwandel innerhalb des sekundären Sektors einhergehen, als auch eine weitere Tertiarisierung auftreten. Im Braunkohlesektor fallen einige dieser Faktoren zusammen, so dass der Strukturwandel in den betroffenen Regionen besonders ausgeprägt auftreten kann.

#### Abbildung 56 Treiber des Strukturwandels



Quelle: ETR (2017).

Insbesondere Nordrhein-Westfalen war in der Vergangenheit von einem massiven Strukturwandel infolge der sukzessiven Stilllegung des Steinkohlebergbaus und angrenzender Schwerindustrie betroffen (vgl. RWI 2005). Vor allem das Ruhrgebiet, dessen Wirtschafts- und Beschäftigungsstruktur über viele Jahrzehnte ganz wesentlich auf die Förderung von Steinkohle ausgelegt war, stand somit vor der großen strukturpolitischen Herausforderung, den Wandel hin zu wissensintensiven Dienstleistungen zu bewältigen. Einzelne Regionen, wie beispielsweise Essen, befinden sich heute auf einem guten Weg, während der wissensbasierte Strukturwandel in anderen Städten oder Kreisen noch nicht so weit fortgeschritten ist. Mit dem Rückgang der Braunkohleförderung ist im bevölkerungsreichsten deutschen Bundesland bereits die nächste große strukturpolitische Herausforderung absehbar. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Strukturwandel des Ruhrgebiets bereits mehrere Jahrzehnte in Anspruch nimmt. Ein politisch weiter beschleunigter Strukturwandel im rheinischen Revier wäre daher extrem herausfordernd. Dies wird in besonderem Maße auch Teile der

ostdeutschen Bundesländer Brandenburg und Sachsen betreffen, da die Wirtschaftsstruktur des Lausitzer Reviers ganz wesentlich von der Braunkohle geprägt ist. Da die Einleitung des Strukturwandels in dieser Region bisher nur sehr schleppend vorangeht, besteht gegenwärtig die Gefahr eines wirtschaftsstrukturellen Schocks in der Region. Denn die Einstellung der Braunkohleförderung betrifft nicht nur die Kohlewirtschaft selbst. Darüber hinaus haben sich aufgrund der Verfügbarkeit günstigen Stroms viele energieintensive Unternehmen in enger räumlicher Nähe zu den Braunkohlekraftwerken angesiedelt. Mit der Einstellung der Braunkohleförderung und -verstromung ist die regionale Standortattraktivität für diese Unternehmen nicht mehr gegeben, sodass sich der Bedarf an strukturellen Veränderungen erheblich erhöht.

Der Strukturwandel ist kein Prozess, dem Regionen oder ganze Volkswirtschaften tatenlos gegenüberstehen müssen. Es ist durchaus möglich, Strukturpolitik zu betreiben, die vielleicht nicht zwangsläufig gestaltend, aber zumindest fördernd wirkt. Hierdurch können die Folgen des Strukturwandels, beispielsweise Arbeitskräftefreisetzungen, abgemildert werden, indem bereits frühzeitig Qualifizierungsmaßnahmen eingeleitet werden, um die Anforderungen anderer regionaler Unternehmen in Einklang mit der Qualifikationsstruktur der freigesetzten Arbeitskräfte zu bringen. Die regionale Verfügbarkeit von hoch qualifizierten Arbeitskräften ist zudem eine wichtige Determinante der Standortentscheidung eines Unternehmens. Somit kann die Strukturpolitik durch entsprechende Qualifizierungsangebote die Anpassung an den Strukturwandel nicht nur fördern, sondern auch aktiv vorantreiben.

## 5.2 Strukturpolitische Fragestellungen

### 5.2.1 Instrumente und Herausforderung der Strukturpolitik

Es existieren drei große wirtschaftspolitische Ansätze der Strukturpolitik, nämlich die Erhaltungs-, die Anpassungs- und die Gestaltungspolitik (vgl. Blum 2004). Um die zukünftige Entwicklung in den Braunkohlerevieren positiv zu beeinflussen, kommen alle drei Politiken zum Einsatz. Der Umbau der Energieversorgung und der damit verbundene Rückgang der Bedeutung der Braunkohleverstromung impliziert eine Erhaltung auf Zeit, die mit einer nachlassenden wirtschaftlichen Intensität über einen mittelfristigen Zeitraum einhergeht (*Erhaltungspolitik*). Parallel hierzu sollte eine Gestaltung des Übergangs erfolgen, die zunächst oft Anpassungsmaßnahmen, vor allem im Kontext von Arbeitsmarktpolitiken, bedingt (*Anpassungspolitik*). Um zukünftiges Wachstum, Wohlstand und Arbeitsplätze in den betroffenen Regionen zu gewährleisten, braucht es daran anknüpfend eine politische Strategie der industriellen Neuausrichtung. Eine solche Ausrichtung der Braunkohleregionen auf neue Wirtschaftszweige oder industrielle Cluster wiederum bedarf ein ausreichendes Potenzial an Wissen über Verfahren und Märkte, das nur über die Zeit verwirklicht werden kann. Somit werden neben Anpassungs- vor allem Gestaltungsaufgaben notwendig (*Gestaltungspolitik*). Deutlich wird hier das Erfordernis eines flexiblen Prozesses kontinuierlicher Anpassung des Gestaltungsziels, um möglichst viele neue Technologie- und Marktpulse aufnehmen zu können. Damit wird das Problem umschiffen, dass zentrales nicht dem dezentralen Wissen überlegen ist (Hayek 1945). Auch sollten

um dieser Flexibilität willen die mit der Gestaltung verbundenen Förderinstrumente möglichst technologie- und marktoffen sein. Zudem wird die konkrete Ausgestaltung des Zeitpfads, in dem der Umbau der Energieversorgung ablaufen soll, zu einem wesentlichen Erfolgsmaßstab für einen gelungenen Umbau: Bei einem Rückgang der Braunkohleverstromung, der wesentlich über den Emissionshandel getrieben wird, verbleibt für den Strukturwandel erheblich mehr Zeit als bei einem beschleunigten Ausstieg analog der Vorgabe des Klimaschutzplans 2050.

Der technologische Umbau der deutschen Braunkohlereviere wird also erforderlich, weil die Energiewende und das Pariser Klimaabkommen einen großen Veränderungsdruck auf die bisherigen Verwertungskonzepte der Braunkohle ausüben. In diesen Rahmen haben sich die Instrumente der Strukturpolitik einzuordnen. Die Veränderungen im Einzelnen werden in höchst asymmetrischer Form wirksam, weil sie direkt bei der Energieproduktion, aber auch bei den nachgelagerten Sektoren Benachteiligte (sektoral, regional, personell) in unterschiedlicher Intensität schaffen. Die Gestaltungsaufgaben orientieren sich an den möglichen (politisch, ökonomisch, sozial) zumutbaren Technologiewechseln. Geschehen diese Technologiewechsel dann in hoher Geschwindigkeit und/oder unter hoher politischer Unsicherheit, können wiederum versunkene Kosten entstehen mit der Folge möglicher Hystereseffekte.

## 5.2.2 Voraussetzungen für einen gelingenden Strukturwandel

### Cluster

Viele altindustrielle Regionen profitieren besonders von vertikalen Clustern, also (Liefer-) Verflechtungsstrukturen, die durch ein dominantes Unternehmen geprägt werden, das seine Vorleistungen vorrangig aus der Region bezieht. Außerdem existieren vertikal integrierte Unternehmen, deren Produkte eine hohe Wertschöpfungstiefe (vertikale Integration) aufweisen und die aus einem zunächst wenig spezifizierten Rohstoff ein Endprodukt herstellen. Die Stromherstellung aus Braunkohle wäre dabei ein typisches Beispiel. Die hohen gesamtwirtschaftlichen und regionalen Multiplikatoren der Input-Output-Analyse (Kapitel 3 und 4) zeigen die hohe Bedeutung der Braunkohleindustrie für andere Wirtschaftszweige, die häufig in der Region vorzufinden sind.

Die industriellen Zentren in Deutschland zeigen starke Clusterstrukturen und befinden sich beispielsweise im Rhein-Main, in der Region Stuttgart, in der Metropolregionen München und auch in Ostdeutschland im Städtedreieck Jena, Leipzig und Dresden. Das Cluster Bergbau-Energie-Hüttenwesen war über 150 Jahre Garant des Wohlstands im Ruhrgebiet. Eingeleitet durch die Veränderungen im internationalen Kohlehandel und den erstarkenden Wettbewerb im Stahlsektor gerieten dann aber nicht nur der Bergbau, sondern auch die beiden anderen Sektoren unter großen Anpassungsdruck.

Die strukturpolitische Herausforderung besteht daher darin, den Wandel der Regionen aus den vertikalen Clusterstrukturen bzw. aus diesen Non-Clustern in leistungsfähige horizontale Cluster zu gestalten. In diesen bieten

Plattformtechnologien den Unternehmen der Region ein breites Spektrum an Verwertungsmöglichkeiten für ihre Produkte. In der Tat zeichnen sich erfolgreiche Regionen durch die gemeinsame Verwendung von einigen wenigen grundlegenden Technologien mit einer Vielzahl von Einsatzbereichen (*general purpose technologies*, GPT; Helpman 1998) aus. Dabei kann die Gemeinsamkeit in der Form des technischen Wissens bestehen, z.B. im Maschinen- und Anlagenbau wie er historisch in Ostwestfalen, Baden-Württemberg und Sachsen zu finden ist, oder in speziellen Werkstofftechnologien wie Glas, wie es sich in Jena findet. So fertigen die Unternehmen daraus verschiedene Produkte, die nur in begrenzter Konkurrenz zueinander stehen. Dennoch stehen die Unternehmen im Wettbewerb, da sie gemeinsam um Inputfaktoren, insbesondere hoch qualifizierte Arbeitskräfte, konkurrieren. Gerade in diesem Bereich kann der Staat durch Bildungs- und Ausbildungspolitik die Wettbewerbsfähigkeit der Region fördern. Durch die Zusammenarbeit von Wirtschafts- mit Wissenschaftsnetzwerken und regionaler Politik entstehen regionale Identitäten mit starker industriepolitischer Bindung.

### Netzwerke

Netzwerke sind für die moderne Wirtschaftsgeografie an zwei Stellen von herausragender Bedeutung: Netzwerke werden zum einen durch reale Infrastrukturen geprägt. Zum anderen gibt es auch virtuelle Systeme, die regionale, sektorale oder gruppenspezifische Mentalitäten beeinflussen können und im Extremfall ein dezidiertes „Clusterbewusstsein“ im Sinne von „*industrial heritage*“ hervorrufen. Erfolgreiche Cluster (s.o.) sind robust (resilient), weil sie in den Elementen ihrer Netzwerkstrukturen und den damit verbundenen positiven Externalitäten eine hohe Stabilität besitzen (Marek, Titze, Fuhrmeister, Blum 2016).

Die Braunkohleindustrie ist in eine Vielzahl von Netzwerken eingebunden, was auch der Spezifität der Wertschöpfungskette geschuldet ist, die von der Urproduktion mit den dafür verwendeten Technologien bis hin zu den Endprodukten, bisher besonders im Bereich der Stromerzeugung und zum Teil der Chemie, reicht. Auch hier sind die entsprechenden Produktionstechnologien in den Lieferverflechtungen von großer Bedeutung. Damit wird jede Strategie für eine zukunftsfähige Nutzung der Braunkohle mit der Frage verbunden sein, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um das vorhandene Innovationspotential und damit die daraus entstehenden Wertschöpfungsmöglichkeiten weiter nutzen zu können und den Übergang so zu gestalten, dass die Verbindungen, aus denen relevantes Wissen in die umzubauenden Standorte fließt, nicht gekappt werden.

Bisher wurden die Extraktions- und Kraftwerkstechnologien von den Herstellern der Förderanlagen, der Kraftwerkstechniken aber auch vom Know-how, wie diese zu betreiben sind, stark dominiert. Wenn die bisherige energetische Verwertung der Braunkohle aus klimapolitischen Gründen anhand eines vorher bemessenen Zeitpfades reduziert wird, dann dürfen keine Sprünge beim Abbau der Kapazitäten entstehen, die zu einem Verlust industrieller Expertise führen würde. Dann nämlich wäre auch eine zukünftige stoffliche Nutzung des heimischen Kohlenstoffs gefährdet und Deutschland beraubte sich eines Optionsgutes. Die Bewahrung von Know-how Netzwerken erleichtert außerdem zukünftige Innovationen.

Das Ziel einer Innovationsstrategie, die die Standorte in ihrer Gesamtheit aufwertet, besteht darin, eine diversifizierte Struktur rund um die vorhandenen Kompetenzen aus dem Umfeld der Braunkohlenwirtschaft aufzubauen, die das vorhandene Know-how nutzt und ergänzt, insbesondere, um hochspezialisierte Anbieter (*hidden champions*) hervorzubringen. Damit verbunden stellt sich die Frage, welche Technologien in einer „Welt nach der Braunkohle“ als verwertungsoffene Technologien (*general purpose technologies*) aus der Braunkohlenwirtschaft genutzt werden können. Einer erfolgreichen Standortpolitik gelingt es, daran anknüpfend Cluster und Netzwerke zu erhalten und zu erneuern und so eine Innovationsregion zu schaffen, in der sich hochwertige, d.h. regionale Beschäftigung und Wertschöpfung generierende Industrien ansiedeln. Beispielhaft wäre hier die stoffliche Nutzung der Braunkohle zur Produktion von Kohlenstoffen für die Kunststoffindustrie zu nennen, die an die bisherige Tradition der Verstromung und Veredelung von Braunkohle anknüpft.

### 5.2.3 Was es zu vermeiden gilt und was zu beachten ist

Cluster bilden sich vorwiegend in Regionen mit guter physischer und informatorischer Erreichbarkeit. Umgekehrt werden diese gerade für Räume mit hoher wirtschaftlicher Aktivität ausgebaut. Insofern ergibt sich ein selbstverstärkender Prozess. Dieser kann sich in schrumpfenden Regionen auch nach unten bewegen. Deshalb muss den kumulativen Wachstums- aber auch drohenden Schrumpfungsprozessen ein wichtiges wirtschaftspolitisches Augenmerk gelten (Blum 1986). Im Sinne der klassischen Ordnungsökonomik gilt es hier, die Erwartungsbildungsprozesse zu verstetigen, also durch eine verlässliche regionalpolitische Orientierung rationale Investitionsentscheidungen zugunsten der Region zu ermöglichen. Besonders in den ostdeutschen Braunkohleregionen, in denen zukünftig mit starken Bevölkerungsrückgängen zu rechnen ist, könnte die vorzeitige Stilllegung der Braunkohleförderung eine Spirale nach unten einläuten (vgl. **Abschnitt 4.3.3**).

Eine der wesentlichen Erkenntnisse der Regional- und Transformationsforschung der letzten Jahrzehnte ist, dass nicht nur die Ergebnisse des Strukturwandels, sondern auch die regionalen Veränderungsprozesse selbst Hystereseeigenschaften besitzen. So können unstete und zeitinkonsistente Wirtschaftspolitiken – oft mit zeitlich verzögerter Wirkung – die Intensität der Brüche entlang der Transformationspfade verschärfen. Dies gilt auch in Bezug auf Clusterstrukturen, die sich zunächst positiv entwickeln, dann aber aufgrund unsteter politischer Rahmenbedingungen plötzlich gebremst oder sogar geschrumpft werden, um dann wieder auf Expansion getrieben zu werden. Der Aufbau Ost ist hier ein interessantes Beispiel: Der Versuch, zunächst industrielle Kerne zu retten, dann aber der Privatisierung Vorrang zu geben, um schließlich angesichts einer immer ungünstiger werdenden Betriebsgrößenstruktur wieder in Kategorien größerer Unternehmen zu denken, hat letztlich sämtliche Potenziale für Führungsstrukturen (Headquarters) im Osten zerstört – im großbetrieblichen Bereich dominieren heute verlängerte Werkbänke, wodurch keine regionale Kontrollstruktur existiert, also die Fähigkeit, das Geschick der Region aus ihren

eigenen Unternehmen heraus zu lenken. Tatsächlich besitzen daher heute nur wenige ostdeutsche Regionen langfristig ökonomisch ertragreiche Clusterstrukturen.

Bezogen auf den Rückgang der Braunkohleförderung und -verstromung bedeutet dies, dass ein schneller Rückgang – wie er im Rahmen des Klimaschutzplans 2050 erfolgt – die Erwartungen bezüglich zukünftiger Entwicklungen in den Regionen dämpft und deshalb zu verminderten Investitionen führt. Alte Netzwerk- und Clusterstrukturen brechen weg und neue entstehen, wenn überhaupt, nur sehr langsam. Ein längerfristiger Wandel der Braunkohlewirtschaft, beispielsweise hin zu einer verstärkten stofflichen Verwertung, würde es erlauben, alte Netzwerkstrukturen fort- und in neue zu überführen. Dabei sollte der Pfad zu einer stofflichen Verwertung von Braunkohle kontinuierlich verfolgt werden, denn bei einer plötzlichen Unterbrechung, die dann revidiert wird, können die „alten Verhältnisse“ nicht mehr wiederhergestellt werden. Dies erscheint aufgrund der Kostenintensität der Anlagen als unmittelbar klar.

Für Hystereseeffekte ursächlich sind irreversible Investitionen, die auch als versunken bezeichnet werden. Nach ihrer Durchführung muss der Buchwert der Anlagen im Falle einer Nichtweiterführung des Geschäftszwecks vollständig abgeschrieben werden (Blum, Müller, Weiske 2006). Das gilt für festeingebaute Anlagen, z.B. Raffinerien oder Bahnhöfe, aber auch Energieerzeugungsanlagen, weil diese nicht oder kaum an einen anderen Standort verkauft werden können, um sie dort weiterhin zu nutzen. Es gibt eine Vielzahl an Industrien mit erheblichen versunkenen Kosten, oft verbunden mit starken Größendegressionsvorteilen, beispielsweise die sogenannten FABs (Fabriken) zur Herstellung mikroelektronischer Teile, Zementwerke, Chemieanlagen und eben auch Kraftwerke und ihre zugehörigen Netzinfrastrukturen. Werden diese vor dem Ende ihrer Nutzungszeit stillgelegt, dann sind hohe versunkene Kosten als nichtrealisierte Abschreibungsgegenwerte auszuweisen, was gegebenenfalls das Insolvenzrisiko des Betreibers erhöht. Erst wenn solche spezifischen Investitionen nach Ende der Abschreibungsdauer außer Betrieb gestellt werden, fallen keine Sonderabschreibungen, sondern lediglich gewinnschmälernde Cash-Flow-Einbußen an.

Versunkene Kosten entstehen auch auf der personellen Ebene, weil für das Bedienen derartig spezifischer Anlagen qualifiziertes Personal benötigt wird, für das, wenn die Industrie abgewickelt wird, keine ihrem bisherigen Humankapital entsprechende Einsatzmöglichkeit besteht (Entwertung von spezifischem Humankapital). Schließlich entsteht, besonders beim Systemübergang von Wirtschaftsordnungen, eine institutionelle Versunkene-Kosten-Struktur, weil die Organisation von Abläufen, beispielsweise in der öffentlichen Verwaltung, plötzlich vor völlig neuen Anforderungen steht. Beim Übergang in Ostdeutschland von der Zentralverwaltungswirtschaft in die Marktwirtschaft traten derartige institutionelle und personale Kapitalvernichtungen häufig auf. Diese sind in der Regel mit hohen Arbeitslosenquoten verbunden, wenn sie nicht auf einem zweckmäßigen Zeitpfad organisiert werden. In Bezug auf die Anforderungen des Arbeitsmarkts entsteht zudem ein „neues“ Matching-Problem, als ein Problem der Abstimmung zwischen der Angebots- und der Nachfrageseite des Marktes.

Auch an dieser Stelle ist somit der Bezug zu den strukturpolitischen Verwerfungen im Kontext des Aufbaus Ost lehrreich, als es innerhalb von kurzer Zeit zu erheblichen Produktivitätsaufwüchsen kam – in der gewerblichen Wirtschaft um den Faktor 3 bis 4, allerdings mit Spitzen bis zum Faktor 10, beispielsweise in der chemischen Industrie. Gleichermaßen traten enorme versunkene Kosten auf, weil auf den vorhandenen Anlagen Produkte erzeugt wurden, für die es bei gegebenen Kosten und Qualitäten keine Märkte mit ökonomisch tragfähigem Preis gab. Teilweise entstanden zudem Umstellungsprobleme, weil das Humankapital der bisherigen Beschäftigten nicht mit neuen Technologien kombinierbar war. Hier lassen sich wichtige Erfahrungen nutzen, die einen innovationsorientierten Strukturwandel, zu dem auch die stoffliche Nutzung der Braunkohle gehören könnte, begleiten sollten. Folgende Problembereiche lassen sich für die Braunkohleregionen identifizieren:

1. Kapital: Betroffen sind die Fördereinrichtungen (einschließlich einiger Transportkapazitäten der Schiene) und die Kraftwerkskapazitäten. Hier ist zu prüfen, welcher Umbauplan eine weitgehend effiziente Nutzung über einen ökonomisch und ökologisch tragfähigen Zeitraum ermöglicht.
2. Bei einer zukünftigen Verwendung des Rohstoffs Braunkohle zum Beispiel in der stofflichen Verwertung und bei gleichzeitiger Rückführung der energetischen Verwendung wird der Bedarf an Braunkohle vermutlich zunächst merklich fallen, sodass die Wertschöpfungstiefe pro Tonne Braunkohle vor Ort beträchtlich erhöht werden muss, will man die Beschäftigung und das regionale Einkommen aufrechterhalten. Damit wird es notwendig, bereits bei der Planung des Umstiegs die Ansiedlung anschlussfähiger Industrieanlagen zu attrahieren und die damit zusammenhängenden Entscheidungen, die das Humankapital angehen, zu treffen.

Für derartige Veränderungen wird der Zeitpfad zu der entscheidenden Größe einer erfolgreichen Strukturpolitik: Ein zu langsames Vorgehen führt dazu, dass die Anpassungspolitik zu einer Erhaltungspolitik verkommt – oft mit dem Nebeneffekt, dass der Abstand zur „*technological frontier*“ nicht geringer wird. Bei zu schnellem Vorgehen können die hohen bisherigen Investitionen, also versunkene Kosten, am Markt nicht mehr erwirtschaftet werden. Bei einer Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 würde die Nutzung einzelner Kraftwerke und der Anlagen vor dem Ablauf ihrer wirtschaftlichen Lebensdauer enden. Diese wären somit aus politischen Gründen nicht mehr marktfähig und auch nicht ökonomisch zu verwerten. Deshalb wären bilanzielle und volkswirtschaftliche Verluste unvermeidbar. Weiterhin würden Netzwerkstrukturen zerstört, wodurch ebenfalls Friktionen entstünden; dabei wären auch Verluste die Folge, weil vorhandene positive Netzwerkverflechtungen verloren gingen, die neu entstehenden aber noch nicht wirksam wären. Beides wird sozialpolitisch bedeutsam bei der Suche nach Beschäftigungsalternativen der Arbeitnehmer im Rahmen des Umbaus, es entstehen also „persönliche versunkene Kosten“, die zu politisch relevanten Unmutsäußerungen führen dürften.

Die Chance muss genutzt werden, dass mit dem Umbau der regionalen Wertschöpfung hin zu einer klimaneutralen Verwertung von Braunkohle und anderen innovativen Ideen völlig neuen Industrien, Netzwerken und Cluster

induziert werden. Nur so ist eine weitgehende Kompensation für die regionale Einkommensentwicklung zu ermöglichen.

## LITERATUR

- AG Energiebilanzen (2016): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2014.
- Agora Energiewende (2016): Elf Eckpunkte für einen Kohlekonsens. Konzept zur schrittweisen Dekarbonisierung des deutschen Stromsektors, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050, Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.
- Bundesnetzagentur (2016): Monitoringbericht 2016. Bonn.
- Buttermann, H. G.; Baten, T. (2011): Die Rolle der Braunkohlenindustrie für die Produktion und Beschäftigung in Deutschland. Untersuchung im Auftrag des DEBRIV. Hg. v. EEFA – Energy Environment Forecast Analysis GmbH & Co. KG. Münster, Berlin.
- Buttermann, H.G.; Freund, F.; Hillebrand, E. (2010): Bedeutung der rheinischen Braunkohle – sektorale und regionale Beschäftigungs- und Produktionseffekte. Untersuchung im Auftrag der RWE Power AG. EEFA – Energy Environment Forecast Analysis GmbH & Co. KG. Münster, Berlin.
- Blum, U., (1986): Growth Poles and Regional Evolution, Jahrbuch für Sozialwissenschaft 37/3: 325-353.
- Blum, U., (2004): Volkswirtschaftslehre, Oldenbourg, 4. Auflage, München.
- Blum, U., Müller S., Weiske, A. (2006): Angewandte Industrieökonomik: Theorien, Modelle, Anwendung, Gabler, Wiesbaden.
- EIA (2017): Electricity Data Browser - Average Retail Price of Electricity, Annual. U.S. Energy Information Administration.
- enervis (2016): Sozialverträgliche Ausgestaltung eines Kohlekonsens. Studie im Auftrag von ver.di, Berlin.
- Statistik der Kohlenwirtschaft (2017): Beschäftigte in der Braunkohlenindustrie in Deutschland Ende Dezember 2016, Köln.
- Eurostat (2017): Energiestatistik – Preise Gas und Elektrizität (ab 2007) (nrg\_pc).
- Eurostat (2017): Energiestatistik – Preise Gas und Elektrizität (bis 2007) (nrg\_pc\_h).
- Eurostat (2017): Energiestatistik – Versorgung, Umwandlung, Verbrauch (nrg\_10).
- Franke, S. Hackforth, J., Haywood, L. (2017): Arbeitsplätze in der ostdeutschen Braunkohle: Strukturwandel im Interesse der Beschäftigten frühzeitig einleiten. DIW Wochenbericht 6+7: Ostdeutsche Braunkohle.
- Gärtner, S., (2014): Den Pfadwandel einleiten: Von den Dilemmata präventiver Strukturpolitik, Forschung Aktuell, Institut Arbeit und Technik (IAT), Gelsenkirchen, No. 10/2014.

- Germeshausen, R.; Löschel, A. (2015): Energiestückkosten als Indikator für Wettbewerbsfähigkeit. In: Wirtschaftsdienst (1), S. 47–50.
- Hayek, F. A. v. (1945): The Use of Knowledge in Society, The American Economic Review 36, 619-630.
- Helpman, E., (1998): General Purpose Technologies and Economic Growth, MIT-Press, Cambridge, Mass.
- IEA (2004): International Energy Agency. Key World Energy Statistics.
- IEA (2016): International Energy Agency. Key World Energy Statistics.
- Institut der deutschen Wirtschaft Köln / Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult (Hrsg.), 2015, Digitalisierung, Vernetzung und Strukturwandel: Wege zu mehr Wohlstand, Erster IW-Strukturbericht, Köln.
- Krugman, P., (1994): Competitiveness: A Dangerous Obsession. Foreign Affairs 73: 28-44.
- Marek, P.; Titze, M.; Fuhrmeister, C.; Blum, U. (2016): R&D Collaboration and the Role of Proximity, Regional Studies (1 – 13).
- Prognos (2011): Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland. Prognos AG. Berlin.
- Romer, P. M. (1986), Increasing Returns and Long-Run Growth, Journal of Political Economy 94, (1002–1037).
- RWE (2017): Interne Unternehmensangaben.
- RWI (2005): Strukturwandel ohne Ende? Aktuelle Vorschläge zur Revitalisierung des Ruhrgebiets und ihre Bewertung. Hg. v. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung. Essen (RWI: Materialien, Heft 20).
- R2b Energy Consulting GmbH und Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut gGmbH (2014): Auswirkungen des geplanten Aktionsprogramms Klimaschutz 2020. Konsequenzen potenzieller Kraftwerksstilllegungen. Köln und Hamburg.
- Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2017): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte und Arbeitslosenquoten.
- Statistik der Kohlenwirtschaft (2016): Verwendung der Braunkohlenförderung nach Revieren, Köln.
- Statistik der Kohlenwirtschaft (2017): Beschäftigte in der Braunkohlenindustrie in Deutschland Ende Dezember 2016, Köln.
- Statistische Ämter der Länder (2016): Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 1992 und 1994 bis 2014, Stuttgart.
- Statistische Ämter der Länder (2017): Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2016, Stuttgart.

- Statistisches Bundesamt (2017a): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Input-Output-Rechnung des Jahres 2013 (Revision 2014), Fachserie 18 Reihe 2, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2017b): Genesis-Online Datenbank, Monatsberichte für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden, Umsatzindizes im Verarbeitenden Gewerbe, Erzeugerpreisindizes gewerblicher Produkte, Kostenstrukturerhebung der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe, Produktionswert, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland, [<https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon>], (07.03.2017).
- Statistisches Landesamt Berlin-Brandenburg (2015): Bevölkerungsprognose für das Land Brandenburg, 2014 bis 2040, Potsdam.
- Statistisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (2017): Vorausberechnung der Bevölkerung in den kreisfreien Städten und Kreisen Nordrhein-Westfalens 2014 bis 2040/2060, Düsseldorf.
- Statistisches Landesamt Sachsen (2016): 6. Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für den Freistaat Sachsen bis 2030, Kamenz.
- Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt (2016): 6. Regionalisierte Bevölkerungsprognose Sachsen-Anhalt von 2014 bis 2030, Halle/Saale.
- Tidd, J.; Bessant, J.; Pavitt, K. (1997): Managing Innovation, J. Wiley, Chichester.
- Woischnek, N. (2015): Was macht Pittsburgh so erfolgreich? Faktoren eines gelungenen Strukturwandels, mimeo.
- Weltbank (2017): World Development Indicators (WDI), World industry value added (constant 2010 US\$), [<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>], (10.03.2017).

# ANHANG A DETAILS ZUR STROMMARKTMODELLIERUNG

## A.1 Modellbeschreibung

### A.1.1 Modelleigenschaften

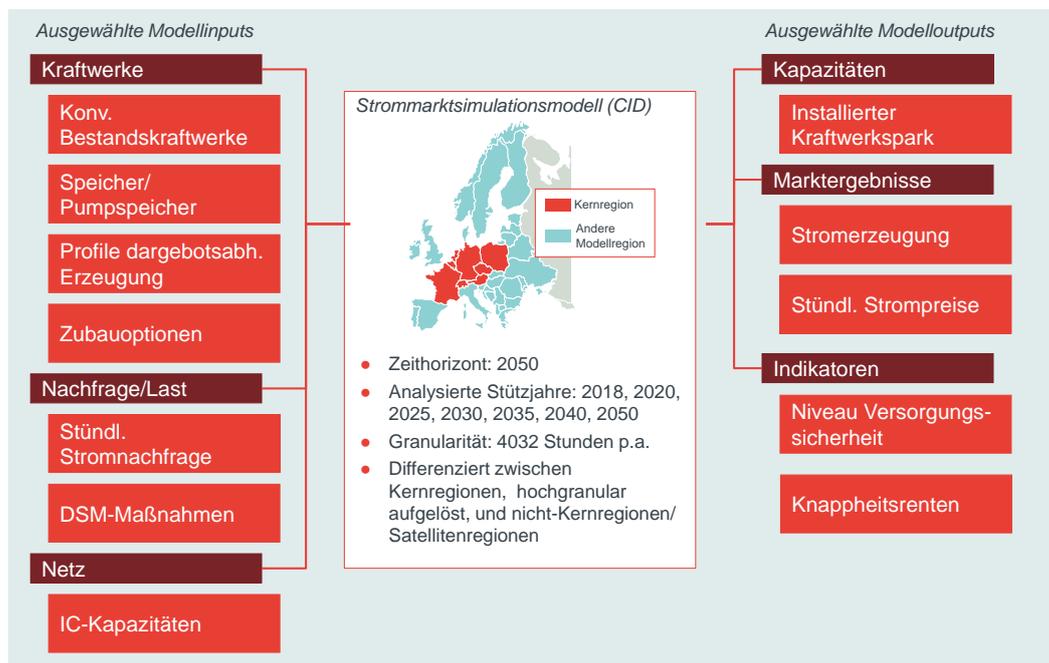
Unser europäisches Strommarktmodell, das wir zur Beantwortung der hier aufgeworfenen Fragen anwenden, kann wie folgt beschrieben werden:

- **Zielfunktion** – Als Zielfunktion ist die „Minimierung der Gesamtkosten der Stromerzeugung in Europa (Barwert heute)“ formuliert. Als wichtigste Nebenbedingungen der Optimierung enthalten sind u.a.
  - die Deckung der stündlichen Energiebilanz in jeder Region (mit der Möglichkeit zu Versorgungseinschränkung);
  - die Übertragungsnetzkapazitäten zwischen den Regionen; und
  - die technischen und ökonomischen Randbedingungen der Kraftwerke, Speicher, Erneuerbare Energien und Demand Side Management (DSM).
- **Integriertes Dispatch- und Investitionsmodell** – Das Modell ist ein integriertes Investitions- und Kraftwerkseinsatzmodell. Somit ist der Optimierungszeitraum an der Lebensdauer von Kraftwerken orientiert (Modell optimiert unter Verwendung von 'Stützjahren'<sup>34</sup> bis zum Jahr 2050), die zeitliche Auflösung beträgt bis zu 4032 h/Stützjahr. In dieser Stufe werden auf Basis aggregierter Kraftwerksblöcke Zubauten und Rückbauten im Europäischen Kraftwerkspark, auch unter Berücksichtigung z.B. von Kapazitätsmärkten, modelliert. Zudem ist das Modell geeignet, Knappheitsrenten auf Erzeugungsseite für jene Modellperioden (Stützjahre) zu bestimmen, in denen das Kapazitätsangebot in Stunden mit hoher Residualnachfrage knapp ist. Diese Information wird bei der Bestimmung der stündlichen Strompreise modellendogen berücksichtigt.
- Das Modell ist als **lineares Optimierungsproblem in GAMS** formuliert. Inputs und Outputs werden über Microsoft Access und Excel eingelesen. Das Optimierungsproblem wird mit Hilfe des kommerziellen Solvers CPLEX gelöst.
- **Modellergebnisse** sind für die Basisjahre u.a. stündliche Strompreise auf Basis kurzfristiger Grenzkosten für zu 4032 h Stunden. Daneben können z.B. die detaillierten Fahrweisen der Kraftwerke, Abrufe von Lastflexibilität, Stromaustausche zwischen Modellregionen etc. aus dem Modell generiert werden. Diese Informationen dienen im vorliegenden Projekt der Plausibilisierung und Erklärung der Strompreiskurven. Zudem generieren wir in diesem Arbeitsschritt durch Interpolation die Strompreise (mit entsprechender Strompreisvolatilität) für die Jahre, die keine Basisjahre darstellen („Zwischenjahre“).

---

<sup>34</sup> Stützjahre: 2020, 2025, 2030, 2035, 2040, 2050.

Abbildung 57 Übersicht über Modelllogik und Ableitung Strompreise



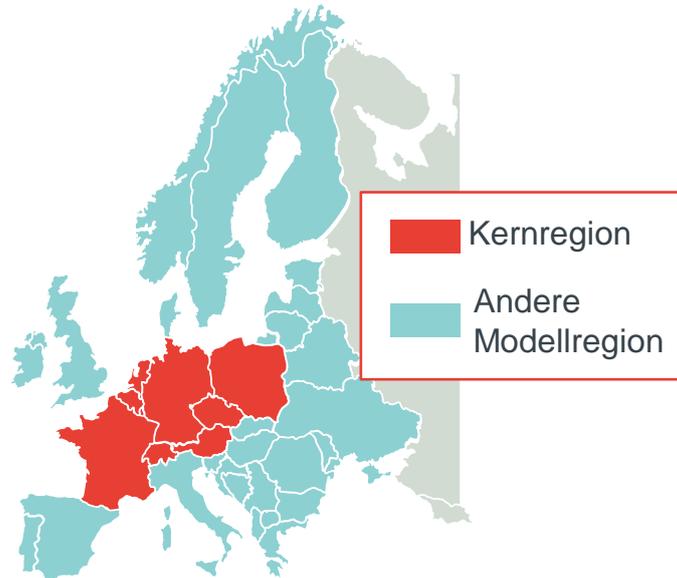
Quelle: Frontier Economics

## A.1.2 Regionale Abdeckung

Unser Modell umfasst Deutschland und alle Nachbarländer (sowie weitere Regionen in Europa). Kernmodellregion sind beispielsweise die Regionen CH, DE, FR, BE, NL, LU, AT, IT, PL, CZ und DK. Weitere Regionen (wie z.B. GB) werden wahlweise mit aggregierter Angebots- und Nachfragefunktion oder mit exogen vorgegebenem Strompreis modelliert (**Abbildung 58**).

- **Kernregionen (rot gekennzeichnet)** – Hochgranularer Kraftwerkspark, optimierter Kraftwerkseinsatz und optimierte Investitions- und Stilllegungsentscheidungen.
- **Umliegende Modellregionen (blau gekennzeichnet)** – Geringere Granularität des Kraftwerksparks, exogene Kapazitätsentwicklung und optimierter Kraftwerkseinsatz oder exogene stündliche Strompreise und Netzkapazitäten zum Stromaustausch mit Modellregionen.

Abbildung 58 Modellregionen im Investitions- und Dispatch Modell



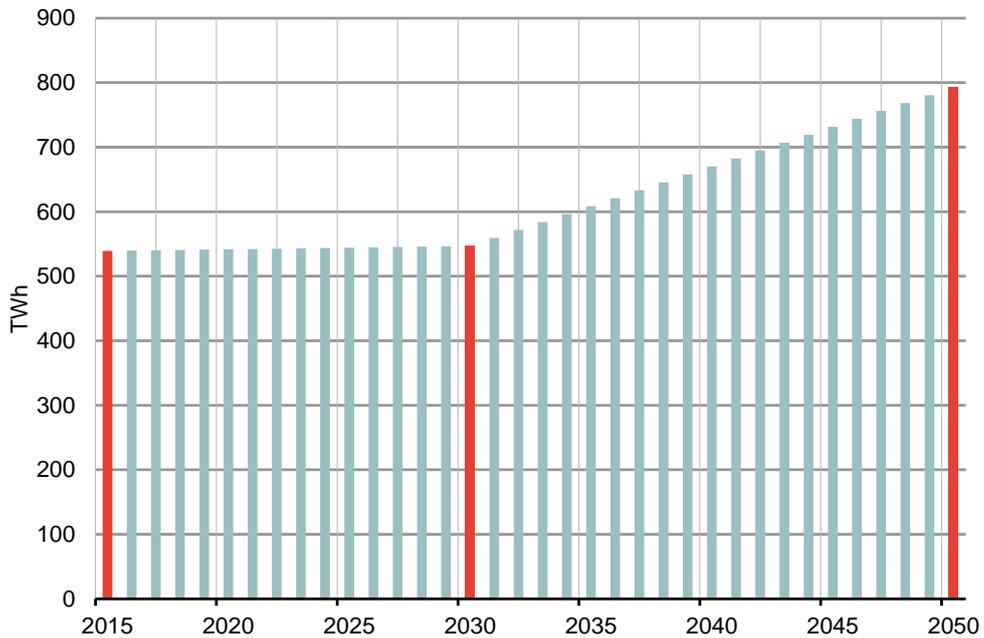
Quelle: Frontier Economics

## A.2 Annahmen der Strommarktmodellierung

### Stromnachfrage

Die Entwicklung der Stromnachfrage bis 2050 basiert auf den Prognosen dargelegt im „Netzentwicklungsplan Strom 2030“ (2017) und in der Studie „Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr“ des Fraunhofer Instituts (2015). Mittelfristig wird ein moderater Anstieg der Nachfrage auf 547 TWh, basierend auf Szenario B des Netzentwicklungsplans 2030, erwartet. Langfristig wird dagegen ein deutlicher Anstieg der Nachfrage durch zusätzliche Stromanwendungen aus der Sektorkopplung, vor allem in den Wärme- und Verkehrssektoren, prognostiziert. So steigt die Stromnachfrage bis 2050 auf 793 TWh, einem Anstieg von 47 % gegenüber der Nachfrage von 2015 (vgl. **Abbildung 59**). Die Entwicklung der Stromnachfrage in den weiteren Ländern der Kernregion wird in **Abbildung 60** dargestellt. Auch in diesen Ländern wird mehrheitlich langfristig ein Anstieg des Strombedarfs erwartet.

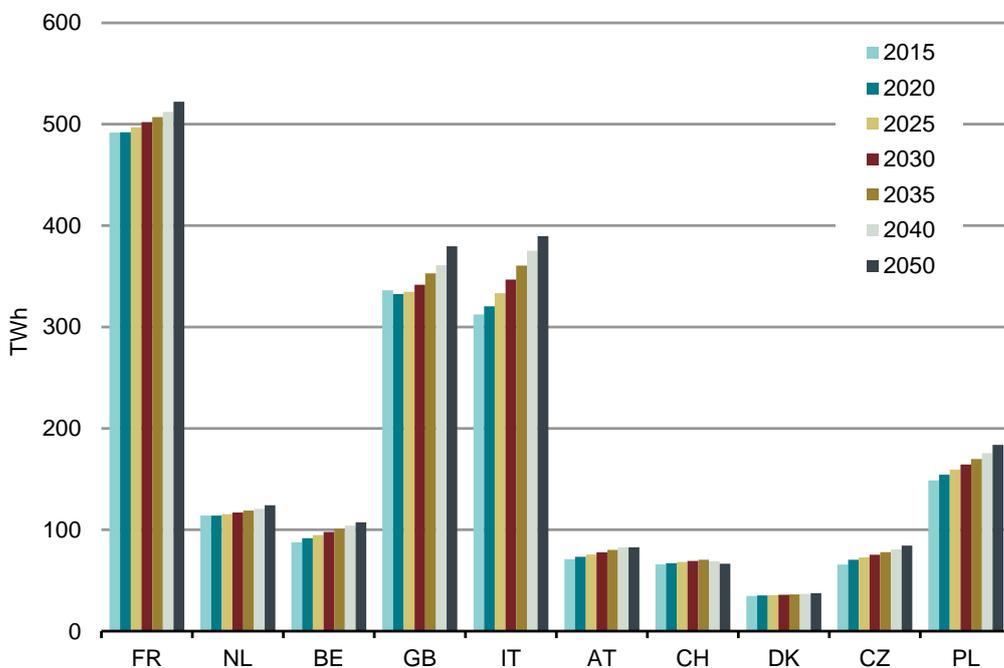
Abbildung 59 Stromnachfrage in Deutschland



Quelle: 50Hertz (2017), Netzentwicklungsplan Strom 2030 (Sz. B). Fraunhofer (2015), Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr.

Hinweis: Die Stromnachfrage für die Stichjahre 2030 und 2050 basiert auf dem NEP, Szenario B, und der Prognose des Fraunhofer Instituts "Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr". Die Zwischenjahre wurden interpoliert.

Abbildung 60 Stromnachfrage in Kernregion (exkl. Deutschland)



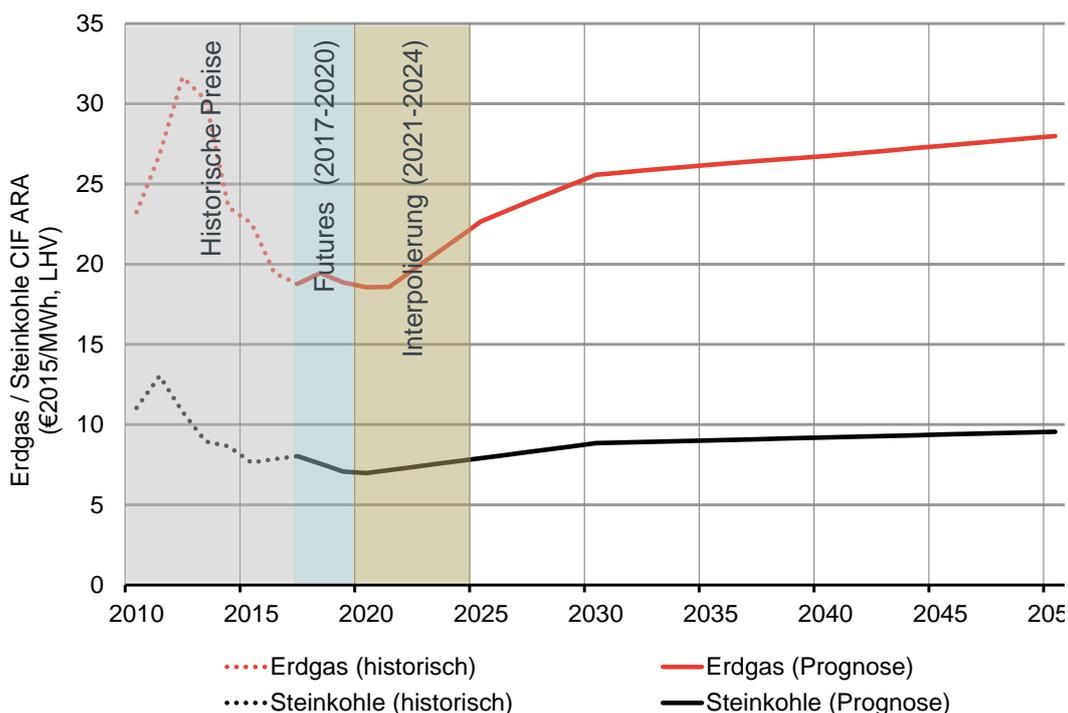
Quelle: Frontier Economics.

## Brennstoffpreise

Die Brennstoffpreise sind Teil der Kernannahmen und konstant über die modellierten Szenarien hinweg. In der nahen Zukunft, basierend auf beobachtete Preise für gehandelte Futures, bleibt der Erdgaspreis nahezu konstant. Mittel- und langfristig wird eine Erholung des Erdgaspreises auf 25 - 30 EUR/MWh erwartet. Der Abwärtstrend des Steinkohlepreises hält kurzfristig (bis 2020) an. In der darauf folgenden Periode bis 2050 wird jedoch ein moderater Anstieg des Preises prognostiziert (vgl. **Abbildung 61**).

Die Preise für Erdgas und Steinkohle in der Periode von 2017 bis 2020 basieren auf Futures für das jeweilige Jahr, die an der EEX gehandelt werden. Die mittelfristigen Brennstoffpreise für 2021 bis 2024 basieren auf einer Interpolierung der Preise der Futures (bis 2020) und der Prognose des New Policies Szenarios (ab 2025) des World Energy Outlook der IEA (2016). Die Preise des New Policies Szenarios werden ab 2025 als Grundlage der Brennstoffpreise genutzt. Langfristig wird auf Basis der aktuellen Markterwartung jedoch ein geringerer Anstieg des Gaspreises.

**Abbildung 61 Brennstoffpreisannahmen**



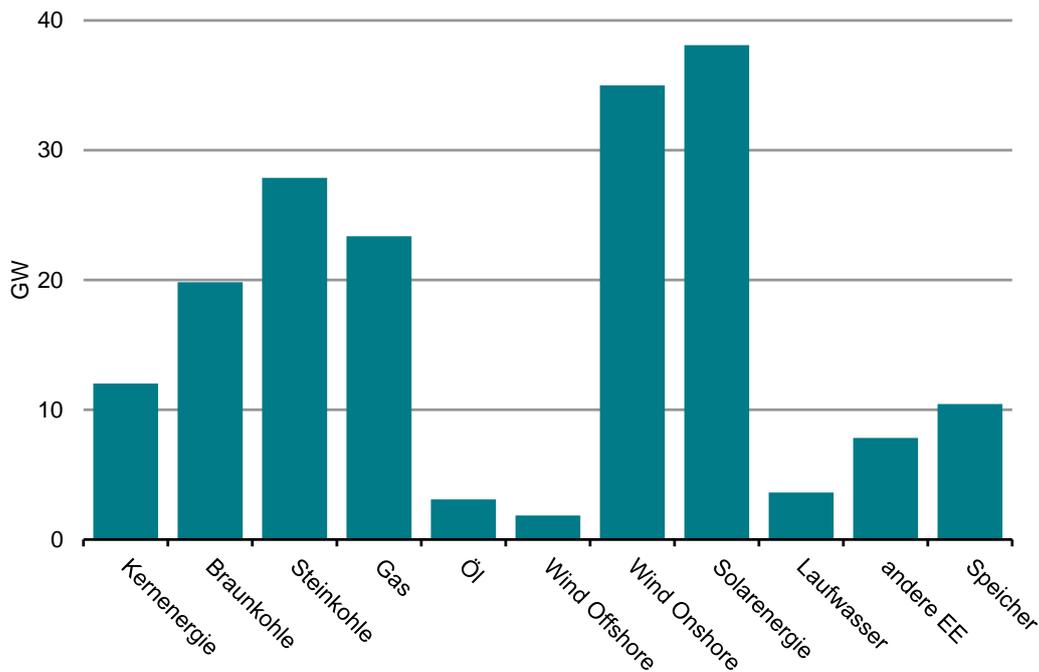
Quelle: EEX NCG as published on Energate (gehandelt am 28.02.2017), IEA (2016) World Energy Outlook.

## Konventionelle Kraftwerkskapazitäten

Der deutsche Kraftwerkspark wird im Strommarktmodell auf Ebene der einzelnen Kraftwerke abgebildet. Die Kapazitäten basieren auf der Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur. **Abbildung 62** stellt die Kapazitäten nach Brennstoff dar. Die Kraftwerkskapazitäten der weiteren modellierten Länder basieren auf den Statistiken der ENTSO-E und Platts Powervision. Als integriertes Dispatch- und Investitionsmodell werden Investitions- und Stilllegungsentscheidungen im Modell

endogen getroffen. Exogene Zubauten und Stilllegungen, sowie Zielkorridore (bspw. des EEG 2017) werden dabei vorgegeben. Carbon Capture and Storage (CCS) ist in Deutschland politisch schwierig umzusetzen und wird nicht als Zubauoption berücksichtigt. Die Kraftwerkskapazitäten in allen Ländern der Kernregion in 2015 werden in **Tabelle 18** dargestellt.

**Abbildung 62 Kraftwerkskapazitäten in Deutschland in 2015**



Quelle: BNetzA Kraftwerksliste.

**Tabelle 18 Kraftwerkskapazitäten in der Modellregion in GW (exkl. DE), 2015**

|               | FR   | NL   | BE  | GB   | IT   | AT  | CH  | DK  | CZ  | PL   |
|---------------|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Kernenergie   | 63.1 | 0.5  | 3.8 | 9.6  | 0.0  | 0.0 | 3.2 | 0.0 | 4.0 | 0.0  |
| Braunkohle    | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.1 | 9.4  |
| Steinkohle    | 4.7  | 6.3  | 0.5 | 19.2 | 5.2  | 1.2 | 0.0 | 1.3 | 1.9 | 19.1 |
| Gas           | 6.4  | 10.1 | 5.9 | 31.4 | 41.6 | 2.8 | 0.1 | 2.3 | 1.5 | 1.3  |
| Öl            | 6.8  | 0.7  | 0.8 | 1.0  | 6.6  | 0.4 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.3  |
| Wind offshore | 0.0  | 0.4  | 0.7 | 6.1  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0  |
| Wind onshore  | 8.6  | 2.7  | 1.1 | 8.9  | 8.6  | 2.1 | 0.1 | 3.7 | 0.3 | 3.8  |
| PV            | 5.2  | 1.6  | 2.9 | 4.8  | 18.2 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 2.1 | 0.0  |
| ROR           | 10.3 | 0.0  | 0.1 | 1.1  | 10.4 | 5.6 | 3.8 | 0.0 | 0.2 | 1.0  |
| KWK           | 0.0  | 6.9  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0  |
| Andere EE     | 1.1  | 0.8  | 0.5 | 3.8  | 3.1  | 0.7 | 0.0 | 1.5 | 0.3 | 0.4  |
| Hydro         | 13.2 | 0.0  | 1.3 | 2.7  | 13.0 | 7.3 | 9.3 | 0.0 | 1.9 | 1.4  |

Quelle: Frontier Economics basierend auf Bundesnetzagentur, Platts Powervision, ENTSO-E.

### Kapazitäten aus Erneuerbaren Energien

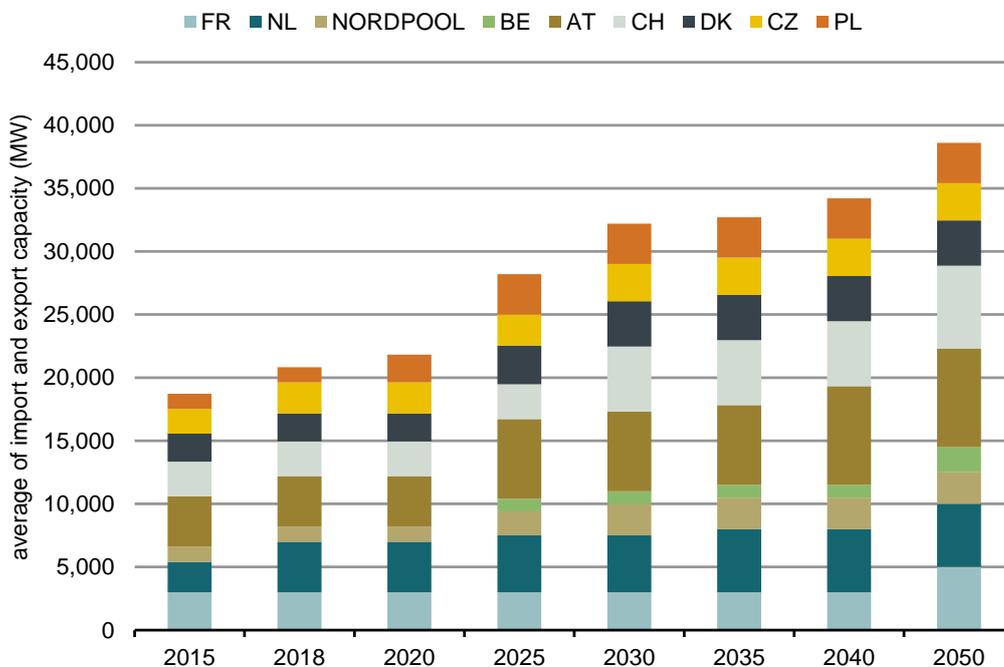
Der Ausbau der Kapazitäten aus Erneuerbaren Energien erfolgt anhand der Kapazitätsvorgaben des EEG 2017. Darüber hinaus ist ein Modell-endogener Zubau von Kapazitäten möglich. Die Kapazitätsvorgaben des EEG 2017 beinhalten folgenden Zubau:

- **Wind onshore** – Jährlicher Zubau von 2,5 GW pro Jahr, 2,9 GW zwischen 2020 und 2025.
- **Wind offshore** – Ausbau auf 6,5 GW bis 2020 und 15 GW bis 2030, danach linearer Trend (1 GW/Jahr).
- **Photovoltaik (PV)** – Zubau von 2,5 GW bis zum Erreichen des Deckels von 52 GW im Jahr 2020, danach reduzierter Zubau von 350 MW pro Jahr.
- **Biomasse** - Zubau von 200 MW/Jahr ab 2020

### Ausbau der IC-Kapazitäten

Der Ausbau des internationalen Übertragungsnetzes erfolgt im Modell auf Basis des Ten-Year Network Development Plan („TYNDP“) 2014 der ENTSO-E.<sup>35</sup> Gemäß des TYNDP's kommt es zu einer Verdopplung der Handelskapazitäten zwischen Deutschland und den Anrainerstaaten bis 2050 (vgl. **Abbildung 63**). Davon werden ca. 10 GW zwischen 2020 und 2030 zugebaut. Die Interkonnektorkapazitäten der gesamten Kernregion zeigen ebenfalls eine Verdopplung bis 2050 und werden in **Abbildung 64** dargestellt.

**Abbildung 63 Deutsche Interkonnektorkapazität**



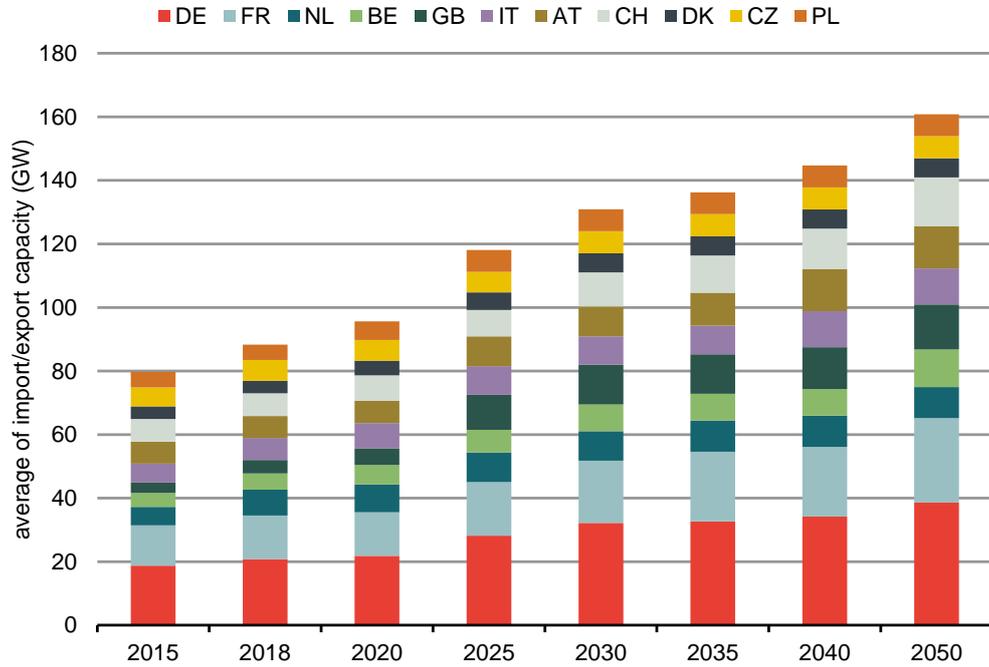
Quelle: ENTSO-E (2014/2016): TYNDP Scenario Development Report.. Bundesnetzagentur (2016): Genehmigung des Szenariorahmens für die Netzentwicklungspläne Strom 2017-2030.

<sup>35</sup> Veränderungen im TYNDP 2016 und im Netzentwicklungsplan 2016 sind dabei berücksichtigt.

# FOLGENABSCHÄTZUNG DES CO2-SEKTORZIELS FÜR DIE ENERGIEWIRTSCHAFT IM KLIMASCHUTZPLAN 2050

Hinweis: Modifizierende Annahmen für Angaben des TYNDP: 5 Jahre Verzögerung angenommen für Projekte in „design & permitting“-Phase / keine Berücksichtigung bei Status „under consideration“.

**Abbildung 64 Interkonnektorkapazitäten der gesamten Kernregion**



Quelle: ENTSO-E (2014/2016): TYNDP Scenario Development Report.. Bundesnetzagentur (2016): Genehmigung des Szenariorahmens für die Netzentwicklungspläne Strom 2017-2030.

Hinweis: Modifizierende Annahmen für Angaben des TYNDP: 5 Jahre Verzögerung angenommen für Projekte in „design & permitting“-Phase / keine Berücksichtigung bei Status „under consideration“.

**Tabelle 19 De-Rating-Faktoren**

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| <b>Nuclear</b>                      | 93.1% |
| <b>Lignite</b>                      | 89.6% |
| <b>Hard Coal (with/without CCS)</b> | 89.6% |
| <b>Gas (CCGT)</b>                   | 88.8% |
| <b>Gas (OCGT)</b>                   | 82.1% |
| <b>Oil</b>                          | 87.3% |
| <b>Wind-offshore</b>                | 11%   |
| <b>Wind-onshore</b>                 | 8%    |
| <b>Solar PV</b>                     | 2%    |
| <b>Biomass</b>                      | 65%   |
| <b>Run-of-river</b>                 | 48%   |
| <b>Pumped-Hydro-Storage</b>         | 90%   |
| <b>Reservoir-Storage</b>            | 85%   |
| <b>Power-to-Gas</b>                 | 85%   |
| <b>AACAES</b>                       | 85%   |
| <b>CAES</b>                         | 85%   |
| <b>DSR (load reduction)</b>         | 90%   |

Quelle: Frontier

## A.3 Ergebnisse der Strommarktmodellierung

Im folgenden Anhang zeigen wir zusätzliche Ergebnisse der Strommarktmodellierung für das Current Policies und KSP Szenario.

**Tabelle 20 Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten im "Current Policies"-Szenario (ohne Kapazitätsbedingung)**

| <b>Verfügbare Erzeugungskapazitäten (GW)</b> | <b>2015</b> | <b>2020</b> | <b>2025</b> | <b>2030</b> | <b>2035</b> | <b>2040</b> | <b>2050</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Kernenergie</b>                           | 12,0        | 8,1         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                            | 19,8        | 17,1        | 17,1        | 15,1        | 12,7        | 9,6         | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                            | 27,9        | 19,0        | 18,5        | 16,5        | 16,5        | 16,4        | 0,0         |
| <b>Gas</b>                                   | 23,4        | 13,8        | 13,8        | 13,8        | 15,4        | 16,0        | 33,0        |
| <b>Öl</b>                                    | 3,1         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                         | 1,9         | 6,5         | 9,9         | 15,0        | 20,1        | 28,2        | 52,3        |
| <b>Wind Onshore</b>                          | 35,0        | 48,5        | 63,0        | 77,5        | 92,0        | 117,8       | 177,4       |
| <b>Solarenergie</b>                          | 38,1        | 50,6        | 54,5        | 56,3        | 58,0        | 67,4        | 86,3        |
| <b>Laufwasser</b>                            | 3,6         | 3,7         | 3,8         | 4,0         | 4,1         | 4,3         | 4,6         |
| <b>andere EE</b>                             | 7,8         | 8,6         | 9,6         | 10,6        | 11,6        | 13,6        | 17,6        |
| <b>Speicher</b>                              | 10,4        | 10,5        | 10,5        | 10,5        | 11,2        | 13,2        | 17,3        |
| Netto-Stromerzeugung (TWh)                   | 2015        | 2020        | 2025        | 2030        | 2035        | 2040        | 2050        |
| <b>Kernenergie</b>                           | 86,1        | 58,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                            | 143,8       | 121,3       | 115,3       | 95,8        | 80,3        | 51,0        | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                            | 113,7       | 93,4        | 92,0        | 81,3        | 88,2        | 65,6        | 0,0         |
| <b>Gas</b>                                   | 54,5        | 62,0        | 61,6        | 60,7        | 69,7        | 70,6        | 74,1        |
| <b>Öl</b>                                    | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                         | 6,9         | 24,3        | 37,0        | 56,0        | 75,0        | 105,1       | 195,1       |
| <b>Wind Onshore</b>                          | 67,1        | 92,9        | 120,7       | 148,5       | 176,3       | 225,7       | 339,8       |
| <b>Solarenergie</b>                          | 35,0        | 46,5        | 50,0        | 51,7        | 53,3        | 61,9        | 79,2        |
| <b>Laufwasser</b>                            | 17,4        | 18,0        | 18,5        | 19,2        | 19,9        | 20,6        | 21,9        |
| <b>andere EE</b>                             | 38,8        | 43,7        | 50,0        | 56,6        | 67,3        | 80,9        | 112,6       |
| <b>Speicher</b>                              | 10,3        | 12,5        | 12,1        | 12,2        | 12,4        | 15,9        | 21,5        |
| Netto-Stromnachfrage (TWh)                   | 538,2       | 540,8       | 543,4       | 546,1       | 607,5       | 669,0       | 791,9       |
| Netto-Importe (TWh)                          | -33,1       | -26,0       | -8,5        | -29,7       | -27,4       | -10,1       | 1,6         |

Quelle: Frontier Economics

**Tabelle 21 Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten KSP (ohne Kapazitätsbedingung)**

| <b>Verfügbare Erzeugungs-<br/>kapazitäten (GW)</b> | <b>2015</b> | <b>2020</b> | <b>2025</b> | <b>2030</b> | <b>2035</b> | <b>2040</b> | <b>2050</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Kernenergie</b>                                 | 12,0        | 8,1         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                                  | 19,8        | 17,1        | 14,9        | 10,6        | 7,9         | 4,9         | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                                  | 27,9        | 14,5        | 12,0        | 11,5        | 11,5        | 11,3        | 0,0         |
| <b>Gas</b>   | 23,4        | 13,8        | 13,8        | 13,8        | 15,5        | 21,3        | 28,7        |
| <b>Öl</b>  | 3,1         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,3         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                               | 1,9         | 6,5         | 9,9         | 15,0        | 20,1        | 28,2        | 52,3        |
| <b>Wind Onshore</b>                                | 35,0        | 48,5        | 63,0        | 77,5        | 92,0        | 117,8       | 177,4       |
| <b>Solarenergie</b>                                | 38,1        | 50,6        | 54,5        | 56,3        | 59,2        | 68,6        | 87,5        |
| <b>Laufwasser</b>                                  | 3,6         | 3,7         | 3,8         | 4,0         | 4,1         | 4,3         | 4,6         |
| <b>andere EE</b>                                   | 7,8         | 8,6         | 9,6         | 10,6        | 11,6        | 13,6        | 17,6        |
| <b>Speicher</b>                                    | 10,4        | 10,5        | 10,5        | 10,5        | 11,6        | 13,6        | 17,7        |
| Netto-Stromerzeugung<br>(TWh)                      | 2015        | 2020        | 2025        | 2030        | 2035        | 2040        | 2050        |
| <b>Kernenergie</b>                                 | 86,1        | 58,5        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                                  | 143,8       | 115,1       | 91,6        | 63,0        | 42,7        | 20,7        | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                                  | 113,7       | 69,8        | 59,8        | 56,2        | 45,7        | 35,6        | 0,0         |
| <b>Gas</b>   | 54,5        | 60,5        | 60,2        | 60,0        | 65,5        | 67,7        | 48,3        |
| <b>Öl</b>  | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                               | 6,9         | 24,3        | 37,0        | 56,0        | 75,0        | 105,1       | 195,1       |
| <b>Wind Onshore</b>                                | 67,1        | 92,9        | 120,7       | 148,5       | 176,3       | 225,7       | 339,8       |
| <b>Solarenergie</b>                                | 35,0        | 46,5        | 50,0        | 51,7        | 54,4        | 63,0        | 80,3        |
| <b>Laufwasser</b>                                  | 17,4        | 18,0        | 18,5        | 19,2        | 19,9        | 20,6        | 21,9        |
| <b>andere EE</b>                                   | 38,8        | 43,9        | 50,0        | 56,9        | 68,8        | 81,9        | 112,6       |
| <b>Speicher</b>                                    | 10,3        | 11,8        | 11,7        | 11,7        | 12,7        | 16,5        | 22,0        |
| Netto-Stromnachfrage<br>(TWh)                      | 538,2       | 540,8       | 543,4       | 546,1       | 607,5       | 669,0       | 791,9       |
| Netto-Importe (TWh)                                | -33,1       | 4,2         | 48,4        | 28,2        | 53,9        | 51,2        | 26,5        |

Quelle: Frontier Economics

**Tabelle 22 Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten im "Current Policies"-Szenario (mit Kapazitätsbedingung)**

| <b>Verfügbare Erzeugungskapazitäten (GW)</b> | <b>2015</b> | <b>2020</b> | <b>2025</b> | <b>2030</b> | <b>2035</b> | <b>2040</b> | <b>2050</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Kernenergie</b>                           | 12,0        | 8,1         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                            | 19,8        | 17,1        | 17,1        | 15,1        | 12,7        | 9,6         | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                            | 27,9        | 20,6        | 20,1        | 19,3        | 19,3        | 16,4        | 0,0         |
| <b>Gas</b>                                   | 23,4        | 13,8        | 15,8        | 14,6        | 15,9        | 20,5        | 47,8        |
| <b>Öl</b>                                    | 3,1         | 0,0         | 0,3         | 0,0         | 0,3         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                         | 1,9         | 6,5         | 9,9         | 15,0        | 20,1        | 28,2        | 52,3        |
| <b>Wind Onshore</b>                          | 35,0        | 48,5        | 63,0        | 77,5        | 92,0        | 117,8       | 177,4       |
| <b>Solarenergie</b>                          | 38,1        | 50,6        | 54,5        | 56,3        | 58,0        | 67,4        | 86,3        |
| <b>Laufwasser</b>                            | 3,6         | 3,7         | 3,8         | 4,0         | 4,1         | 4,3         | 4,6         |
| <b>andere EE</b>                             | 7,8         | 8,6         | 9,6         | 10,6        | 11,6        | 13,6        | 17,6        |
| <b>Speicher</b>                              | 10,4        | 10,5        | 10,5        | 11,5        | 12,6        | 14,6        | 18,7        |
| Netto-Stromerzeugung (TWh)                   | 2015        | 2020        | 2025        | 2030        | 2035        | 2040        | 2050        |
| <b>Kernenergie</b>                           | 86,1        | 58,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                            | 143,8       | 121,3       | 115,3       | 95,7        | 80,3        | 51,1        | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                            | 113,7       | 99,1        | 98,2        | 91,1        | 98,4        | 65,9        | 0,0         |
| <b>Gas</b>                                   | 54,5        | 61,6        | 63,5        | 61,0        | 69,7        | 74,0        | 81,8        |
| <b>Öl</b>                                    | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                         | 6,9         | 24,3        | 37,0        | 56,0        | 75,0        | 105,1       | 195,1       |
| <b>Wind Onshore</b>                          | 67,1        | 92,9        | 120,7       | 148,5       | 176,3       | 225,7       | 339,8       |
| <b>Solarenergie</b>                          | 35,0        | 46,5        | 50,0        | 51,7        | 53,3        | 61,9        | 79,2        |
| <b>Laufwasser</b>                            | 17,4        | 18,0        | 18,5        | 19,2        | 19,9        | 20,6        | 21,9        |
| <b>andere EE</b>                             | 38,8        | 43,6        | 50,0        | 56,6        | 67,4        | 80,9        | 112,7       |
| <b>Speicher</b>                              | 10,3        | 12,3        | 12,0        | 13,1        | 13,6        | 17,4        | 22,9        |
| Netto-Stromnachfrage (TWh)                   | 538,2       | 540,8       | 543,4       | 546,1       | 607,5       | 669,0       | 791,9       |
| Netto-Importe (TWh)                          | -33,1       | -31,3       | -16,7       | -40,2       | -38,4       | -14,0       | -5,3        |

Quelle: Frontier Economics

**Tabelle 23 Erzeugungsmengen und verfügbare Kraftwerkskapazitäten KSP (mit Kapazitätsbedingung)**

| <b>Verfügbare Erzeugungs-<br/>kapazitäten (GW)</b> | <b>2015</b> | <b>2020</b> | <b>2025</b> | <b>2030</b> | <b>2035</b> | <b>2040</b> | <b>2050</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Kernenergie</b>                                 | 12,0        | 8,1         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                                  | 19,8        | 17,1        | 16,8        | 11,7        | 8,7         | 4,4         | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                                  | 27,9        | 14,3        | 18,3        | 17,8        | 17,8        | 16,4        | 0,0         |
| <b>Gas</b>   | 23,4        | 13,8        | 16,8        | 16,6        | 21,3        | 25,7        | 46,7        |
| <b>Öl</b>  | 3,1         | 0,0         | 0,9         | 0,3         | 0,3         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                               | 1,9         | 6,5         | 9,9         | 15,0        | 20,1        | 28,2        | 52,3        |
| <b>Wind Onshore</b>                                | 35,0        | 48,5        | 63,0        | 77,5        | 92,0        | 117,8       | 177,4       |
| <b>Solarenergie</b>                                | 38,1        | 50,6        | 54,5        | 56,3        | 59,2        | 68,6        | 87,5        |
| <b>Laufwasser</b>                                  | 3,6         | 3,7         | 3,8         | 4,0         | 4,1         | 4,3         | 4,6         |
| <b>andere EE</b>                                   | 7,8         | 8,6         | 9,6         | 10,6        | 11,6        | 13,6        | 17,6        |
| <b>Speicher</b>                                    | 10,4        | 10,5        | 11,0        | 12,0        | 13,1        | 15,1        | 19,2        |
| Netto-Stromerzeugung<br>(TWh)                      | 2015        | 2020        | 2025        | 2030        | 2035        | 2040        | 2050        |
| <b>Kernenergie</b>                                 | 86,1        | 58,5        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Braunkohle</b>                                  | 143,8       | 115,6       | 90,0        | 62,6        | 44,1        | 19,0        | 0,0         |
| <b>Steinkohle</b>                                  | 113,7       | 69,2        | 62,4        | 57,1        | 43,9        | 37,1        | 0,0         |
| <b>Gas</b>   | 54,5        | 60,5        | 56,3        | 56,7        | 63,9        | 68,9        | 47,5        |
| <b>Öl</b>  | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| <b>Wind Offshore</b>                               | 6,9         | 24,3        | 37,0        | 56,0        | 75,0        | 105,1       | 195,1       |
| <b>Wind Onshore</b>                                | 67,1        | 92,9        | 120,7       | 148,5       | 176,3       | 225,7       | 339,8       |
| <b>Solarenergie</b>                                | 35,0        | 46,5        | 50,0        | 51,7        | 54,4        | 63,0        | 80,3        |
| <b>Laufwasser</b>                                  | 17,4        | 18,0        | 18,5        | 19,2        | 19,9        | 20,6        | 21,9        |
| <b>andere EE</b>                                   | 38,8        | 43,9        | 49,9        | 56,7        | 69,4        | 82,1        | 112,7       |
| <b>Speicher</b>                                    | 10,2        | 11,8        | 11,6        | 12,7        | 14,1        | 18,1        | 23,9        |
| Netto-Stromnachfrage<br>(TWh)                      | 538,2       | 540,8       | 543,4       | 546,1       | 607,5       | 669,0       | 791,9       |
| Netto-Importe (TWh)                                | -33,1       | 4,2         | 50,7        | 30,1        | 54,4        | 49,7        | 27,8        |

Quelle: Frontier Economics

## ANHANG B DETAILS ZU GESAMTWIRTSCHAFTLICHEN EFFEKTEN

### B.1.1 Modellbetrachtung: Effekte einer Strompreiserhöhung auf Produktion und Preis bei unvollständigem Wettbewerb

Betrachtet wird ein Unternehmen  $i$ , das seinen Gewinn  $\Pi_i$ , der sich als Differenz aus Umsatz  $R_i$  und Kosten ergibt:  $\Pi_i = R_i - wL_i - rK_i - sE_i$ , maximiert. Dabei ist  $w$  der Lohnsatz,  $r$  ist der Zins und  $s$  der Strompreis, die für den Einsatz der Produktionsfaktoren Arbeit  $L_i$ , Kapital  $K_i$  und Strom  $E_i$  gezahlt werden. Der Umsatz  $R_i$  ergibt sich aus dem Preis multipliziert mit dem Absatz  $R_i = p_i y_i$ . Der Absatz des Unternehmens  $i$  ist abhängig vom Preis und der Marktgröße  $Y$ , sodass  $y_i = p_i^{-\varepsilon} Y$ , wobei  $\varepsilon > 1$  die Preiselastizität der Nachfrage ist.

Die Produktionsfunktion ist vom Cobb-Douglas Typ  $y_i = K_i^\alpha L_i^\beta E_i^\gamma$ , mit  $\alpha, \beta, \gamma > 0$  und  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ . Im Gewinnmaximum entspricht das Grenzprodukt der Faktoren dem jeweiligen Faktorpreis. Aus den Faktoreinsatzrelationen kann der Expansionspfad bestimmt werden, der den Faktoreinsatz in Abhängigkeit von den Faktorpreisen und der Produktionsmenge zeigt:

$$K_i = \mu_1 w^\beta s^\gamma r^{\alpha-1} y_i$$

$$L_i = \mu_2 r^\alpha s^\gamma w^{\beta-1} y_i$$

$$E_i = \mu_3 r^\alpha w^\beta s^{\gamma-1} y_i$$

Dabei sind  $\mu_1, \mu_2$  und  $\mu_3$  Konstanten, die von den Substitutionselastizitäten abhängen. Um den Effekt der Faktorpreise auf die Produktion und den Preis zu bestimmen, werden die Faktoreinsatzmengen in die Gewinnfunktion eingesetzt, dann wird die optimale Produktion bestimmt, aus der sich der Produktpreis ergibt:

$$y_i = \frac{\rho^{\varepsilon Y}}{[(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3) r^\alpha s^\gamma w^\beta]^\varepsilon} \quad \text{und} \quad p_i = \frac{(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3) r^\alpha w^\beta s^\gamma}{\rho}$$

wobei  $\rho = (1 - 1/\varepsilon)$  ein Indikator für den Wettbewerb ist, für den  $0 < \rho < 1$  gilt. Bei vollständiger Konkurrenz geht  $\varepsilon$  gegen unendlich und  $\rho$  gegen 1.

Ein steigender Strompreis  $s$  führt zu steigenden Produktionspreisen und zu einer verminderten Produktionsmenge. Je geringer der Wettbewerb, desto größer ist der Anteil der Preissteigerung, der über die Produktpreise weitergegeben wird. Als Folge ergibt sich hier auch der größte Mengeneffekt.

## B.1.2 Sektorale Abgrenzung der energieintensiven Industrien

| Energieintensive Industrien                 | WZ 2008 - Code                                 | WZ 2008 - Bezeichnung   |
|---|--|---|
| Baustoffe (Gewinnung)                       | 08.1   | Gewinnung von Naturst., Kies, Sand, Ton u. Kaolin                                       |
|   | 08.99  | Gewinnung von Steinen und Erden a.n.g.  |
| Energieintensive Nahrungs- und Futtermittel | 10.11  | Schlachten (ohne Schlachten von Geflügel)   |
|   | 10.12  | Schlachten von Geflügel   |
|   | 10.31  | Kartoffelverarbeitung   |
|   | 10.32  | Herstellung von Frucht- und Gemüsesäften  |
|   | 10.4   | Herstellung von pflanzl. und tier. Ölen u. Fetten                                       |
|   | 10.51  | Milchverarbeitung (ohne Herstellung von Speiseeis)                                      |
|   | 10.6   | Mahl- und Schälmaschinen, Herstellung von Stärke  |
|   | 10.81  | Herstellung von Zucker  |
|   | 10.91  | Herstellung von Futtermitteln für Nutztiere   |
| Papier                                      | 17.1   | Herst. von Holz- und Zellst., Papier, Karton u. Pappe                                   |
| Glas  | 23.1   | Herstellung von Glas und Glaswaren ohne die Herstellung von Glasfasern und Waren daraus |
|   | ohne 23.14                                     |   |
| Baustoffe (Verarbeitung)                    | 23.14  | Herstellung von Glasfasern und Waren daraus   |
|   | 23.2   | Herst. v. feuerfesten keramischen Werkst. u. Waren                                      |
|   | 23.3   | Herstellung von keramischen Baumaterialien  |
|   | 23.5   | Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips  |
|   | 23.6   | Herst. von Erzeugnissen aus Beton, Zement u. Gips                                       |
|   | 23.7   | Be- und Verarbeitung von Natursteinen   |
| Stahl                                       | 24.1   | Erzeugung von Roheisen, Stahl u. Ferrolegierungen                                       |
| NE-Metalle                                  | 24.4   | Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen   |
| Gießereien                                  | 24.5   | Gießereien  |
| Sonstige                                    | 08.93  | Gewinnung von Salz  |
|   | 11.06  | Herstellung von Malz  |
|   | 13.1   | Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei  |
|   | 13.3   | Veredelung von Textilien und Bekleidung   |
|   | 13.93  | Herstellung von Teppichen   |
|   | 13.95  | Herstellung von Vliesstoff und Erzeugnissen daraus                                      |
|   | 16.1   | Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke   |
|   | 16.21  | Herst. von Furnier-, Sperr- und Holzfasertafeln   |
|   | 16.22  | Herstellung von Parketttafeln   |
|   | 16.29  | Herst. von Holzwaren, Kork-, Flecht-, Korbwaren   |
|   | 17.22  | Herstellung von Haushalts- und Hygieneartikeln  |
| 21.1  | Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen  |   |
| 22.22                                       | Herst. von Verpackungsmitteln aus Kunststoffen |   |
| 25.61                                       | Oberflächenveredelung und Wärmebehandlung      |   |

## B.1.3 Schätzmethode und -ergebnisse zu den energieintensiven Industrien

Die energieintensiven Industrien liefern große Teile ihrer Produktion in das Ausland. Gleichzeitig sind ausländische Konkurrenten auch auf dem deutschen Markt präsent. Als Indikator für die Nachfrage wird im Folgenden die globale Industrieproduktion gewählt (vgl. Weltbank 2017). Die weiteren exogenen Variablen ergeben sich aus den entscheidenden Kostendeterminanten der energieintensiven Produktion. Dies sind die Löhne der Beschäftigten und die

Strompreise. Die Stundenlöhne der Arbeitskräfte lassen sich auf Basis der Monatsberichte im Verarbeitenden Gewerbe (vgl. Statistisches Bundesamt 2017b) berechnen. Für die Strompreise wird auf Zeitreihen von Eurostat (vgl. Eurostat 2017) zurückgegriffen. Es werden die Preise für Industrieabnehmer mit einem Verbrauch zwischen 70 und 150 GWh pro Jahr betrachtet, wobei nicht-erstattungsfähige Steuern und Abgaben in den Preisen berücksichtigt werden. Um die reale Umsatz-, Lohn- und Strompreisentwicklung zu erhalten, werden die nominalen Werte mit dem branchenspezifischen Erzeugerpreisindex (vgl. Statistisches Bundesamt 2017b) deflationiert. Auch die Aufnahme weiterer Kostenfaktoren in die Schätzungen, wie Vorleistungsgüter oder andere Energieträger, deren Preise sich auf den Weltmärkten bilden, wurde geprüft. Diese erwies sich jedoch als insignifikant.

Die Schätzungen für die Zeitreihenmodelle können mit OLS durchgeführt werden, wobei für alle zu analysierenden energieintensiven Industrien ein Stützzeitraum von 1995 bis 2016 zur Verfügung steht. Sämtliche Variablen werden Logarithmen betrachtet, sodass die Koeffizienten der exogenen Variablen als Elastizität zu interpretieren sind. Die energieintensiven Industrien werden im Rahmen der Schätzungen so abgegrenzt, dass sie der Wirtschaftszweigstruktur der aktuellen Input-Output-Tabelle entsprechen.

Die Schätzergebnisse können der untenstehenden **Tabelle 24** entnommen werden. Die geschätzten Koeffizienten haben in allen Sektoren die zu erwartenden Vorzeichen. Mit steigender weltweiter Industriewertschöpfung nehmen die Umsätze real zu, während Lohn- oder Strompreiserhöhungen zu geringeren Umsätzen führen.

Der beschriebene Schätzansatz wurde für alle energieintensiven Industrien durchgeführt, wobei es sich bei der Gewinnung von Baustoffen und den Gießereien als zweckmäßig erwies, zusätzlich einen linearen Trend in die Regression aufzunehmen. Um auf Autokorrelation zu testen, wurde sowohl der Durbin-Watson- als auch der Breusch-Godfrey-Test durchgeführt. Hierbei ergab sich bei der Papierindustrie eine hohe Autokorrelation erster Ordnung. Deshalb werden hier Newey-West-Standardfehler ausgewiesen, sodass die Signifikanztests unverzerrt sind. Alle weiteren Schätzungen sind frei von Autokorrelation, wodurch die Ergebnisse auf die übliche Weise interpretiert werden können. Die fehlende Autokorrelation zeigt auch an, dass sämtliche Reihen stationär oder kointegriert sind, sodass keine Probleme mit Scheinkorrelation auftreten. Dies gilt auch für die Papierindustrie, bei der die Autokorrelation der Residuen noch weit genug von der Einheitswurzel entfernt sind (hier wurde ergänzend auch ein Dickey-Fuller Test auf Stationarität durchgeführt). Für die energieintensiven Nahrungs- und Futtermittelindustrien konnten keine signifikanten Schätzergebnisse ermittelt werden, was vermutlich auf die heterogene Struktur der Branche zurückzuführen ist. Bei der Quantifizierung der gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen von Umsatzrückgängen in den energieintensiven Industrien infolge von Strompreiserhöhungen werden die energieintensiven Nahrungs- und Futtermittelbranchen daher vernachlässigt.

**Tabelle 24 Schätzergebnisse der Branchenumsätze auf die exogenen Einflussgrößen**

| Energieintensive Industrien        | BWS                          | Lohn                           | Strompreis                     | R <sup>2</sup> | DW   | BP   |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------|------|
| Baustoffe (Gewinnung) <sup>1</sup> | 2,03<br>(3,77)               | -1,11<br>(-3,03)               | -0,150<br>(-1,49)              | 0,91           | 1,69 | 0,43 |
| Papier                             | 0,820<br>(5,21) <sup>2</sup> | -0,332<br>(-1,11) <sup>2</sup> | -0,180<br>(-1,98) <sup>2</sup> | 0,76           | 0,52 | 0,00 |
| Chemie                             | 0,525<br>(7,02)              | -0,433<br>(-2,52)              | -0,304<br>(-3,80)              | 0,75           | 1,84 | 0,82 |
| Glas                               | 0,536<br>(6,20)              | -0,354<br>(-2,59)              | -0,214<br>(-3,80)              | 0,74           | 1,71 | 0,95 |
| Baustoffe (Verarbeitung)           | 0,258<br>(1,74)              | -1,556<br>(-6,83)              | -0,266<br>(-2,70)              | 0,88           | 1,76 | 0,63 |
| Stahl                              | 0,070<br>(1,15)              | -0,080<br>(-0,81)              | -0,225<br>(-2,30)              | 0,36           | 1,63 | 0,41 |
| NE-Metalle                         | 0,127<br>(1,54)              | -0,011<br>(-0,12)              | -0,281<br>(-3,20)              | 0,58           | 1,64 | 0,46 |
| Gießereien <sup>1</sup>            | 2,918<br>(3,56)              | -0,568<br>(-1,31)              | -0,289<br>(-2,43)              | 0,79           | 1,48 | 0,19 |

t-Werte in Klammern, alle Variablen real und in Logarithmen

<sup>1</sup>In den Schätzungen wurde zusätzlich ein linearer Trend berücksichtigt.

<sup>2</sup>Newey-West-Standardfehler.

„BWS“ ist die globale industrielle Bruttowertschöpfung.

Das R<sup>2</sup> ist adjustiert für die Anzahl an erklärenden Variablen.

In der Spalte „DW“ sind die Werte des Durbin-Watson-Tests für Autokorrelation im Fehlerterm enthalten.

Die Spalte „BP“ enthält die p-Werte des Breusch-Godfrey-Tests für Autokorrelation.

Quellen: Eurostat (2017); Statistisches Bundesamt (2017b); Weltbank (2017); ETR (2017).

