

Braunkohleausstieg NRW: Welche Abbaumengen sind energiewirtschaftlich notwendig und klimapolitisch möglich?

Bericht im Auftrag des
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
Landesverband Nordrhein-Westfalen e.V.

Freiburg,
15. April 2015

Dr. Dierk Bauknecht (d.bauknecht@oeko.de)
Hauke Hermann
David Ritter
Moritz Vogel
Christian Winger

Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg
Hausadresse
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin
Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Zusammenfassung	7
1. Hintergrund und Zielstellung	9
2. Ziele auf Bundesebene und Übersicht über aktuelle Szenariorechnungen	10
2.1. Ziele und Szenarien auf Bundesebene	10
2.2. Die Rolle der Braunkohle in den Szenarien	11
3. Braunkohlebedarf in Garzweiler in den Szenarien	14
3.1. Aufteilung der Gesamtmengen auf die einzelnen Reviere und Tagebaue	14
3.2. Abbaugrenzen in Garzweiler in den verschiedenen Szenarien	21
4. Klimapolitische Ziele in Nordrhein-Westfalen	31
5. Energiewirtschaftliche Machbarkeit	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0-1:	Überblick über die verschiedenen Abbaugrenzen des Tagebaus Garzweiler	7
Abbildung 2-1:	Installierte Braunkohleleistung in GW nach Szenarien.	12
Abbildung 2-2:	Stromerzeugung aus Braunkohle in TWh nach Szenarien.	13
Abbildung 3-1:	Altersstruktur der Braunkohlekraftwerke nach Standort und Kraftwerk	16
Abbildung 3-2:	Altersstruktur der deutschen Braunkohlekraftwerke in Jahren nach Standort	17
Abbildung 3-3:	Vergleich kumulierter Kohleverbrauch und Vorrat Gesamtdeutschlands in Mio. t	17
Abbildung 3-4:	Vergleich Kohleverbrauch und Vorrat in Mitteldeutschland in Mio. t	18
Abbildung 3-5:	Vergleich Kohleverbrauch und Vorrat in der Lausitz in Mio. t	19
Abbildung 3-6:	Vergleich Kohleverbrauch und Vorrat im Rheinland in Mio. t	20
Abbildung 3-7:	Vergleich Vorrat und Restmengen in den Tagebauen im Rheinland in Mio. t	21
Abbildung 3-8:	Geologie der Tagebaue Garzweiler I und II	22
Abbildung 3-9:	Abbaukante des Tagebaus Garzweiler im Jahr 2015	24
Abbildung 3-10:	Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung der „Insellösung“	25
Abbildung 3-11:	Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des Zielszenarios	26
Abbildung 3-12:	Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des KS 80%	27
Abbildung 3-13:	Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des KS 95 %	28
Abbildung 3-14:	Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des Greenpeace Plan B Szenarios	29
Abbildung 3-15:	Überblick über die verschiedenen Abbaugrenzen des Tagebaus Garzweiler	30
Abbildung 4-1:	Vergleich der deutschen und nordrhein-westfälischen Klimaschutzziele	31
Abbildung 4-2:	Braunkohleverbrauch der einzelnen Reviere bei dem Erreichen eines 80% Klimaschutzziels in Mio. t Braunkohle pro Jahr.	32
Abbildung 5-1:	Erzeugungsmix Klimaschutzszenarien.	35
Abbildung 5-2:	Verbrauch und Erzeugung und erneuerbare Potenzialen in Nordrhein Westfalen in TWh.	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Installierte Braunkohleleistung in GW _{el Brutto} nach Szenarien.	11
Tabelle 2-2:	Stromerzeugung aus Braunkohle in TWh nach Szenarien	12
Tabelle 3-1:	Braukohletagebaue in Deutschland	15

Tabelle 3-2:	Vergleich Vorrat und Restmengen in den Tagebauen im Rheinland in Mio. t	20
Tabelle 3-3:	Überblick über die nachfolgenden Kartengrafiken	23
Tabelle 4-1:	Emissionsreduktionen der unterschiedlichen Szenarien der Studie des Wuppertal Instituts	33

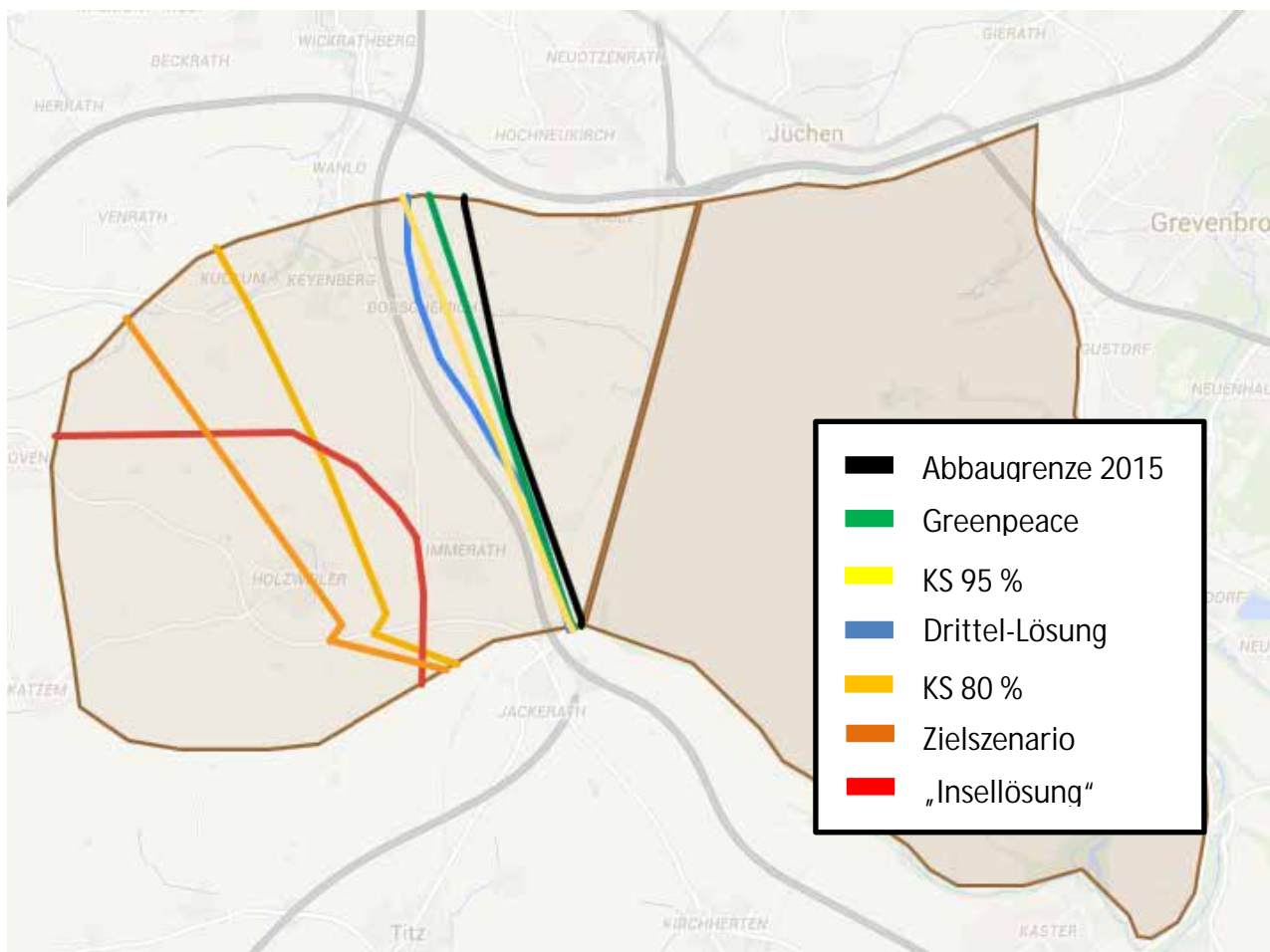
Zusammenfassung

Die nordrhein-westfälische Landesregierung hat am 28. März 2014 angekündigt, bis 2015 eine neue Leitentscheidung zur Braunkohlenpolitik vorzulegen und dabei die zukünftige Tagebaufläche für den Tagebau Garzweiler zu verkleinern. Für die Festlegung neuer Abbaugrenzen ist zu klären, welche Braunkohlemengen energiewirtschaftlich noch notwendig und klimapolitisch noch möglich sind.

Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen in Deutschland sektorübergreifend bis 2020 um 40 % zu senken und eine Reduktion von 80-95 % bis 2050 gegenüber 1990 zu erreichen (Bundesregierung 2011). Der nordrhein-westfälische Landtag hat im Januar 2013 das erste deutsche Klimaschutzgesetz mit gesetzlich festgeschriebenen Klimaschutzziele verabschiedet (Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes). Die Gesamtsumme der Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen soll danach bis zum Jahr 2020 um mindestens 25 % und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 % im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 verringert werden.

Es stellt sich die Frage, welche Konsequenzen diese Ziele für die Festlegung neuer Abbaugrenzen haben. Im Rahmen dieser Untersuchung werden verschiedene Studien ausgewertet, die angesichts der genannten Ziele auf Bundesebene zeigen, wie der Strombedarf zukünftig gedeckt werden kann und welche Rolle die Braunkohleerzeugung dabei spielen kann.

Abbildung 0-1: Überblick über die verschiedenen Abbaugrenzen des Tagebaus Garzweiler



Quelle: Eigene Darstellung, eigene Berechnungen, basierend auf den untersuchten Szenarien.

Abbildung 0-1 zeigt die Abbaugrenzen entsprechend der untersuchten Szenarien im Vergleich.

Der in den Studien jeweils angegebene Braunkohleverbrauch für Deutschland wird zunächst auf die einzelnen Reviere aufgeteilt und dann innerhalb des rheinischen Reviers auf die einzelnen Tagebaue verteilt. Diese Aufteilung erfolgt auf Basis der genehmigten Kohlemenge in den Revieren, der Altersstruktur der bestehenden Kraftwerke sowie der bisherigen Fördermengen der rheinischen Tagebaue. Die so errechneten Kohlemengen für Garzweiler werden auf die Fläche umgelegt. Dabei wird vereinfachend angenommen, dass die Braunkohle gleichmäßig verteilt ist.

Für den Tagebau Garzweiler ergeben sich so die dargestellten Abbaugrenzen. Es zeigt sich, dass in Szenarien, in denen die Klimaschutzziele erreicht werden, eine deutliche Reduktion der Abbau-mengen erfolgen muss. Nach 2030 ergeben sich in den 95 %-Szenarien höchstens noch sehr geringe Strommengen, wobei sich die Frage stellt, inwieweit Tagebau und Kraftwerke bei diesen geringen Mengen noch wirtschaftlich betrieben werden können.

Mit Blick auf die Ziele auf Landesebene zeigt sich, dass das 80 %-Ziel auf Landesebene höhere Anforderungen an den Braunkohleausstieg in Nordrhein-Westfalen stellt als ein 80 %-Ziel auf Bundesebene. Die klimapolitischen Ziele können hier laut Szenariorechnungen auf Landesebene nur erreicht werden, wenn die Stromversorgung bis 2050 auf 100 % erneuerbare Energien umgestellt wird. Ein solches Ziel kann realistischere Weise nur erreicht werden, wenn bis dahin ein Reduktions-pfad eingeschlagen wird, der sich an den 95 %-Szenarien auf Bundesebene orientiert. Denn schließlich muss nicht nur die Braunkohleverstromung abgebaut, sondern gleichzeitig ein erneuerbares Stromsystem aufgebaut werden.

Wichtig für den Aufbau einer Stromversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien in Nordrhein-Westfalen ist, dass Nordrhein-Westfalen erstens zukünftig nicht mehr wie heute Strom exportieren wird und zweitens im Land ausreichend Potenziale für erneuerbare Energien zur Verfügung stehen, um die verbleibende Erzeugung bereitzustellen. Darüber hinaus wird es eine wichtige Aufgabe sein, neben den erneuerbaren Energien auch Flexibilität bei Erzeugern, Verbrauchern und durch Speicher aufzubauen.

1. Hintergrund und Zielstellung

Die nordrhein-westfälische Landesregierung hat am 28. März 2014 angekündigt, bis 2015 eine neue Leitentscheidung zur Braunkohlenpolitik vorzulegen und dabei die zukünftige Tagebaufläche zu verkleinern.

Für die Festlegung neuer Abbaugrenzen ist zu klären, welche Braunkohlemengen energiewirtschaftlich noch notwendig und klimapolitisch noch möglich sind. Dabei sind die Ziele auf Landesebene sowie die bundespolitischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund wurde das Öko-Institut vom BUND Landesverband Nordrhein-Westfalen beauftragt, zu analysieren, inwiefern bestehende Tagebaue verkleinert werden müssen.

Die Studie ist wie folgt aufgebaut:

Ausgangspunkt sind in Kapitel 2 die klimapolitischen Ziele auf Bundesebene. Es werden verschiedene Szenarien dargestellt, die sich an diesen Zielen orientieren, und es wird gezeigt, welche Rolle die Braunkohle in diesen Szenarien spielt.

In Kapitel 3 werden die Gesamtbraunkohlemengen aus diesen Szenarien zunächst auf die Reviere aufgeteilt, und dann innerhalb des rheinischen Reviers auf die Tagebaue. Aus den Kohlemengen werden dann Abbaugrenzen abgeleitet und grafisch dargestellt.

In Kapitel 4 wird die Analyse der bundespolitischen Ziele und Szenarien mit den Klimaschutzzielen auf Landesebene abgeglichen.

In Kapitel 5 wird schließlich kurz darauf eingegangen, wie die dargestellten Szenarien aus energiewirtschaftlicher Sicht umgesetzt werden können.

2. Ziele auf Bundesebene und Übersicht über aktuelle Szenariorechnungen

2.1. Ziele und Szenarien auf Bundesebene

Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen in Deutschland sektorübergreifend bis 2050 um 80-95 % gegenüber 1990 zu reduzieren (Bundesregierung 2011). Der Zielkorridor von 80-95 % entspricht den Reduktionsempfehlungen im IPCC-Report 2007 an die Industriestaaten (IPCC 2007). Bis 2020 sollen die Emissionen um 40 % gesenkt werden, bis 2030 um 55 % gegenüber 1990. Im Jahr 2012 wurde eine Emissionsminderung von 26 % unter das Niveau von 1990 erreicht.

Am 3. Dezember 2015 hat die Bundesregierung das Aktionsprogramm Klimaschutz beschlossen, mit dem bis zum Jahr 2020 eine Emissionsminderung von 40% gegenüber 1990 erreicht werden soll. Die genaue Ausgestaltung dieses Instruments wird im Jahr 2015 diskutiert werden. Hieraus wird deutlich, dass die klimapolitischen Ziele auch mit entsprechenden Instrumenten adressiert werden sollen.

Auf nationaler Ebene haben unterschiedliche Akteure Studien zu einer Umsetzung der Klimaschutzziele durchgeführt. Grundlage für diese Untersuchungen sind die Emissionsreduktionsziele der Bundesregierung. Diese beschreiben eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um bis zu 95 % im Jahr 2050. Es wurden in dieser Untersuchung die folgenden Studien berücksichtigt, die sich mit dem Erreichen der Klimaschutzziele auf nationaler Ebene beschäftigen.

- Das Konsortium um Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) (2014) hat im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums die Energiereferenzprognose erstellt. Im Trend-Szenario werden die aktuellen energiepolitischen Rahmenbedingungen fortgeschrieben. Im Jahr 2020 wird eine Minderung der energiebedingten Emissionen von 36 % erreicht. Das 40 %-Ziel der Bundesregierung wird also verfehlt. Dieses Szenario wird hier nicht weiter betrachtet. Im Ziel-Szenario wird eine Emissionsminderung von 43 % bis zum Jahr 2020 erreicht. Bis zum Jahr 2050 sinken die Emissionen um 80 % gegenüber 1990 (jeweils nur energiebedingte CO₂-Emissionen).
- Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit hat in diesem Kontext das Konsortium aus Öko-Institut und Fraunhofer-ISI beauftragt, Szenarien mit verschiedenen klimapolitischen Ambitionsniveaus für den Zeithorizont bis 2050 zu erstellen und zu analysieren (Repenning et al. 2015). Im Gegensatz zum Zielszenario werden hier neben energie- auch prozessbedingte Emissionen berücksichtigt. Die folgenden Szenarien wurden analysiert:
 - Das Aktuelle-Maßnahmen-Szenario (2012) (AMS (2012)): In diesem Szenario werden alle Maßnahmen berücksichtigt, die bis Oktober 2012 ergriffen worden sind. Dieses Szenario bildet den Ist-Stand der energie- und klimapolitischen Rahmensetzungen ab. In diesem Szenario werden die Ziele des Energiekonzepts deutlich verfehlt. Dieses Szenario wird hier nicht weiter betrachtet.
 - Das Klimaschutzszenario 80 (KS 80 %): In diesem Szenario sollten die im Energiekonzept der Bundesregierung festgelegten Ziele für Treibhausgasemissionen, erneuerbare Energien und Energieeffizienz möglichst erreicht werden, wobei für das Treibhausgasziel der weniger ambitionierte Wert in Ansatz gebracht wird.
 - Das Klimaschutzszenario 95 (KS 95 %): In diesem Szenario sollte bis zum Jahr 2050 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 95 % gegenüber 1990 erreicht werden.

- Greenpeace verfasste in Zusammenarbeit mit EUTECH eine Studie zum Energiekonzept Deutschlands. Ziel der Betrachtung ist es, die Möglichkeit einer Umsetzung einer 90 %-igen Treibhausgasreduktion bis 2050 zu untersuchen (Greenpeace e.V und Eutech 2009). Im Stromsektor bedeutet dies eine Reduktion um 100 %.

Wichtig ist, dass in all diesen Szenarien nicht nur Braunkohle reduziert wird, sondern dass aufgezeigt wird, wie der Strombedarf zukünftig gedeckt werden kann.

Bei der Betrachtung der Szenarien ist weiterhin zu beachten, dass im Rahmen der Klimaschutzziele nicht definiert wird, wie und in welchen Sektoren eine Reduktion der THG-Emissionen umgesetzt werden soll. Reduktionen können neben der Stromerzeugung auch im Verkehr, der Landwirtschaft oder der Industrie eingespart werden. Wie groß letztendlich die eingesparte Menge in der Stromversorgung und damit auch bei den Braunkohlekraftwerken sein muss, hängt davon ab, wie groß die Reduktion in den anderen Sektoren ist. Je nach Studie lassen sich unterschiedliche Herangehensweisen an die Maßnahmen zur Zielerreichung finden. Generell lässt sich aber sagen, dass die Stromerzeugung einen deutlich höheren Minderungsbeitrag leisten muss, da die Vermeidung der Nicht-CO₂-Treibhausgase in anderen Sektoren (vor allem in der Landwirtschaft) an Grenzen stößt. (Repenning et al. 2015). Ähnliches gilt auch für prozessbedingte CO₂-Emissionen, wenn auf die CCS-Technologie verzichtet wird. Für die Emissionsvermeidung in der Stromerzeugung ist der Ausbau der erneuerbaren Energien zentral. Windkraft und Solarenergie spielen die wichtigste Rolle. Der Stromerzeugungssektor sollte zuerst dekarbonisiert werden. Die anderen Sektoren sollten zunächst alle Effizienzpotenziale ausschöpfen und erst dann strombasierte erneuerbaren Energien einsetzen.

2.2. Die Rolle der Braunkohle in den Szenarien

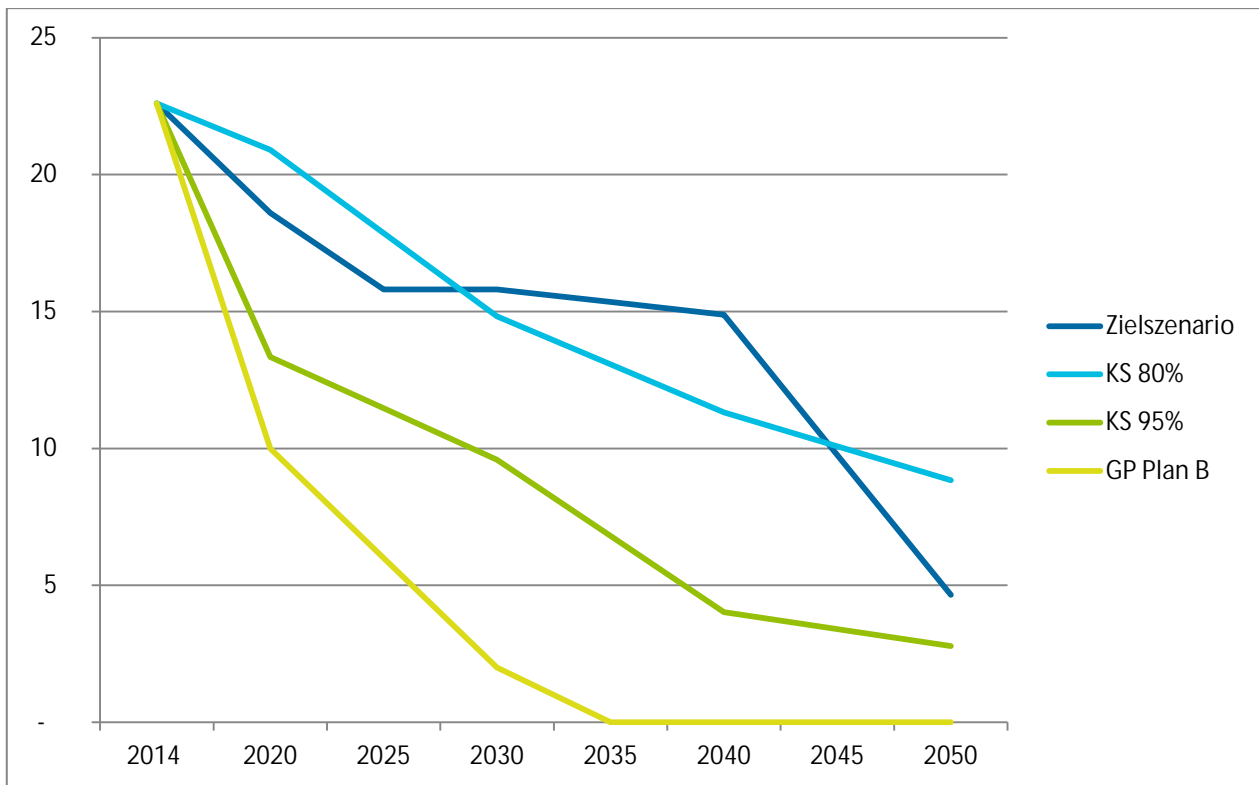
In den dargestellten Szenarien zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen der Braunkohle-Leistung und der Braunkohle-Stromerzeugung. In Tabelle 2-1 und in Abbildung 2-1 wird die Entwicklung der installierten Braunkohle-Kraftwerkskapazität in den betrachteten Szenarien dargestellt. Der ambitionierteste Rückbau wird in den Szenarien von Greenpeace und KS 95 % angenommen. Die installierte Leistung des Zielszenarios ist zwischen 2025 und 2040 nahezu konstant und wird erst anschließend stark reduziert. Im Rahmen des KS 80 %-Szenarios erfolgt ein früherer, aber insgesamt niedrigerer Rückbau; der zu einer Restleistung von fast 9 GW im Jahr 2050 führt.

Tabelle 2-1: Installierte Braunkohleleistung in GW_{el Brutto} nach Szenarien.

Szenario	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
KS 80%	20,9	17,8	14,8	13,1	11,3	10,1	8,8
KS 95%	13,3	11,5	9,6	6,8	4,0	3,4	2,8
Zielszenario	18,6	15,8	15,8	15,3	14,9	9,8	4,7
Greenpeace	10	6	2	0	0	0	0

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Abbildung 2-1: Installierte Braunkohleleistung in GW nach Szenarien.



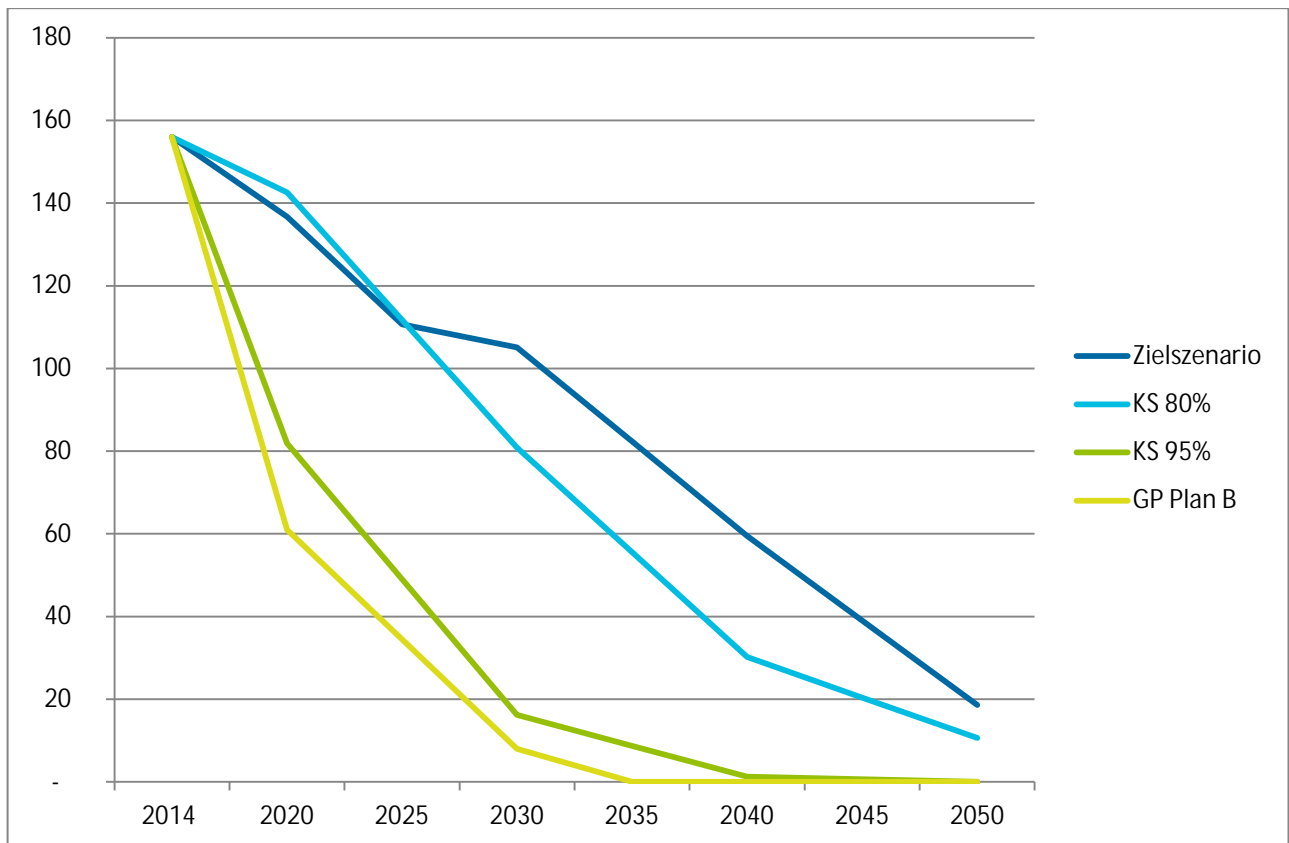
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

In Tabelle 2-2 und Abbildung 2-2 wird die Erzeugung der Braunkohlekraftwerke in den betrachteten Szenarien gezeigt. Mit der installierten Leistung geht auch die Erzeugung zurück. Es ist zu erkennen, dass im Zielszenario von einer höheren Volllaststundenzahl ausgegangen wird als im Szenario KS 80 %, da trotz der geringeren installierten Leistung im Jahr 2050 mehr Strom aus Braunkohle erzeugt wird. Im Gegensatz zum Greenpeace-Szenario bleiben im Szenario KS 95 % auch nach 2030 mit den BoA-Anlagen Braunkohlekraftwerke in Betrieb. Diese haben allerdings nur noch eine sehr geringe Volllaststundenzahl, so dass sich die Frage stellt, ob diese tatsächlich weiter betrieben werden, insbesondere wenn durch die geringe Auslastung auch die spezifischen Kosten der Braunkohle steigen.

Tabelle 2-2: Stromerzeugung aus Braunkohle in TWh nach Szenarien

Szenario	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
KS 80 %	143	112	81	56	30	20	11
KS 95 %	81	49	16	9	1,3	0,6	0
Zielszenario	137	111	105	82	60	39	19
Greenpeace	61	34	8	0	0	0	0

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Abbildung 2-2: Stromerzeugung aus Braunkohle in TWh nach Szenarien.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Die Klimaschutzziele spiegeln sich inzwischen auch im Szenariorahmen des Netzentwicklungsplans wider. In allen der dort untersuchten Szenarien wird ein Rückgang der Braunkohleleistung in den nächsten zehn und ein starker Rückbau in den nächsten zwanzig Jahren angenommen (50Hertz Transmission GmbH et al. 2014). Es kann demnach davon ausgegangen werden, dass im Rheinland 17 Braunkohlekraftwerksblöcke bis 2025 stillgelegt werden.

3. Braunkohlebedarf in Garzweiler in den Szenarien

Nach der Betrachtung der verschiedenen Szenarien auf Bundesebene wird im nächsten Schritt ermittelt welcher Rest-Braunkohlebedarf sich daraus jeweils für den Tagebau Garzweiler ergibt. Aus diesen Kohlemengen wird dann je nach Szenario eine Abbaugrenze hergeleitet.

3.1. Aufteilung der Gesamtmengen auf die einzelnen Reviere und Tagebaue

Der Braunkohleverbrauch wird zunächst auf die einzelnen Reviere aufgeteilt, und dann innerhalb des rheinischen Reviers auf die einzelnen Tagebaue verteilt.

Bei der Aufteilung der noch möglichen Abbaumengen auf die Reviere werden zwei Aspekte berücksichtigt:

- Die genehmigten Kohlemengen in den jeweiligen Revieren. Es wird angenommen, dass die bestehenden Tagebaue in der Lausitz und in Mitteldeutschland noch komplett ausgenutzt werden können und keine neuen Tagebaue in der Lausitz erschlossen werden.
- Die Altersstruktur der Kraftwerke. Die Kraftwerke werden entsprechend ihres Alters stillgelegt, um die Entwicklung der Kraftwerkskapazität in den dargestellten Szenarien abzubilden.

Tabelle 3-1 zeigt die aktuelle Situation der genehmigten Tagebaue in Deutschland. Ende 2013 betragen die Vorräte in genehmigten Tagebauen 4,5 Mrd. t Braunkohle. Pro Jahr werden etwa 180 Mio. t Braunkohle verbraucht.¹ Bei einem konstanten Braunkohleverbrauch reichen die Vorräte somit für einen Weiterbetrieb von 25 Jahren. Im Rheinland reichen die Vorräte sogar für einen Weiterbetrieb der Kraftwerke von 30 Jahren. Aktuell sind in der Lausitz drei neue Tagebaue mit einem möglichen Fördervolumen von 700 Mio. Tonnen in der Diskussion.² Wenn diese drei neuen Tagebaue genehmigt werden, steigt die Reichweite der Tagebaue auf 28 Jahre in der Lausitz und 29 Jahre in Deutschland.

¹ Durchschnitt der Jahre 2011 bis 2013 basierend auf Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (2014a).

² Braunkohlevorräte neuer Tagebaue berechnet basierend auf (Schuster 2007). Für die Tagebaue Nochten 2 und Welzow 2 wurde der Braunkohlenplan von den jeweiligen Landesregierungen schon beschlossen. Für Jänschwalde Nord steht dieses noch aus. Ein Braunkohlenplan ist nur ein Instrument der Raumplanung. Ein genehmigter Braunkohlenplan stellt also noch keine Genehmigung für einen Tagebau dar. Die Genehmigung erfolgt erst im bergrechtlichen Zulassungsverfahren, das noch nicht begonnen hat. Gegen eine Rahmenbetriebsplanzulassung kann noch geklagt werden.

Tabelle 3-1: Braukohletagebaue in Deutschland

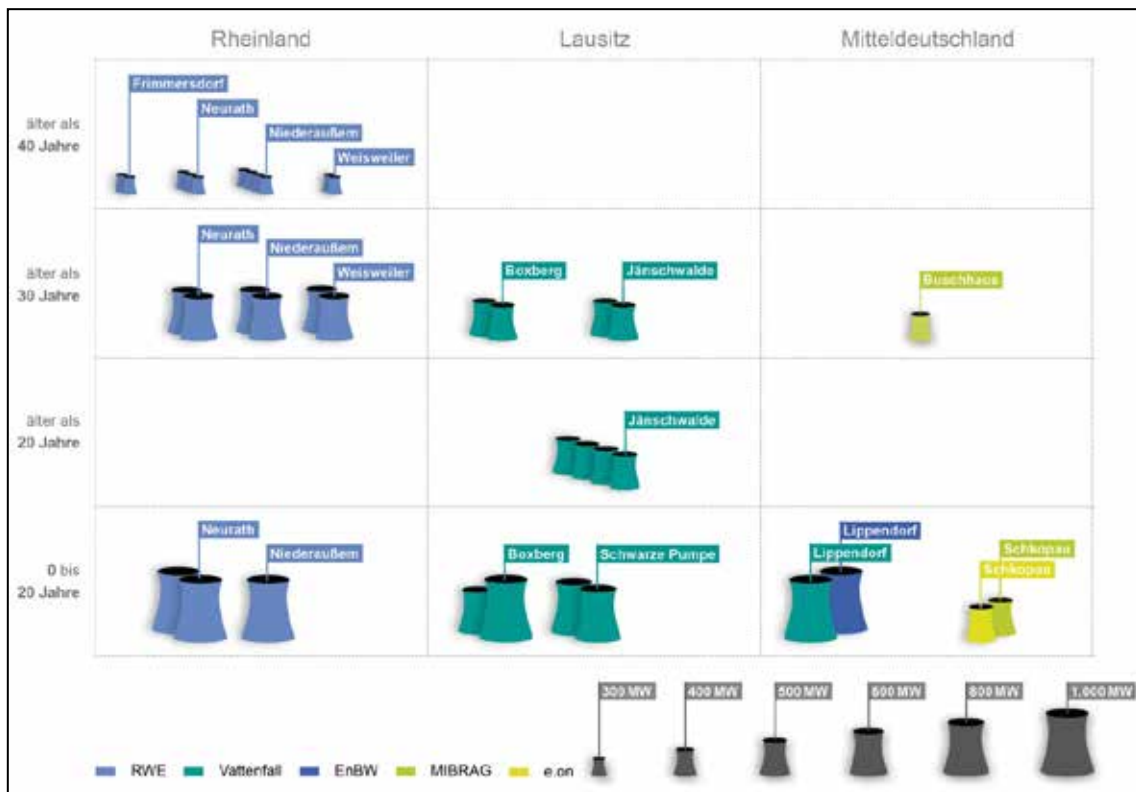
	Vorrat	Verbrauch	Vorrat	Reichweite	Neue Tagebaue	Reichweite mit neuem Tagebauen
	Ende 2010	Ø 2011- 2013 Mrd. t	Ende 2013	Ab Anfang 2014 Jahre	Mrd. t	Ab Anfang 2014 Jahre
Rheinland	3,30	-0,10	3,00	30		30
Mitteldeutschland	0,50	-0,02	0,44	23	0,02	23
Lausitz	1,20	-0,06	1,01	16	0,70	28
Summe	5,00	-0,18	4,46	25	0,72	29

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Tabelle 3-1 verdeutlicht bereits, dass die Reichweite der Tagebaue im Rheinland bei konstanter Förderung mit 30 Jahren deutlich höher ist als in der Lausitz mit nur 16 Jahren.

Im Jahr 2013 betrug die installierte Nettoleistung der Braunkohlekraftwerke 20,8 GW (BNetzA 2013). Die meisten Braunkohlekraftwerke sind Kondensationskraftwerke der allgemeinen Versorgung. Es gibt nur wenige KWK-Anlagen, die mit Braunkohle betrieben werden. Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2 stellen die Altersstruktur dieser Braunkohle-Kondensationskraftwerke differenziert für die drei Reviere dar.

Abbildung 3-1: Altersstruktur der Braunkohlekraftwerke nach Standort und Kraftwerk



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (DEBRIV 2012; Bundesnetzagentur 2014).

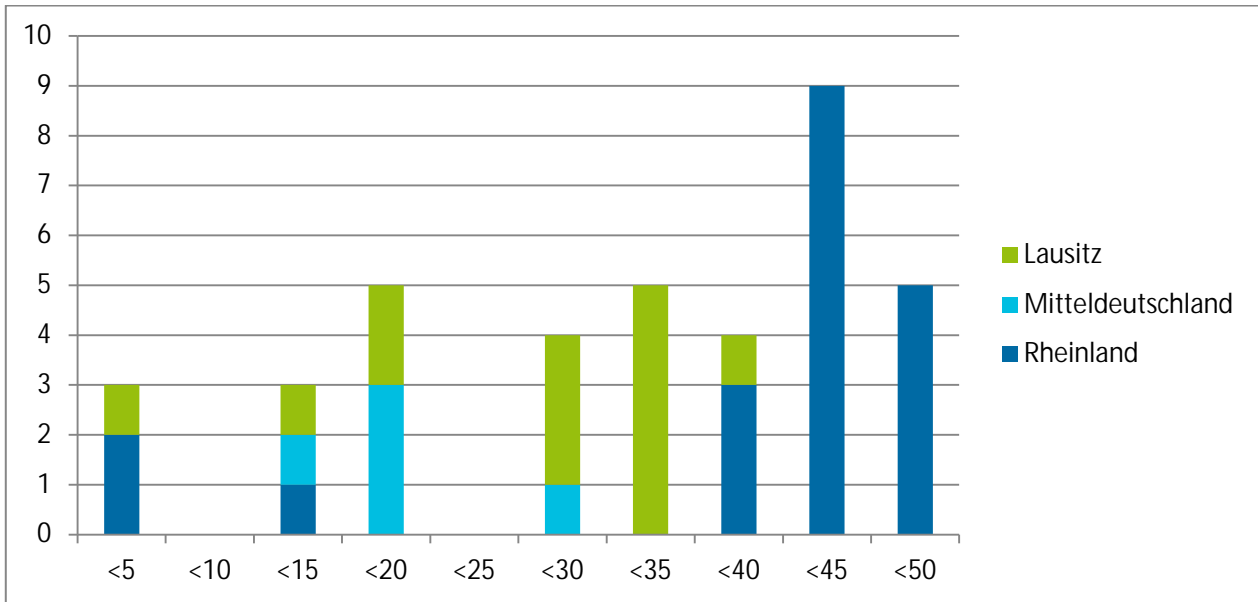
Die Kraftwerke im Rheinland werden alle von RWE betrieben. Im Rheinland wurden seit 2003 drei neue Kraftwerksblöcke mit einer Netto-Leistung von 3 GW in Betrieb genommen. Alle anderen Kraftwerksblöcke haben bereits ein Alter von über 30 Jahren. Darunter sind sechs „600 MW-Blöcke“ (3.700 MW_{netto}).³ 11 Kraftwerkblöcke mit einer Brutto-Leistung von 300 MW haben sogar schon ein Alter über 40 Jahren erreicht (3.220 MW_{netto}).⁴

Es wird deutlich, dass bedingt durch die Wiedervereinigung in den Revieren unterschiedliche Altersstrukturen der Kraftwerke vorherrschen, was insbesondere auf die Modernisierung der Braunkohlekraftwerke in Ostdeutschland nach der Wiedervereinigung zurückzuführen ist. Insbesondere im Rheinland sind die Kraftwerkskapazitäten überaltert.

³ In RWE (2009) werden Wirkungsgrade von 36% bis 38% angegeben.

⁴ In RWE (2009) werden Wirkungsgrade von 32% bis 34% angegeben. Consentec (2013) gibt einen Wirkungsgrad von 35% an.

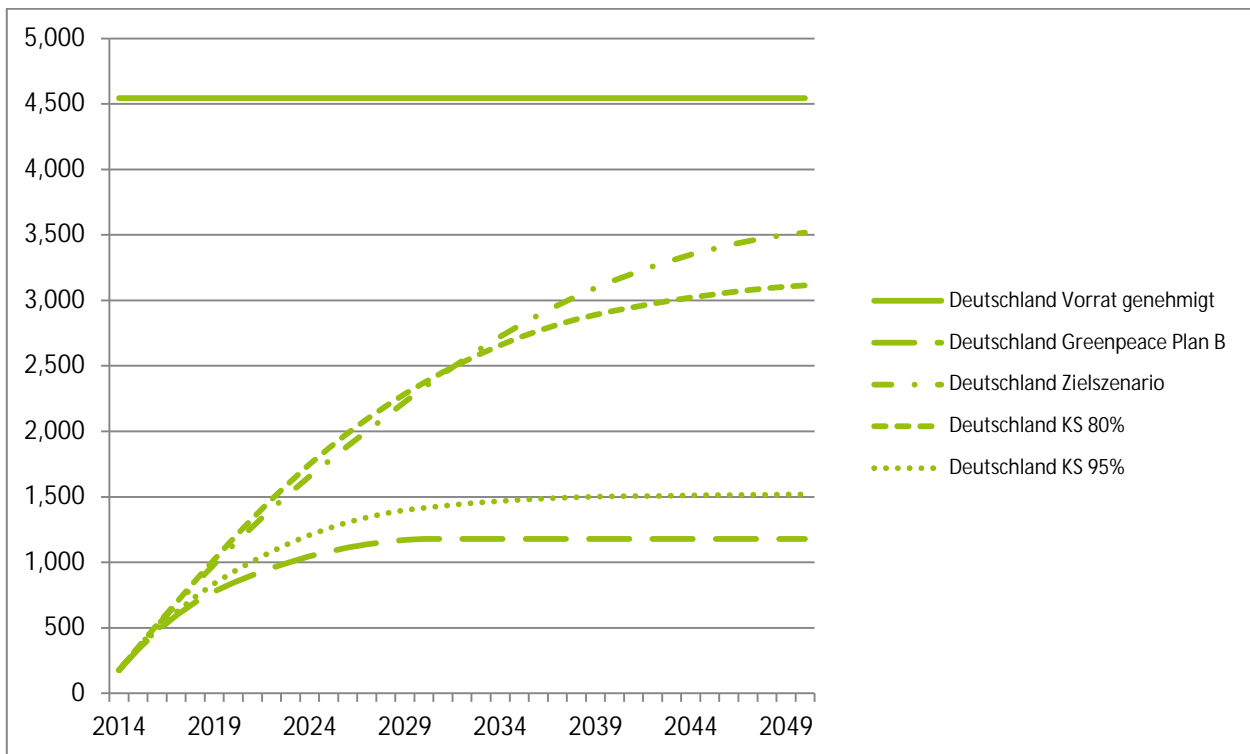
Abbildung 3-2: Altersstruktur der deutschen Braunkohlekraftwerke in Jahren nach Standort



Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf (Bundesnetzagentur 2014).

Für Gesamtdeutschland ergibt sich aus den Szenarien bis 2050 der folgende kumulierte Braunkohleverbrauch (Abbildung 3-3). In keinem der Szenarien wird der genehmigte Vorrat ausgeschöpft.

Abbildung 3-3: Vergleich kumulierter Kohleverbrauch und Vorrat Gesamtdeutschlands in Mio. t

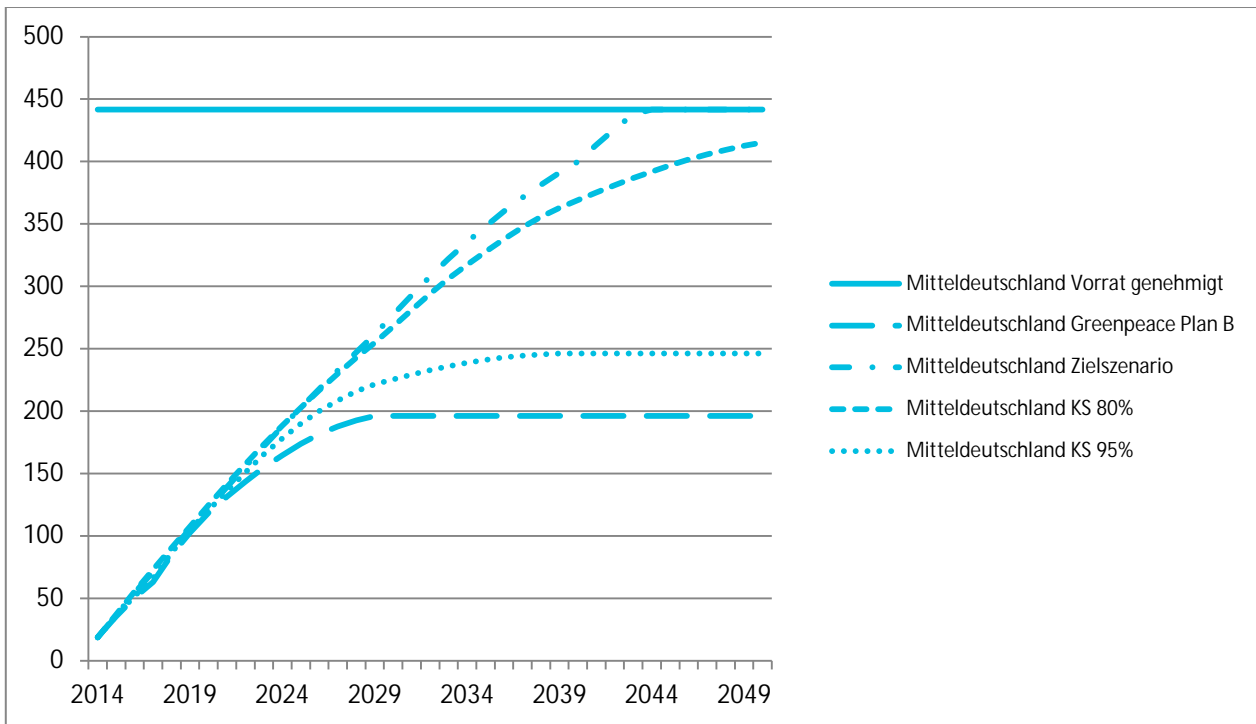


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Entsprechend der Definition der Szenarien finden sich die größten Verbrauchsmengen im Fall des Zielszenarios sowie des KS 80 %. In den Szenarien Greenpeace Plan B sowie KS 95 % bleibt ein Großteil der genehmigten Vorräte ungenutzt.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Entwicklung des kumulierten Verbrauchs für die einzelnen Reviere. In Abbildung 3-4 wird der Kohleverbrauch je Szenario dem noch vorhandenen Vorrat im mitteldeutschen Revier gegenübergestellt. Es ist zu erkennen, dass der genehmigte Vorrat nur in den Szenarien KS 95 % und Greenpeace Plan B zu großen Teilen ungenutzt bleibt. Das Szenario KS 80 % nutzt einen Großteil des Vorrats, eine vollständige Nutzung findet im Zielszenario statt.

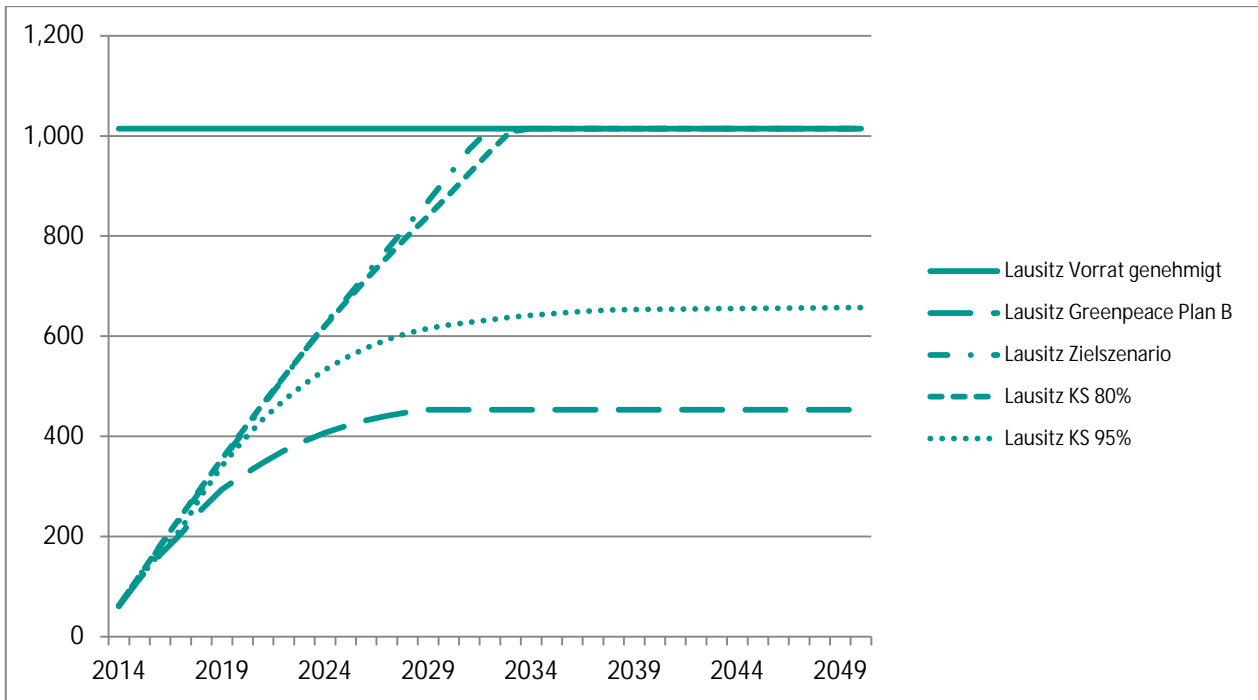
Abbildung 3-4: Vergleich Kohleverbrauch und Vorrat in Mitteldeutschland in Mio. t



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

In Abbildung 3-5 wird der Braunkohleverbrauch des Braunkohlereviers in der Lausitz den betrachteten Szenarien gegenübergestellt. In den Szenarien KS 80 % und Zielszenario wird der Braunkohlevorrat frühzeitig ausgeschöpft. In den beiden anderen Szenarien werden auch hier die genehmigten Vorräte nicht vollständig ausgeschöpft.

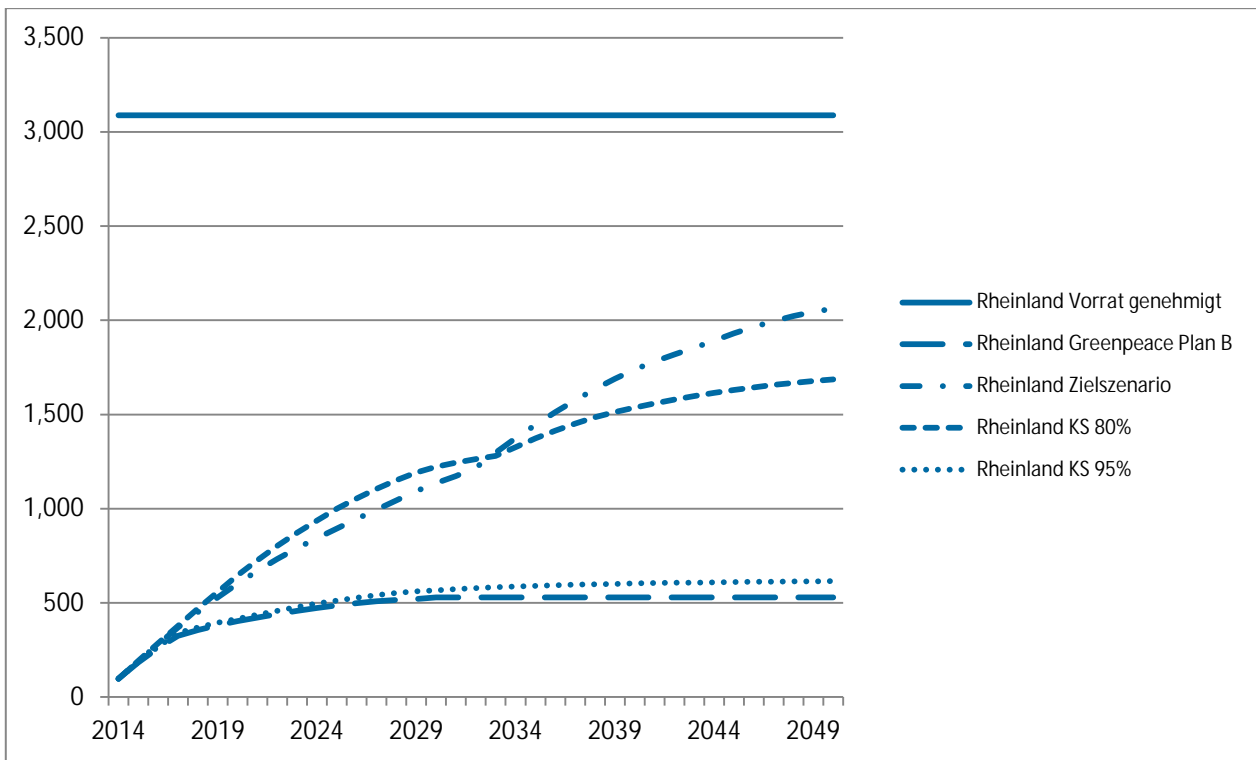
Abbildung 3-5: Vergleich Kohleverbrauch und Vorrat in der Lausitz in Mio. t



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Der Braunkohleverbrauch im rheinischen Revier wird schließlich in Abbildung 3-6 dargestellt. Die genehmigten Vorräte werden hier in keinem der Szenarien ausgenutzt. Das Auslaufen der anderen Reviere führt hier zu einem zwischenzeitlichen Anstieg des jährlichen Verbrauchs.

Abbildung 3-6: Vergleich Kohleverbrauch und Vorrat im Rheinland in Mio. t



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

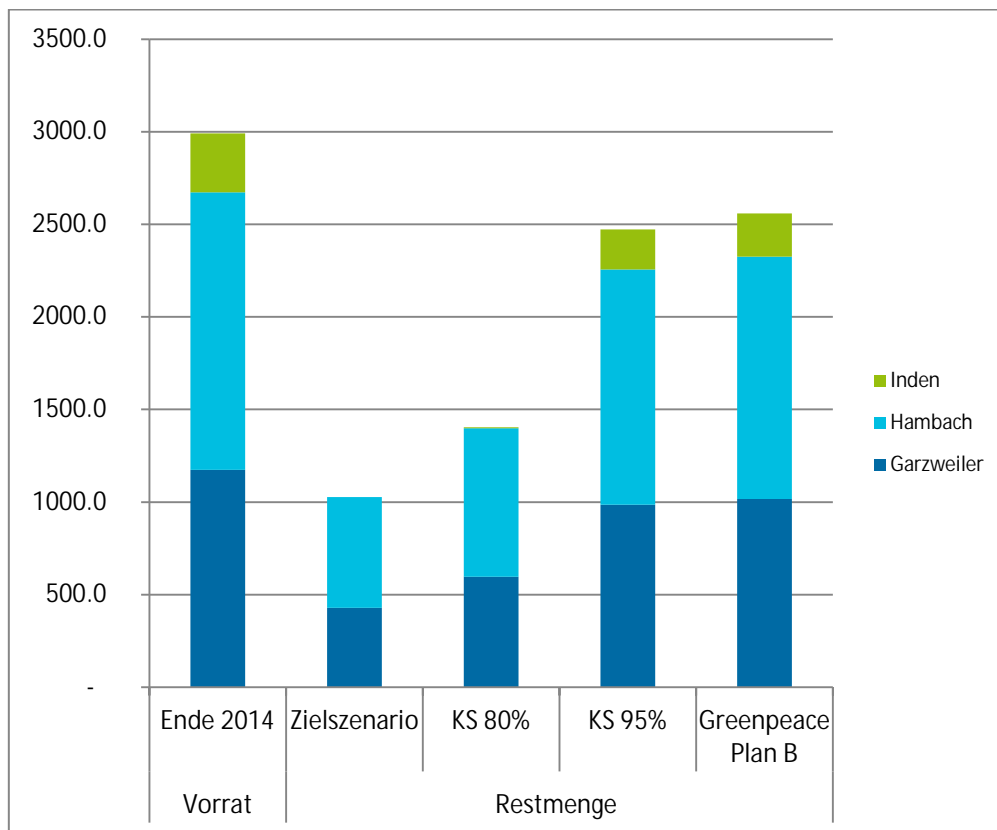
Nach der Aufteilung der Braunkohlemengen auf die verschiedenen Reviere wird die rheinische Kohle, die in den Szenarien jeweils noch genutzt werden kann, im nächsten Schritt auf die Tagebaue im Rheinland Garzweiler, Hambach und Inden aufgeteilt. Die Aufteilung der Abbaumenge erfolgt proportional zu ihrem bisherigen Fördermengenverhältnis (Zahlen aus 2013). Diese tagesbauspezifischen Abbaumengen werden vom heutigen Vorrat abgezogen. Daraus ergeben sich tagesbauspezifische Restmengen, die in der folgenden Tabelle 3-2 und in der Abbildung 3-7 mit dem heute verbleibenden Vorrat je Tagebau verglichen werden.

Tabelle 3-2: Vergleich Vorrat und Restmengen in den Tagebauen im Rheinland in Mrd. t

	Garzweiler	Hambach	Inden	Summe
Vorrat Ende 2014	1,18	1,5	0,32	2,99
Restmengen Zielszenario	0,43	0,6	-	1,03
KS 80 %	0,6	0,80	0,004	1,40
KS 95 %	0,99	1,27	0,22	2,47
Greenpeace Plan B	1,02	1,31	0,23	2,56

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Abbildung 3-7: Vergleich Vorrat und Restmengen in den Tagebauen im Rheinland in Mio. t



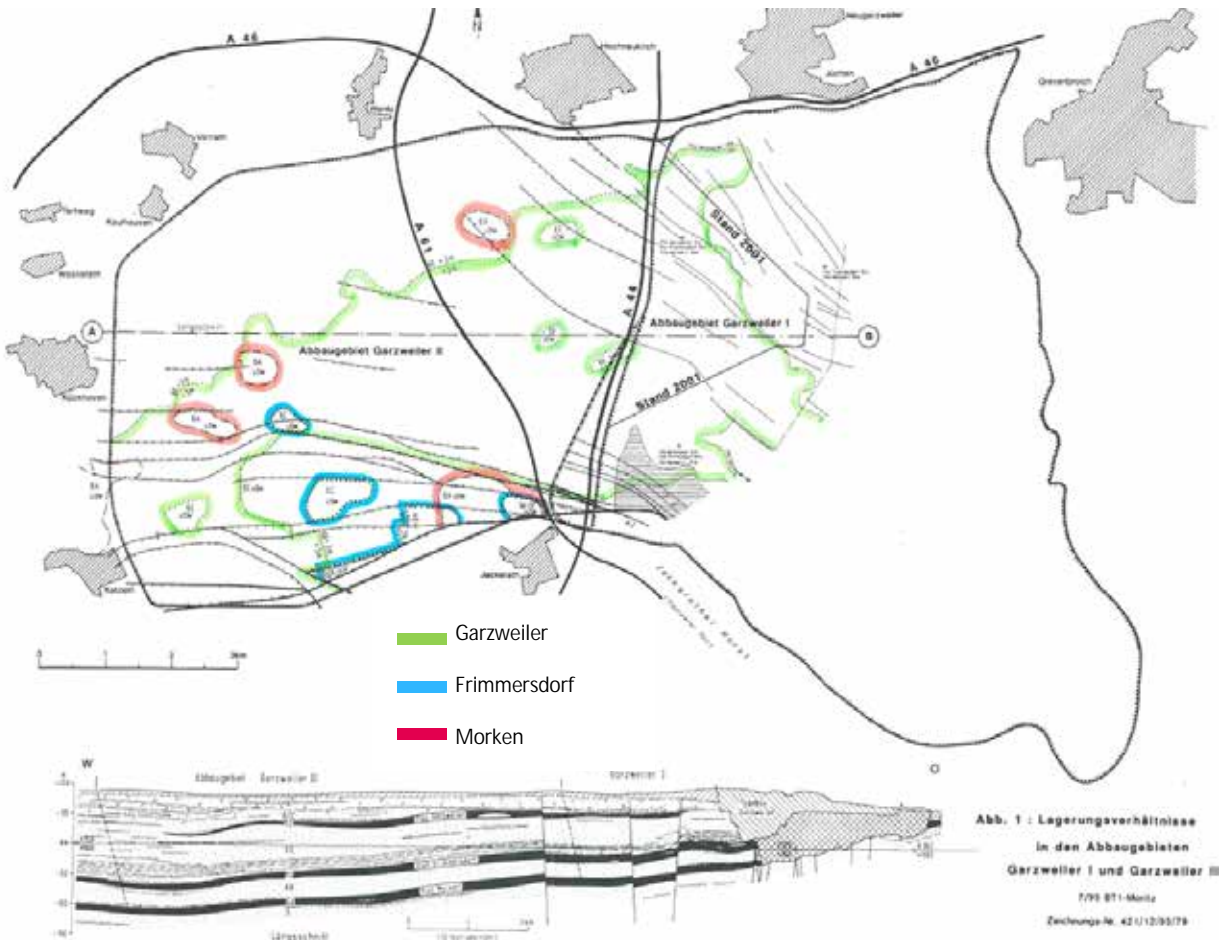
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015; Greenpeace e.V und Eutech 2009).

3.2. Abbaugrenzen in Garzweiler in den verschiedenen Szenarien

Nachdem ermittelt wurde, welche Braunkohlemengen in den verschiedenen Szenarien noch verbraucht werden können und diese Mengen auf die einzelnen Reviere und Tagebaue aufgeteilt wurden, haben wir im nächsten Schritt betrachtet, welche Abbaugrenze sich aus diesen Kohlemengen in Garzweiler ergeben.

In Abbildung 3-8 sind die geologischen Eigenschaften der Tagebaue Garzweiler I und II anhand der Verteilung der Flöze Garzweiler, Frimmersdorf sowie Morken zu sehen. Es ist ersichtlich, dass die unterschiedlichen Flöze nicht gleichmäßig auf die gesamte Fläche des Tagebaus verteilt sind, Lücken aufweisen und dass die Flözmächtigkeit variiert. Im Rahmen der Berechnungen dieser Untersuchungen ist eine detaillierte Berücksichtigung dieser Verhältnisse nicht möglich, weshalb eine gleichmäßige Verteilung der gesamten Braunkohlemenge auf die Fläche des Tagebaus angenommen wird. Wir gehen davon aus, dass die in dieser Studie hergeleiteten zukünftigen Abbaugrenzen durch diese Vereinfachung tendenziell zu weit westlich liegen. Nach der folgenden Abbildung weist der Tagebau im zentralen und östlicheren Teil eine höhere Kohledichte auf, da sich das Flöz Garzweiler zu großen Teilen dort befindet sowie Lücken in den anderen Flözen eher im Westen zu finden sind.

Abbildung 3-8: Geologie der Tagebaue Garzweiler I und II



Quelle: (Landesregierung NRW 1995).

Aus den dargestellten Annahmen und Berechnungen ergeben sich für die verschiedenen Szenarien die folgenden Abbaugrenzen.

Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über die verschiedenen in den nachfolgenden Karten dargestellten Abbaugrenzen. Nach den Karten mit den einzelnen Abbaugrenzen zeigt die Abbildung 3-15 eine Karte mit sämtlichen Abbaugrenzen.

Tabelle 3-3: Überblick über die nachfolgenden Kartengrafiken

Szenario	Verbleibende Kohlemenge [Mrd. t]	Abgebaggerte Kohlemenge [Mrd. t]	Seite
Abbaukante 2015	1,18	1,83	24
„Insellösung“ ⁵	0,50	2,50	25
Zielszenario (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014)	0,43	2,57	26
Klimaschutzszenarien 80 % (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2014)	0,60	2,40	27
Klimaschutzszenarien 95% (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2014)	0,99	2,01	28
Greenpeace Plan B (Greenpeace e.V und Eutech 2009)	1,02	1,98	29

Quelle: Eigene Darstellung.

Die folgende Karte zeigt zunächst die aktuelle Abbaugrenze. Im Gegensatz zu den nachfolgenden Abbildungen ist diese Linie so zu verstehen, dass auch östlich der Grenze Kohlevorräte liegen. Das liegt daran, dass

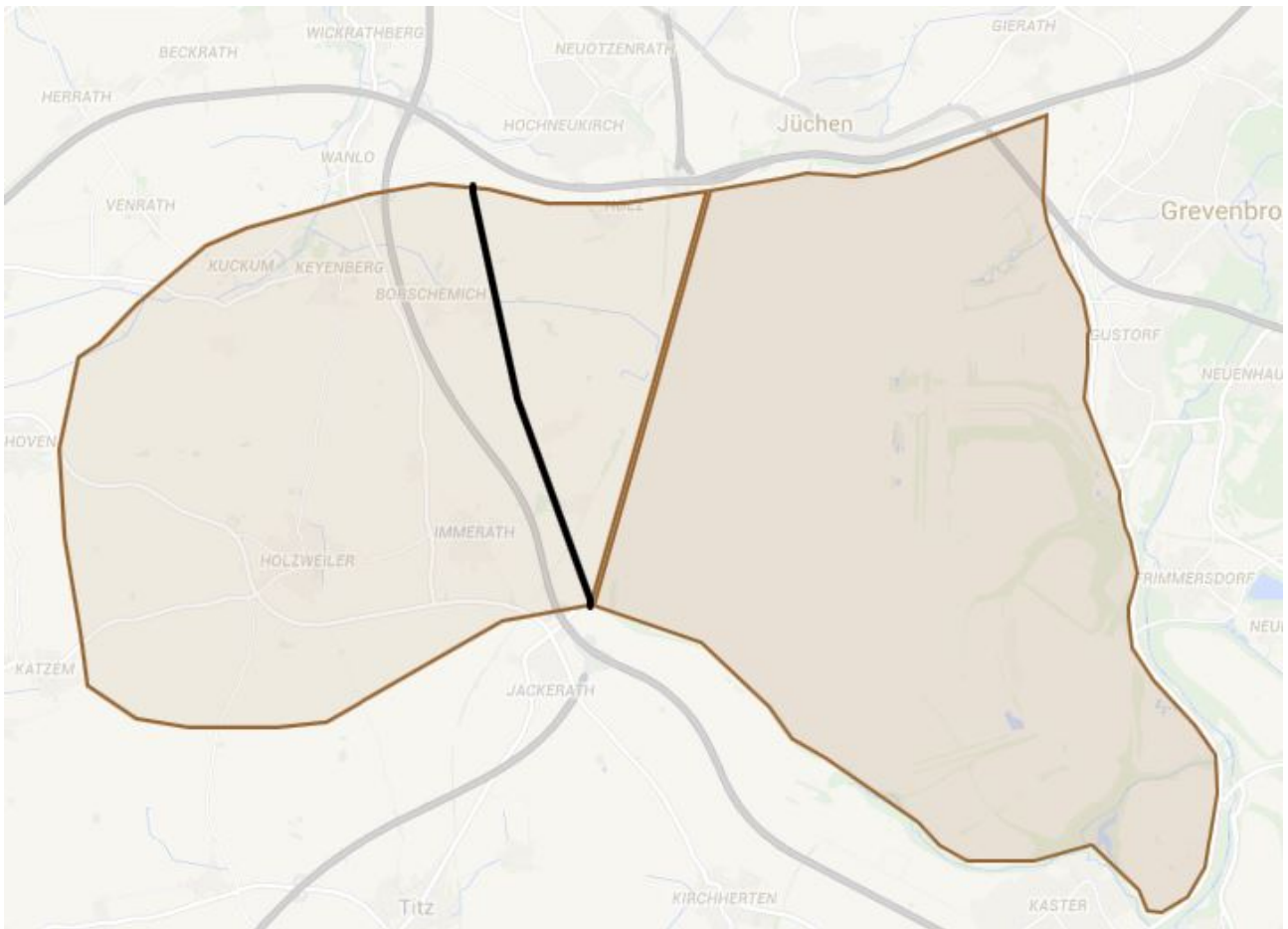
- 1) eine Kippenböschung und ein Sicherheitspuffer vorhanden sind, dass also nicht bis zur Kante des Tagebaus Kohle gebaggert wird, und
- 2) auch in dem Bereich, in dem bereits gebaggert wird, in mehreren Flözen noch Kohle liegt.

In den darauffolgenden Karten sind die Abbaugrenzen dagegen so zu verstehen, dass bis zu der Linie die Kohle komplett genutzt wird. Diese Unterschiede sind beim Vergleich der Linien zu berücksichtigen.

Die braune Linie in den einzelnen Abbildungen stellt den zweigeteilten Tagebau Garzweiler dar. Hierbei handelt es sich bei dem östlichen Abbauggebiet um Garzweiler I, woran sich das westliche Abbauggebiet Garzweiler II anfügt.

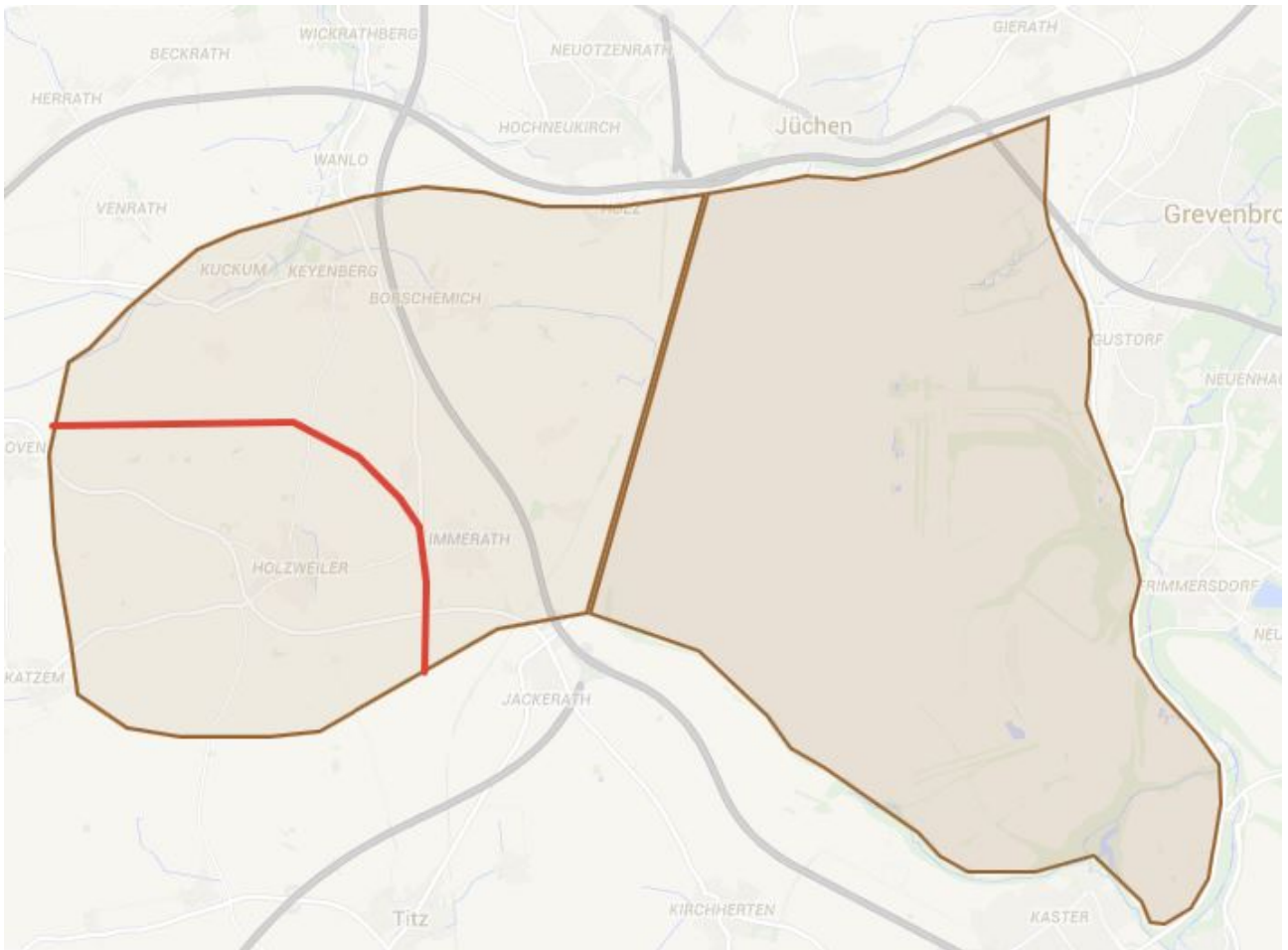
⁵ Mögliches Szenario gemäß Beschluss der Landesregierung vom 28.03.2014, angepasst durch das Öko-Institut e.V. – Sicherheitsabstand zu Holzweiler beträgt 1000m.

Abbildung 3-9: Abbaukante des Tagebaus Garzweiler im Jahr 2015



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Bezirksregierung Köln 2014).

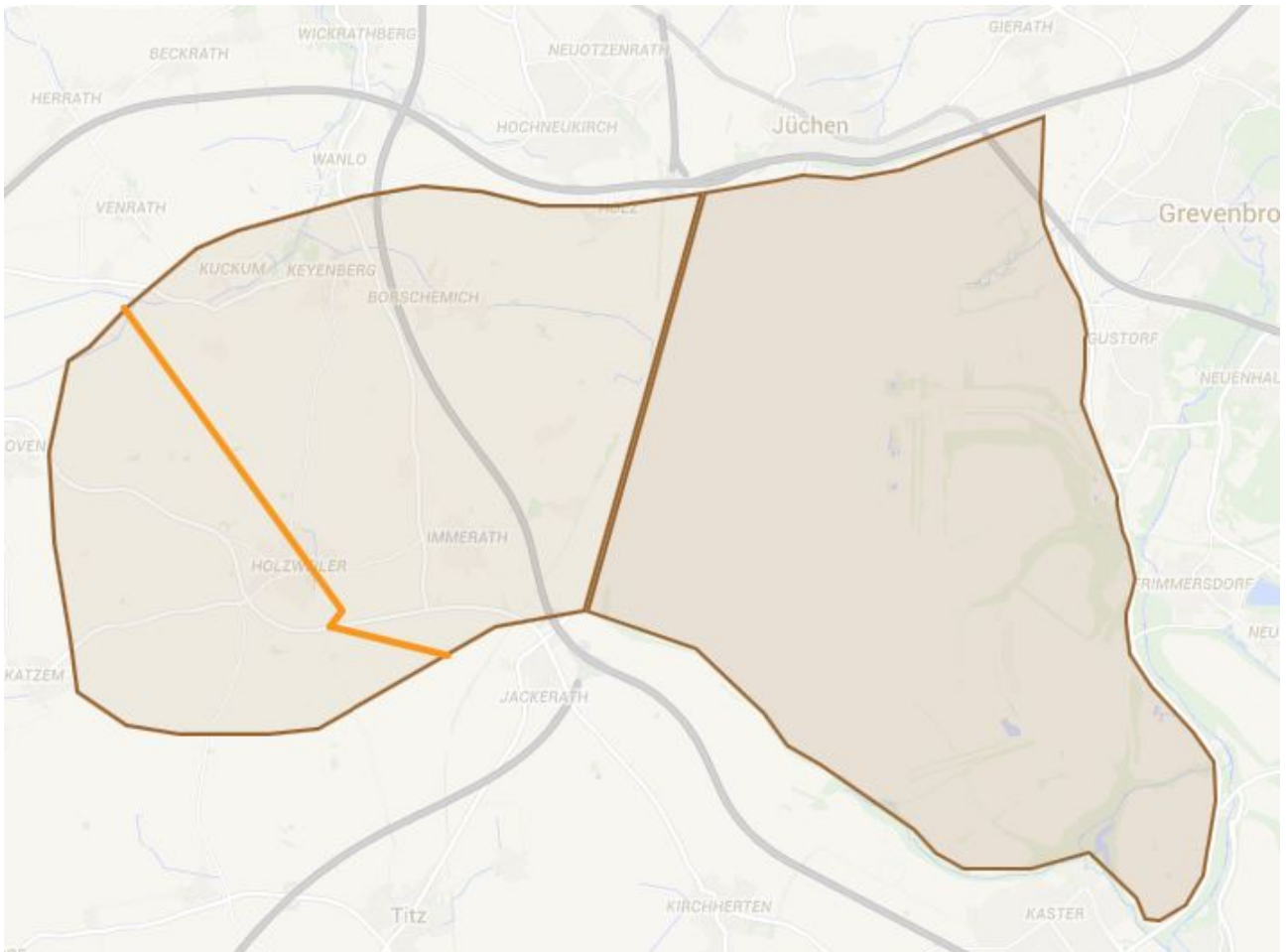
Abbildung 3-10: Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung der „Insellösung“



Quelle: Eigene Darstellung (Bezirksregierung Köln 2014).

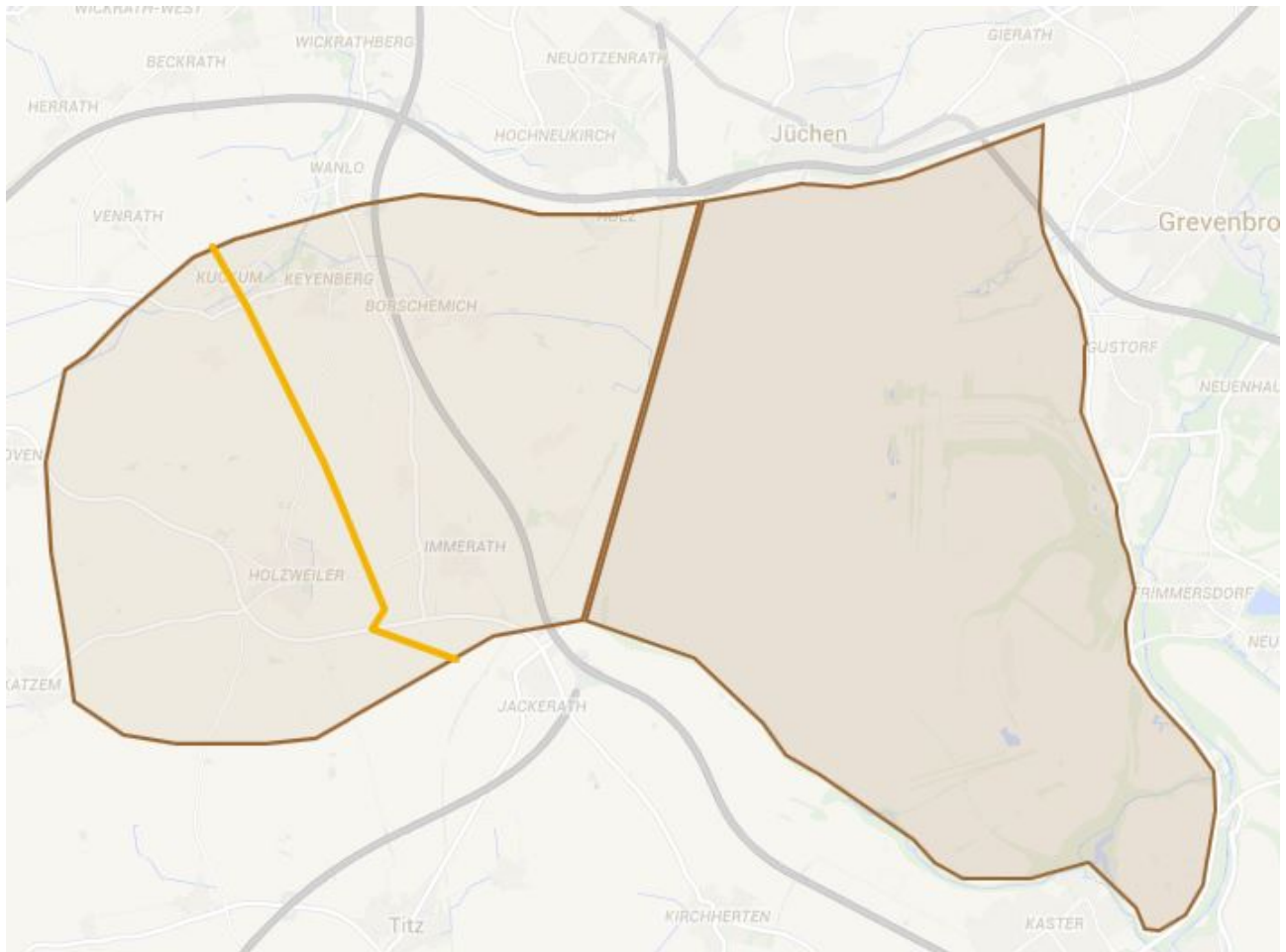
Die so genannte „Insellösung“ entspricht in etwa dem am wenigsten ambitionierten der untersuchten Szenarien, dem Zielszenario. Wird das bundesweite 80%-Ziel konsequenter umgesetzt (KS 80%), dann endet der Tagebau bereits vor der „Insellösung“. Im KS 95 % und im Greenpeace-Szenario wird der Abbau noch deutlich früher gestoppt. Die finale Abbaugrenze liegt hier nicht weit entfernt von der heutigen Abbaukante (wobei die Linien unterschiedlich zu interpretieren sind, siehe oben).

Abbildung 3-11: Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des Zielszenarios



Quelle: Eigene Darstellung, eigene Berechnungen basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) 2014)

Abbildung 3-12: Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des KS 80%



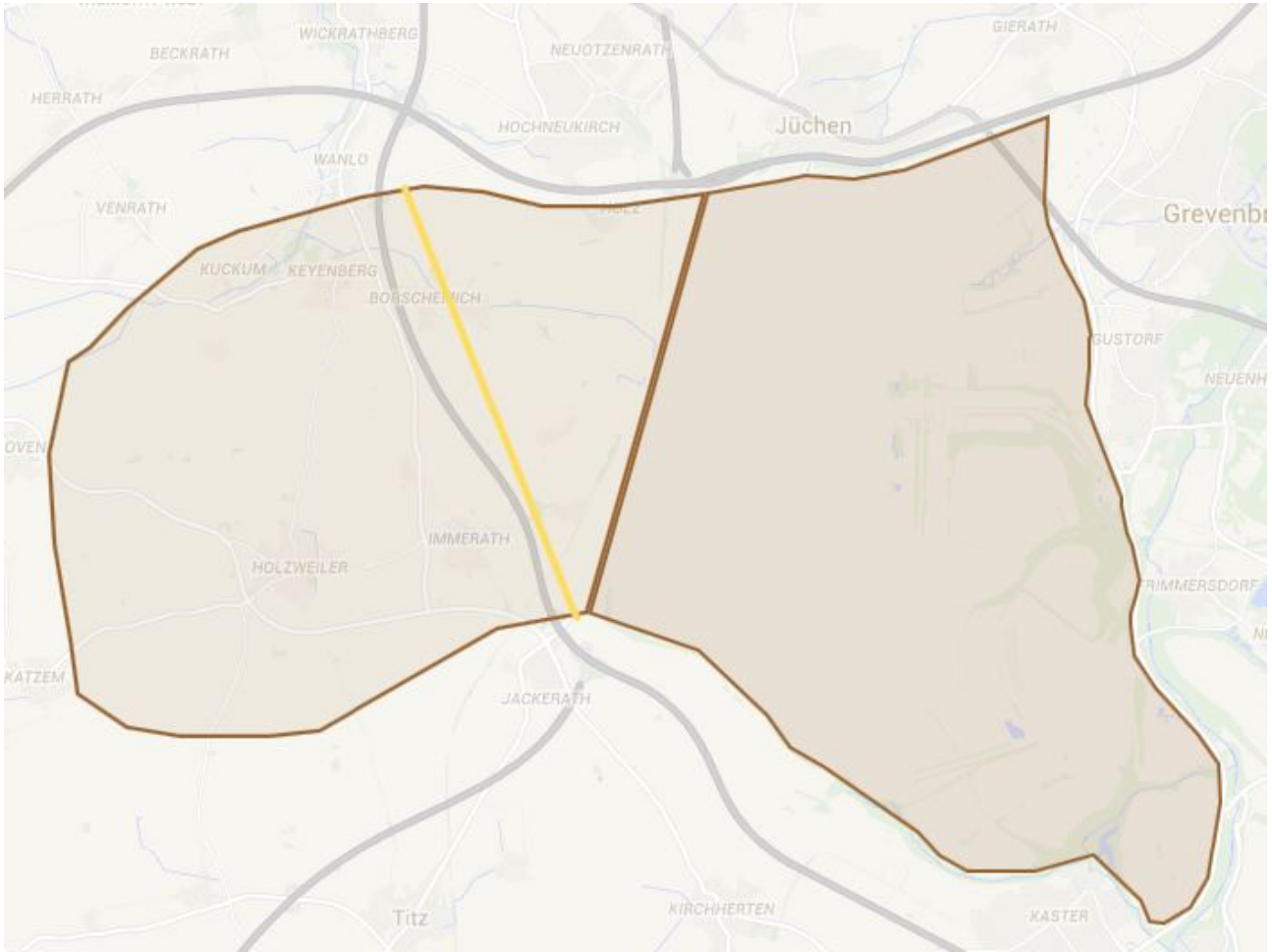
Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung basierend auf (Repenning et al. 2015).

Im KS 95 % und im Greenpeace-Szenario liegen die Abbaugrenzen sehr nah beieinander, wie in den beiden folgenden Karten zu sehen ist. Allerdings sind zwei Perspektiven zu unterscheiden:

- Perspektive 1: Noch benötigte Kohlemenge
- Perspektive 2: Jahr der Stilllegung des Tagebaus.

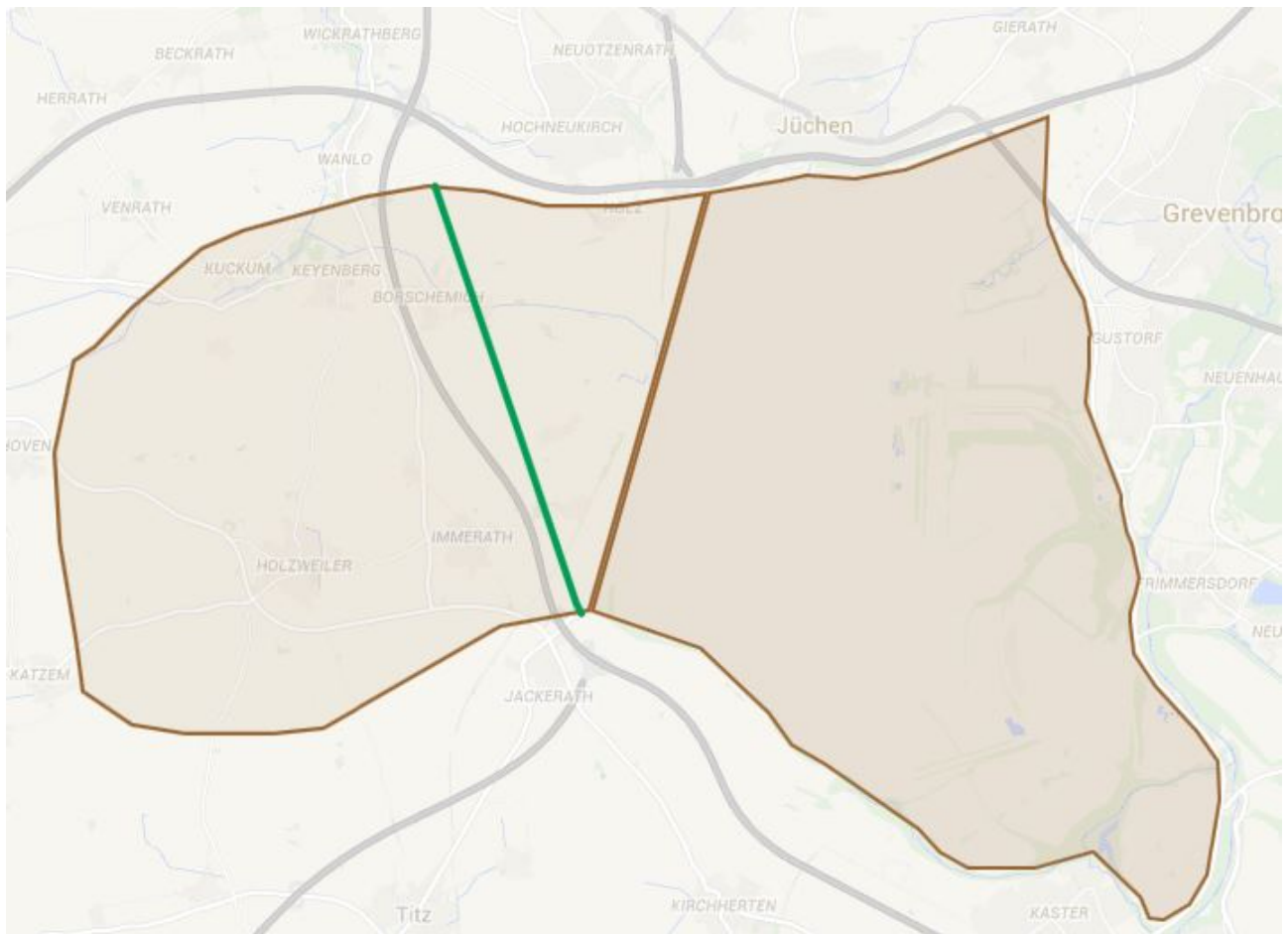
Grundsätzlich führen Szenarien, mit denen die Klimaschutzziele erreicht werden, dazu, dass die Abbaumengen deutlich reduziert werden müssen. Allerdings laufen Braunkohle-Kraftwerke teilweise noch bis nach 2040, wenn auch nur mit sehr geringer Erzeugung. Hier stellt sich jedoch die Frage, inwieweit der Betrieb der Tagebau und der Kraftwerke auch bei geringen Erzeugungsmengen noch wirtschaftlich ist.

Abbildung 3-13: Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des KS 95 %



Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnung basierend auf (Repenning et al. 2015).

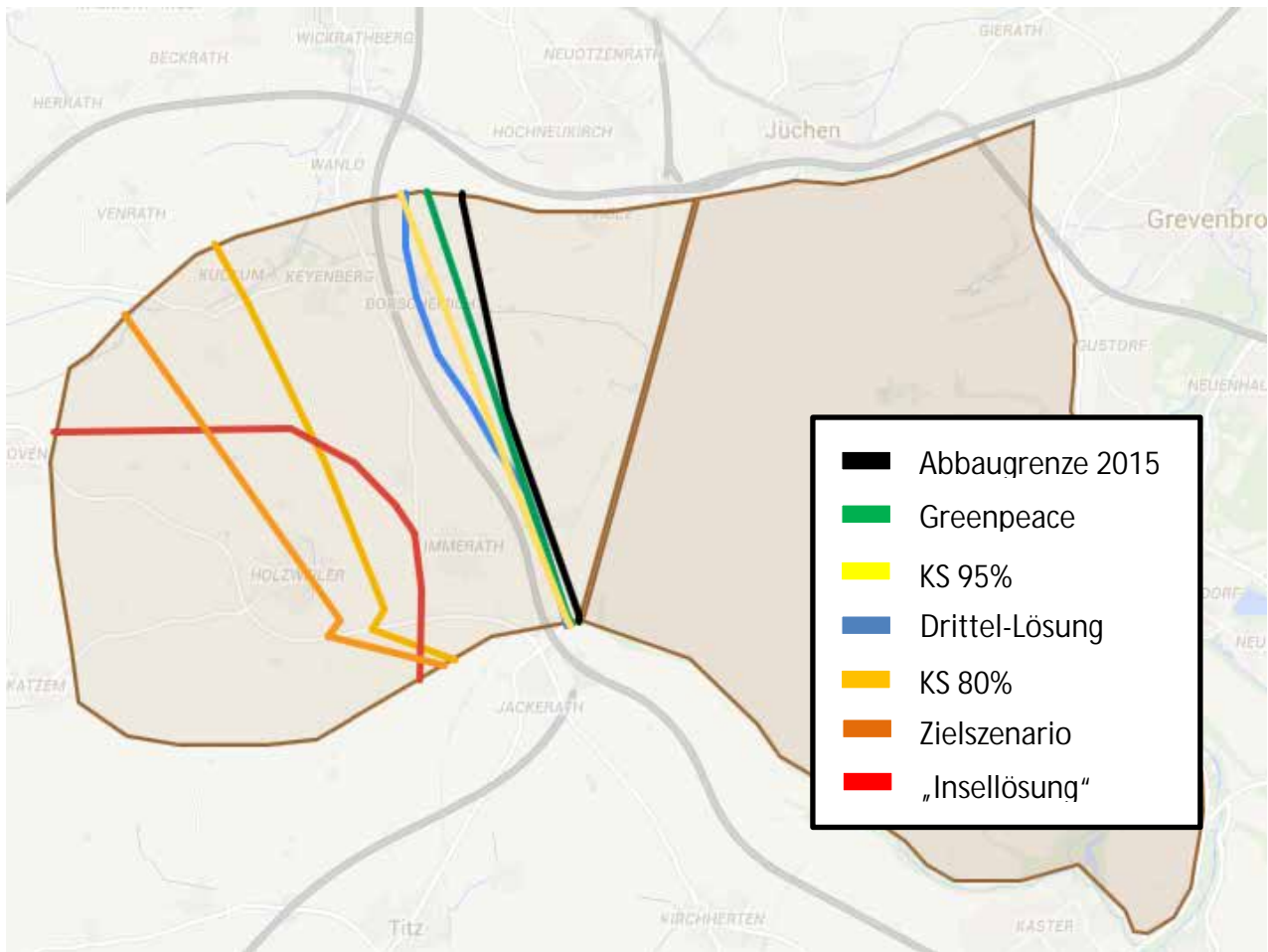
Abbildung 3-14: Abbaugrenze des Tagebaus Garzweiler bei der Verwendung des Greenpeace Plan B Szenarios



Quelle: eigene Darstellung, eigene Berechnungen basierend auf (Greenpeace e.V und Eutech 2009).

Abbildung 3-15 auf Seite 30 zeigt abschließend alle dargestellten Abbaugrenzen im Vergleich. Zusätzlich ist die so genannte Drittel-Lösung eingezeichnet, bei der Abbau auf das Gebiet bis zur A 61 beschränkt wird. In Tabelle 3-3 sind jeweils die abgebagerte und die verbleibende Kohlenmenge für die unterschiedlichen Szenarien angegeben.

Abbildung 3-15: Überblick über die verschiedenen Abbaugrenzen des Tagebaus Garzweiler



Quelle: Eigene Darstellung, eigene Berechnungen, siehe jeweils oben.

4. Klimapolitische Ziele in Nordrhein-Westfalen

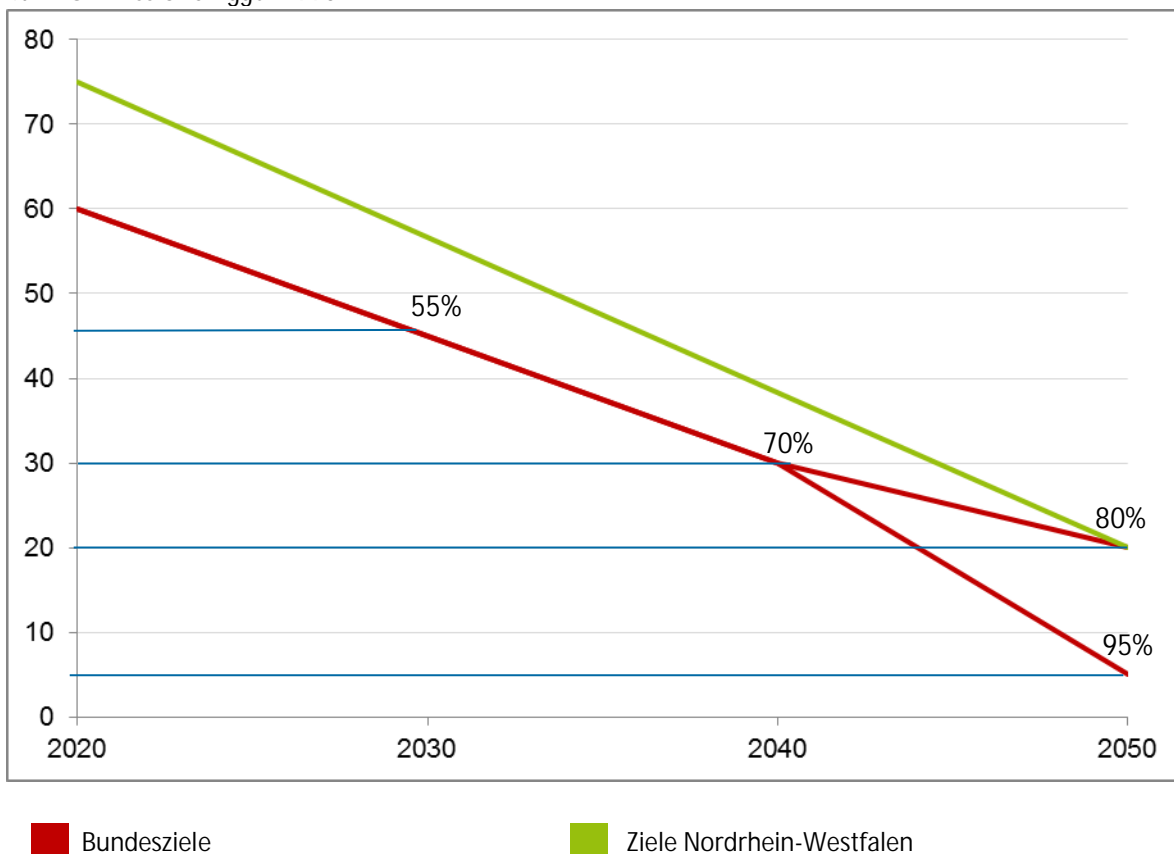
Im nächsten Schritt ist zu klären, wie sich die dargestellten bundespolitischen Ziele und die entsprechenden Szenarien zu den klimapolitischen Zielen auf Landesebene verhalten.

Der nordrhein-westfälische Landtag hat im Januar 2013 das erste deutsche Klimaschutzgesetz mit gesetzlich festgeschriebenen Klimaschutzzielen verabschiedet (Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes). Die Gesamtsumme der klimaschädlichen Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen soll danach bis zum Jahr 2020 um mindestens 25 % und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 % im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 verringert werden. Im Gegensatz zur Situation auf Bundesebene sind die Klimaschutzziele hier rechtlich verbindlich. Aktuell wurde in NRW daher bereits eine Minderung von 19 % unter das Niveau von 1990 erreicht (LANUV 2014b).⁶

Die folgende Abbildung 4-1 zeigt die bundes- und landespolitischen Klimaschutzziele im Vergleich.

Abbildung 4-1: Vergleich der deutschen und nordrhein-westfälischen Klimaschutzziele

% THG Emissionen ggü. 1990



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Bundesregierung 2010; Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes).

Auf Bundesebene beinhalten die Ziele auch einen Pfad für die Zielerreichung bis 2050, d.h. eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 40 % bis zum Jahr 2020, 55 % bis zum Jahr 2030,

⁶ Im Jahr 2012 betrug die Emissionen in NRW 305 Mio. t CO₂Äqu. und in 1990 364 Mio. t CO₂Äqu. (LANUV NRW 2013).

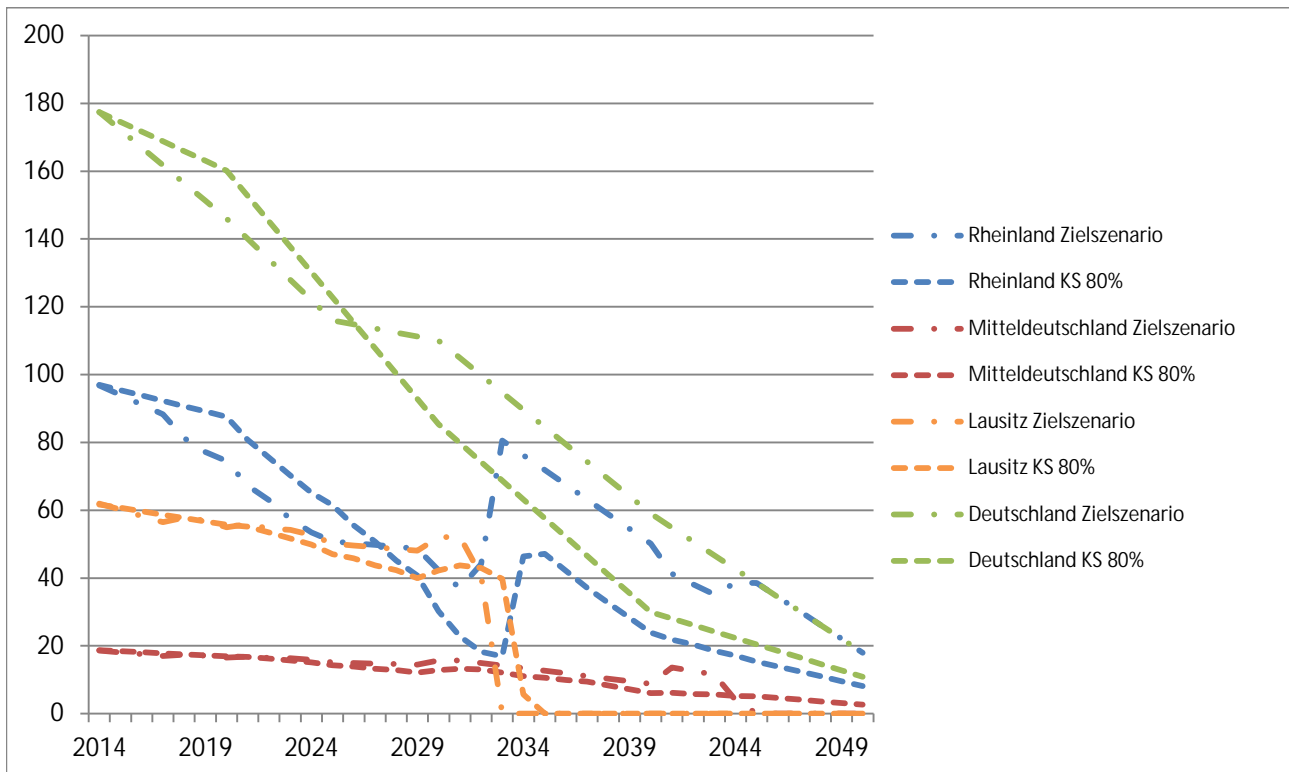
70 % bis zum Jahr 2040 sowie 80-95 % bis zum Jahr 2050. Im Gegensatz dazu wird in Nordrhein-Westfalen der Verlauf zwischen 2020 und 2050 nicht weiter definiert.

Mit Blick auf die dargestellten Szenarien auf Bundesebene bedeuten die Ziele in Nordrhein-Westfalen, dass aus Landessicht mindestens die oben dargestellten 80 %-Szenarien und die dort skizzierten Pfade des Braunkohleausstiegs erreicht werden müssen. Allerdings stellt ein 80 %-Ziel auf Landesebene sogar noch höhere Anforderungen an den Braunkohleausstieg in Nordrhein-Westfalen als ein 80 %-Ziel auf Bundesebene.

Dies liegt nicht zuletzt daran, dass die bundespolitischen Ziele in den 80 %-Szenarien in Bezug auf die Braunkohle zu einem erheblichen Teil durch das Auslaufen der Tagebaue in der Lausitz und teilweise auch in Mitteldeutschland erreicht wird. Diese Beiträge können aber offensichtlich nicht auf das Klimaschutzziel in Nordrhein-Westfalen angerechnet werden.

In Abbildung 4-2 sind die jährlichen Braunkohleverbräuche der oben dargestellten 80 %-Szenarien Zielszenario und KS 80 % aufgeteilt nach Revieren bis zum Jahr 2050 zu sehen. Ebenfalls dargestellt ist der bundesweite Braunkohleverbrauch in grüner Farbe, der bis 2050 stetig zurückgeht. Die Kurve der rheinischen Braunkohle fällt zunächst stetig bis Anfang der 30er Jahre, danach steigt der Verbrauch wieder an. Diese Entwicklung ist auf das Auslaufen der Tagebaue in der Lausitz zurückzuführen, dargestellt in der orangenen Linie, da die gesamtdeutsche Braunkohleerzeugung nur wenig vom Auslaufen der Reviere beeinträchtigt wird. In den darauffolgenden Jahren ist zu erkennen, dass die Braunkohlemenge aus dem rheinischen Revier sich der bundesweiten Braunkohlemenge weiter annähert, wenn auch die Braunkohletagebaue in Mitteldeutschland auslaufen.

Abbildung 4-2: Braunkohleverbrauch der einzelnen Reviere bei dem Erreichen eines 80% Klimaschutzziels in Mio. t Braunkohle pro Jahr.



Quelle: Eigene Darstellung, eigene Berechnungen basierend auf (Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) 2014; Repenning et al. 2015)

Während durch das bundespolitische 80 %-Ziel ein solcher Verlauf erreicht werden kann, verdeutlicht die Betrachtung nach Revieren, dass der Verlauf für das Erreichen des nordrhein-westfälischen Ziels problematisch ist. Zum einen stellt sich die Frage, wie der Anstieg Anfang der 30er-Jahre mit dem Ziel für 2020 zu vereinbaren ist. Im Rahmen des Zielszenarios übertrifft die Braunkohleerzeugung des Jahres 2033 sogar die des Jahres 2020 und gefährdet so gewissermaßen nachträglich die Treibhausgasreduktion Nordrhein-Westfalens von 25 % bis 2020. Auch wenn ein solch starker Anstieg innerhalb eines Jahres in Nordrhein-Westfalen in der Realität nicht zu erwarten ist, verdeutlicht diese Betrachtung, wie sich die bundesweiten Ziele unterschiedlich auf die verschiedenen Braunkohle-Revier auswirken.

Zum anderen verdeutlicht die obige Grafik, dass in der gesamtdeutschen Betrachtung (grüne Linien) die Braunkohle auch anteilig wesentlich stärker gemindert wird als in Nordrhein-Westfalen (blaue Linie). Dies illustriert die Notwendigkeit, dass die Braunkohle in Nordrhein-Westfalen für das 80 %-Ziel auf Landesebene stärker reduziert werden muss als für das Ziel auf Bundesebene. Die Entwicklung auf Landesebene sollte sich deshalb an den oben dargestellten Szenarien KS 95 % und Greenpeace orientieren anstatt an den 80 %-Szenarien auf Bundesebene.

Dies wird auch durch die detaillierte Analyse auf Landesebene bekräftigt. Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele des Landes hat das Wuppertal-Institut in verschiedenen Szenarien verschiedene Entwicklungen daraufhin untersucht, inwiefern dadurch die Klimaschutzziele des Landes erreicht werden können. In zehn Szenarien sind verschiedene Entwicklungen der einzelnen Sektoren dargestellt. So werden neben unterschiedlichen Entwicklungen im Stromsektor unterschiedliche Reduktionen in der Landwirtschaft, der Industrie oder im Verkehr untersucht.

Tabelle 4-1: Emissionsreduktionen der unterschiedlichen Szenarien der Studie des Wuppertal Instituts

Jahr/ Szenario	Minderung 2020/1990	Minderung 2050/1990
A	-21 %	-57 %
A1	-20 %	-57 %
A2	-25 %	-60 %
B	-26 %	-65 %
B1	-26 %	-64 %
B2	-26 %	-79 %
BCCS	-22 %	-67 %
C	-29 %	-69 %
C1	-25 %	-68 %
C2	-29 %	-80 %

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH 2013).

In den durchgeführten Rechnungen konnten die Reduktionsziele lediglich im Szenario C2 und mit Abstrichen im Szenario B2 erreicht werden. In den anderen Szenarien ist dies nicht der Fall. Dies verdeutlicht Tabelle 4-1, in der die unterschiedlichen Szenarien und die jeweiligen Reduktionen der Emissionen gegenüber 1990 für 2020 und 2050 aufgetragen sind. Während für 2020 noch verschiedene Varianten möglich sind, erfordert das Ziel für 2050 das Szenario C2. Dieses Szenario

geht von einer 100 % Versorgung Nordrhein-Westfalens durch erneuerbare Energien in 2050 und damit von einem Auslaufen der Braunkohle aus⁷.

Im Szenario C2 verbleiben in NRW noch Emissionen von 70 Mio. t CO₂äq. in 2050. Die Hälfte der noch verbleibenden Emissionen entfallen auf die Industrie. In der Industrie werden die Emissionen bis 2050 im Vergleich zu 1990 nur um 69 % verringert. Im Umwandlungssektor, der die Stromerzeugung enthält, ist die Emissionsminderung mit 96 % deutlich höher. Dies verdeutlicht, dass die Vermeidung der prozessbedingten CO₂-Emissionen in der Industrie deutlich schwieriger ist, wenn auf CCS als Vermeidungsoption verzichtet wird (in den Klimaschutzszenarien kommt CCS als Vermeidungsoption für die Industrieprozesse zum Einsatz). Emissionsreduktionen in der Stromerzeugung sind einfacher zu erreichen, weil hier erneuerbare Energien eingesetzt werden können.

Zwar wird damit zunächst nur eine Aussage über das Jahr 2050 getroffen. Allerdings kann das dargestellte Reduktionsziel realistischer Weise nur erreicht werden, wenn bis dahin ein Reduktionspfad eingeschlagen wird, der den oben dargestellten ambitionierten Szenarien auf Bundesebene entspricht. Denn schließlich muss nicht nur die Braunkohleverstromung abgebaut, sondern gleichzeitig ein erneuerbares Stromsystem aufgebaut werden.

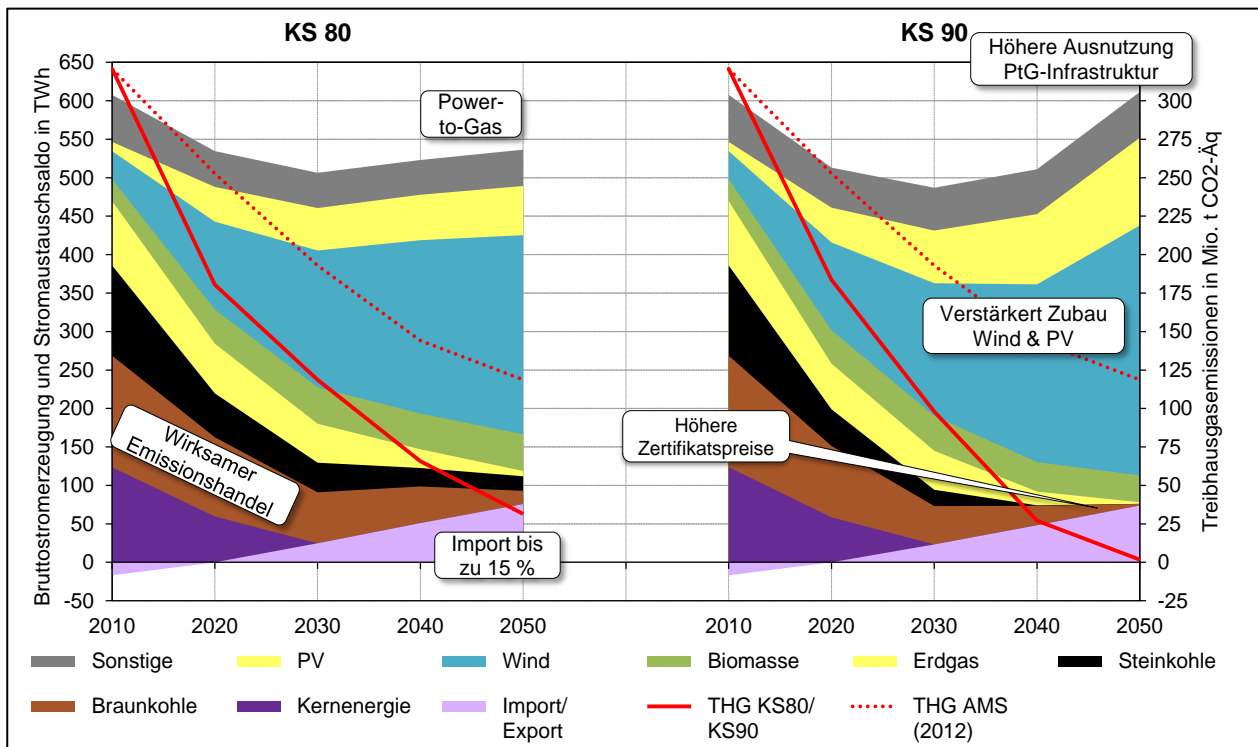
⁷ Bezogen auf Deutschland beträgt die Stromerzeugung aus Braunkohle im Klimaschutzszenario 80 im Jahr 2050 noch 11 TWh. Es muss darauf hingewiesen werden, dass in den beiden erwähnten Szenarien eine unterschiedliche Sektorabgrenzung verwendet wird. In den Klimaschutzszenarien werden die Raffinerien und die Kokereien der Energiewirtschaft zugeordnet (wie im Inventar). In der Szenariendokumentation des Wuppertal-Instituts wurden die Raffinerien und die Kokereien der Industrie zugeordnet. Grundsätzlich ist zu beachten, dass sowohl in den NRW-Szenarien als auch in den Klimaschutzszenarien die Industriekraftwerke der Industrie zugeordnet werden.

5. Energiewirtschaftliche Machbarkeit

In den vorangegangenen Kapiteln haben wir beschrieben, wie die Braunkohlekapazität reduziert wird. Damit stellt sich die Frage, was an die Stelle der Braunkohle tritt.

In der in dieser Untersuchung betrachteten Studie von (Repenning et al. 2015) sind in den Szenarien des 80 % sowie 90 %-Szenarios ein starker Rückgang der Kohlekraftwerke zu sehen. In Abbildung 5-1 ist die Erzeugung der beiden Szenarios dargestellt, wobei zu erkennen ist, wie die Erzeugung zunehmend durch erneuerbare Energien bereitgestellt wird.

Abbildung 5-1: Erzeugungsmix Klimaschutzszenarien.



Quelle: (Repenning et al. 2015)⁸.

Auch auf Landesebene stellt sich die Frage, welche alternativen Erzeugungsoptionen zur Verfügung stehen. Inwiefern Nordrhein-Westfalen seinen zukünftigen Strombedarf durch erneuerbare Energien decken kann, hängt erstens von den vorhandenen Potenzialen für Fotovoltaik-, Wind- und Biomassekraftwerke ab.

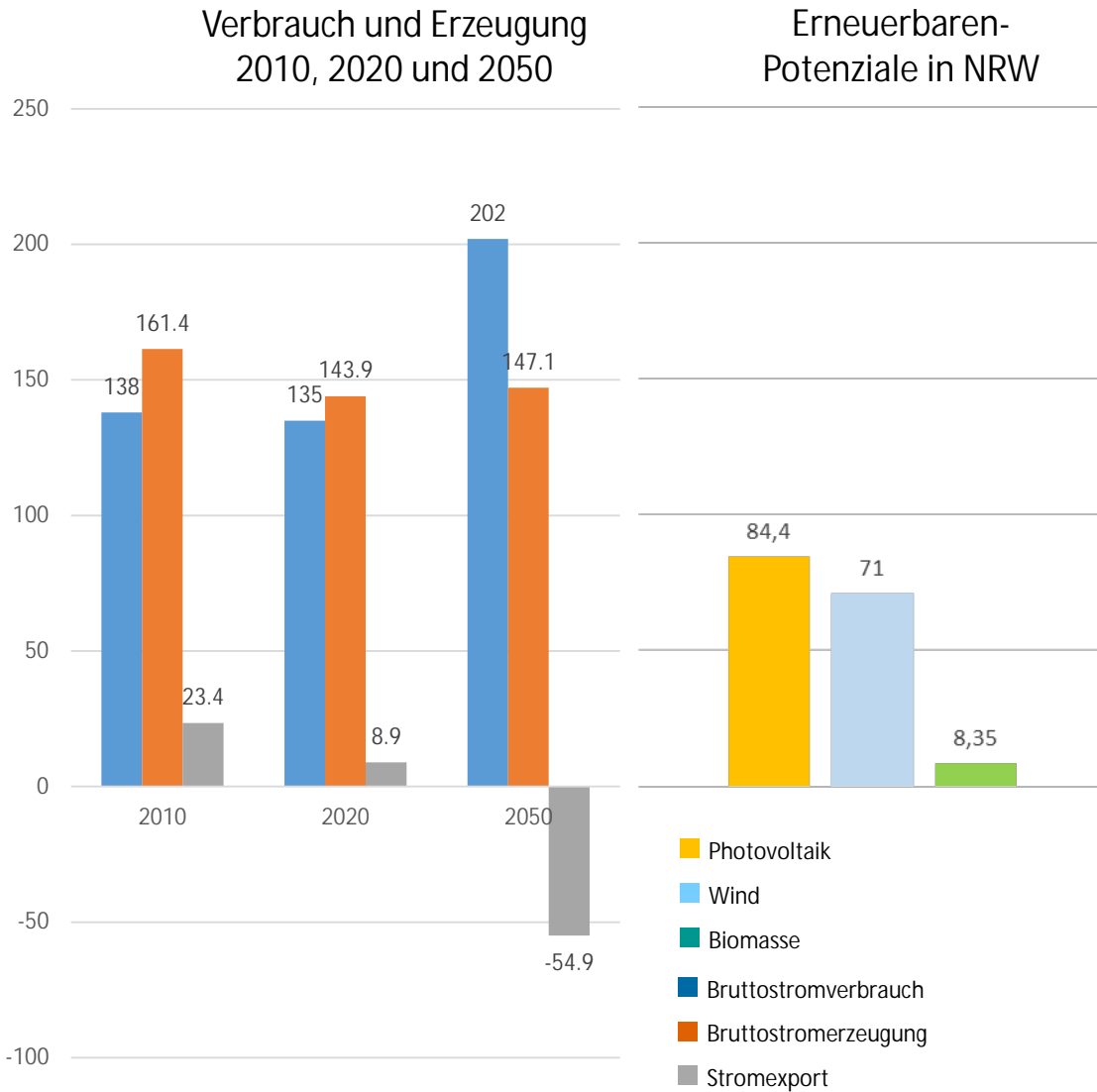
Dabei ist zweitens aber auch zu berücksichtigen, dass sich die Rolle des Landes in der Stromversorgung Deutschlands zukünftig ändern wird. Ist Nordrhein-Westfalen heutzutage als ein Stromexportland charakterisiert, so ist davon auszugehen, dass in Zukunft diese Exportüberschüsse abgebaut werden.

Die Potenziale für erneuerbare Energien in Nordrhein-Westfalen wurden durch diverse Studien des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz untersucht (LANUV 2012, 2013, 2014a). Im Vergleich zu anderen Bundesländern, wie etwa Niedersachsen bei der Windenergie oder Fotovoltaik in Baden-Württemberg, werden in Nordrhein-Westfalen geringere spezifische Potenziale für

⁸ Die Darstellung ist im Gegensatz zu den in Kapitel 2 und 3 dargestellten Szenarien der ersten Modellierungsrunde entnommen, weshalb hier nicht eine 95 %, sondern eine 90%-Minderung bis 2050 gezeigt wird.

diese Technologien erreicht. Dennoch bestehen ausreichende Potenziale, um die erwartete Stromerzeugung durch erneuerbare Technologien bereitzustellen.

Abbildung 5-2: Verbrauch und Erzeugung und erneuerbare Potenzialen in Nordrhein Westfalen in TWh.



Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf (LANUV 2012, 2013, 2014a).

In Abbildung 5-2 sind die heutigen und zukünftig zu erwartenden Verbrauchs- und Erzeugungsmengen des Landes Nordrhein-Westfalen zu sehen und den Erzeugungspotenzialen der erneuerbaren Energien gegenübergestellt. Bei den gezeigten Potenzialen sind verschiedene Einschränkungen, zum Beispiel Waldflächen, berücksichtigt. Bei der Biomasse stellt sich die Frage, inwieweit die gezeigten Potenziale tatsächlich für den Stromsektor zur Verfügung stehen oder ob sie nicht in anderen Sektoren, zum Beispiel im Verkehr benötigt werden.

Es ist auch zu sehen, dass der Bruttostromverbrauch im Jahr 2020 abnehmen wird, ebenso wie die erzeugte Strommenge. Auch der Export nimmt ab. Im Jahr 2050 hingegen ist ein Anstieg des Bruttostromverbrauchs zu erkennen, was auf den verstärkten Einsatz von Elektrolyseuren zur Erzeugung von Gas aus erneuerbaren Energien (Power-to-Gas) zurückzuführen ist. Hierbei ist allerdings zu fragen, warum der Erneuerbaren-Strom, der außerhalb Nordrhein-Westfalens erzeugt

wird, nach Nordrhein-Westfalen importiert wird, um ihn hier in Gas zu verwandeln. Ohne die zusätzliche Stromnachfrage durch Elektrolyseure ist zu erkennen, dass die in Nordrhein-Westfalen verbleibende Stromerzeugung (147,1 TWh in 2050) durch die vorhandenen EE-Potenziale bereitgestellt werden kann (155,4 TWh aus Wind und Fotovoltaik-Anlagen).

In einem zukünftigen Stromsystem mit erneuerbaren Energien stellt sich allerdings nicht nur die Frage, wie die Erzeugung in der Jahresbilanz bereitgestellt werden kann, sondern auch wie das System als Ganzes funktioniert. Ein wichtiger Aspekt dabei ist, wie zukünftig der Bedarf an Flexibilität gedeckt werden kann, um Erzeugung und Verbrauch bei einem zunehmenden Anteil fluktuierender Stromerzeugung jederzeit in Einklang zu bringen.

Flexibilität, die einen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch ermöglicht, kann bei Verbrauchern gefunden werden, insbesondere in Industrie und Gewerbe, ebenso wie bei Erzeugern, wo es zum Beispiel darum gehen wird, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu flexibilisieren, beispielsweise durch Wärmespeicher. Mit einem zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien werden schließlich auch Stromspeicher an Bedeutung gewinnen.

Auch hier gilt, dass diese Flexibilität nicht ausschließlich aus dem Land selbst kommen muss, sondern dass auch der Stromaustausch Flexibilität bereitstellen kann. Dennoch wird es eine wichtige Aufgabe sein, Flexibilitätspotenziale in Nordrhein-Westfalen zu erschließen und damit einen wichtigen Beitrag zum Umbau der Stromversorgung zu leisten. Ein Ziel für Nordrhein-Westfalen kann es sein, vom Braunkohleland zum Flexibilitätsland zu werden. Auch weil dieses neue System aufgebaut werden muss, ist es notwendig, die Braunkohle rechtzeitig, und nicht erst kurz vor 2050 zurückzufahren.

6. Literaturverzeichnis

50Hertz Transmission GmbH; Amprion GmbH; TenneT TSO GmbH; TransnetBW GmbH (2014): Szenariorahmen für die Netzentwicklungspläne Strom 2015. 50Hertz Transmission GmbH; Amprion GmbH; TenneT TSO GmbH; TransnetBW GmbH.

Bezirksregierung Köln (2014): Braunkohlenplan. Bezirksregierung Köln.

Bundesnetzagentur (2014): Kraftwerksliste. Hg. v. Bundesnetzagentur. Online verfügbar unter http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html, zuletzt geprüft am 19.02.2014.

Bundesregierung (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Hg. v. Bundesregierung Deutschland.

DEBRIV (2012): Informationen und Meinungen. Hg. v. DEBRIV. Köln.

Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes. Klimaschutzgesetz NRW 2013.

Greenpeace e.V.; Eutech (2009): Klimaschutz: Plan B 2050. Energiekonzept für Deutschland. Langfassung. Hg. v. Greenpeace, zuletzt geprüft am 06.02.2015.

Landesregierung NRW (1995): Rahmenbetriebsplan Garzweiler II. Düsseldorf.

LANUV (2012): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW. Teil 1 - Windenergie. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.

LANUV (2013): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW. Teil 2 - Solarenergie. LANUV-Fachbericht 40. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen.

LANUV (2014a): Potenzialstudie erneuerbare Energien NRW. Teil 3 Biomasse-Energie. Hg. v. LANUV. Recklinghausen.

LANUV (2014b): Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2012-Fachbericht 56. Unter Mitarbeit von Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI (2014): Klimaschutzszenario 2050. Zusammenfassung. Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) (2014): Entwicklung der Energiemärkte - Energiereferenzprognose. Hg. v. Bundesminister für Wirtschaft und Technologie. Basel / Köln / Osnabrück, zuletzt geprüft am 01.04.2015.

Repenning, Julia; Matthes, Felix Chr.; Blank, Ruth; Emele, Lukas; Döring, Ulrike; Förster, Hannah et al. (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Modellierungsrunde. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Hg. v. Öko-Institut e. V. Berlin.

Schuster (2007): Zur Zukunft der Lausitzer Braunkohle Kohlebedarf des konventionellen Kraftwerksparks sowie Folgen für den Klimaschutz und die Inanspruchnahme von Siedlungen.

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (2013): Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen: Zusammenfassung der Szenarienberechnungen des Beteiligungsprozesses für die AG 1 Umwandlung. Entwurf 11/2013. Wuppertal.