

Rieve, Catharina et al.

Research Report

Kein Grad weiter - Anpassung der Tagebauplanung im rheinischen Braunkohlerevier zur Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze

DIW Berlin: Politikberatung kompakt, No. 169

Provided in Cooperation with:

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

Suggested Citation: Rieve, Catharina et al. (2021) : Kein Grad weiter - Anpassung der Tagebauplanung im rheinischen Braunkohlerevier zur Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze, DIW Berlin: Politikberatung kompakt, No. 169, ISBN 978-3-946417-60-6, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/236743>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Politikberatung kompakt

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

2021

Kein Grad weiter – Anpassung der Tagebauplanung im Rheinischen Braunkohlerevier zur Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze

Catharina Rieve, Philipp Herpich, Luna Brandes, Pao-Yu Oei, Claudia Kemfert und Christian von Hirschhausen

IMPRESSUM

© DIW Berlin, 2021

DIW Berlin
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
Mohrenstraße 58
10117 Berlin
Tel. +49 (30) 897 89-0
Fax +49 (30) 897 89-200
www.diw.de

ISBN 978-3-946417-60-6
ISSN 1614-6921

Alle Rechte vorbehalten.
Abdruck oder vergleichbare
Verwendung von Arbeiten
des DIW Berlin ist auch in
Auszügen nur mit vorheriger
schriftlicher Genehmigung
gestattet.

DIW Berlin: Politikberatung kompakt 169

Catharina Rieve^{1,2}

Philipp Herpich^{1,2}

Luna Brandes^{1,2}

Pao-Yu Oei^{1,2,3,4,5}

Claudia Kemfert³

Christian von Hirschhausen^{1,3}

Kein Grad weiter - Anpassung der Tagebauplanung im Rheinischen Braunkohlerevier zur Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze

Im Auftrag von Alle Dörfer bleiben (Kib e.V.)

Berlin, 11. Juni 2021

¹ TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP), 10623 Berlin

² CoalExit, Nachwuchsforschungsgruppe an der Europa-Universität Flensburg (EUF), 24937 Flensburg

³ DIW Berlin, Abteilung Energie, Verkehr und Umwelt (EVU), 10117 Berlin

⁴ Europa-Universität Flensburg (EUF), Abteilung Energie- & Umweltmanagement (EUM), 24937 Flensburg

⁵ Zentrum für nachhaltige Energiesysteme (ZNES), 24937 Flensburg

Das Wichtigste auf einer Seite

Um ein auf Deutschland heruntergerechnetes Treibhausgasbudget einzuhalten, welches einer Beschränkung der globalen Erhitzung **auf maximal 1,5°C** mit einer Einhaltungswahrscheinlichkeit von 50 % entspricht, dürfen aus den Tagebauen **Hambach und Garzweiler II** ab Januar 2021 noch maximal **200 Millionen** Tonnen Braunkohle für die Kohleverstromung und -veredelung gefördert werden. Die aktuellen Pläne der Bundesregierung sowie der RWE sehen eine Fortführung der Kohleverstromung **bis 2038** vor, wofür gemäß RWE **780 Millionen Tonnen** Braunkohle aus den Tagebauen Hambach und Garzweiler II benötigt werden. Für die Einhaltung der international vereinbarten Klimaschutzziele müssen daher zusätzliche Tagebauverkleinerungen berechnet werden, die sich aus den notwendigen früheren Kraftwerksstilllegungen ergeben.

Diese Studie berechnet die Gesamtmenge Braunkohle, die – bei Erhalt des Hambacher Waldes und der Garzweiler Dörfer inklusive Lützerath – noch maximal aus dem Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler gewonnen werden kann. Dieser Vorrat liegt Anfang 2021 bei etwa 230 Millionen Tonnen. **Bei entsprechender frühzeitiger Drosselung der Produktion benötigt ein Kohleausstiegspfad im Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler bis zum Jahr 2028 noch maximal 200 Millionen Tonnen. Dieser Kohleausstiegspfad im Einklang mit dem 1,5° Budget gewährleistet auch den Erhalt der Garzweiler Dörfer.**

Weder aus energiewirtschaftlicher noch aus energiepolitischer Sicht besteht eine Notwendigkeit für einen kompletten Aufschluss des Tagebaufeldes Garzweiler II. Im Gegenteil, die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen haben sich grundlegend geändert und machen daher nach § 30 Landesplanungsgesetz eine neue Leitentscheidung für das rheinische Braunkohlenrevier zwingend notwendig. Diese muss eine zukünftige (absehbare) Entwicklung bereits heute antizipieren, um für die von Umsiedlung bedrohten Menschen in den Dörfern genauso wie für RWE solide Rahmenbedingungen und Planungsgrundlagen zu schaffen. Da in den nächsten Jahren noch weitere Verschärfungen der deutschen und europäischen Klimaschutzziele, u.a. durch die in Teilen erfolgreiche Verfassungsbeschwerde gegen das Klimaschutzgesetz, absehbar sind, wäre eine flexible Leitentscheidung zu begrüßen, die in regelmäßigen Abständen weitere Verkleinerungen der Tagebaumengen prüft.

Inhaltsverzeichnis

Das Wichtigste auf einer Seite.....	I
1 Einleitung	1
2 CO₂-Budget bei Einhaltung internationaler Klimaziele von 1,5°C.....	4
3 Aktuelle Entwicklungen zur Braunkohle in NRW	7
3.1 Die bisherigen Leitentscheidungen der Landesregierung	7
3.2 Angepasstes Revierkonzept 2020	8
3.3 Neue Leitentscheidung 2021	10
3.3.1 Tagebau Garzweiler II	10
3.3.2 Tagebau Hambach	12
3.3.3 Tagebau Inden	12
3.4 Bisher nicht ausreichend beachtete Entwicklungen.....	13
4 Benötigte Braunkohlemengen im Einklang mit der 1,5°C-Grenze.....	14
4.1 Reduzierter Braunkohlebedarf in NRW	14
4.2 Szenario eines 1,5°C-Grenze kompatiblen Reduktions- und Ausstiegspfad.....	15
5 Mit der 1,5°C-Grenze kompatibles Braunkohlebudget der Tagebaue	18
5.1 Restbudget für den Tagebau Inden	18
5.2 Restbudget für den Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler II	18
6 Anpassung der Tagebauplanung in NRW an die 1,5°C-Grenze.....	20
6.1 Entwurf eines 1,5°C-kompatiblen Abbaugebietes Garzweiler II mit Erhalt der Dörfer.....	20
6.2 Fördermengen aus dem 1,5 °C-Grenze kompatiblen Abbaugebiet.....	24
6.3 Belieferung der Kraftwerke durch die Tagebaue.....	25
7 Fazit: Anpassung der Tagebauplanung an die 1,5°C-Grenze sichert den Erhalt der Dörfer	28
Referenzen	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufteilung des CO ₂ -Restbudgets in Mio. t und Auswirkungen für die Braunkohleverstromung in NRW; eigene Berechnungen auf Basis von (SRU 2020).....	6
Abbildung 2 Verkleinerung Tagebau Hambach und die Restseefläche gemäß Revierkonzept 2020 (RWE 2020)	9
Abbildung 3 Fläche des geplanten Restsees zum Tagebau Garzweiler gemäß Revierkonzept 2020 (RWE 2020)	9
Abbildung 4 Jährliche Nettostromerzeugung in Deutschland aus der Braunkohle (Fraunhofer ISE 2021a)	13
Abbildung 5 Luftbild Tagebau Garzweiler II Stand Anfang 2021, eigene Eintragungen basierend auf (Planet Labs Inc. 2021)	21
Abbildung 6: Geologischer Kohlevorrat Garzweiler II (Pabsch-Rother und Linder 2015)	22
Abbildung 7: Entwurf eines an die 1,5°C-Grenze angepassten Abbaubereiches für den Tagebau Garzweiler II mit einem Vorrat von rund 100 Mio. t Braunkohle, eigene Abmessungen basierend auf (GeoBasis NRW 2020)	23
Abbildung 8: Übersicht über noch benötigte Kohlevorräte aus Garzweiler II und Hambach	27
Abbildung 9: Vergleich des Kohlebedarfs im 1,5°C-Szenario mit den Vorräten in den Tagebauen Garzweiler II und Hambach, eigene Darstellung.....	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Vorräte der Tagebaue in NRW auf Basis des Revierkonzepts RWE, berechnet zum Stand 01/2021.....	10
Tabelle 2 Stilllegungspfad der Braunkohlekraftwerke in NRW entsprechend KVBG und 1,5°C-Szenario.....	16
Tabelle 3: Entwicklung des Bedarfs im 1,5°C-Szenario aus dem Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler	17
Tabelle 4: Entwicklung der Kohlenachfrage im 1,5°C-Szenario aus den Tagebauen Garzweiler II und Hambach	26

1 Einleitung

Am 14. August 2020 ist das Kohleverstromungsbeendigungsgesetz (KVBG, „Kohleausstiegs-gesetz“) in Kraft getreten. Zentrales Element ist der ordnungspolitische Ausstieg aus der Kohle-verstromung bis spätestens Ende 2038, nach vorheriger Revision möglicherweise auch 2035. Das Gesetz hat das Ziel gewisse Planbarkeit für die Regionen und Energiekonzerne zu bringen. Die notwendigen Maßnahmen für die Einhaltung der Pariser Klimaziele wurden jedoch nicht vereinbart (Oei, Kendziorowski, u. a. 2020).

Bereits in Reaktion auf den beschlossenen Gesetzesentwurf hat RWE im Jahr 2020 ein ange-passtes Revierkonzept für die rheinischen Tagebaue vorgelegt (RWE Power AG 2020). Hierauf aufbauend hat im März 2021 die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (NRW) die neue Lei-tentscheidung 2021 beschlossen, die die landesplanerischen Vorgaben für die Braunkohlen-planung beinhaltet.

Der zentrale Aspekt des Revierkonzeptes ist der Verzicht auf die Braunkohlenmengen unter dem verbleibenden Teil des Hambacher Waldes. Die Abbauplanung in den Tagebauen Ham-bach sowie Inden enthält damit eine Einsparung von 1.200 Mio. t Braunkohle, die zum Großteil aus der Reduzierung im Tagebau Hambach resultieren. Dadurch wurde von Unternehmens- und von politischer Seite nun vorerst ein Rahmen für die weitere Planung in der Region vor-gelegt.

Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Kohleverstromung haben sich jedoch geändert und machen drastischere Tagebauverkleinerungen notwendig. Zum einen kommt es durch den steigenden CO₂-Zertifikatspreis, die niedrigen Gaspreise und auch der COVID-19-Pandemie zu einer stark verringerten Auslastung der Braunkohlekraftwerke vor allem in NRW, wodurch die Nettostromproduktion aus der Braunkohle Deutschlandweit Ende 2020 gegen-über Anfang 2019 um knapp 40 % zurückgegangen ist (Fraunhofer ISE 2021a). Im letzten Jahr hat sich der Preis für CO₂-Zertifikate auf über 50€/t verdoppelt und wird in Zukunft Prognosen zu Folge weiter steigen (Blechner 2021). Die Wirtschaftlichkeit der Braunkohleverstromung wird sich daher weiter verschlechtern und somit auch die Auslastung der Kraftwerke nicht wieder auf das vorherige Niveau zurückkehren.

Zum anderen steht Deutschland nach der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG) im März 2021 zum Klimaschutzgesetz vor einer neuen Situation. Beim BVerfG war zuvor eine Klage gegen das Klimaschutzgesetz eingegangen, welche in einem Punkt als rechtmäßig anerkannt wurde. Es geht dabei um die Einschränkung der Freiheitsrechte kommender Generationen, da das Gesetz den Großteil der Klimaschutzmaßnahmen auf die Jahre nach 2030 verschiebt. Kommende Generationen können dann kaum noch CO₂ ausstoßen, was zu starken Einschränkungen ihrer Möglichkeiten führt (Bundesverfassungsgericht 2021). Das Bundesverfassungsgericht hat daher die Bundesregierung verpflichtet, die Maßnahmen nach 2030 zu konkretisieren. Das BVerfG verweist in seiner Stellungnahme auf das Umweltgutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) in welchem für Deutschland ein CO₂-Budget ausgewiesen wird.

Wird der Anteil der Bevölkerung von Deutschland an der Weltbevölkerung berücksichtigt und werden größere Verantwortlichkeiten durch die höheren historischen Emissionen vernachlässigt, ergibt sich: Um mit einer Wahrscheinlichkeit von nur 50 % die 1,5°C-Grenze¹ einzuhalten, beträgt das CO₂-Budget für Deutschland 4,2 Gt CO₂ ab dem Jahr 2020. Dieses Budget wäre dem SRU zufolge im Jahr 2026 bereits verbraucht, falls die Emission in Deutschland auf gleichbleibendem Niveau bleiben. Im Falle einer linearen Reduktion der Emissionen ist das CO₂ Budget im Jahr 2032 verbraucht (SRU 2020).

Von der Entscheidung des BVerfG sind auch die Braunkohlekraftwerke und dazugehörigen Tagebaue in NRW betroffen und machen eine neue Tagebauplanung erforderlich, um die Rechte zukünftiger Generationen zu wahren. Es ist eine offene Frage im Rahmen des Kohleausstiegs in Deutschland welche notwendigen Tagebauverkleinerungen sich noch aus den Kraftwerksstilllegungen ergeben. Diese Planungen müssen so durchgeführt werden, dass bedrohte Dörfer erhalten bleiben, da weitere Umsiedlungen aus energiewirtschaftlichen und klimapolitischen Gründen nicht mehr zu rechtfertigen sind.

Die vorliegende Studie errechnet dafür im ersten Schritt (Kapitel 2) das 1,5°C-kompatible CO₂-Budget, heruntergebrochen auf das Rheinische Braunkohlerevier. Kapitel 3 beinhaltet aktuelle

¹ Der Begriff „Grenze“ soll an dieser Stelle ausdrücken, dass „1,5°C“ kein Ziel darstellt, welches es zu erreichen gilt, sondern dass im Gegenteil die 1,5°C-Grenze wegen verheerender Klimafolgen möglichst nicht zu erreichen, geschweige denn einzureißen ist.

Entwicklungen der Braunkohle in NRW. Im Kapitel 4 wird ein Auslastungs-Szenario der Braunkohlekraftwerke aufgestellt, bei dem die Kraftwerke kontinuierlich durch Teillast und Abschaltung, unter Berücksichtigung des verbleibenden 1,5°C-kompatiblen CO₂-Budgets bis 2028 stillgelegt werden. Ausgehend vom Erhalt des Hambacher Waldes und der am Tagebau Garzweiler verbleibenden Dörfer werden in Kapitel 5 die vorhandenen Vorräte der Tagebaue analysiert und in Kombination mit der Auslastung der Kraftwerke eine 1,5°C-kompatible Revierplanung in Kapitel 6 beschrieben.

Dabei beruht diese Studie teilweise auf den Berechnungen und Ergebnissen aus „Garzweiler II: Prüfung der energiewirtschaftlichen Notwendigkeit des Tagebaus“ (Oei, Braunger, u. a. 2020), in welcher ein 1,75°C-kompatibles CO₂ Budget sowohl mit dem prognostizierten Bedarf der Kraftwerke verglichen wird, als auch mit den vorhandenen Vorräten in den Tagebauen Hambach und Garzweiler bei Erhalt des Waldes und der Dörfer im Norden des Tagebaus, ausschließlich Lützerath. Die Abgrenzung zu der vorherigen Veröffentlichung liegt in der hier getroffenen Grundannahme eines Kohlebedarfs, welcher ein CO₂ Budget der Kohleverstromung und -veredelung bzgl. der ambitionierteren Grenze von 1,5°C einhält sowie dem Entwurf einer angepassten Abbauplanung, die den Erhalt aller noch bewohnten Dörfer im Tagebau Garzweiler, inklusive Lützerath, sicherstellt.

2 CO₂-Budget bei Einhaltung internationaler Klimaziele von 1,5°C

Nach dem Pariser Klimaabkommen muss im Vergleich zum vorindustriellen Niveau die Erderhitzung auf deutlich unter 2°C begrenzt werden und es sollen Anstrengungen unternommen werden sie auf 1,5°C zu limitieren.

Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse bestätigten, dass es sofortiger zusätzlicher Klimaschutzmaßnahmen bedarf, um die verheerenden Schäden und Kosten der drohenden Klimakatastrophe zumindest zu beschränken (IPCC 2018). Ausschlaggebend für das Ausmaß der globalen Erhitzung ist die Gesamtmenge an emittierten Treibhausgasen, insbesondere von CO₂.

Ein restliches globales CO₂-Budget, welches eine Begrenzung der Temperaturerhöhung auf 1,5°C mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % bewirkt, entspricht dem UN-Weltklimarat IPCC zufolge einer Menge von 580 Gt CO₂ ab dem Zeitpunkt 1.1.2018. Um die Erderhitzung mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 % auf 1,5 °C zu beschränken, müsste ab demselben Zeitpunkt ein globales CO₂ Budget von 420 Gt CO₂ eingehalten werden. Um die Temperaturerhöhung mit einer höheren Wahrscheinlichkeit auf 1,5 °C zu begrenzen, würden verbleibende CO₂ Budgets entsprechend noch geringer ausfallen.

Dieses CO₂ Budget lässt sich nach verschiedenen Kriterien auf die einzelnen Staaten aufteilen. Wird der Anteil an der Weltbevölkerung berücksichtigt und werden historische Emissionen vernachlässigt, ergibt sich: Um mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % die 1,5°C-Grenze einzuhalten, beträgt das CO₂-Budget für die EU inklusive dem Vereinigten Königreich 31,6 Gt CO₂ ab dem Jahr 2020.

Berechnungen vom Sachverständigenrat für Umweltfragen belegen, dass entsprechend in Deutschland nur noch insgesamt 4,2 Gigatonnen CO₂ ab 2020 emittiert werden dürfen (SRU 2020). Hierdurch wird gewährleistet, dass Deutschland einen proportionalen Anteil zur Einhaltung der Pariser Klimaschutzziele – und somit zur Verhinderung einer noch schlimmeren Klimaerhitzung – beiträgt. Dieses Budget wäre im Jahr 2026 bereits verbraucht, falls die Emissionen in Deutschland auf gleichbleibendem Niveau bleiben. Im Falle einer linearen Reduktion der Emission ist das CO₂ Budget im Jahr 2032 verbraucht. Eine Bedingung durch diesen Zeitplan ist hierbei, dass die Energiewirtschaft und insbesondere die Kohleindustrie bereits deutlich vor 2038 dekarbonisiert wird, um anderen Bereichen in der Landwirtschaft und der Industrie mehr Zeit für die Umstellung zu ermöglichen. (SRU 2020)

Deutschland emittierte im Jahr 2020 rund 645 Mio. t CO₂, das entspricht u.a. bedingt durch die Covid-19-Pandemie einer Reduktion von rund 9,4 % zum Vorjahr². Das verbleibende Budget ab dem 1.1.2021 reduziert sich damit auf rund 3,6 Gt CO₂.

Das Budget von 3.600 Mio. t CO₂ lässt sich weiter auf einzelne Sektoren aufteilen. Dabei gilt, dass die kostengünstigste Variante eine überproportionale Emissionsreduktion in Sektoren vornimmt, die verhältnismäßig leichter auf Alternativen umsteigen können – dies betrifft insbesondere die Energiewirtschaft und die Kohleindustrie. Dies ermöglicht anderen Sektoren, in denen eine Umstellung auf andere Prozesse und Energieträger noch schwieriger ist, eine längere Anpassungsphase. (SRU 2020)

Bei einer Aufteilung des deutschen CO₂ Budgets bis zur Braunkohleverstromung in NRW ergibt sich die folgende Rechnung:

- Der für die deutsche Kohleverstromung entfallende Anteil am CO₂ Budget, beträgt gemäß dem Sachverständigenrat für Umweltfragen ungefähr 20% (SRU 2017). Somit ergibt sich aus dem deutschen Restbudget von 3.600 Mio. t ein Anteil von maximal 720 Mio. t CO₂ für die Kohleverstromung, die Kohleveredelung ausgenommen.
- Die Aufteilung auf die Braun- und Steinkohleindustrie erfolgt auf Basis der ungefähr gleichverteilten Kraftwerkskapazitäten in Deutschland (DIW Berlin, Wuppertal Institut, und Ecologic Institut 2018). Argumente für eine Favorisierung der Braunkohle (höhere regionalpolitische Auswirkungen und Arbeitsplätze) stehen dabei Argumenten für die Steinkohle (geringere spezifische CO₂-Emissionen, größere Bedeutung für Wärmelieferungen) gegenüber. Bei einer Gleichverteilung der Restemissionen verbleiben somit maximal 360 Mio. t CO₂ für alle Braunkohlekraftwerke in Deutschland.
- Da die Hälfte aller Braunkohlekraftwerkskapazitäten in NRW stehen, reduziert sich das verbleibende Budget für Braunkohlekraftwerke in NRW auf maximal 180 Mt. CO₂.
- Auf Basis der Kraftwerkskapazitäten kann dieses Budget für die Kohleverstromung auf die verschiedenen Standorte im Rheinischen Braunkohlerevier aufgeteilt werden. Für die hier vorrangig betrachteten Tagebaue Garzweiler und Hambach mit den Großkraft-

² <https://www.umweltbundesamt.de/galerie/treibhausgasemissionen-in-deutschland-2020>

werken Niederaußem, Neurath und Frimmersdorf (letzteres in Sicherheitsbereitschaft) ergibt sich somit ein Anteil von rund 80%, d.h. maximal rund 145 Mio. t CO₂ ab dem Jahr 2021, vgl. Abbildung 1.

Für die Einhaltung solch eines mit der 1,5°C-Grenze kompatiblen Pfades, dürften die Emissionen aller aus den Tagebauen Garzweiler und Hambach belieferten Kraftwerke zur Kohleverstromung, ausschließlich der Kohleveredelung, die Gesamtmenge von 145 Millionen Tonnen CO₂ ab dem Beginn des Jahres 2021 nicht überschreiten³.

Zusätzlich zu dem errechneten Budget für die Kohleverstromung wird ein Teil der Braunkohle aus den Tagebauen Garzweiler und Hambach auch in verschiedenen Veredelungsbetrieben genutzt. Vereinfachend wird für diese Kohlenutzung ein maximales zusätzliches Budget von 55 Millionen Tonnen CO₂ angenommen. Dadurch ergibt sich bei Einhaltung der 1,5°C-Grenze ein Gesamtbudget von maximal 200 Millionen Tonnen CO₂ und umgerechnet rund 200 Millionen Tonnen Braunkohle aus dem Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler.

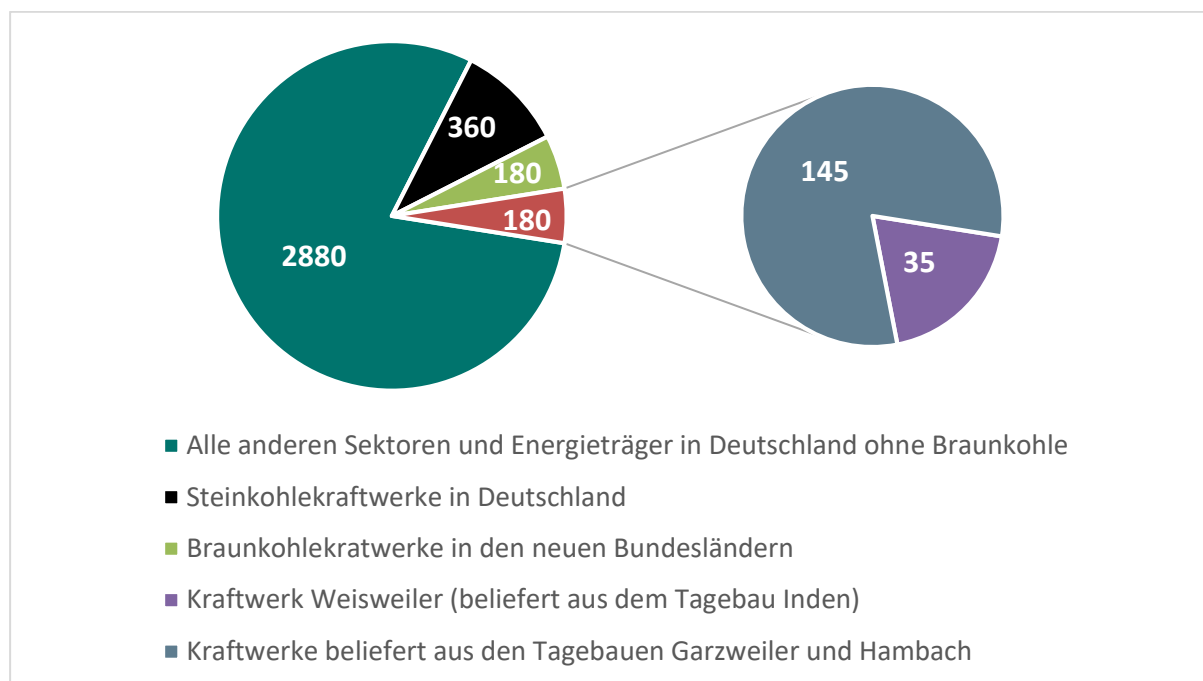


Abbildung 1: Aufteilung des CO₂-Restbudgets in Mio. t und Auswirkungen für die Braunkohleverstromung in NRW; eigene Berechnungen auf Basis von (SRU 2020).

³ An dieser Stelle wird vereinfachend davon ausgegangen, dass bei der Verbrennung von 1 Mio. t Braunkohle 1 Mio. t CO₂ emittiert wird.

3 Aktuelle Entwicklungen zur Braunkohle in NRW

3.1 Die bisherigen Leitentscheidungen der Landesregierung

In vier Leitentscheidungen wurden bisher von der Landesregierung Vorgaben für den Braunkohleabbau im Rheinischen Revier beschlossen. Leitentscheidungen gemäß §29 Abs. 2 Landesplanungsgesetz beinhalten landesplanerische Vorgaben für die Braunkohlenplanung und bilden die Grundlage für die Braunkohlepläne des Braunkohlenausschusses der Bezirksregierung Köln. Leitentscheidungen legen die Erfordernisse einer Tagebauplanung fest. Diese berücksichtigen sowohl raumordnerische Notwendigkeiten für eine langfristige Energieversorgung als auch Erfordernisse für einen effektiven Umweltschutz und die Sozialverträglichkeit hinsichtlich der vom Braunkohletagebau betroffenen Bürger*innen.

Die energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Deutschland und auch in Nordrhein-Westfalen haben sich gegenüber den Leitentscheidungen von 1987 und 1991 grundlegend und zu 2016 noch einmal signifikant verändert. Der mit der Kohleverstromung verbundene CO₂ Ausstoß sowie der Ausbau der Erneuerbaren Energien wurden in der Leitentscheidung 1991 bereits diskutiert. Die rasche Entwicklung der Erneuerbaren Energien und deren Beitrag zur Stromerzeugung, die Netzentkopplung der Atomkraft und die Beendigung des Steinkohleabbaus in Deutschland waren Anfang der 1990er Jahre jedoch nicht absehbar und machte eine erneute Leitentscheidung 2016 mit notwendig.

In der Leitentscheidung 2016 fanden der zunehmende Ausbau von Erneuerbaren Energien, die Netzentkopplung der Atomkraft, die Klimaschutzziele der EU, des Bundes und des Landes sowie die Liberalisierung der Strommärkte Berücksichtigung. Darin wurde ebenfalls eine Bewertung der Notwendigkeit von Umsiedlungen im Braunkohlengebiet Garzweiler II vorgenommen, welche auf der Grundannahme einer (kontinuierlich rückläufigen) Kohleverstromung bis 2050 beruhte. Die Leitentscheidung 2016 gab vor, den Tagebau Garzweiler so zu verkleinern, dass die Umsiedlung der Ortschaft Holzweiler, der Siedlung Dackweiler und des Hauernhofes nicht mehr notwendig waren. Die Umsiedlung der Ortschaften Keyenberg, Kuckum, Unter- und Oberwestrich sowie Berverath wurden hingegen als notwendig erachtet. Die in den genehmigten Braunkohlenplänen und zugelassenen Betriebspläne festgelegten Abbaugrenzen der Tagebaue Inden und Hambach blieben unverändert.

3.2 Angepasstes Revierkonzept 2020

Bereits Anfang 2020 hatte die RWE Power AG ein an den „Gesetzesentwurf zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze“ angepasstes Revierkonzept für das rheinische Revier vorgelegt. Zu diesem Zeitpunkt war die neue Leitentscheidung NRW noch ausstehend.

Der zentrale Aspekt der angepassten Planungen ist die Verkleinerung des Tagebau Hambachs. Der Hambacher Wald soll hierdurch auf seiner restlichen verbleibenden Fläche erhalten bleiben, sodass ein Vorrat von 1.100 Mio. t Braunkohle hier nicht mehr gefördert wird, vgl. Tabelle 1. Es sollen jedoch die Flächen östlich des Waldes zur Abraumgewinnung noch in Anspruch genommen werden. Die Position des zu flutenden Restsees ergibt sich entsprechend Abbildung 2. Der Stadtteil Manheim soll demnach noch vollständig in Anspruch genommen werden, der Ortsteil Morschenich jedoch nicht mehr. Laut eigenen Angaben von RWE sollen im Tagebau Hambach ab dem 1.1.2020 noch 150 Mio. t Braunkohle gefördert werden können. Diese Menge soll mit einer ab dem Jahr 2023 stark abnehmenden Förderleistung bis Ende 2029 gewonnen werden. (RWE Power AG 2020)

Im Tagebau Inden sind mit einer Menge von 100 Mio. t Braunkohle, die nicht mehr gefördert werden sollen, kleinere Anpassungen vorgesehen. Mit der Stilllegung des letzten Blocks im Kraftwerk Weisweiler am 01.04.2029 soll der Tagebau Inden ebenfalls stillgelegt werden. Von den Vorräten von 225 Mio. t Kohle mit Stand vom 1.1.2020 sollen abzüglich der Verkleinerung von 100 Mio. t Kohle noch 125 Mio. t Braunkohle bis 2029 gewonnen werden, vgl. Tabelle 1. Nach Angaben von RWE ist eine Nutzung der Kohle in anderen Kraftwerken und Veredelungsbetrieben durch die Bahn aufgrund fehlender Infrastruktur nicht möglich. (RWE Power AG 2020)

Laut den Planungen von RWE verbleibt ab etwa 2030 ausschließlich der Tagebau Garzweiler für eine Versorgung der dann im Betrieb befindlichen Kraftwerke und Veredelungsbetriebe. Somit sei dieser Tagebau in den Grenzen gemäß der Leitentscheidung von 2016 einschließlich aller Umsiedlung fortzuführen. (RWE Power AG 2020)

Im Tagebau Garzweiler wird von RWE ein Vorrat von 670 Mio. t zum Bezugsdatum 1.1.2020 angegeben, in den Grenzen nach der Leitentscheidung 2016. Die entsprechende Fläche und Position des Restsees ergibt sich nach Abbildung 3.

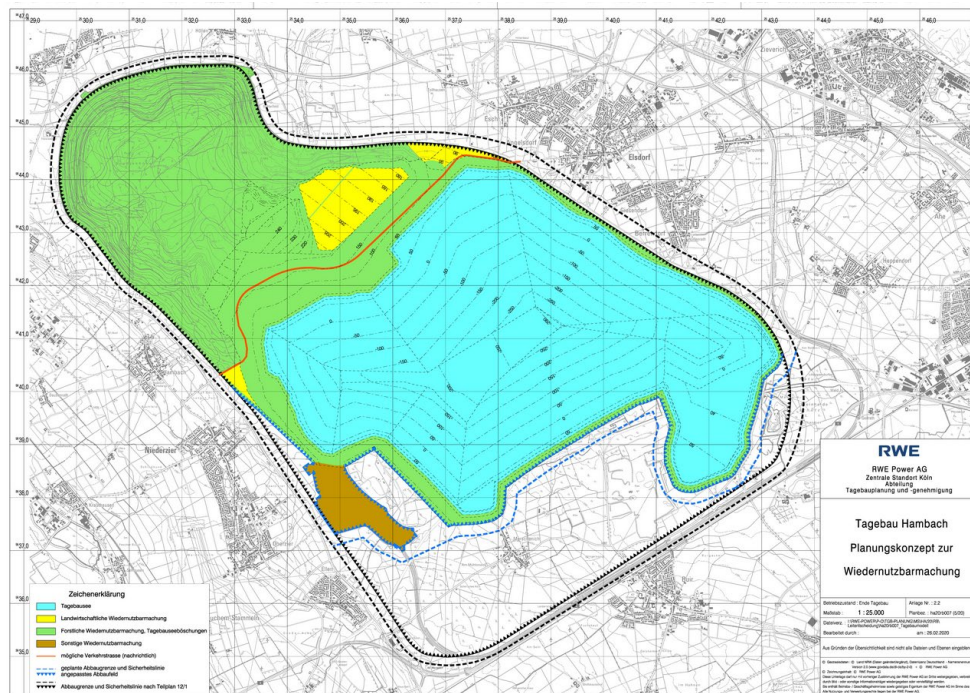


Abbildung 2 Verkleinerung Tagebau Hambach und die Restseefläche gemäß Revierkonzept 2020 (RWE 2020)

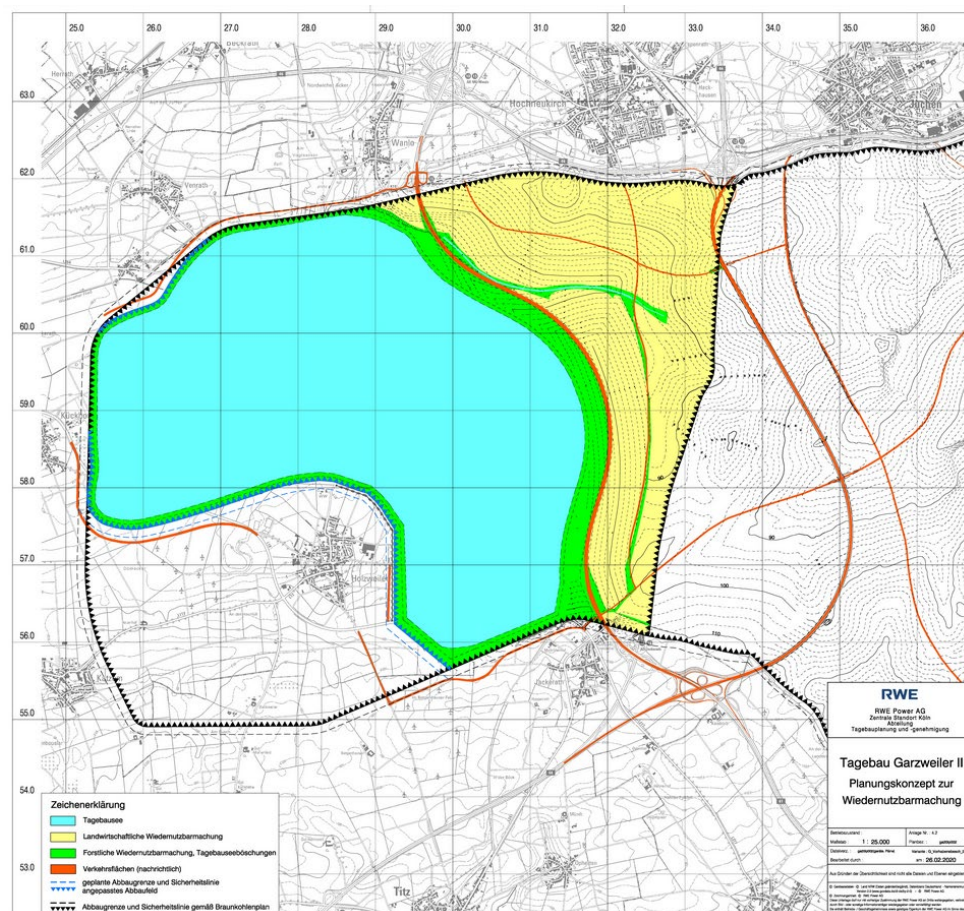


Abbildung 3 Fläche des geplanten Restsees zum Tagebau Garzweiler gemäß Revierkonzept 2020 (RWE 2020)

Tabelle 1 Vorräte der Tagebaue in NRW auf Basis des Revierkonzepts RWE, berechnet zum Stand 01/2021

Tagebau	Vorrat 01/2020 nach RWE Revierkonzept ⁴ in Mio. t	Förderung 2020 ⁵ in Mio. t	Vorrat 01.01.2021 in Mio. t	Verkleinerung nach RWE Revierkonzept ⁶ in Mio. t
Garzweiler	670	19,4	650,6	-
Hambach	150	20,4	129,6	1.100
<u>Summe:</u>	<u>820</u>	<u>39,8</u>	<u>780,2</u>	<u>1.100</u>
Inden	125	11,6	113,4	100
<u>Summe:</u>	<u>945</u>	<u>51,4</u>	<u>893,6</u>	<u>1.200</u>

3.3 Neue Leitentscheidung 2021

In der im März 2021 beschlossenen „Leitentscheidung 2021: Neue Perspektiven für das Rheinische Braunkohlerevier – Kohleausstieg entschlossen vorantreiben, Tagebau verkleinern, CO₂ noch stärker reduzieren“ legt die Landesregierung NRW ihre Rahmenbedingungen zur Anpassung des rheinischen Braunkohlereviers hinsichtlich des Kohleausstiegs nach KVBG vor (NRW Wirtschaftsministerium 2021). Die Leitentscheidung gibt vor, über die Inanspruchnahme der Dörfer im Norden des Tagebau Garzweiler solle erst im Jahr 2026 entschieden werden. Die Ortschaften Lützerath und Immerath würden bis dahin bereits abgebaggert sein. Im selben Jahr am 15.08.2026 steht die erste umfassende Überprüfung der Bundesregierung nach dem Kohleverstromungsbeendigungsgesetz §54 und §56 an, ob durch die Reduzierung der Kohleverstromung das Abschlussdatum auf den 31.12.2035 vorgezogen werden kann. In den folgenden Unterabschnitten werden die Auswirkungen für die einzelnen Tagebaue dargestellt.

3.3.1 Tagebau Garzweiler II

Die Aussagen zum Tagebau Garzweiler aus der Leitentscheidung 2016 haben weiterhin Bestand. Der Braunkohlenplan für Garzweiler II solle sich auf das Ausstiegsdatum 2038 ausrichten, jedoch Vorsorge treffen für ein ggf. vorgezogenes Abschaltdatum 2035. Zur Inanspruchnahme am Tagebau Garzweiler wird in der Leitentscheidung 2021 der Entscheidungssatz formuliert: *„Der Gewinnungsbetrieb von Garzweiler II ist unter Berücksichtigung des KVBG innerhalb des künftigen Abbaubereichs so zu gestalten, dass eine Flächeninanspruchnahme im Tagebauvorfeld auf den zur Erbringung der Kohleförderung in der benötigten Menge zwingend*

⁴ (RWE Power AG 2020).

⁵ (Statistik der Kohlenwirtschaft e. V. 2021).

⁶ (RWE Power AG 2020).

notwendigen Umfang beschränkt und zeitlich vorrangig zunächst auf die Inanspruchnahme bereits weitgehend unbewohnter Ortschaften ausgerichtet wird“ (NRW Wirtschaftsministerium 2021).

Dies wird bekräftigt, indem die Aussage getroffen wird, es sei *„die Flächeninanspruchnahme im Tagebauvorfeld auf den zur Erbringung der Kohleförderung in der benötigten Menge zwingend notwendigen Umfang zu beschränken und zeitlich vorrangig zunächst auf die Inanspruchnahme der bereits weitgehend unbewohnten Ortschaften des zweiten Umsiedlungsabschnitts (Immerath und Lützerath) auszurichten. [...] Dafür ist der weitere Kohlenabbau- und Verkipungsfortschritt von Garzweiler II so zu konzipieren, dass zunächst Flächen außerhalb noch bewohnter Ortschaften für den Gewinnungsbetrieb genutzt werden, soweit dies einer technisch wirtschaftlich sachgemäßen Betriebsplanung und -führung entspricht“ (NRW Wirtschaftsministerium 2021).*

Laut der Leitentscheidung 2021 hatten die Umsiedlungen der Ortschaften Keyenberg, Kuckum, Unter- und Oberwestrich, Berverath Ende des Jahres 2016 begonnen: *„Zum 31. Januar 2021 hatten sich bereits rd. 86 Prozent der Einwohnerinnen und Einwohner mit der Bergbautreibenden über den Verkauf des Grundeigentums geeinigt und 61 Prozent der Umsiedlerinnen und Umsiedler haben bereits die früher von fast 1.600 Menschen bewohnten Altorte verlassen. Rund 17 Prozent der Anwesen wurde noch nicht verkauft“ (NRW Wirtschaftsministerium 2021).*

Gemäß der Leitentscheidung 2021 wird die Inanspruchnahme von Keyenberg auf frühestens Ende 2026 terminiert. Somit solle *„sichergestellt werden, dass eine bergbauliche Inanspruchnahme der Dörfer im Norden des Tagebaus nicht vor Abschluss der turnusmäßigen Überprüfung der Bundesregierung nach §§ 54, 56 Kohleverstromungsbeendigungsgesetz im Jahr 2026 erfolgen wird“ (NRW Wirtschaftsministerium 2021).*

Zu diesem Zeitpunkt soll gemäß KVBG entschieden werden, ob der Kohleausstieg auf das Jahr 2035 vorgezogen werden soll. Falls die energiewirtschaftliche Notwendigkeit im Jahr 2026 festgestellt wird, sollen die Orte Keyenberg, Unterwestrich, Oberwestrich, Kuckum und Berverath bis 2028 in Anspruch genommen werden. Danach stünden keine weiteren Umsiedlungen im Tagebau Garzweiler mehr an (NRW Wirtschaftsministerium 2021).

3.3.2 Tagebau Hambach

Der Braunkohleplan für den Tagebau Hambach ist der Rahmenbetriebsplan aus dem Jahr 1976. Durch die geänderten Bedingungen wird ein neuer Plan notwendig.

Durch die geringeren Fördermengen und als Reaktion auf den zivilgesellschaftlichen Protest für den Erhalt des Hambacher Waldes, soll dieser sowie der Merzenicher Erbwald, das Waldgebiet westlich des FFH Schutzgebiets Steinheide sowie die Ortschaft Morschenich erhalten bleiben.

Um den Hambacher Wald und die anderen beiden Wälder zu erhalten sowie eine Vernetzung unter diesen zu ermöglichen, sind forst- und naturschutzfachliche sowie landschaftsplanerische Maßnahmen zu ergreifen. Diese sollen zum Erhalt und zur Entwicklung der Wälder beitragen. Konkrete in der Leitentscheidung angeführte Maßnahmen sind die Pflanzung von temporären Grünstrukturen zur Stützung der Waldgesundheit, ein Böschungswald hin zur Grube sowie eine Prüfung ob Artenschutzmaßnahmen aus den umliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen weiterhin Bestand haben. Darüber hinaus soll von der RWE Power AG in der Nähe der oben genannten Wälder keine neuen Abbauf Flächen oder eine Erweiterung bestehender erfolgen. Um eine nachhaltige und hochwertige Rekultivierung zu ermöglichen, bedarf es der Standhaftigkeit der Böschung, die benötigte Massengewinnung soll vorrangig aus bestehenden Abbauf Flächen geschehen und durch einen Massentransfer aus Garzweiler II (NRW Wirtschaftsministerium 2021).

3.3.3 Tagebau Inden

Der Braunkohleplan „Inden-Räumlicher Teilabschnitt II 2009“ sieht ein Ende für die Region im Jahr 2030 vor und ist auf die Laufzeit des Kraftwerk Weisweiler ausgerichtet. Es kommt zu einer blockweisen Stilllegung von Weisweiler 2021, 2025, 2028 und 2029. In der neuen Leitentscheidung wird betont, dass hier die schon geplante Rekultivierung voraussichtlich nur unter geringen Veränderungen erreicht wird (NRW Wirtschaftsministerium 2021).

3.4 Bisher nicht ausreichend beachtete Entwicklungen

Die bisherigen Planungen der Landesregierung und von RWE spiegeln jedoch noch nicht die aktuellen Entwicklungen wider. So erfordert die jüngste Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts als auch die aktuellen Diskussionen bezüglich eines Vorziehens der vollständigen Dekarbonisierung Deutschlands auf den Zeitraum 2040 bis 2045 einen schnelleren Kohleausstieg.

Bereits in den letzten Jahren ist die Stromerzeugung der Braunkohlekraftwerke in Deutschland stark zurückgegangen. Die Nettostromproduktion sank im Jahr 2020 gegenüber 2019 um rund 20 % von 102 TWh auf 82 TWh. Gegenüber dem Jahr 2018 sank die Produktion in 2020 um rund 38 %, vgl. Abbildung 4 (Fraunhofer ISE 2021b). Dies liegt zum einen an den Stilllegungen und der Sicherheitsbereitschaft und zum anderen an einer gesunkenen Auslastung der Kraftwerke. Für letzteres sind mehrere Faktoren verantwortlich. Einerseits der Ausbau und eine höhere Stromerzeugung aus den Erneuerbaren Energien und andererseits auch der niedrige Gaspreis, die gestiegenen CO₂-Zertifikatepreise, ein niedriger Börsenstrompreis, ein geringer Stromverbrauch und auch weniger Stromexporte (Fraunhofer ISE 2021b).

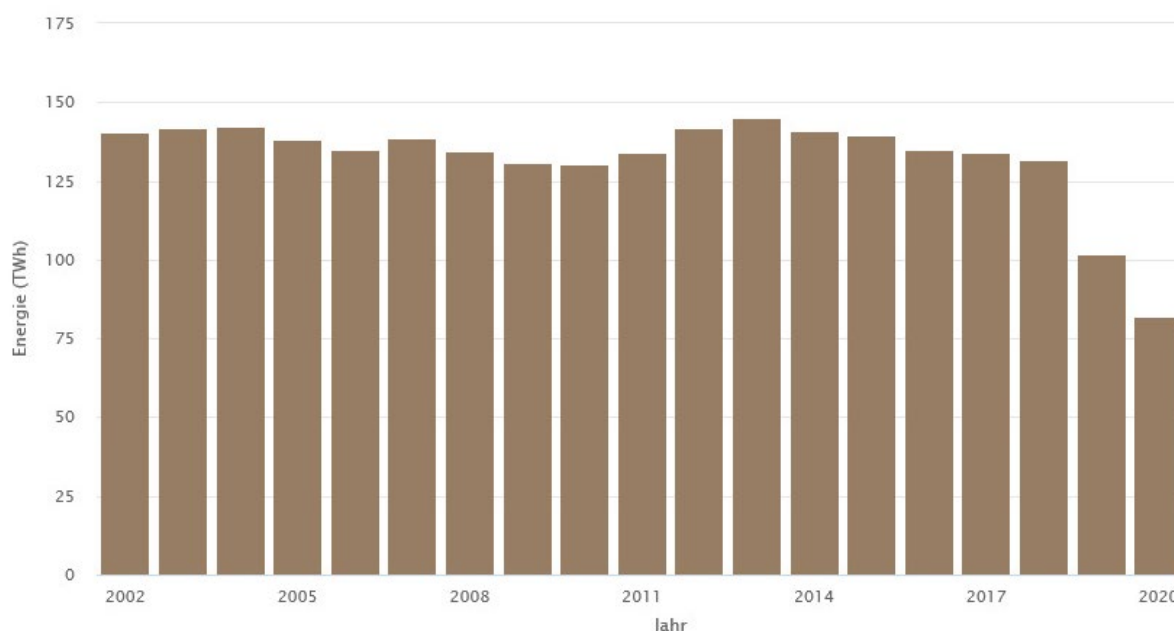


Abbildung 4 Jährliche Nettostromerzeugung in Deutschland aus der Braunkohle (Fraunhofer ISE 2021a)

4 Benötigte Braunkohlemengen im Einklang mit der 1,5°C-Grenze

4.1 Reduzierter Braunkohlebedarf in NRW

Für eine ausreichende Einhaltung der (inter-)nationalen Klimaschutzziele werden dringend zusätzliche Regelungen benötigt. Aber bereits ohne zusätzliche Klimaschutzpolitik wird sich der Kohlebedarf im Rheinischen Revier deutlich reduzieren. Die Auslastung der Kraftwerke wird wie in einigen Studien (u.a. in Oei et al. (2019)) ausführlicher dargestellt, aus den folgenden Gründen in den nächsten Jahren sinken:

- Durch die Braunkohlesicherheitsbereitschaft hat sich die Braunkohleförderung bereits seit 2019 um ~ 10 Mio. t Rohbraunkohle pro Jahr aus den Tagebauen Hambach und Garzweiler II reduziert.
- Die COVID-19-Pandemie hat zu einer deutlichen Reduktion der Energienachfrage geführt (Oei, Yanguas-Parra, und Hauenstein 2020; Yanguas Parra, Hauenstein, und Oei 2021). Hierdurch reduzierte sich – unterstützt durch eine Ausweitung der Stromproduktion aus Erneuerbaren Energiequellen – auch die Auslastung der Braunkohlekraftwerke im Jahr 2020 (im Vergleich zum Jahr 2019) deutlich. Im Jahr 2020 betrug die Reduktion der Nettostromerzeugung durch Braunkohle gegenüber dem Jahr 2019 rund 20 % und gegenüber 2018 rund 38 % (Fraunhofer ISE 2021a). Die weitere Entwicklung ist – auf Grund des nicht vorhersagbaren Verlaufs der Pandemie – nur schwer abschätzbar. Vereinfachend wird analog zu Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA 2020) im Folgenden von einer zusätzlichen temporären Reduktion der Braunkohlenachfrage von 20 % im Jahr 2021 gegenüber 2019 ausgegangen.
- Perspektivisch ist auch von einer Reduktion der Auslastung aller Braunkohlekraftwerke auszugehen, da diese
 - bei steigendem Anteil Erneuerbarer Energien aus dem Markt gedrängt werden;
 - bei höheren CO₂-Zertifikatspreisen auch zunehmend ihre Wettbewerbsfähigkeit mit anderen konventionellen Kraftwerken verlieren; der Preis ist innerhalb kürzester Zeit auf über 50€/t angestiegen und wird voraussichtlich nicht mehr sinken, sondern weiter steigen;
 - bei niedrigen Gaspreisen (nicht nur durch Corona bedingt) im größeren Wettbewerb mit Gaskraftwerken stehen;

- aufgrund des niedrigen Börsenstrompreises eine verschlechterte Wirtschaftlichkeit haben;
- durch niedrigere Stromexporte weniger Braunkohlenstrom benötigt wird (Fraunhofer ISE 2021b).

Hieraus resultierende geringere Auslastungen waren bereits in 2019, 2020 und 2021 sichtbar.

4.2 Szenario eines 1,5°C-Grenze kompatiblen Reduktions- und Ausstiegspfad

In dieser Studie wird ein Szenario eines 1,5 °C-kompatiblen Reduktions- und Ausstiegspfad entworfen, ausgehend von einer kumulierten Reduktion für die verschiedenen Kraftwerkstypen, d.h. für die älteren 300 MW Anlagen, die 600 MW Anlagen und die neueren BOA-Blöcke. Die 300 MW Anlagen werden der stärksten jährlichen Reduktion unterzogen mit insgesamt 2,2 Mio. t/Jahr. In den 600 MW Anlagen reduziert sich der Braunkohleeinsatz um insgesamt 1 Mio. t/Jahr. Um eine geringere Reduktion von 0,65 Mio. t/Jahr wird jedes Jahr der Braunkohleeinsatz in den BOA-Anlagen gemindert, vgl. Tabelle 3.

Das Kohleverstromungsbeendigungsgesetz (KVBG) (Stand August 2020) sieht insbesondere die zeitnahe Abschaltung der ältesten, CO₂-intensivsten und ineffizientesten Kohlekraftwerke vor. Dies sind die verbleibenden 300 und 600 MW Blöcke in Neurath und Niederaußem in NRW, wodurch die Braunkohleförderung in Garzweiler II und Hambach ab dem Jahr 2022 deutlich sinken wird.

Bei den im KVBG vorgesehenen Laufzeiten kann Deutschland sein CO₂ Budget hinsichtlich der Erreichung des völkerrechtlich bindenden Pariser Klimaziel nicht einhalten. In dem in dieser Studie vorgeschlagenen 1,5 °C-kompatiblen Ausstiegspfad, wird die Reihenfolge der Abschaltungen entsprechend dem KVBG beibehalten, sodass die alten 300 MW Anlagen zuerst (bis Ende 2022) abgeschaltet werden, vgl. Tabelle 2. Die 600 MW Anlagen gehen in Teillast und der letzte Block geht 2026 vom Netz. Die moderneren BOA-Anlagen werden, vorausgesetzt die Pandemie wird in 2022 weniger Auswirkungen auf die Verstromung haben, wieder stärker ausgelastet und reduzieren sich dann stetig, bis diese dann Ende 2028 stillgelegt werden.

Tabelle 2 Stilllegungspfad der Braunkohlekraftwerke in NRW entsprechend KVBG und 1,5°C-Szenario

Anlagenbetreiber	Blockname	MW _{el} (netto)	Datum Überführung in Sicherheitsbereitschaft nach KVBG	Endgültiges Stilllegungsdatum nach KVBG	Stilllegungsdatum im 1,5 °C-Szenario
RWE Power	Niederaußem D	297	–	31.12.2020	31.12.2020
RWE Power	Niederaußem C	295	–	31.12.2021	31.12.2021
RWE Power	Neurath B	294	–	31.12.2021	31.12.2021
RWE Power	Weisweiler E oder F	321	–	31.12.2021	31.12.2021
RWE Power	Neurath A	294	–	01.04.2022	01.04.2022
RWE Power	Frechen/Wachtberg (Brikettierung)	120 (von 176)	–	31.12.2022	31.12.2022
RWE Power	Neurath D	607	–	31.12.2022	31.12.2022
RWE Power	Neurath E	604	–	31.12.2022	31.12.2022
RWE Power	Weisweiler F oder E	321	–	01.01.2025	Mitte 2024
RWE Power	Weisweiler G oder H	663 oder 656	–	01.04.2028	Mitte 2024
RWE Power	Weisweiler H oder G	656 oder 663	–	01.04.2029	Mitte 2024
RWE Power	Niederaußem G oder H	628 oder 648	–	31.12.2029	31.12.2025
RWE Power	Niederaußem H oder G	648 oder 628	31.12. 2029	31.12.2033	31.12.2026
RWE Power	Niederaußem K	944	–	31.12.2038	31.12.2028
RWE Power	Neurath F (BoA 2)	1060	–	31.12.2038	31.12.2028
RWE Power	Neurath G (BoA 3)	1060	–	31.12.2038	31.12.2028

Bei der Veredelung kam es während der Pandemie im letzten Jahr zu einem temporären Anstieg der Kohlenachfrage. Die Veredelung sollte in den kommenden Jahren jedoch wieder sinken. Durch die Stilllegung der Brikettierungsanlage in Frechen zum 31.12.2022 wird die Nachfrage nach Braunkohle in der Veredelung voraussichtlich um weitere 2,5 Mio. t sinken (Frontier Economics 2019, 22). Ende 2028 wird, mit der Stilllegung der letzten BOA-Blöcke und dem Tagebaubetrieb im Rheinischen Revier, die Veredelung eingestellt. Es sollte zudem geprüft werden, ob nicht auf den Braunkohleexport ins Mitteldeutsche Revier zur Brikettherstellung und auf den Export von Braunkohlestaub ins Ausland verzichtet werden kann (dort wird er insbesondere in Zementwerken genutzt, die auch mit Steinkohle betrieben werden können). Durch diese Maßnahmen könnte der hier angenommene Bedarf der Kohlemengen zur Veredelung (vgl. Tabelle 3) weiter reduziert werden.

Tabelle 3: Entwicklung des Bedarfs im 1,5°C-Szenario aus dem Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Kohleveredelung	14	16	12	10	8	7	6	5	5	4
4x300 MW Blöcke	7	5	5	2	0	0	0	0	0	0
4x600 MW Blöcke	14	10	10	9	8	7	6	5	0	0
3 BoA Blöcke	15	10	10	14	13	13	12	11	11	10
Jahresbedarf	52	40	36	35	28	26	24	21	15	14
Gesamtbedarf ab 2021			36	71	99	125	149	170	185	200

Quelle: Eigene Berechnungen und angepasst auf Basis von Oei et al. (2019). Unstimmigkeiten bei den Summen ergeben sich auf Grund von gerundeten Zahlen.

5 Mit der 1,5°C-Grenze kompatibles Braunkohlebudget der Tagebaue

5.1 Restbudget für den Tagebau Inden

Dem Tagebau Inden verbleibt ein der 1,5°C-Grenze entsprechendes Budget von 35 Millionen Tonnen Braunkohle ab Januar 2021. Bei einer jährlichen Förderung von rund 10 Mio. t - ähnlich wie im Jahr 2020 - wäre dieses Budget bereits nach 3,5 Jahren gegen Mitte des Jahres 2024 aufgebraucht.

Hieraus ergeben sich notwendige Verkürzungen bzgl. der im KVBG vorgesehenen Laufzeiten der Blöcke im Kraftwerk Weisweiler, welches mit dem Tagebaue Inden im Verbund befindlich ist. Entsprechend Tabelle 2 sieht das Gesetz vor, die einzelnen Blöcke schrittweise in den Jahren 2021, 2025, 2028 und 2029 stillzulegen.

Laut Revierkonzept 2020 der RWE (RWE Power AG 2020) mit den dort angenommenen Abbaugrenzen steht im Tagebau Inden ab dem 1.1.2021 ein Vorrat von rund 113 Mio. t Braunkohle zur Verfügung. Würden diese Vorräte im Tagebau Inden gefördert werden, übersteigt die genannte Vorratsmenge Braunkohle das 1,5°C-Budget von 35 Mio. t Kohle deutlich.

Die aktuellen Planungen von RWE müssen dementsprechend angepasst werden und die Laufzeiten der Blöcke des Kraftwerk Weisweiler verkürzt werden. In dieser Studie wird ein für den Verbund Inden/Weisweiler angepasster und mit der 1,5°C-Grenze kompatibler Reduktionspfad darüber hinaus nicht näher untersucht.

5.2 Restbudget für den Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler II

Zur Begrenzung der globalen Temperaturerhöhung auf 1,5°C mit einer Einhaltungswahrscheinlichkeit von 50 % steht der Braunkohleverstromung aus dem Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler rechnerisch, vgl. Kapitel 2, ein maximales CO₂ Budget von 145 Mio. t ab Beginn 2021 zu. Zusätzlich ergibt sich ein Bedarf der Braunkohleveredelung entsprechend des im vorigen Abschnitt beschriebenen Szenarios von rund 55 Mio. t Braunkohle. Zusammenfassend ist eine Fördermenge aus dem Tagebaukomplex Hambach und Garzweiler von rund 200 Mio. t Braunkohle zu entnehmen.

Entsprechend des Revierkonzepts 2020 der RWE (RWE Power AG 2020) mit den dort angenommenen Abbaugrenzen und den bekannten Förderzahlen von 2020 (Statistik der Kohlenwirtschaft e. V. 2021) steht im Tagebau Hambach ab dem 1.1.2021 ein Vorrat von rund 130 Mio. t Braunkohle zur Verfügung, im Tagebau Garzweiler II sind es ab dem 1.1.2021 rund 650 Mio. t Braunkohle, vgl. Tabelle 1.

Ein Vorrat von 130 Mio. t ist im Tagebau Hambach mit den Abbaugrenzen entsprechend Abbildung 2 noch bis zum Jahr 2029 zu gewinnen. Die Menge Braunkohle, die somit im Tagebau Hambach gewonnen werden kann, sodass der Erhalt des Hambacher Waldes gewährleistet ist, und RWE nach eigenen Angaben genügend Abraum zur Verfügung steht um die Gestaltung des Restesees zu gewährleisten⁷, beansprucht somit einen Großteil der Menge, die in den Tagebauen Hambach und Garzweiler II zusammen zur Begrenzung der globalen Erhitzung auf maximal 1,5°C noch zulässig zu gewinnen sind. Sofern der vollständige Vorrat von 130 Mio. t ab 2021 aus dem Tagebau Hambach aufgeschlossen wird, würde für den Tagebau Garzweiler ein restliches Budget von rund 70 Mio. t Braunkohle zur Verfügung stehen.

Jede Überschreitung wäre nur dann mit der 1,5°C-Grenze (mit 50%-iger Einhaltungswahrscheinlichkeit) vereinbar, wenn andere Kraftwerke oder Sektoren dies durch entsprechende stärkere Klimaschutzmaßnahmen kompensieren. Die aktuellen Planungen von RWE sehen dagegen eine Förderung eines Vielfachen des Budgets im Tagebau Garzweiler II vor und müssen dementsprechend angepasst werden.

Folgende Berechnungen zeigen auf, welche Mengen Braunkohle ab Januar 2021 im Tagebau Garzweiler II etwa gewonnen werden können, sodass die Tagebaukante noch vor den bewohnten Dörfern zum Stillstand kommt und die Orte inklusive Lützerath erhalten bleiben können.

⁷ In dieser Studie wird nicht eingehender untersucht, ob der Erhalt von Manheim durch eine alternative Quelle für die notwendige Menge Abraum gewährleistet werden kann. Der Erhalt des Ortes durch eine angepasste Abraumplanung ist zukünftig zu prüfen, da weitere Umsiedlungen energiewirtschaftlich und klimapolitisch nicht zu rechtfertigen sind.

6 Anpassung der Tagebauplanung in NRW an die 1,5°C-Grenze

Die Berechnungen in diesem Abschnitt zeigen, dass bei Erhalt der Garzweiler Dörfer und Höfe sowie bei einem Stillstand der derzeitigen Tagebaukante und unter der Annahme eines abschließenden Böschungssystems von 1:5 zum Stand Januar 2021 insgesamt noch etwa 100 Mio. t Braunkohle im Tagebau Garzweiler II gewonnen werden können.

Um die noch förderbaren Kohlemengen bei Erhalt der Dörfer zu errechnen, wird ein Luftbild zum Jahreswechsel ausgewertet. Anhand des Satellitenbildes in Abbildung 5 kann das Feld, das der Tagebau Garzweiler II mit Stand von Anfang 2021 in Anspruch nimmt, nachvollzogen werden. Derzeit wird ein Abstand von ca. 300 m zu den Orten Keyenberg und Lützerath gewahrt.

6.1 Entwurf eines 1,5°C-kompatiblen Abbaugebietes Garzweiler II mit Erhalt der Dörfer

Wie in Abbildung 5 bei (1) erkennbar, wurde die Tagebaukante entlang der nördlichen Gewinnungsböschung östlich des Ortes Keyenberg durch den Tagebaubetreiber bereits abgeschrägt und die Fördersohle eingekürzt, sodass ein Abstand zu Keyenberg gewahrt wird. Die Tagebauentwicklung und Fördersohle sollte in diesem Bereich gänzlich stillgelegt werden, sodass der Tagebau Garzweiler die im Norden bereits verkürzte Abbaufont beibehält und den Erhalt des Ortes Keyenberg sicherstellt. Die Kante verläuft südlich weiter an der ehemaligen Landesstraße L277 entlang (2). Auf der Höhe des Ortes Lützerath verläuft die Kante schräg in südöstlicher Richtung (3) und zurück zum Sammelpunkt der Bandanlagen bei Jackerath (4).

Die in dieser Studie vorgeschlagene Anpassung des Abbaugebietes Garzweiler hält an den derzeitigen Tagebaukanten fest und empfiehlt das Einstellen der Tagebauentwicklung an der Kante bis auf minimale Anpassungen zwecks Erstellung der Seeböschung. Im Tagebau kann damit weiterhin Kohle gefördert werden, bis eine abschließende Böschung mit einem Winkel von 1:5 erreicht ist. Dadurch kann der Betrieb fortgeführt werden, ohne dass weitere noch bewohnte Dörfer umgesiedelt werden müssen. Das entworfene angepasste Abbaugebiet hält einen Abstand von ca. 300 m zur Ortschaft Keyenberg und Lützerath ein.

Im Teilgebiet nordöstlich von Lützerath liegen zudem die mächtigsten Flöze von bis zu 55 m. Die Abbildung 6 kartiert die Mächtigkeit der drei abbaubaren Flöze im Tagebau Garzweiler.

Hier wird ersichtlich, dass eine Konzentration auf den Bereich, der vor den bewohnten Ortschaften liegt, vom Kohle/Abraumverhältnis sinnvoll ist. Insbesondere ist die Flözmächtigkeit bei Keyenberg nur zu etwa 25 m ausgeprägt.

In Abbildung 7 ist der Entwurf eines 1,5°C-kompatiblen Abbaugbietes des Tagebau Garzweiler verzeichnet. Der angenommene Verlauf der endgültigen Tagebaukante nach Stillstand entspricht der aktuellen Position der Kante im ersten Halbjahr 2021, sodass der Erhalt der Orte Lützerath, Keyenberg, Berverath, Kuckum, Ober- und Unterwestrich sowie der Höfe gewährleistet ist.

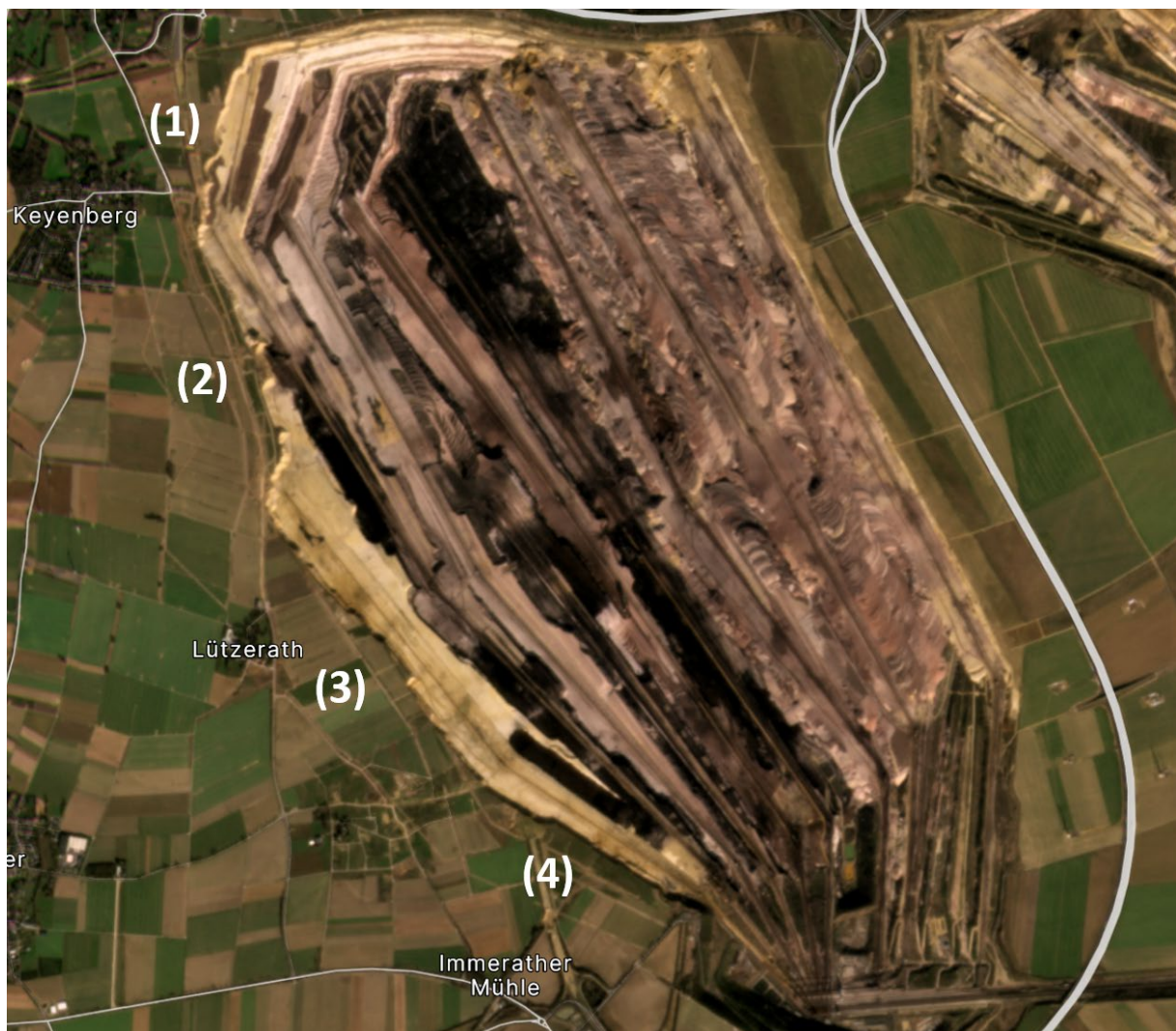


Abbildung 5 Luftbild Tagebau Garzweiler II Stand Anfang 2021, eigene Eintragungen basierend auf (Planet Labs Inc. 2021)

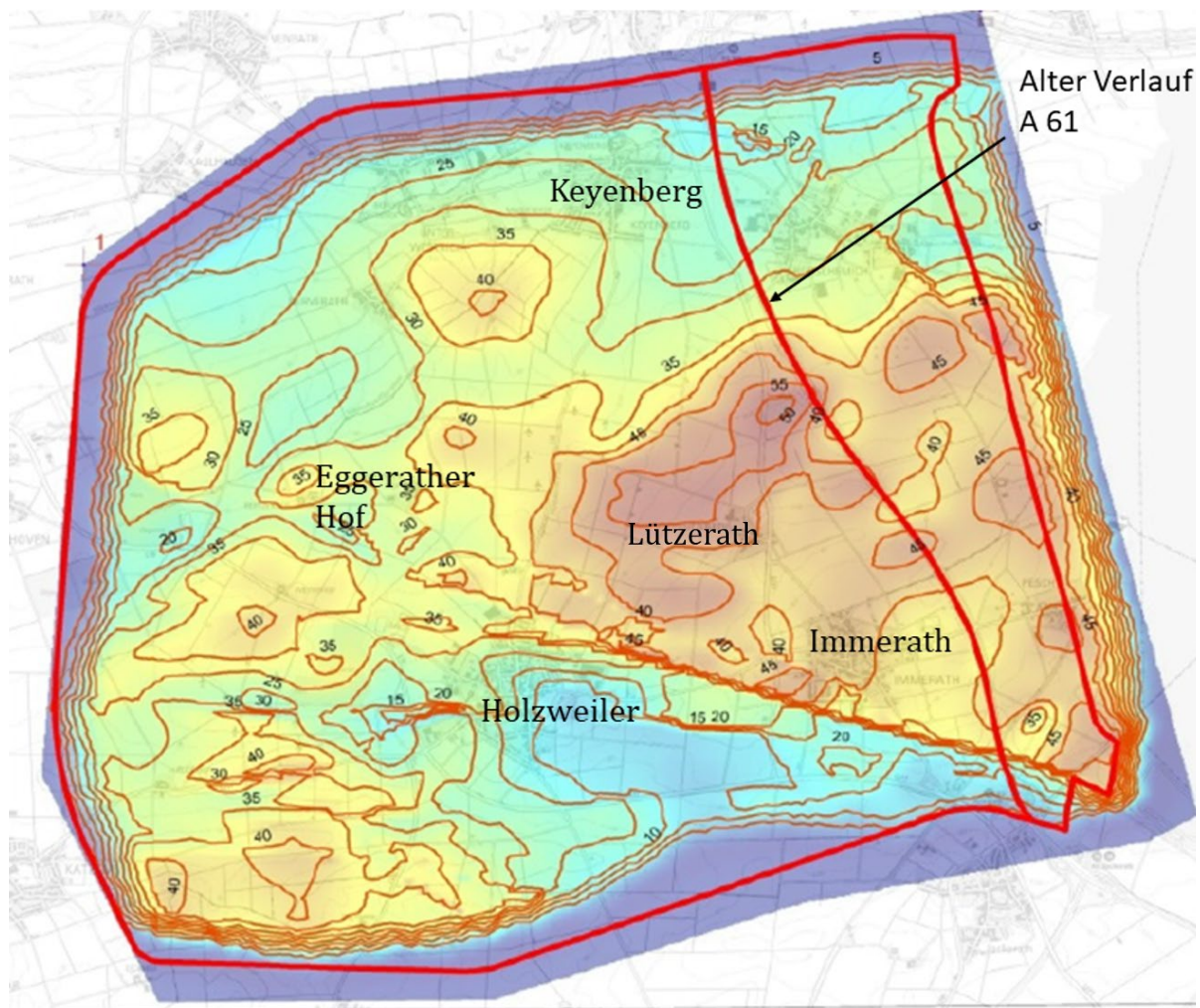


Abbildung 6: Geologischer Kohlevorrat Garzweiler II (Pabsch-Rother und Linder 2015)

Die Belastung durch Lärm, Beleuchtung und Staub ist für die an den Tagebau angrenzenden Ortschaften und Bewohner*innen hoch. Es ist durch den Tagebaubetreiber die Anhäufung eines Schutzwalles in ausreichendem Abstand zur Tagebaukante vorgesehen. Auch darf der Streifen vor der Tagebaukante aus Sicherheitsgründen nicht betreten werden. Aus diesem Grund rückt der Bereich des Tagebaus noch weiter an die Orte heran, als die eigentliche Tagebaukante.

Die Tagebaukante sollte den aktuellen Abstand von rund 300 m zu bewohnten Gebieten nicht weiter unterschreiten, um den Erhalt der Dörfer zu gewährleisten und die Belastung nicht weiter zu maximieren. Der Uferbereich des Restsees ist zukünftig so zu modellieren, dass eine Zwischennutzung des Sees während des Füllvorgangs möglich ist.

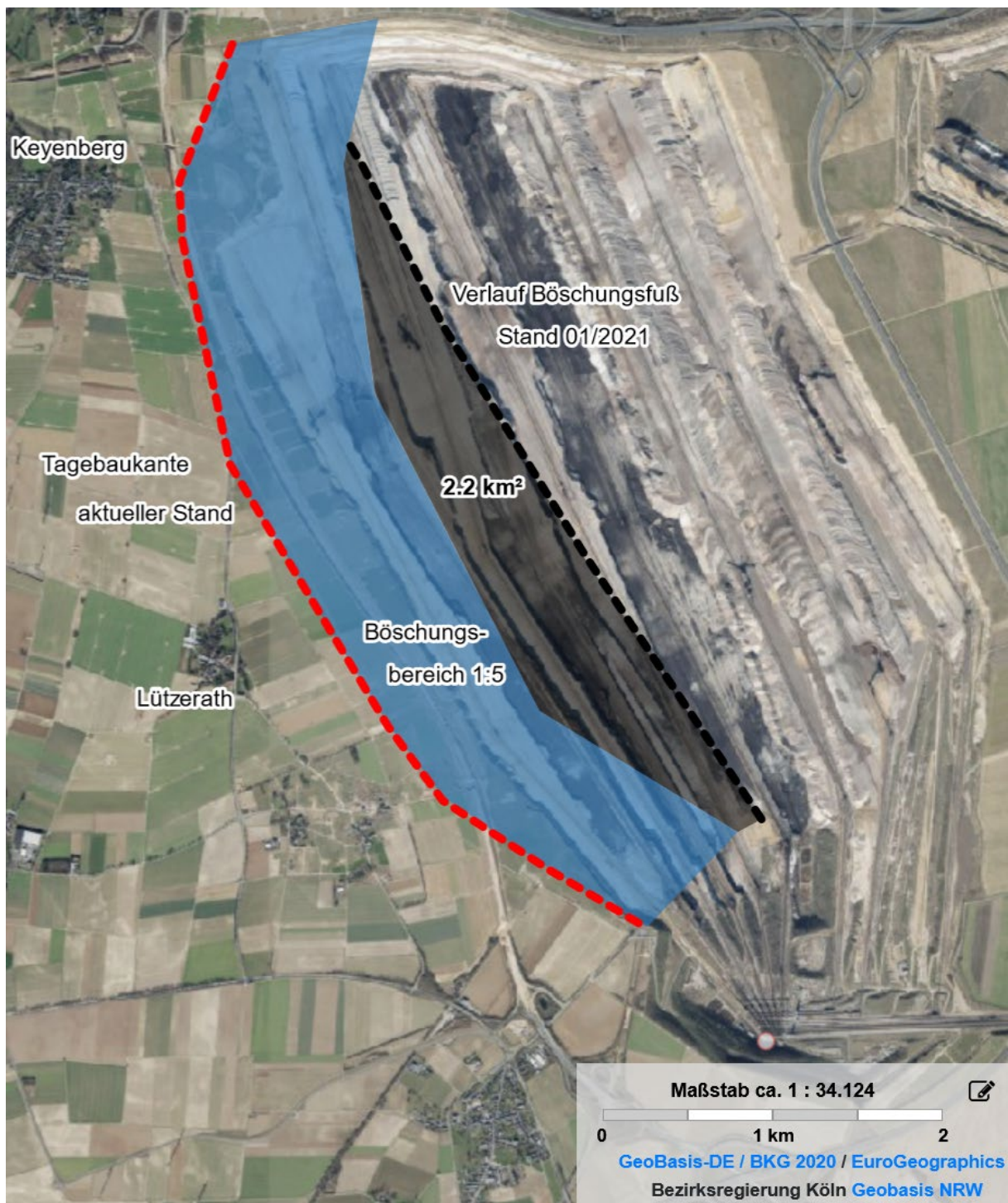


Abbildung 7: Entwurf eines an die 1,5°C-Grenze angepassten Abbaugebietes für den Tagebau Garzweiler II mit einem Vorrat von rund 100 Mio. t Braunkohle, eigene Abmessungen basierend auf (GeoBasis NRW 2020)

6.2 Fördermengen aus dem 1,5 °C-Grenze kompatiblen Abbauggebiet

Es befinden sich den Berechnungen zufolge am Tagebau Garzweiler noch erhebliche Braunkohlevorräte im Boden, die gewonnen werden können, ohne dass ein weiteres Dorf abgebagert wird. Aus dem oben erläuterten Entwurf eines 1,5°C-kompatiblen Abbauggebietes und dem Kartenmaterial in Abbildung 7 lassen sich diese verfügbaren Braunkohlemengen errechnen.

Die Gewinnungsböschung im Tagebau Garzweiler ist derzeit verhältnismäßig flach gehalten, durch eine schnelle Entwicklung der Tagebaukante. Aus aktuellen Satellitenbildern ergeben sich Entfernungen des tiefsten Punktes, dem Böschungsfuß bis zur Tagebaukante von einem bis über eineinhalb Kilometern. Für das steilere Verhältnis der Abschlussböschung von 1:5 kann die Fördersohle im Tagebau im Schnitt noch ca. um weitere 750 m gewonnen werden, ohne dass die Tagebaukante fortentwickelt wird. Aufgrund des Ausmaßes des Tagebaus mit einer Länge der Fördersohle von fast 5 km ergibt sich eine noch erhebliche Fläche, auf der die Braunkohle gewonnen werden kann.

Im Gebiet Garzweiler II werden drei Flöze als abbauwürdig betrachtet: Garzweiler, Frimmersdorf und Morken. Es wird entsprechend der Angaben von RWE für Garzweiler II eine durchschnittliche Mächtigkeit von 40 m angenommen (RWE Power 2018). Das Flöz Garzweiler steht nur im östlichen Gebiet an und die Flöze Frimmersdorf und Morken dünnen in westlicher Richtung aus (MTC 2017).

Die Fläche auf der die drei Flöze mit einem Endböschungssystem von 1:5 gewonnen werden können, beträgt nach den Abmessung in Abbildung 7 ca. 2,2 km². Daraus ergibt sich ein Volumen der gewinnbaren Kohle von rund 88 Mio. m³. Bei einer für das Rheinland durchschnittlichen Braunkohledichte von 1,15 t/m³ entspricht das einer Menge von rund 100 Mio. t Braunkohle.

Somit können in Garzweiler II noch insgesamt etwa 100 Mio. t Braunkohle, bei Erhalt der Dörfer Lützerath, Keyenberg, Berverath, Kuckum, Ober- und Unterwestrich sowie der Höfe gefördert werden.

Die Berechnung der förderbaren Kohlemenge ist insbesondere von der Annahme des Böschungswinkels abhängig. Bei einem steileren Böschungswinkel würden sich die Fördermengen im Vergleich zu dem angenommenen flacheren Winkel von 1:5 noch einmal vergrößern.

Dafür entstehen dem Betreiber zusätzliche Kosten durch die ggf. nachträglich notwendige Aufschüttung der Böschungen mit zusätzlichem Füllmaterial.

Die genaue Berechnung zu der vorhandenen Restkohlemenge erfolgt entsprechend der vorigen Veröffentlichung zum Thema „Garzweiler II: Prüfung der energiewirtschaftlichen Notwendigkeit des Tagebaus“ (Oei, Braunger, u. a. 2020) ab Seite 33 ff.

6.3 Belieferung der Kraftwerke durch die Tagebaue

Der Tabelle 4 ist der Reduktionspfad der Kraftwerke zu entnehmen, welcher für das in dieser Studie entworfene 1,5°C-Szenario angenommen wurde. In Abbildung 8 sind die Kohlebedarfe als gestapelte Flächen in ein Diagramm eingetragen. Der Gesamtbedarf der Kohleverstromung und -veredelung ab Anfang 2021 erreicht im 1,5°C-Szenario Ende 2028 rund 200 Mio. t und hat somit zum Abschaltzeitpunkt das 1,5°C-kompatible Budget ausgeschöpft.

Die Auskohlung des Tagebau Hambachs wurde, aufgrund des höheren Brennerts und der Möglichkeit des vorausgesetzten Erhalts des Hambacher Waldes entsprechend Revierkonzept 2020, priorisiert.

Bei Einhaltung der 1,5°C-Grenze können bei dem in dieser Studie entworfenen Ausstiegspfad, die verbleibenden Kraftwerke und die Veredelungsbetriebe ab 2027 ausschließlich aus Hambach versorgt werden. Somit wird der Erhalt aller noch bewohnten Dörfer im Tagebau Garzweiler sichergestellt, da dieser Tagebau Ende 2026 entsprechend des finalen Tagebaustands im Entwurfs eines 1,5 °C-kompatiblen Abbaugbietes für Garzweiler, vgl. Abbildung 7, außer Betrieb geht.

Tabelle 4: Entwicklung der Kohlenachfrage im 1,5°C-Szenario aus den Tagebauen Garzweiler II und Hambach

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Kohleveredelung	14	16	12	10	8	7	6	5	5	4
4x300 MW Blöcke	7	5	5	2	0	0	0	0	0	0
4x600 MW Blöcke	14	10	10	9	8	7	6	5	0	0
3 BoA Blöcke	15	10	10	14	13	13	12	11	11	10
Jahresbedarf	52	40	36	35	28	26	24	21	15	14
Gesamtbedarf ab 2021			36	71	99	125	149	170	185	200
Kohleförderung Hambach	28	20	18	18	17	16	16	15	15	14
Kohleförderung Garzweiler II	23	19	18	17	11	10	8	6	0	0
Kohlevorrat Hambach	150	130	112	94	77	61	45	30	14	0
Kohlevorrat Garzweiler II	-	100	82	65	54	44	36	30	30	30
Restmenge	-	230	193	159	130	104	81	59	44	30
Restkohlebudget (Ende des Jahres)		200	164	129	101	75	51	30	15	0

Quelle: Eigene Berechnungen und angepasst auf Basis von Oei et al. (2019). Unstimmigkeiten bei den Summen ergeben sich auf Grund von gerundeten Zahlen.

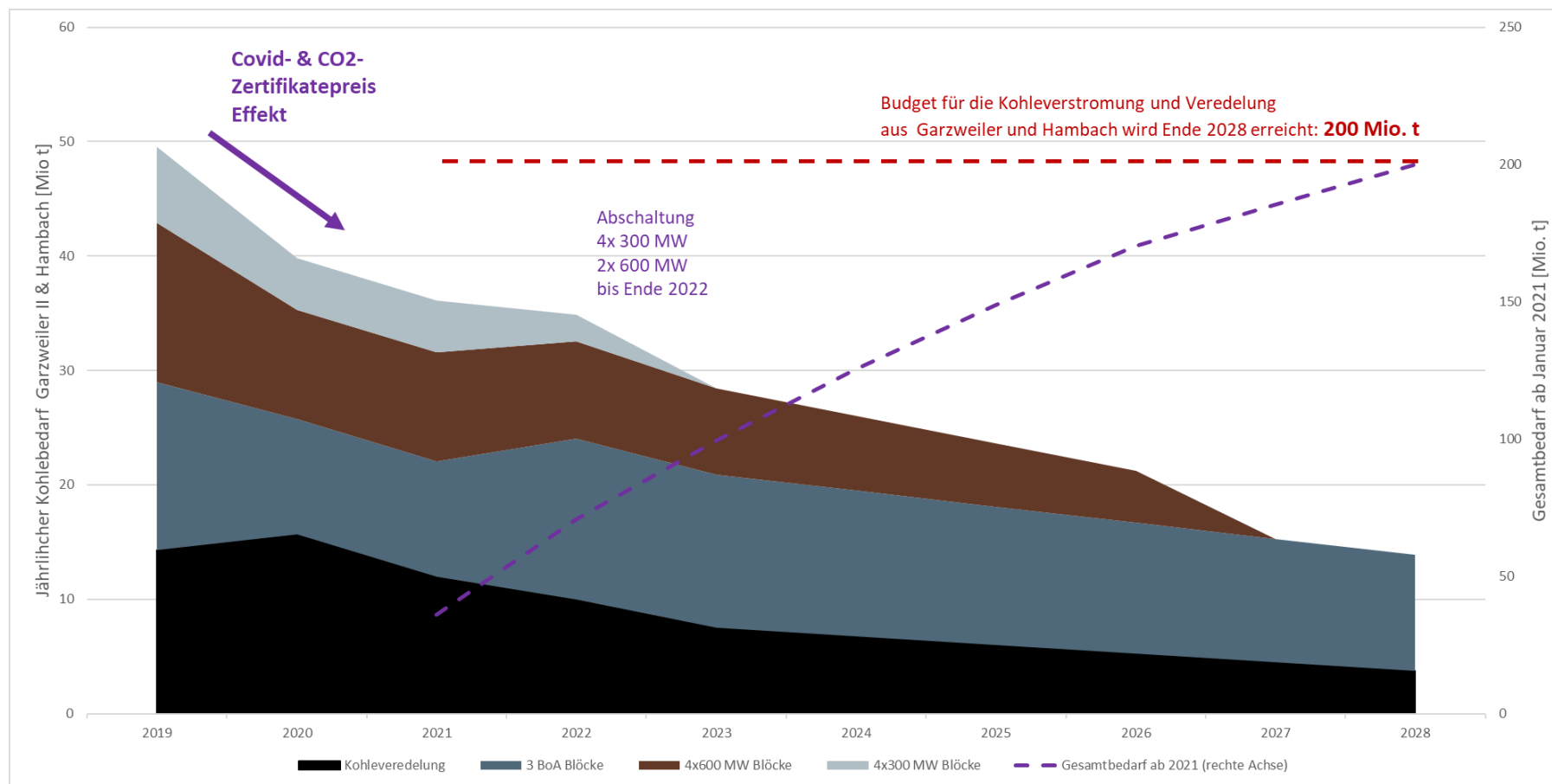


Abbildung 8: Übersicht über noch benötigte Kohlevorräte aus Garzweiler II und Hambach

Quelle: Eigene Darstellung aktualisiert auf Basis von Oei et al. (2019). Das Jahr 2019 dient als Vergleichswert. Der zukünftige Gesamtbedarf wird ab Januar 2021 bestimmt.

7 Fazit: Anpassung der Tagebauplanung an die 1,5°C-Grenze sichert den Erhalt der Dörfer

Die schnellstmögliche Reduktion und der vollständige Ausstieg aus der Kohlenutzung ist eine Bedingung für die Einhaltung der (inter-)nationalen Klimaschutzziele (IEA 2021). Seit der Beendigung der sogenannten „Kohlekommission“ haben sich in Deutschland in diesem Zusammenhang die energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen stark verändert: Die Auslastung und damit verbunden die Wirtschaftlichkeit der Kohlekraftwerke ist stark zurückgegangen. Darüber hinaus erfordert die in Teilen erfolgreiche Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz tiefgreifend Veränderungen der Energie- und Klimapolitik, was einen deutlich beschleunigten Kohleausstieg gegenüber dem Kohleverstromungsbeendigungsgesetz (KVBG) erfordert. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit einer angepassten Planung für das rheinische Braunkohlerevier, da der Aufschluss des Tagebaus Garzweiler II und die Umsiedlung der Dörfer energiewirtschaftlich und klimapolitisch nicht mehr zu rechtfertigen ist.

In diesem Gutachten wurde das 1,5°C-kompatible CO₂-Budget errechnet, welches der Braunkohleverstromung in NRW ab dem Jahr 2021 noch zur Verfügung steht. Auf diesem Budget basierend wurde ein Szenario im Einklang mit der 1,5°C-Grenze entworfen, bestehend aus einem reduzierten jährlichen Braunkohlebedarf der Kraftwerke sowie der Veredlungsbetriebe und einem angepassten Ausstiegspfad mit Stilllegungszeitpunkten bis Ende 2028. Durch Addition des verbleibenden Budgets für die Kohleverstromung und der zusätzlich benötigten Mengen für die Braunkohleveredlung ergeben sich die maximal zulässigen Fördermengen der Tagebaue Garzweiler II und Hambach, welche noch mit dem international vereinbarten Klimaschutzziel, die Erhitzung auf 1,5°C zu begrenzen, vereinbar sind. Diese maximale Fördermenge wurde mit den Kohlevorräten in den Tagebauen Inden, Hambach und Garzweiler verglichen, welche bei Erhalt des Hambacher Waldes und ohne weitere Umsiedlungen aller noch bewohnten Dörfer am Tagebau Garzweiler förderbar sind. Hierfür wurden die Vorräte berechnet, die im Tagebau Garzweiler II ohne die Umsiedlung weiterer Dörfer zu gewinnen sind.

Für die Einhaltung eines Pfades im Einklang mit der 1,5°-Grenze ergibt sich eine maximale Gesamtmenge Braunkohle von rund 235 Millionen Tonnen Braunkohle aus den Tagebauen Inden, Garzweiler II und Hambach ab Januar 2021. Für den Tagebau Inden beträgt die erlaubte Menge 35 Millionen Tonnen, im Tagebaukomplex Garzweiler II und Hambach 200 Millionen Tonnen Braunkohle.

Im Tagebau Garzweiler können eigenen Berechnungen zufolge noch 100 Millionen Tonnen Braunkohle bei Erhalt der Garzweiler Dörfer, inklusive Lützerath gefördert werden. Im Tagebau Hambach können bei Erhalt des Hambacher Waldes noch 130 Millionen Tonnen gefördert werden. Die aufsummierten Vorräte von 230 Millionen Tonnen übertreffen damit das erlaubte Budget bei Einhaltung der 1,5°C-Grenze (vgl. Abbildung 9). Auch im Tagebau Inden können die 35 Millionen Tonnen Braunkohle ohne weitere Zerstörung von Dörfern abgebaut werden.

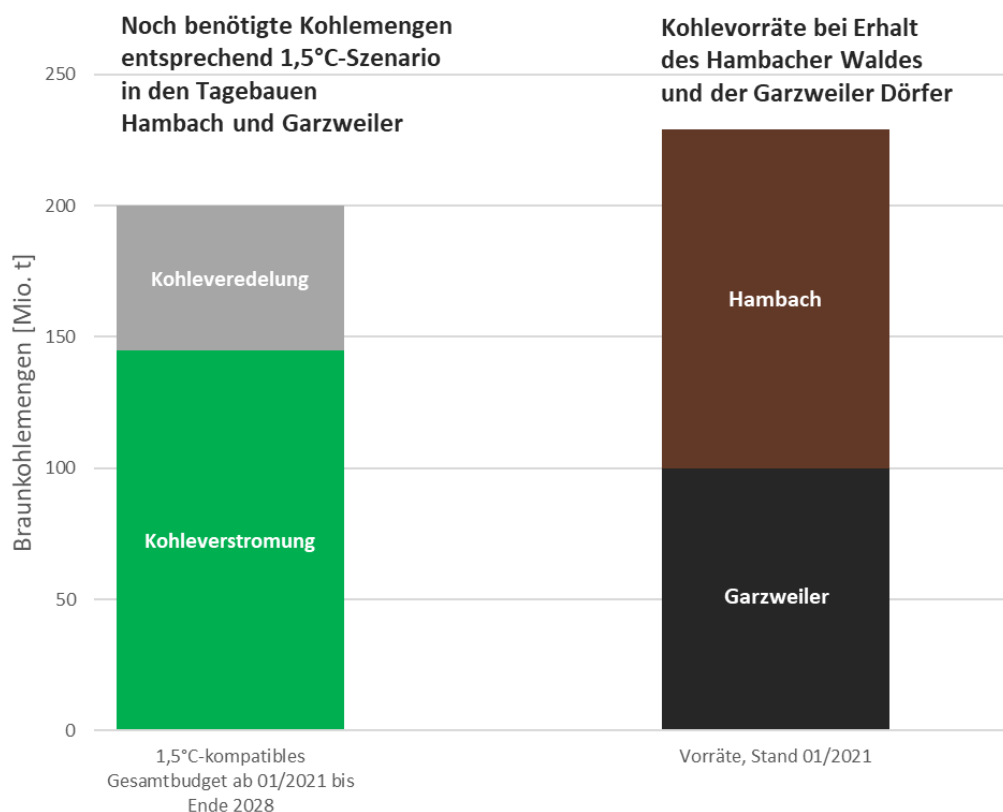


Abbildung 9: Vergleich des Kohlebedarfs im 1,5°C-Szenario mit den Vorräten in den Tagebauen Garzweiler II und Hambach, eigene Darstellung

Auch ohne zusätzliche Klimaschutzpolitik wird sich der Kohlebedarf im Rheinischen Revier gegenüber den Annahmen im KVBG deutlich reduzieren. Die laut dem Revierkonzept 2020 der RWE für den Stilllegungspfad bis 2038 noch benötigten Kohlemengen von bis zu 900 Millionen Tonnen, welche sich als Vorrat durch den reduzierten Aufschluss der Tagebaue Inden und Hambach und den vollständigen Aufschluss des Tagebaus Garzweiler ergeben (mit den Abbaugrenzen entsprechend der Abbildung 2 und Abbildung 3), überschreiten jedoch deutlich die klimapolitisch zulässigen Fördermengen. Jede Überschreitung wäre nur dann mit den Klimaschutzzielen vereinbar, wenn andere Kraftwerke oder Sektoren dies durch entsprechende stärkere Klimaschutzmaßnahmen kompensieren. Da dies als unwahrscheinlich angesehen wird, muss auch in NRW ein schnellerer Kohleausstieg bis spätestens 2028 anvisiert werden, um die Klimaschutzziele einzuhalten.

Es besteht des Weiteren keine energiewirtschaftliche Notwendigkeit für einen kompletten Aufschluss des Tagebaus Garzweiler, welcher die Umsiedlung weiterer Ortschaften bedingen würde. Zahlreiche Studien weisen nach, dass die Versorgung von NRW, Deutschland und Europa in diesem Fall ohne Probleme mit Strom und Wärme aus erneuerbaren Energiequellen gewährleistet werden kann (Wuppertal Institut 2020; Prognos, Öko-Institut, und Wuppertal-Institut 2021; Bartholdsen u. a. 2019; Oei, Göke, u. a. 2019; Kittel u. a. 2020).

Angesichts dieser Rahmenbedingungen ergibt sich weder eine energiewirtschaftliche und energiepolitische Notwendigkeit noch eine klimapolitische Rechtfertigung einer Erschließung weiterer Tagebaufelder am Tagebau Garzweiler II. Daher ist das öffentliche Interesse an einer Anpassung und Umplanung höher zu gewichten, als der Vertrauensschutz des Bergbautreibenden und macht eine neue Leitentscheidung für das rheinische Braunkohlerevier zwingend notwendig. Diese muss eine zukünftige und absehbare Entwicklung bereits heute antizipieren, um für die von Umsiedlung bedrohten Menschen in den Dörfern am Tagebau Garzweiler genauso wie für RWE solide Rahmenbedingungen und Planungsgrundlagen zu schaffen. Da in den nächsten Jahren noch weitere Verschärfungen der deutschen Klimaschutzziele zwingend erforderlich sind, ist eine flexible Leitentscheidung zu begrüßen, die in regelmäßigen Abständen noch weitere Verkleinerungen der Abbaubereiche prüft.

Referenzen

- Bartholdsen, Hans-Karl, Anna Eidens, Konstantin Löffler, Frederik Seehaus, Felix Wejda, Thorsten Burandt, Pao-Yu Oei, Claudia Kemfert, und Christian von Hirschhausen. 2019. „Pathways for Germany’s Low-Carbon Energy Transformation Towards 2050“. *Energies* 12 (15): 2988. <https://doi.org/10.3390/en12152988>.
- Blechner, Notker. 2021. „Durchbruch für den Emissionshandel?“ Tagesschau. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/die-co2-preise-explodieren-101.html>.
- Bundesverfassungsgericht. 2021. „Bundesverfassungsgericht - Presse - Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich“. Pressemitteilung Nr. 31/2021. 29. April 2021. <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>.
- DIW Berlin, Wuppertal Institut, und Ecologic Institut. 2018. „Die Beendigung der energetischen Nutzung von Kohle in Deutschland: Ein Überblick über Zusammenhänge, Herausforderungen und Lösungsoptionen“. Berlin. https://wupperinst.org/fa/redaktion/images_hq/publications/2018_Kohlereader_Final.pdf.
- Fraunhofer ISE. 2021a. „Energy-Charts“. 2021. <https://energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&year=-1&interval=year&source=all&download-format=image/jpeg>.
- . 2021b. „Nettostromerzeugung in Deutschland 2020: erneuerbare Energien erstmals über 50 Prozent“. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. 2021. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2020/nettostromerzeugung-in-deutschland-2021-erneuerbare-energien-erstmal-ueber-50-prozent.html>.
- Frontier Economics. 2019. „Energiewirtschaftliche Notwendigkeit der Braunkohlengewinnung und -nutzung im Rheinischen Revier. Eine Studie für die RWE Power AG“. https://www.frontier-economics.com/media/3931/energiewirtschaftliche-notwendigkeit-der-braunkohlengewinnung-und-nutzung-im-rheinischen-revier-dezember_2019.pdf.
- IEA. 2020. „Global Energy Review 2020 - The Impacts of the Covid-19 Crisis on Global Energy Demand and CO₂ Emissions“. Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>.
- . 2021. „Net Zero by 2050“. Paris. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- IPCC. 2018. „Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty“. New York, NY, USA: IPCC. <https://www.ipcc.ch/sr15/download/>.
- Kittel, Martin, Leonard Goeke, Claudia Kemfert, Pao-Yu Oei, und Christian von Hirschhausen. 2020. „Scenarios for Coal-Exit in Germany—A Model-Based Analysis and Implications in the European Context“. *Energies* 13 (8): 2041. <https://doi.org/10.3390/en13082041>.
- MTC. 2017. „Validierung und Prüfung der bergbaubedingten Rückstellungen für die Braunkohlelitagebaue, Altstandorte und Kraftwerksreststoffdeponien der RWE Power AG. Im Auftrag der RWE Power AG“. Clausthal: Mining Technology Consulting.

- https://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/container/anlagen_pm/17_09_gutachten_mtc_tudeshki_zu_rwe_rueckstellungen.pdf.
- NRW Wirtschaftsministerium. 2021. „Leitentscheidung 2021“. <https://www.wirtschaft.nrw/pressemitteilung/landeskabinett-beschliesst-neue-leitentscheidung>.
- Oei, Pao-Yu, Isabell Braunger, Catharina Rieve, Claudia Kemfert, und Christian von Hirschhausen. 2020. „Garzweiler II: Prüfung der energiewirtschaftlichen Notwendigkeit des Tagebaus“. 150. Politikberatung Kompakt. Berlin: DIW Berlin. https://www.diw.de/de/diw_01.c.790065.de/publikationen/politikberatung_kompakt/2020_0150/garzweiler_ii_pruefung_der_energiewirtschaftlichen_notwendigkeit_des_tagebaus_im_auftrag_von_greenpeace_e.v..html.
- Oei, Pao-Yu, Leonhard Göke, Claudia Kemfert, Mario Kendzioriski, und Christian von Hirschhausen. 2019. „Erneuerbare Energien als Schlüssel für das Erreichen der Klimaschutzziele im Stromsektor“. Politikberatung Kompakt. Politikberatung Kompakt. Berlin: DIW. https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.616185.de.
- Oei, Pao-Yu, M. Kendzioriski, Philipp Herpich, Claudia Kemfert, und Christian Hirschhausen. 2020. „Klimaschutz statt Kohleschmutz: Woran es beim Kohleausstieg hakt und was zu tun ist“. 148. Politikberatung Kompakt. Berlin: DIW Berlin.
- Oei, Pao-Yu, Catharina Rieve, Christian Von Hirschhausen, und Claudia Kemfert. 2019. „Ergebnis vom Kohlekompromiss: Der Hambacher Wald und alle Dörfer können erhalten bleiben“. DIW Berlin - Politikberatung kompakt 132. DIW Berlin - Politikberatung kompakt. Berlin: DIW Berlin. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.612926.de/diwkompakt_2019-132.pdf.
- Oei, Pao-Yu, Paola Yanguas-Parra, und Christian Hauenstein. 2020. „COVID-19 - Final Straw or Deathblow for a Global Coal Industry at the Verge of Collapse“. IAEE Energy Forum / Covid-19 Issue 2020. <https://www.iaee.org/en/publications/newsletterdl.aspx?id=879>.
- Planet Labs Inc. 2021. „Planet | Homepage“. Planet. 2021. <https://www.planet.com/>.
- Prognos, Öko-Institut, und Wuppertal-Institut. 2021. „Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann“. Agora Energiewende.
- RWE. 2020. „Neues Revierkonzept“. 2020. <https://www.group.rwe/unser-portfolio-leistungen/rohstoffe-energietraeger/braunkohle/neues-revierkonzept>.
- RWE Power. 2018. „Tagebau Garzweiler“. Essen/Köln. <https://www.group.rwe/-/media/RWE/documents/03-unser-portfolio-und-loesungen/betriebsstandorte/tagebau-garzweiler-standort-flyer.pdf>.
- RWE Power AG. 2020. „Information der RWE Power AG an die Landesregierung über die Anpassung der Planungen für das Rheinische Revier Tagebau Hambach“. <https://www.group.rwe/-/media/RWE/documents/03-unser-portfolio-und-loesungen/rohstoffe-und-energietraeger/neues-revierkonzept/information-der-rwe-power-ag-an-die-landesregierung-nrw-tagebau-hambach.pdf>.
- SRU. 2017. „Kohleausstieg jetzt einleiten“. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen.

- . 2020. „Umweltgutachten 2020 - Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa“. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen. https://www.umwelt-rat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.pdf?__blob=publicationFile&v=18.
- Statistik der Kohlenwirtschaft e. V. 2021. „Braunkohlenförderung“. *STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT* e. V. (blog). 2021. <https://kohlenstatistik.de/downloads/braunkohle/>.
- Wuppertal Institut. 2020. „CO2-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze“. Bericht. Wuppertal.
- Yanguas Parra, Paola, Christian Hauenstein, und Pao-Yu Oei. 2021. „The Death Valley of Coal – Modelling COVID-19 Recovery Scenarios for Steam Coal Markets“. *Applied Energy* 288 (April): 116564. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116564>.