

## ANTEIL KÜNFTIGER EMISSIONEN DEUTSCHER KOHLEKRAFTWERKE AM CO<sub>2</sub>-BUDGET

Von 2022 bis 2038 werden die deutschen Braun- und Steinkohlekraftwerke gemäß einer stundenscharfen Strommarktmodellierung 1.989 Megatonnen CO<sub>2</sub> ausstoßen. Dies gilt für den aktuellen Kohleausstiegsfahrplan und den bisher geplanten Ausbau erneuerbarer Energien gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz. Davon geht mit 1.374 Megatonnen CO<sub>2</sub> der überwiegende Anteil auf die Emissionen aus der Verbrennung von Braunkohle mit einem Heizwert von 3.833 TWh<sub>th</sub> zurück<sup>1</sup>.

Das untersuchte Strommarktszenario geht dabei von einem CO<sub>2</sub>-Preis von 40,31 EUR/t CO<sub>2</sub> im Jahr 2038 aus. In einem zweiten Szenario mit höherem CO<sub>2</sub>-Preis von 105,34 EUR/t CO<sub>2</sub> reduzieren sich die Emissionen der Kohlekraftwerke um 13 % auf 1.725 Megatonnen. Dies geschieht unter der Annahme, dass der Kraftwerkspark gleichzeitig unverändert bliebe. Sollten hingegen der Ausbau erneuerbarer Energien und die Reduzierung der Nutzung fossiler Energiequellen in Europa hinter den energiepolitischen Plänen zurückbleiben (verzögerter Kohleausstieg), erhöhen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäß einer dritten Szenariorechnung auf 3.243 Megatonnen CO<sub>2</sub>.

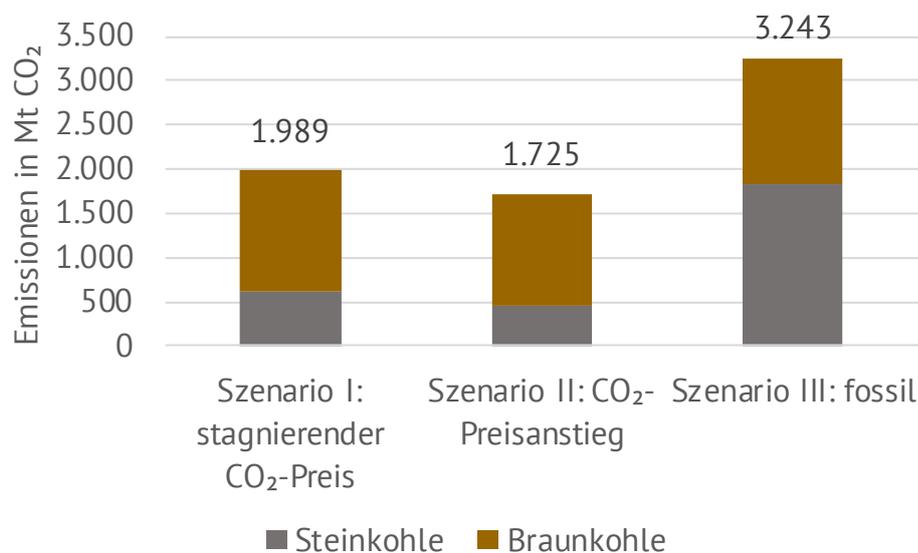


Abbildung 1: CO<sub>2</sub>-Emissionen deutscher Kohlekraftwerke von 2022 bis 2038 gemäß stundenscharfer europäischer Strommarktmodellierung [Quelle: eigene Berechnung]

Der jüngste Bericht des Weltklimarats IPCC benennt ein weltweites CO<sub>2</sub>-Budget von 400 Gigatonnen ab 2020, um mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 % eine globale Erwärmung von 1,5 Grad Celsius zu verhindern<sup>2</sup>. Deutschland hat einen Anteil von 1,1 % an der Weltbevölkerung<sup>3</sup>. Der deutsche Anteil des CO<sub>2</sub>-Budgets beträgt gemessen an der Bevölkerung 4.400 Megatonnen CO<sub>2</sub>. Der künftige Ausstoß deutscher Kohlekraftwerke verbraucht nach bisherigem Kohleausstiegsplan bei stagnierendem CO<sub>2</sub>-Preis etwa 45 % dieses Budgets. In Szenario II mit einem CO<sub>2</sub>-Preisanstieg verringert sich dieser Wert auf 39 %. Verzögert sich die Defossilisierung der europäischen und deutschen Energiewirtschaft, so

<sup>1</sup> Emissionsfaktoren: 0,34 (Steinkohle) und 0,41 t CO<sub>2</sub>/MWh<sub>th</sub>, vgl. Tabelle 2 in UBA 2020

<sup>2</sup> Vgl SPM.2 in IPCC 2021

<sup>3</sup> Vgl. The World Bank 2021: 83,1 Mio. Einwohner Deutschlands bei einer Weltbevölkerung von 7,67 Mrd bezogen auf das Jahr 2019.

verbrauchen in diesem Szenario III Kohlekraftwerke zwischen 2022 und 2038 74 % des Budgets. Je höher der Anteil der Emissionen der Kohlekraftwerke am CO<sub>2</sub>-Budget ist, desto mehr Emissionseinsparungen müssen andere Sektoren wie der Verkehr, die Industrie, der Gebäudesektor und die Landwirtschaft kurzfristig realisieren.

Das CO<sub>2</sub>-Budget bezieht sich dabei auf den Anfangszeitpunkt 2020, Emissionen aus dem Jahr 2020 und 2021 verringern das Budget also zusätzlich. Im Jahr 2020 betrug der deutsche CO<sub>2</sub>-Ausstoß 739 Megatonnen CO<sub>2äq</sub><sup>4</sup>. Die Emissionen des Jahre 2021 sind noch nicht bekannt.

## QUELLEN

BMU, 2021: Treibhausgasemissionen sinken 2020 um 8,7 Prozent. [online]

<https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/> [zuletzt abgerufen am 09.08.2021].

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

UBA (2020): Climate Change 13/2202: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2019. [online]

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-01\\_climate-change\\_13-2020\\_strommix\\_2020\\_fin.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-01_climate-change_13-2020_strommix_2020_fin.pdf) [zuletzt abgerufen am 10.08.2021].

The World Bank, 2021: World Development Indicators, total population 2019. [online]

<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> [zuletzt abgerufen am 10.08.2021].

## ANHANG

Die drei Strommarktszenarien wurden mit dem Fundamentalmodell Power2Sim modelliert. Die Berechnung erfolgt auf stündlicher Basis und berücksichtigt alle Länder Europas.

Grundlage für die Szenarien bilden öffentliche Studien und Datenbanken, wie beispielsweise „EU Energy, Transport and Emission GHG Trends to 2050“ sowie Eurostat und ENTSO-E. Aktuelle politische Entwicklungen und Rahmenbedingungen fließen ebenso in die Modellierung ein.

Die Simulation des länderübergreifenden Energieaustausches berücksichtigt die Transformation des europäischen Energiemarktes und den Einfluss des Im- und Exports von Strom in jedem modellierten Land.

Die Betrachtung des stündlichen Erzeugungsverhaltens fluktuierender, erneuerbarer Energien ermöglicht die realitätsnahe Modellierung der Erzeugung und des Einflusses auf die Strompreise.

---

<sup>4</sup> Vgl. BMU 2021

Zusätzlich wird das Temperaturprofil desselben Jahres für die konsistente Simulation des Wetters verwendet.

Allen Szenarien liegt dafür das Jahr 2009 zugrunde, welches für Zentraleuropa eine dem langjährigen Mittel vergleichbare Auslastung der Windkraftanlagen ergibt.

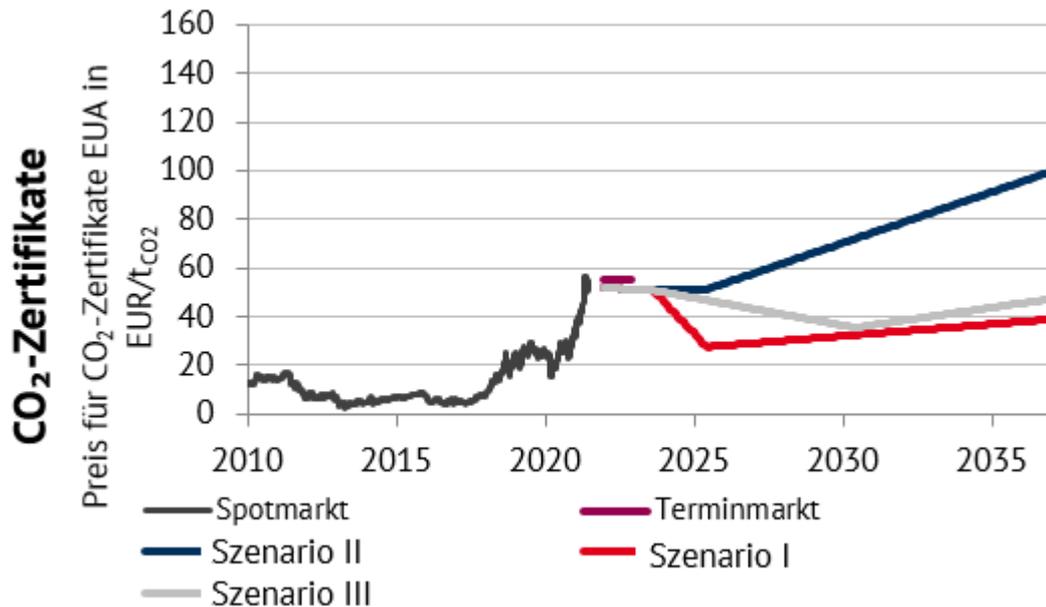


Abbildung 2: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Preise in Europa je Szenario

## BESCHREIBUNG SZENARIEN I UND II

Die Grundlage für die Entwicklung der Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preise in Szenario I ist das „Stated Policies Scenario“ und in Szenario II das „Sustainable Development“ Szenario des „World Energy Outlook 2020“.

In Szenario I ergibt sich aufgrund gleichbleibend ambitionierter Klimapolitik ein nach den jüngsten CO<sub>2</sub>-Preisspitzen zunächst wieder fallender, dann leicht steigender CO<sub>2</sub>-Preis. Der vorübergehende Rückgang der CO<sub>2</sub>-Preise auf das Prä-Corona-Niveau bis zum Jahr 2025 folgt der Annahme, die aktuellen, historisch hohen Rohstoff- und CO<sub>2</sub>-Preise dieses Jahres seien ein vorübergehender Effekt, der auf die situativ starke Nachfrage nach fossilen Energieträgern zurückzuführen ist. Der im Anschluss nach 2025 nur leicht steigende CO<sub>2</sub>-Preis führt zu einem verhältnismäßig hohen Verbrauch fossiler Brennstoffe. Damit steigen deren Preise leicht an. In Szenario II bringt eine strengere Klimaschutzpolitik höhere CO<sub>2</sub>-Preise mit sich. Infolgedessen ergeben sich leicht fallende Preise für Kohle und stagnierende Preise für Erdgas.

Die langfristige Entwicklung der Stromnachfrage bis 2050 beruht auf den Annahmen der „EU Energy [...] Trends to 2050“ der Europäischen Kommission. Der zusätzliche und zeitlich flexible Verbrauch durch die Sektorenkopplung folgt den Zielen des nationalen Klimaschutzprogramms. Bis 2030 stützt sich diese Nachfrage auf die konkreten sektorenspezifischen Ziele. Bis 2038 ergibt sich diese aus dem sektorenübergreifenden Defossilisierungspfad für 2050. Die beiden Szenarien berücksichtigen den Kohleausstieg bis 2038 bei lastspitzengerechter Substitution der steuerbaren Erzeugungsleistung durch Gaskraftwerke.

Der Ausbau erneuerbarer Energien folgt den nationalen Plänen und Klimaschutzziele gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz 2021. Die beschlossenen Kohleausstiege in aktuell 10 EU-Staaten sind im vorliegenden Szenario berücksichtigt. Ersetzt werden diese Kraftwerke durch einen verstärkten Ausbau von Gaskraftwerken sowie erneuerbaren Energien.

Bedingt durch das derzeit hohe Niveau der Rohstoffpreise an den Terminmärkten fallen die Strompreise zunächst bis 2030. Anschließend steigen die Strompreise an. Grund hierfür sind insbesondere die steigenden CO<sub>2</sub>-Preise.

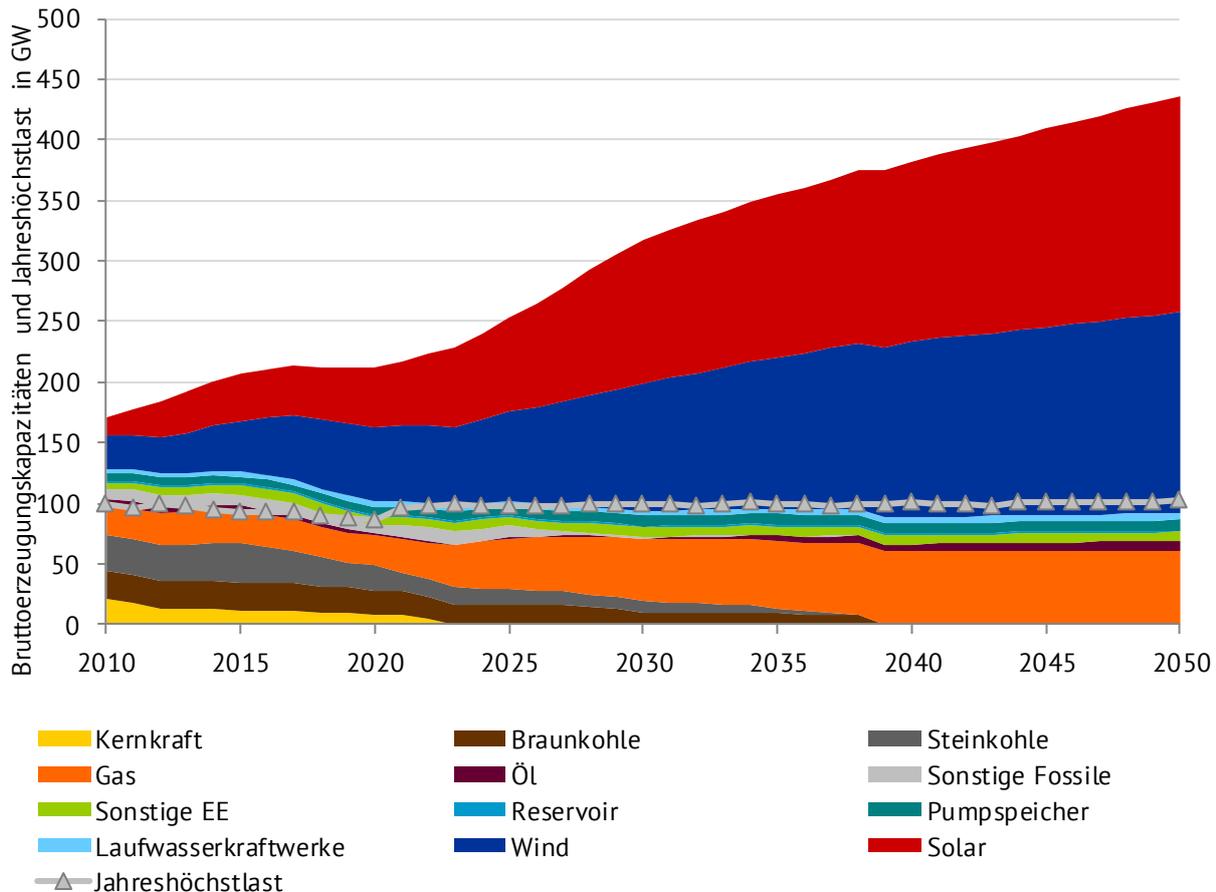


Abbildung 3: Entwicklung der Erzeugungsleistung in Deutschland in Szenario I und II

### BESCHREIBUNG SZENARIO III

Szenario III geht von hohen Rohstoffpreisen sowie CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreisen aus, die auf den „EU Energy Trends to 2050“ basieren. Das hohe Niveau der Ölpreise führt zu hohen Preisen für fossile Brennstoffe. Aufgrund der Klimaziele im Jahr 2050 steigen auch die CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise. Dies führt insgesamt zu einem hohen Strompreisniveau. In diesem Szenario müsste durch Carbon Capture Storage langfristig sehr viel CO<sub>2</sub> gebunden werden, um europäische Klimaziele erreichen zu können. Dieses Szenario folgt auch in den Annahmen zur zukünftigen Entwicklung des Kraftwerksparks den „EU Energy Trends to 2050“. Diese gehen von einem eher mäßigen Ausbau an erneuerbaren Energien aus und von einem hohen Anteil fossiler Erzeugung: Mit einem Nettozubau von 5,2 Gigawatt Windenergieanlagen bis 2030 und von 10,5 Gigawatt Photovoltaikanlagen bleibt das Szenario in

Deutschland hinter den Zubauplänen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zurück und repräsentiert damit ein mögliches Ergebnis gescheiterter Energiepolitik. Die Zubauzahlen für Windenergieanlagen an Land der Jahre 2019 und 2020 zeigen, dass solch ein Szenario zu Stande kommen kann. Durch die Kombination aus hohen Brennstoff-, CO<sub>2</sub>-Preisen und einem hohen Anteil fossiler Erzeugung steigen die Strompreise zukünftig stark an.

Obwohl in Szenario III die Kohlekraftwerke erst nach technischer Lebensdauer vom Netz gehen und somit 2038 nicht wie geplant abgeschaltet werden, beziehen sich die berechneten Emissionsmengen Zwecks Vergleichbarkeit der Zahlen auf den Zeitraum 2022 bis 2038.

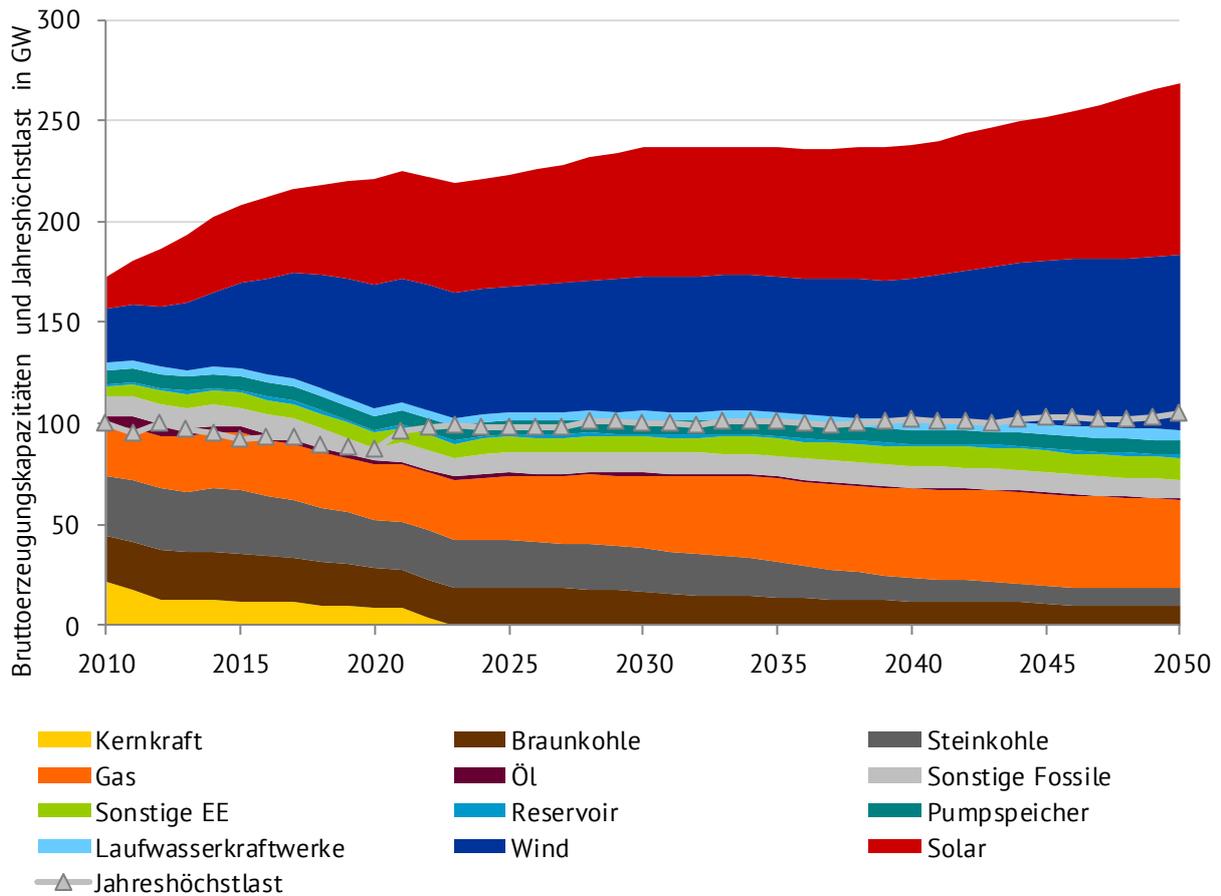


Abbildung 4: Entwicklung der deutschen Erzeugungsleistung in Szenario III

## KURZPORTRAIT ENERGY BRAINPOOL

Die Energy Brainpool GmbH & Co. KG bietet unabhängige Energiemarkt-Expertise mit Fokus auf Marktdesign, Preisentwicklung und Handel in Deutschland und Europa. 2003 gründete Tobias Federico das Unternehmen mit einer der ersten Spotpreisprognosen am Markt. Heute umfasst das Angebot Fundamentalmodellierungen der Strompreise mit der Software Power2Sim ebenso wie vielfältige Analysen, Prognosen und wissenschaftliche Studien. Energy Brainpool berät in strategischen und operativen Fragestellungen und bietet seit 2008 Experten-Schulungen und Trainings an. Das Unternehmen verbindet Wissen und Kompetenz rund um Geschäftsmodelle, Digitalisierung, Handels-, Beschaffungs- und Risikomanagement mit langjähriger Praxiserfahrung im Bereich der steuerbaren und fluktuierenden Energien.

### IMPRESSUM

Autor:

Fabian Huneke

Herausgeber:

Energy Brainpool GmbH & Co. KG

Brandenburgische Straße 86/87

10713 Berlin

[www.energybrainpool.com](http://www.energybrainpool.com)

[kontakt@energybrainpool.com](mailto:kontakt@energybrainpool.com) [mailto:](mailto:kontakt@energybrainpool.com)

Tel.: +49 (30) 76 76 54 - 10

Fax: +49 (30) 76 76 54 - 20

August 2021

© Energy Brainpool GmbH & Co. KG, Berlin

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt vor allem für Vervielfältigungen in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren), Übersetzung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte findet eine Haftung ohne Rücksicht auf die Rechtsnatur des Anspruchs nicht statt. Sämtliche Entscheidungen, die auf Grund der bereitgestellten Informationen durch den Leser getroffen werden, fallen in seinen Verantwortungsbereich.