

WIE HOCH MUSS EIN WIRKUNGSVOLLER CO₂-PREIS SEIN?



Berlin, September 2017

White Paper

Autoren F. Huneke, A. Streitmayer

EINLEITUNG

Im Zuge der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 haben die Teilnehmer beschlossen, die globale Erwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Niveau deutlich unter zwei Kelvin zu halten, wobei ein Wert von 1,5 Kelvin angestrebt wird. Die Voraussetzung für das Erreichen dieses Vorsatzes ist es, die Treibhausgasemissionen weltweit zu senken. Deshalb hat die deutsche Bundesregierung in ihrem Klimaschutzplan 2050 nationale Ziele formuliert, um das Übereinkommen von Paris umsetzen zu können. Bis 2020 will die Regierung die Treibhausgasemissionen um 40 Prozent gegenüber dem Referenzjahr 1990 senken. Darüber hinaus will Deutschland bis 2050 eine Senkung von 80 bis 95 Prozent erreichen, wobei 55 Prozent für 2030 und 70 Prozent bis 2040 als Zwischenziele festgelegt sind¹.

Diese Ziele sollen einerseits erreicht werden, indem fossile durch klimaneutrale Energieträger ersetzt werden und andererseits, indem die Energieeffizienz stetig gesteigert wird. Zuletzt sind die Emissionen im Energiesektor jedoch angestiegen². Ein marktlicher Mechanismus, der der Emission von klimaaktiven Gasen einen Preis gibt, soll die wirtschaftliche Attraktivität emissionsarmer Technologien langfristig steigern. Das Preisniveau für die Emission klimaaktiver Gase ist dabei von entscheidender Bedeutung für die Investitionsbereitschaft in emissionsmindernde Technologien: Der europäische Handel mit im Vorhinein mengenmäßig beschränkten Emissionsrechten hat zwar zum gewünschten europäischen Emissionsrückgang geführt. Der Investitionsanreiz in emissionsenkende Technologien ist aufgrund des niedrigen Marktpreises minimal und deutsche Reduktionsziele werden verfehlt. Im Folgenden wird deshalb allein für den Strommarkt untersucht, in welcher Höhe ein solcher CO₂-Preis liegen müsste, um den Einsatz von Kraftwerken effizient und kurzfristig planen zu können und damit die Emissionen der Stromproduktion zu verändern.

KURZFRISTIGE GRENZKOSTEN UND KRAFTWERKSEINSATZ

Bei der Merit-Order handelt es sich um die sortierte Grenzkostenkurve der Stromerzeuger. Durch sie wird jede Stunde derjenige Kraftwerkspark bestimmt, der die nachgefragte Strommenge am kostengünstigsten produziert. Die Grenzkosten erhöhen sich gemäß Formel 1 mit Brennstoffpreisen, CO₂-Preisen, Emissionsfaktoren und mit abnehmenden Wirkungsgraden. Brennstoffe

¹ BMUB, Klimaschutzplan 2050

² Fünfter Monitoring-Bericht "Energie der Zukunft", Berichtsjahr 2015

mit hohem Emissionsfaktor haben höhere CO₂-bedingte Grenzkosten, die bei steigenden CO₂-Preisen schneller ansteigen.

Formel 1: Berechnung der Grenzkosten

$$\text{Grenzkosten} = \frac{\text{Brennstoffpreis}}{\text{Wirkungsgrad}} + \frac{\text{CO}_2\text{-Preis} * \text{spez. Emissionsfaktor}}{\text{Wirkungsgrad}}$$

Mit dieser Formel können zum Beispiel auch die Auswirkungen unterschiedlicher Emissionsfaktoren von Braunkohle auf die Grenzkosten der Stromproduktion bestimmt werden. Bei einem gegebenen CO₂-Preis von 20 EUR/t_{CO2} entstehen je nach Emissionsfaktor von Braunkohle verschiedene Grenzkosten. Für Braunkohle aus Mitteldeutschland ergibt sich ein Emissionsfaktor von 0,37 kg CO₂/kWh, was bei einem angenommenen Braunkohlepreis von 2,50 EUR/MWh Grenzkosten von 28,61 EUR/MWh zur Folge hat³. Stammt die Braunkohle hingegen aus dem Rheinland, dann beträgt der Emissionsfaktor der Braunkohle 0,41 kg CO₂/kWh und die Grenzkosten steigen um 8,1 Prozent auf 30,93 EUR/MWh³.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Annahmen zusammengefasst, die zur Analyse von CO₂-Preisen im deutschen Kraftwerkspark herangezogen wurden. Aufseiten der Kraftwerke wird der Wirkungsgrad unterschieden nach niedrigem (20 Prozent-Quantil des Kraftwerksverzeichnis von Energy Brainpool), durchschnittlichem (Median) und hohem Wirkungsgrad (80 Prozent-Quantil). Die Brennstoffpreise und Emissionsfaktoren werden für die jeweiligen Energieträger als konstant angenommen, da ausschließlich die Auswirkung des CO₂-Preises untersucht werden soll. Da die Entwicklung der Differenz aus Kohle- und Gaspreisen einen sehr hohen Einfluss auf die Grenzkosten und die Merit-Order hat, gelten die Auswertungen in dieser Analyse bezüglich des CO₂-Preises nur für die angenommenen Brennstoffpreisniveaus, deren signifikante Veränderung eine erneute Analyse erfordern würde.

³ UBA, „Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohlen“, Wirkungsgrad entsprechend Median,

Tabelle 1: Annahmen für die Berechnung der Grenzkosten

GuD	el. Wirkungsgrad [Prozent]	Brennstoffpreis [EUR/MWh _{th}] ⁴	f _{CO2} [t CO ₂ /MWh _{th}]
niedriger Wirkungsgrad	46		
Median	51	16,41	0,2
hoher Wirkungsgrad	54		
Steinkohle			
niedriger Wirkungsgrad	29,5		
Median	33,5	8,67	0,34
hoher Wirkungsgrad	38,9		
Braunkohle			
niedriger Wirkungsgrad	30,8		
Median	34,6	2,5	0,4
hoher Wirkungsgrad	39,5		

IN WELCHER HÖHE WIRD EIN CO₂-PREIS WIRKSAM?

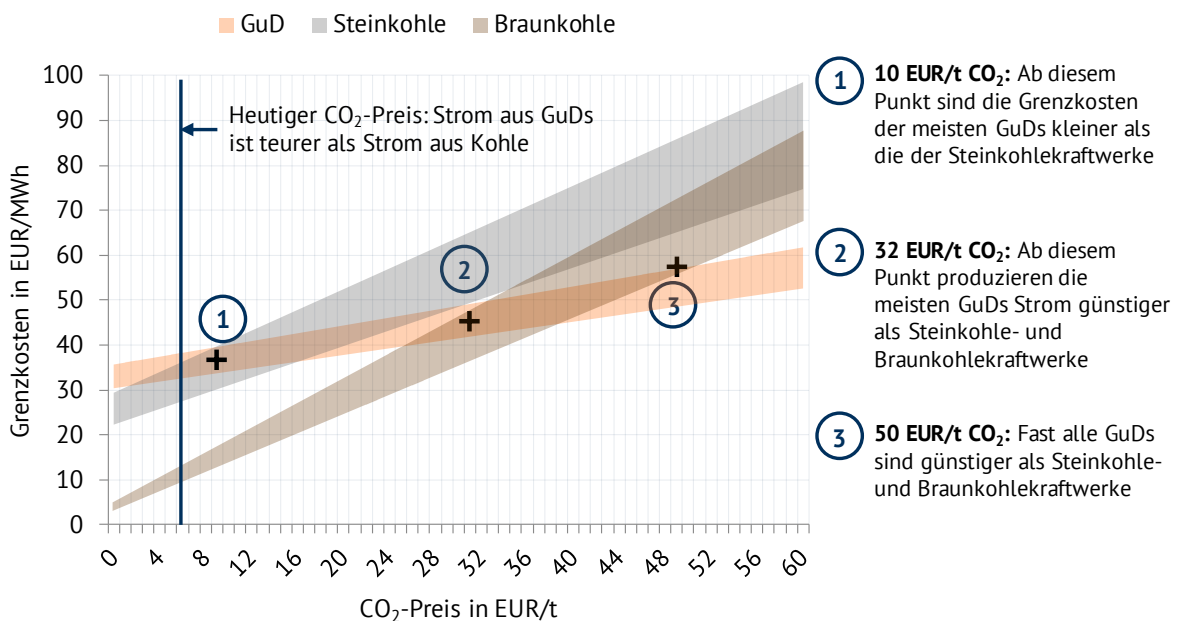


Abbildung 1: Verlauf der Grenzkosten bei unterschiedlichen CO₂-Preisen von Gas- und Dampfkraftwerken (GuDs) im Vergleich zur kohlebefeueten Stromerzeugung

In Abbildung 1 ist der Verlauf der Grenzkosten für Gas-, Steinkohle- und Braunkohlekraftwerke bei unterschiedlichen CO₂-Preisen visualisiert. Die Bänder drücken dabei die Bandbreite des deutschen Kraftwerksportfolios gemäß der individuellen Wirkungsgrade aus. Der heutige Preis ist als senkrechte Linie markiert. Von unten nach oben lässt sich die Merit-Order der Kraftwerkstechnologien ablesen: Braunkohlekraftwerke laufen fast immer, da sie beim aktuellen CO₂-

⁴ EEX

Preisniveau die günstigsten Grenzkosten zur Stromproduktion haben. Steinkohlekraftwerke laufen am zweithäufigsten. Nur bei hoher Stromnachfrage und hohen Strompreisen können GuDs Strom ausreichend günstig produzieren – dies entspricht genau der entgegengesetzten Reihenfolge der Emissionsintensität. Das Diagramm lässt sich im Folgenden in drei Bereiche einteilen:

- 1) Bei CO₂-Preisen von 0 bis 10 EUR/t_{CO2} zeigt die Bepreisung von CO₂ nur sehr geringe Auswirkungen auf die Merit Order. Das aktuelle Niveau des europäischen CO₂-Preises von ca. 6,80 EUR/t_{CO2} ist damit weit entfernt davon, einen Einfluss auf die Reihenfolge des Kraftwerkseinsatzes zu haben⁵.
- 2) Der erste Fuel-Switch tritt schon bei einem CO₂-Preis von etwa 10 EUR/t_{CO2} auf, was bedeutet, dass ab diesem Punkt die durchschnittlichen Grenzkosten der meisten GuD-Kraftwerke unter den durchschnittlichen Grenzkosten der meisten Steinkohlekraftwerke liegen. Wo dieser Punkt genau liegt, hängt stark von den Marktpreisen für Steinkohle und Gas ab. Durch die Verdrängung der Steinkohlekraftwerke reduziert sich die CO₂-Belastung für jede verdrängte Megawattstunde Strom im Mittel um 41 Prozent, was 140 kg CO₂/MWh entspricht. Im Bereich von 10 bis 32 EUR/t_{CO2} bleibt diese Reihenfolge der Grenzkosten bestehen, gilt aber für immer mehr Kraftwerke: Bei 10 EUR/t_{CO2} werden vor allem ineffiziente Kohlekraftwerke durch effiziente GuD-Kraftwerke verdrängt, bei 32 EUR/t_{CO2} verdrängen ältere GuD-Kraftwerke dann auch effizientere Kohlekraftwerke.
- 3) Sobald ein CO₂-Preis von 32 EUR/ t_{CO2} überschritten wird, fallen die durchschnittlichen Grenzkosten der GuD-Kraftwerke auch unter jene der Braunkohlekraftwerke. Dies bedeutet, dass die GuD-Kraftwerke die Braunkohlekraftwerke verdrängen und die CO₂-Belastung bei jeder verdrängten Megawattstunde Strom um 50 Prozent sinkt, was 200 kg CO₂/MWh entspricht. Damit Braunkohlekraftwerke auch von Steinkohlekraftwerken verdrängt werden, ist rechnerisch ein CO₂-Preis von 160 EUR/ t_{CO2} notwendig. Dies würde zu einer Verringerung der CO₂-Belastung um 15 Prozent pro verdrängter Megawattstunde Strom führen, was 60 kg CO₂/MWh entspricht.

FAZIT

CO₂-Preise sind nur dann kurzfristig wirksam, wenn das Niveau einen Fuel-Switch herbeiführt. Das aktuelle CO₂-Preisniveau von 6,80 EUR/t_{CO2} leistet dies nicht und kann weder signifikante kurzfristige Emissionsminderungen in der Elektrizitätswirtschaft herbeiführen noch Investitio-

⁵ EEX Primärauktion 11.09.2017

nen in die Richtung emissionsmindernder Technologien lenken. Bei aktuellen Brennstoffpreisen muss der CO₂-Preis über 10 EUR/t_{CO2} liegen, damit überhaupt kurzfristige Emissionseinsparungen im Stromsektor auftreten. Hier findet ein Fuel-Switch von vermehrter Kohle- hin zu vermehrter Gasverstromung statt. Einen signifikanten, kurzfristigen Effekt im Stromsektor haben aus heutiger Sicht CO₂-Preise ab 32 EUR/t_{CO2}, weil dadurch zusätzlich die Braunkohlekraftwerke von den GuD-Kraftwerken verdrängt werden und die resultierende Verringerung der CO₂-Emissionen am Größten ist.

KURZPORTRAIT ENERGY BRAINPOOL

Die Energy Brainpool GmbH & Co. KG bietet unabhängige Energiemarkt-Expertise mit Fokus auf Marktdesign, Preisentwicklung und Handel in Deutschland und Europa. Im Jahr 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

Autoren:

Fabian Huneke

Andreas Streitmayer

Herausgeber:

Energy Brainpool GmbH & Co. KG

Brandenburgische Straße 86/87

10713 Berlin

www.energybrainpool.com

kontakt@energybrainpool.com

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

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

September 2017

© 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.