

CLIMATE CHANGE

18/2022

Abschlussbericht

Strukturelle Weiterentwicklung des EU-ETS nach 2020

von:

Verena Graichen, Johanna Cludius, Jakob Graichen, Markus Haller, Hauke Hermann, Friedhelm Keimeyer, Charlotte Loreck
Öko-Institut e.V., Berlin und Freiburg

Sascha Lehmann, Vicki Duscha, Jakob Wachsmuth
Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Aleksandar Zaklan
DIW, Berlin

Herausgeber:

Umweltbundesamt

CLIMATE CHANGE 18/2022

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 42 503 0

FB000710

Abschlussbericht

Strukturelle Weiterentwicklung des EU-ETS nach 2020

von

Verena Graichen, Johanna Cludius, Jakob Graichen,
Markus Haller, Hauke Hermann, Friedhelm Keimeyer,
Charlotte Loreck
Öko-Institut e.V., Berlin und Freiburg

Sascha Lehmann, Vicki Duscha, Jakob Wachsmuth
Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Aleksandar Zaklan
DIW, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

■ [/umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

■ [/umweltbundesamt](http://www.umweltbundesamt.de)

Durchführung der Studie:

Öko-Institut
Borkumstraße 2
13189 Berlin

Abschlussdatum:

November 2021

Redaktion:

Fachgebiet V 3.3 Ökonomische Grundsatzfragen des Emissionshandels, Monitoring,
Auswertungen
Jan Weiß, Claudia Gibis

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Mai 2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Strukturelle Weiterentwicklung des EU-ETS nach 2020

Der Emissionshandel wird als wirksames und kosteneffizientes Politikinstrument zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen geschätzt. Er ist – in Europa im Rahmen des EU-ETS umgesetzt – ein wichtiger Baustein der europäischen Klimapolitik. Darüber hinaus enthält der europäische Politik-Mix weitere Klima- und Energiepolitiken, die mit dem Emissionshandel interagieren. Dies umfasst sowohl EU-Instrumente als auch solche aus nationaler Ebene. Die strukturelle Weiterentwicklung des EU-ETS erfordert eine Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen diesen Instrumenten und dem EU-ETS, wenn seine Anreizwirkung gestärkt und langfristige Effizienz gesichert werden sollen. Ziel dieses Forschungsvorhabens war die wissenschaftliche Begleitung von DEHSt/UBA als vollziehender Behörde und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit als federführendes Ressort bei der Vorbereitung und Begleitung der Prozesse zur strukturellen Weiterentwicklung des EU-ETS. Innerhalb des Forschungsvorhabens wurden Methoden zur Quantifizierung der Wechselwirkungen entwickelt und in zwei Fallstudien (britischer Carbon Price Floor und deutsches Kohleverstromungsbeendigungsgesetz) untersucht. Außerdem wurde die Marktstabilitätsreserve (MSR), welche von der EU zur Steuerung des Angebots und zum Abbau historisch angesammelter Marktüberschüsse eingeführt wurde, eingehend untersucht und Reformvorschläge unterbreitet. Letztlich wurde analysiert, welchen Beitrag der EU-ETS zum langfristigen Dekarbonisierungspfad der EU leisten kann. Neben einer Reihe von Publikationen, wurden die Forschungsergebnisse in zwei Workshops mit internationalem Publikum und einem Fachgespräch vorgestellt.

Abstract: Structural reform of the EU ETS after 2020

Emissions trading is valued as an effective and cost-efficient policy instrument for avoiding greenhouse gas emissions. For the EU, its emissions trading system, the EU ETS, represents an important building block of the climate policy mix. This policy mix includes a whole range of other climate and energy policies that interact with emissions trading both at the EU and the national level. A structural reform of the EU ETS needs to take into account interactions between these policy instruments and the EU ETS, in order to strengthen its effectiveness and long-term efficiency. The aim of this research project was to provide scientific support to DEHSt/UBA as the implementing authority and to the Federal Ministry for the Environment throughout the reform process. Within the research project, methods for quantifying the impact of interacting policies and measures were developed and examined in two case studies: One on the British carbon price floor and one on the German coal-fired power generation phase-out law. Furthermore, the Market Stability Reserve (MSR), which was introduced by the EU to manage supply and reduce the market surplus that has accumulated in the past, was examined in detail and reform proposals were made. Finally, the contribution of the EU ETS to long-term decarbonization in the EU was analyzed. Research results were presented in several publications, as well as two workshops with an international audience and a technical roundtable discussion.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
1 Einleitung.....	9
2 Interaktion von nationalen THG-Minderungsmaßnahmen mit dem EU-Emissionshandel.....	11
2.1 Fallstudie: Auswirkungen des CO ₂ -Mindestpreises (CPF) in Großbritannien auf die Emissionen im EU-ETS.....	11
2.2 Fallstudie: Ausgleich der Auswirkungen der Beendigung der Kohleverstromung in Deutschland auf den EU-Emissionshandel.....	13
3 Strukturelles Management des Angebots im EU-Emissionshandel: Überprüfung der Marktstabilitätsreserve	15
4 Beitrag des Emissionshandels zum langfristigen Dekarbonisierungspfad der EU	17
5 Veranstaltungen	19
5.1 Webinar 1: Stepping up EU climate ambition for the EU emissions trading scheme.....	19
5.2 Webinar 2: Strukturelles Management des Angebots im EU-Emissionshandel: Überprüfung der Marktstabilitätsreserve.....	20
5.3 Fachgespräch: Fallstudie Ausgleich der Auswirkungen des Kohleverstromungsbeendigungsgesetzes auf den EU-ETS.....	20
6 Quellenverzeichnis	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Möglicher zeitlicher Ablauf für die Mitteilung der Löschungsmengen	14
--------------	---	----

Abkürzungsverzeichnis

BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CPF	Carbon Price Floor
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
EEA	European Economic Area
EU-ETS	EU-Emissionshandel
GW	Gigawatt
HP	handelsperiode
ICIS	Independent Commodity Intelligence Service
IETA	International Emissions Trading Association
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KVBG	Kohleverstromungsbeendigungsgesetz
LRF	Linearer Reduktionsfaktor
MEP	Mitglied des europäischen Parlaments (Member of the European Parliament)
MSR	Marktstabilitätsreserve
t	Tonnen (Gewichtseinheit)
TEHG	Treibhausgasemissionshandelsgesetz
THG	Treibhausgase
TNAC	Gesamtzahl der im Umlauf befindlichen Zertifikate (Total Number of Allowances in Circulation)
UBA	Umweltbundesamt
UK	United Kingdom

1 Einleitung

Der EU-Emissionshandel (EU-ETS) ist ein zentrales Instrument der Klimapolitik der EU. Er dient dabei drei Funktionen gleichzeitig: zum einen durch den CO₂-Preis Emissionsreduktionen in den erfassten Sektoren anzureizen, zum anderen die Erfüllung der Emissionsreduktionsziele durch die festgelegte Obergrenze (Cap) zu garantieren. Drittens schaffen die Veräußerungserlöse finanzielle Spielräume, um die ökologische Transformation zu unterstützen und sozial abzufedern.

Der EU-ETS wurde seit seiner Einführung im Jahr 2005 kontinuierlich weiterentwickelt. Dabei hat sich nicht nur der Anwendungsbereich verändert, indem Länder hinzugekommen bzw. den EU-ETS verlassen haben und zusätzliche Aktivitäten sowie Treibhausgase erfasst wurden. Das Cap wurde bei den Übergängen zu einer neuen Handelsperiode angepasst, um neue Klimaziele und die Interaktion mit anderen Politiken zur Treibhausgasemissionsreduktion zu reflektieren. Gleichzeitig hat sich in den vergangenen Jahren herausgestellt, dass auch innerhalb der Handelsperioden Instrumente nötig sind, um Angebot und Nachfrage an Emissionsberechtigungen auszugleichen: deswegen wurden 2015 mit der Marktstabilitätsreserve (MSR) und 2018 mit der Möglichkeit zur Löschung von Emissionsberechtigungen durch Mitgliedsstaaten bei Kraftwerksstilllegungen Elemente eingeführt, die kurzfristiger eine stabilisierende Wirkung auf den Kohlenstoffmarkt zeigen und den EU ETS robuster gegen externe Nachfrageschocks und Strukturbrüche machen sollen.

Die EU-Klimaziele für 2030 sind als Teil des Europäischen „Green Deals“ im Dezember 2020 angehoben worden. Dies bedingt selbstverständlich, dass der Emissionshandel als zentrales Klimaschutzinstrument entsprechend weiterentwickelt werden muss. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden drei Themenkomplexe einer solchen Weiterentwicklung untersucht. Die Vorschläge wurden deutlich vor der Publikation des Fit-for-55-Pakets vom 14.07.2021 entwickelt und verstehen sich als Diskussionsbeitrag zu der jetzt und in den kommenden Jahren relevanten Fragen der strukturellen Weiterentwicklung des EU-Emissionshandel für die 2020er Jahre.

Die Interaktion von nationalen Treibhausgasminderungsmaßnahmen mit dem EU-ETS, die Quantifizierung der Minderungswirkung solcher Maßnahmen und wie diese durch nationale Löschungen berücksichtigt werden könnte, wird anhand von zwei Fallstudien untersucht (Kapitel 2 und Anhänge A und B).

Die MSR soll durch das strukturelle Management des Angebots von Emissionsberechtigungen den Markt stabilisieren. Vor dem Hintergrund der aktuellen Covid-19 Pandemie zeigt sich allerdings, dass sie mit ihren aktuellen Ausgestaltungsparametern nicht robust genug gegenüber unvorhergesehenen Krisen ist. Reformvorschläge für die MSR werden in Kapitel 3 und der separat veröffentlichten Studie erläutert.¹ In Vorbereitung des deutschen Klimaschutzprogramms 2030 untersuchte eine interne Vorstudie zudem, wie die Auswirkung einer Einbeziehung des Straßenverkehrs auf Angebot und Nachfrage im Emissionshandel abgeschätzt werden kann. Der Ansatz wurde wegen der Einführung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes aber nicht weiterentwickelt.

Der Beitrag des EU-Emissionshandels zum langfristigen Dekarbonisierungspfad der EU unter Beachtung des verbleibenden Treibhausgasbudgets wird in Kapitel 4 untersucht, die Ergebnisse wurden ebenfalls bereits mit einer eigenen Publikation veröffentlicht.²

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/structural-supply-side-management-in-eu-ets>

² <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/eu-ets-up-to-2030-adjusting-the-cap-in-light-of-the>

Die Projektergebnisse wurden auf zwei Webinaren und einem Fachgespräch im Jahr 2020 präsentiert und mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Verbänden, Verwaltung und Politik diskutiert (siehe Kapitel 5).

2 Interaktion von nationalen THG-Minderungsmaßnahmen mit dem EU-Emissionshandel

Der EU-Emissionshandel (EU-ETS) setzt unter dem aktuellen Rechtsrahmen eine Obergrenze für Emissionen aus stationären Anlagen und dem intra-EEA-Flugverkehr. Er ist ein Eckpfeiler zur Erreichung der Klimaziele, aber steht als Politikmaßnahme nicht allein. Von Anfang an hat die EU ihre Klimapolitik auf einem Dreiklang von Zielen aufgebaut: Treibhausgasreduktion, Ausbau Erneuerbarer Energien und Steigerung der Energieeffizienz. Diese und weitere Politiken führten in der dritten Handelsperiode und führen auch künftig zu Emissionsminderungen in den vom EU-ETS erfassten Sektoren. Bei der Setzung der Obergrenze (Cap) des Emissionshandels wurden deswegen die Wirkungen komplementärer Politiken auf europäischer Ebene grundsätzlich mitberücksichtigt.

Jenseits der europäischen Politiken haben jedoch nach der Festlegung des Caps einzelne Mitgliedstaaten weitere Maßnahmen ergriffen, insbesondere um die Dekarbonisierung der Stromerzeugung voranzutreiben. Dazu gehören u.a. der CO₂-Mindestpreis (Carbon Price Floor – CPF) in Großbritannien und das Kohleverstromungsbeendigungsgesetz (KVBG) in Deutschland. Beide Maßnahmen tragen zur Reduktion der fossilen Stromerzeugung und damit den Emissionen im EU-ETS bei. Dadurch könnten die Emissionen stärker sinken als bei der Festlegung des Cap angenommen und damit Ungleichgewichte am Kohlenstoffmarkt ergeben, die die Anreizwirkung des EU-ETS schwächen. Deswegen ist eine Abschätzung der Emissionsreduktionen durch die zusätzlichen nationalen Maßnahmen von hohem Interesse. Am Beispiel von Großbritannien wurden zwei verschiedene Ansätze zur ex-post Modellierung der Treibhausgasemissionsreduktion getestet. Zum anderen sieht die EU-ETS-Richtlinie die Möglichkeit vor, bei der Stilllegung von fossilen Kraftwerkskapazitäten EU-ETS-Emissionsberechtigungen aus den nationalen Versteigerungsmengen zu löschen. Bislang hat noch kein Mitgliedstaat von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht. Wie dies im Einklang mit dem KVBG und dem deutschen Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) umgesetzt werden kann, wird anhand einer deutschen Fallstudie dargestellt.

2.1 Fallstudie: Auswirkungen des CO₂-Mindestpreises (CPF) in Großbritannien auf die Emissionen im EU-ETS

Im Jahr 2013 wurde in Großbritannien der so genannte „Carbon Price Floor“ (CPF) eingeführt, der einen nationalen Aufschlag auf die Preise für EU-ETS-Zertifikate regelt. Innerhalb von vier Jahren wurde dieser Preisaufschlag von ca. 5€/t CO₂ auf ca. 20€/t CO₂ angehoben. Im gleichen Zeitraum sanken die CO₂-Emissionen im Stromsektor in Großbritannien um mehr als 50% und zahlreiche Kohlekraftwerke wurden stillgelegt oder auf die Verfeuerung von Biomasse umgestellt.

Im Rahmen der Fallstudie „Estimating the impact of the UK carbon price floor on ETS emissions“ wird untersucht, welche Auswirkungen die Einführung des CPF als nationale THG-Minderungsmaßnahme auf Emissionen innerhalb des EU-ETS hatte. Hierbei wurden zwei verschiedene methodische Ansätze verwendet: Zum einen ein Excel-basiertes Simulationstool, das den Kraftwerkseinsatz innerhalb von Großbritannien abbildet, zum anderen ein europäisches Strommarktmodell. Betrachtet wurde der Zeitraum von 2013 bis 2017.

Die Analyse zeigt, dass der CPF im Jahr 2014, also ein Jahr nach seiner Einführung, unter den gesetzten Annahmen und Modellfraktionen zu einer jährlichen europaweiten Emissionsminderung von ca. 0 - 10 Mio. t CO₂ führte. Dieser Effekt stieg bis zum Jahr 2017 auf 40 - 65 Mio. t CO₂ / a. Eine Anpassung des Cap im EU-ETS in dieser Größenordnung wäre

erforderlich, um den Effekt des CPF zu kompensieren und einen strukturellen Überschuss von Zertifikaten zu verhindern. Dies könnte durch das Senken des Caps, einen ambitionierteren linearen Reduktionsfaktor (LRF) oder das Löschen entsprechender Emissionsberechtigungen umgesetzt werden. Der kumulierte Effekt im Zeitraum zwischen 2013 und 2017, also der in diesem Zeitraum geschätzte, potenziell auf den CFP zurückzuführende Überschuss an Emissionsberechtigungen im EU-ETS, beläuft sich auf ca. 100 - 130 Mio. t CO₂, je nachdem welcher Ansatz gewählt wurde, welche Annahmen zur Stilllegung von Kraftwerken getroffen wurden und ob Im- bzw. Exporte von Strom berücksichtigt wurden.

Die Spannbreite der Ergebnisse wird zum einen durch die Wahl der Methodik bestimmt: Mit dem Excel-basierten Simulationstool werden die Minderungseffekte systematisch überschätzt, da grenzüberschreitende Effekte nicht berücksichtigt werden können.³ Im konkreten Fall kam erschwerend hinzu, dass Großbritannien und Nordirland als gemeinsame Modellregion betrachtet wurden, die Stromerzeugung in Nordirland jedoch enger mit der in Irland verzahnt ist, als dies für den Rest von Großbritannien der Fall ist. Das im zweiten Ansatz genutzte europäische Strommarktmodell berücksichtigt diese Effekte; allerdings ist der Einsatz eines solchen Modells mit erheblichem Datenbedarf und Zeitaufwand verbunden. Zum anderen wird das Ausmaß der Emissionsminderung durch die Annahme beeinflusst, ob der CPF nur die Auslastung von Kraftwerken beeinflusst hat, oder ob der CPF auch für die Stilllegung von Kohlekraftwerken im betrachteten Zeitraum verantwortlich ist.

Eine Empfehlung, welche der beiden verwendeten Ansätze zur Quantifizierung der Interaktionen von nationalen Maßnahmen und EU-Emissionshandel am besten geeignet ist, kann auf Grundlage der vorliegenden Fallstudie nicht getroffen werden. Beide Ansätze setzen ein gewisses Maß an Annahmen und Vereinfachungen voraus und zeigen im betrachteten Zeitraum Abweichungen zwischen Modellergebnissen und statistisch erhobenen Daten zu Strommix und CO₂-Emissionen.⁴ Dennoch können beide Ansätze verwendet werden, um die Größenordnung der Interaktionen abzuschätzen und somit zur Ausgestaltung von Kompensationsmaßnahmen beizutragen. Von der Verwendung noch stärker vereinfachender Modellierungsmethoden (auch diese waren Gegenstand der Untersuchung) ist in jedem Fall abzuraten, da sie zu stark verzerrten Ergebnissen führen.

In der EU-Richtlinie wird statt einer (ex-post)-Modellierung der Minderung ein stark vereinfachter Ansatz für die Kompensation von Kraftwerksstilllegungen gewählt: bei der Stilllegung von Kraftwerken dürfen Emissionsberechtigungen in Höhe der Durchschnittsemissionen des stillgelegten Kraftwerks gelöscht werden. Für diesen Ansatz spricht im Vergleich zu den Modellierungsansätzen, dass die Menge einfach und eindeutig zu bestimmen ist und keinerlei Annahmen benötigt.

Die Fallstudie befindet sich als zugehörige Publikation in Annex A: Johanna Cludius, Vicki Duscha, Verena Graichen, Markus Haller, Sascha Lehmann, Charlotte Loreck (2020): Interaction of national emission abatement instruments with the EU ETS: Methodological approaches to quantify the impact of the UK carbon price floor.

³ Höhere CO₂-Preise in einem Land führen in einem gemeinsamen Marktgebiet tendenziell zu vermehrten Importen, verringerten Exporten sowie einem Anstieg von Stromproduktion und Emissionen in benachbarten Ländern.

⁴ Für das Jahr 2014 werden die CO₂-Emissionen in UK (je nach gewähltem Modellansatz) um 17-25% überschätzt. Die Abweichungen nehmen im Zeitverlauf deutlich ab (siehe Abbildung 6 in der Fallstudie).

2.2 Fallstudie: Ausgleich der Auswirkungen der Beendigung der Kohleverstromung in Deutschland auf den EU-Emissionshandel

Deutschland hat nach einem längeren Diskussionsprozess im Rahmen der „Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ mit dem Kohleverstromungsbeendigungsgesetz (KVBG) im August 2020 eine gesetzliche Regelung für den Kohleausstieg geschaffen.

Im Zusammenwirken nationaler Maßnahmen mit dem EU-ETS ist zu beachten, dass zusätzliche Politikinstrumente, bspw. zur vorgezogenen Stilllegung von Kohlekraftwerken, nicht hinreichend im Cap des EU-ETS berücksichtigt sind. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass diese Maßnahmen nach den Beschlüssen zur Festlegung des Cap ergriffen wurde und hat zur Folge, dass Emissionen, die aufgrund nationaler Maßnahmen in einem Mitgliedstaat vermieden werden, zu höheren Emissionen an anderer Stelle führen können (so genannter „Wasserbett-Effekt“). Um dies zu vermeiden und die Minderungswirkung nationaler Politikinstrumente abzusichern, wurde im Jahr 2018 in der europäischen Emissionshandelsrichtlinie eine Möglichkeit geschaffen, Emissionsberechtigungen aus den nationalen Versteigerungsmengen zu löschen und damit die Effekte nationaler Maßnahmen, wie bspw. eines nationalen Kohleausstiegs, auf den EU-ETS zu kompensieren (EU-ETS-Richtlinie, Artikel 12(4)).

Deutschland hat die Umsetzung dieser Regelung mit einer Änderung des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes (TEHG, § 8 Abs. 1) in nationalem Recht angelegt. Vorgesehen ist, dass die wegen des Kohleausstiegs nicht benötigten Emissionsberechtigungen in einem Umfang gelöscht werden sollen, „die der zusätzlichen Emissionsminderung durch die Stilllegung der Stromerzeugung“ entsprechen, sofern diese Mengen nicht bereits durch die Marktstabilitätsreserve (MSR) dem Markt entzogen wurden. Zur Bestimmung der Menge für das jeweils vorangegangene Kalenderjahr sollen mindestens zwei unabhängige Gutachten durch die Bundesregierung in Auftrag gegeben werden.

Die Fallstudie entwickelt die methodischen Grundlagen, wie die Menge der zu löschenden Emissionsberechtigungen gemäß den gesetzlichen Anforderungen ermittelt werden kann.

In einem ersten Schritt wurde ein Zeitplan für die Quantifizierung der Emissionsminderung und die Quantifizierung der Löschungsmenge ausgearbeitet. Dieser sieht vor, dass im Jahr nach der Stilllegung zunächst nur die Stilllegung von Kraftwerkskapazitäten ohne Quantifizierung der konkreten Löschungsmenge bei der EU-Kommission angezeigt wird. Die Quantifizierung der Löschungsmenge erfolgt dann jeweils rückwirkend für das vorangegangene Jahr basierend auf den historischen Ist-Daten. Erstmals also in 2022 für 2021. Ab September 2022 kann die Löschung durch eine Reduktion der nationalen Auktionsmengen umgesetzt werden (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Möglicher zeitlicher Ablauf für die Mitteilung der Löschungsmengen

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

Das TEHG sieht vor, dass Zertifikate entsprechend der jährlichen Netto-Emissionsminderung in der EU gelöscht werden. Die EU-ETS-Richtlinie setzt hierfür aber einen maximalen Umfang. Demnach können jährlich Zertifikate bis zu dem Umfang gelöscht werden, die den durchschnittlichen Emissionen in den 5 Jahren vor der Stilllegung entsprechen. Für die Ableitung der Lösungsmenge schlagen wir folgende Schritte vor:

- ▶ Schritt 1: Strommarktmodellierung der Netto-Emissionsminderung im vergangenen Jahr im Vergleich zu einer Situation ohne Stilllegung von Kraftwerkskapazitäten;
- ▶ Schritt 2: Modellierung der Marktstabilitätsreserve (MSR) zur Bestimmung der Menge an zusätzlichen Zertifikaten, die dem Markt dauerhaft durch die MSR entzogen werden;
- ▶ Schritt 3: Bestimmung der jährlich maximal zulässigen Lösungsmenge nach Art. 12 Abs. 4 EU-ETS-Richtlinie;
- ▶ Schritt 4: Abgleich der nach den Schritten 1 und 2 ermittelten Lösungsmenge mit der maximal möglichen Lösungsmenge (Schritt 3).

Schritt 1 erfordert eine ex-post-Modellierung des europäischen Strommarktes. Für die Strommarktmodellierung soll weitestgehend auf historische Daten abgestellt werden und das Modell auf das historische Jahr kalibriert werden, für das die Minderung ermittelt wird. Dieses historische Jahr entspricht dem Szenario mit Kraftwerksstilllegungen. Dieses wird verglichen mit einem Szenario ohne Kraftwerksstilllegungen, um den Minderungseffekt der Kraftwerksstilllegungen zu ermitteln. In einem weiteren Schritt wird die Wirkung der MSR mit einem MSR-Modell berechnet.

Der vollständige Bericht befindet sich als zugehörige Publikation in Annex B: Hauke Hermann, Verena Graichen, Friedhelm Keimeyer (2021): Ausgleich der Auswirkungen der Beendigung der Kohleverstromung auf den EU-Emissionshandel.

3 Strukturelles Management des Angebots im EU-Emissionshandel: Überprüfung der Marktstabilitätsreserve

Die Studie „Supply Side Management in the EU ETS: Reviewing the Market Stability Reserve“ leistet einen Beitrag zur Überprüfung der Marktstabilitätsreserve (MSR), indem sie im Rahmen von qualitativen Analysen und Szenariountersuchungen die Funktionsweise der MSR bewertet und wichtige Fragen im Hinblick auf die Anpassung und Ergänzung der MSR-Parameter für die vierte Handelsperiode (HP 4) des EU-ETS erörtert. Der Fokus liegt auf der derzeitigen Cap-Architektur für die HP 4, wobei auch eine ehrgeizigere Cap-Setzung mit einer Emissionsreduktion von 65% bis 2030 im Vergleich zu 2005 als mögliches Ergebnis einer Überarbeitung des EU-ETS-Caps berücksichtigt wird. Es werden mehrere Reformoptionen für die Hauptparameter der MSR analysiert: MSR-Einspeise- und Freigabeparameter, die Definition der Schwellenwerte für die Gesamtzahl der im Umlauf befindlichen Zertifikate (TNAC), sowie eine Erhöhung der Geschwindigkeit der MSR-Reaktion innerhalb der aktuellen MSR-Architektur. Wir diskutieren darüber hinaus auch die Vor- und Nachteile der Einführung eines hybriden Systems mit sowohl preis- als auch mengenbasierten MSR-Auslösern. Wir analysieren auch die Interaktion zwischen der freiwilligen Löschung von Zertifikaten und der MSR und schlagen einen regelbasierten Lösungsmechanismus vor, um nationale Initiativen zum Ausstieg aus der Kohleverstromung zu berücksichtigen.

Unsere Analyse zeigt, dass die MSR in ihrer jetzigen Form nicht in der Lage ist, die ihr zugeordnete Rolle der Stabilisierung des Zertifikatemarktes in diesem Jahrzehnt zu erfüllen. Die MSR in ihrer derzeitigen Konfiguration ist nicht robust gegenüber unvorhergesehenen Krisen: So würde unter aktuellen Parametern z.B. der starke Emissionsrückgang aufgrund von Covid-19 voraussichtlich für mehrere Jahre zu einem strukturellen Überschuss auf dem Zertifikatemarkt führen.

Wir zeigen, dass die MSR-Einspeisung den Schlüsselparallelparameter darstellt und eine entsprechende Änderung die größten Auswirkungen auf die Effektivität der MSR haben würde. Wir schlagen eine proportionale Einspeiseregeln vor, bei der die aktuelle TNAC in Bezug zur unteren TNAC-Schwelle gesetzt wird. Wir schlagen vor, die proportionale MSR-Einspeiseregeln mit einer Neudefinition der TNAC-Schwellenwerte zu kombinieren. Diese sollten als feste Anteile des Cap definiert werden. Dadurch wird der sich im Laufe der Zeit ändernde Liquiditätsbedarf sowie Änderungen im Cap aufgrund von Anpassungen des EU-ETS-Anwendungsbereichs oder des Ambitionsniveaus besser berücksichtigt. Um die Wirksamkeit des EU-ETS zu sichern, sollten zur Berechnung der TNAC weiterhin nur die stationären Sektoren hinzugezogen werden.

Wir identifizieren die Reaktionsgeschwindigkeit der MSR als eine weitere Reformdimension. Diese kann durch eine Komprimierung des Auktionskalenders in beschränktem Maße erhöht werden. Die Anpassungsgeschwindigkeit kann zusätzlich durch die Einführung eines Mindestpreises für die Versteigerung von Zertifikaten erhöht werden, falls nicht versteigerte Zertifikate sofort in die MSR übertragen werden. Eine Preisuntergrenze, die zusätzlich zu den Mengenauslösern der MSR eingeführt wird, würde jedoch auch die Komplexität des EU-ETS weiter erhöhen, so dass die Einführung eines Preisauslösers eher als mittelfristige Option für zukünftige Überarbeitungen der MSR angesehen wird. Abschließend wird vorgeschlagen, dass eine automatische Ungültigmachung, z. B. auf der Grundlage von Ausgabejahrgängen von Zertifikaten, geeignet sein kann, um zu vermeiden, dass Zertifikatüberschüsse aus der Vergangenheit auf künftige Handelsperioden übertragen werden.

Bezogen auf freiwillige Löschungen zeigt unsere Analyse, dass freiwillige Löschungen zur Ergänzung der MSR weiterentwickelt werden sollten, um die Wirksamkeit der MSR zu erhöhen. Wir empfehlen die Einführung eines EU-weiten regelbasierten Löschungsmechanismus. Konkret schlagen wir vor, dass Löschungen auf Standardfaktoren zur Berechnung der Emissionseinsparungen und somit der Anzahl der gelöschten Zertifikate für jedes Gigawatt (GW) stillgelegter Kapazität fossiler Kraftwerke beruhen sollten. Die so ermittelten Zertifikatemengen sollten entweder direkt gelöscht oder in die MSR übertragen werden. Eine solch einfache Regel, die in der gesamten EU einheitlich angewendet werden könnte, würde neben einer erhöhten Wirksamkeit der MSR auch den Verwaltungsaufwand und die Unsicherheit für Marktteilnehmer begrenzen.

Der vollständige Bericht ist in der Publikationsreihe „Climate Change“ des Umweltbundesamtes online verfügbar:

Aleksandar Zaklan, Jakob Graichen, Verena Graichen, Hauke Hermann, Johanna Cludius (2021): Structural Supply Side Management in EU ETS: Reviewing the Market Stability Reserve (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/structural-supply-side-management-in-eu-ets>).

4 Beitrag des Emissionshandels zum langfristigen Dekarbonisierungspfad der EU

Im Rahmen des Projektes wurden Analysen zur Herleitung von Minderungspfaden für den EU-ETS durchgeführt, die mit dem Paris-Abkommen und dem Sonderbericht des IPCC zum 1,5-Grad-Ziel kompatibel sind. Aufbauend auf der im Projekt erstellten Studie "EU ETS up to 2030: Adjusting the Cap in light of the IPCC1.5°C Special Report and the Paris Agreement" wurden die Ergebnisse für einen DIW-Wochenbericht aufbereitet und ein Artikel für die Zeitschrift Climate Policy verfasst. Die folgende Zusammenfassung wurde zum Teil direkt aus diesen Texten entnommen.

Die EU hat sich als Teil des „Europäischen Green Deals“ im Dezember 2020 auf eine Anhebung des europäischen Klimaschutzziels geeinigt. Demnach sollen die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 50 bis 55 Prozent im Vergleich zu 1990 sinken. Im Kontext des im Juli 2021 vorgelegten Fit-for-55-Gesetzspakets geht es nun um die Frage, welche Minderungsbeiträge die vom europäischen Emissionshandel (EU Emissions Trading System, EU-ETS) erfassten Sektoren erbringen sollen und können. Als Basis für die EU-Langfriststrategie hat die europäische Kommission zudem in ihrer „strategischen Vision“ das Erreichen von Klimaneutralität bis spätestens 2050 als Ziel formuliert (Europäische Kommission 2018), welches im Europäischen Klimagesetz verankert worden ist.

Neben dem Blick auf Emissionen in den einzelnen Zieljahren ist eine Betrachtung der kumulierten Gesamtemissionen über den Zeitverlauf essenziell. Denn die Höhe der kumulierten Emissionen entscheidet darüber, ob die Temperaturerwärmung im Einklang mit dem Übereinkommen von Paris auf 1,5 Grad Celsius begrenzt werden kann (Vgl. z. B. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020); Ilaria Perissi et al. (2018); Detlef P. van Vuuren et al. (2017)). Im EU-ETS wird das Emissionsbudget über die Höhe des jährlichen Caps – der Obergrenze für die Gesamtemissionen aller vom EU-ETS erfassten Anlagen – und dessen Verlauf über die Zeit gesteuert. Eine Ambitionssteigerung zur Einhaltung des europäischen Beitrags zum 1,5-Grad-Ziel wird dementsprechend durch eine Anpassung des Caps erzielt.

Im Projekt wurde unter Anwendung des Kriteriums der globalen Kosteneffizienz zunächst ein Emissionsbudget für die Sektoren unter dem EU-ETS abgeleitet, das im Einklang mit dem Paris-Übereinkommen steht. Die Ableitung erfolgte bewusst anhand des Kriteriums der globalen Kosteneffizienz. Dies führt zu einem verhältnismäßig hohen Emissionsbudget für die EU, welches als Untergrenze der erforderlichen Minderungsbeiträge des EU-ETS angesehen werden kann. Darauf aufbauend wurde analysiert, inwieweit die kumulierten Emissionen in den für die europäische Langfriststrategie entwickelten Szenarien dieses maximale Emissionsbudget einhalten. Hierzu wurden in einer Szenarioanalyse Emissionspfade für die vom EU-ETS erfassten Sektoren abgeleitet. Neben global kosteneffizienten Szenarien wurden Pfade entwickelt, welche die aktuellen europäischen und nationalen Energie- und Klimapolitiken berücksichtigen und zugleich das mit dem Übereinkommen von Paris kompatible Emissionsbudget einhalten. Abschließend wurde der global kosteneffiziente Pfad mit Anpassungspotenzialen für das Cap verglichen, die sich aufgrund bestehender und geplanter europäischer und nationaler Energiepolitiken bieten.

Die Analyse hat gezeigt, dass die jährliche Absenkung der Emissionsobergrenze im EU-ETS, umgesetzt durch den linearen Kürzungsfaktor, erheblich von den klimapolitisch notwendigen Mindestanforderungen abweicht. Erstens ist der lineare Kürzungsfaktor zu niedrig, um einen kosteneffizienten Pfad zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius zu erreichen. Die Beibehaltung des aktuellen linearen Kürzungsfaktors von 2,2 Prozent bis 2030 würde drastische

und unrealistische Maßnahmen nach 2030 erfordern, um innerhalb eines Emissionsbudgets zu bleiben, das auf einer kosteneffizienten internationalen Lastenteilung basiert. Würden Fairnesskriterien, wie etwa wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, Bevölkerung und historische Emissionen, im europäischen Emissionsbudget berücksichtigt, wäre die erforderliche Minderung noch größer. Zweitens spiegelt der aktuelle lineare Kürzungsfaktor von 2,2 Prozent pro Jahr nicht mehr die veränderten klima- und energiepolitischen Rahmenbedingungen auf europäischer und nationaler Ebene wider. Im Jahr 2018 wurden neue europäische Ziele für erneuerbare Energien und Energieeffizienz formuliert und mehrere EU-Mitgliedstaaten haben den Ausstieg aus der Kohleverstromung terminiert. Eine Beibehaltung des aktuellen linearen Kürzungsfaktors verringert damit das Knappheitssignal des EU-ETS und gefährdet seine Wirksamkeit. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf langfristige Preiserwartungen und somit Investitionsanreize. Die energiepolitischen Rahmenbedingungen bieten aber gleichzeitig erhebliche Potenziale, um das Cap im EU-ETS deutlich ambitionierter auszugestalten.

Eine angemessene Erhöhung des linearen Kürzungsfaktors ist daher erforderlich, um den EU-ETS neu ausrichten, um die Effektivität des Emissionshandels abzusichern und ihn mit dem Übereinkommen von Paris kompatibel zu gestalten. Eine Erhöhung des linearen Kürzungsfaktors auf 2,9 Prozent für den Zeitraum 2021–2030 ist das Minimum, um das EU-ETS mit den 2018 festgelegten Zielen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz in Einklang zu bringen. Eine Anpassung des linearen Kürzungsfaktors auf 3,6 Prozent für den Zeitraum 2021–2030 würde zusätzlich die Potenziale nationaler Kohleausstiege abbilden. Die vollständige Anpassung des EU-ETS an den global kosteneffizienten 1,5-Grad-Minderungspfad erfordert nach den Modellrechnungen in diesem Bericht zwischen 2021 und 2030 einen linearen Kürzungsfaktor von mindestens vier Prozent. Dies ist das Minimum, um den EU-ETS auf einen glaubwürdigeren langfristigen Kurs zu bringen. Ein linearer Kürzungsfaktor von mindestens vier Prozent ab 2021 würde auch einen entscheidenden Beitrag zur Anhebung des gesamtwirtschaftlichen Emissionsminderungsziels für 2030 leisten.

Einzelheiten zur Methodik und den Ergebnissen sind in der „Climate Change“- Reihe des Umweltbundesamtes veröffentlicht und online verfügbar: Aleksandar Zaklan, Jakob Wachsmuth und Vicki Duscha (2020): „EU ETS up to 2030: Adjusting the Cap in light of the IPCC1.5°C Special Report and the Paris Agreement“. (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/eu-ets-up-to-2030-adjusting-the-cap-in-light-of-the>).

Darüber hinaus beruhen die folgenden Publikationen auf den Arbeiten im Rahmen dieses Projekts:

- ▶ Aleksandar Zaklan, Vicki Duscha, Claudia Gibis, Jakob Wachsmuth, Jan Weiß und Claudia Kemfert (2020): „Obergrenze für Emissionen im europäischen Emissionshandel muss schneller sinken: Potenziale dafür sind vorhanden“. DIW Wochenbericht 27 / 2020, S. 483-491
(https://www.diw.de/de/diw_01.c.792804.de/publikationen/wochenberichte/2020_27_1/obergrenze_fuer_emissionen_im_europaeischen_emissionshandel_muss_schneller_sinken_p_otenzeniale_dafuer_sind_vorhanden.html)
- ▶ Aleksandar Zaklan, Jakob Wachsmuth und Vicki Duscha (2021): „The EU ETS to 2030 and beyond: adjusting the cap in light of the 1.5°C target and current energy policies“ Climate Policy 21(6), S. 778–791
(<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2021.1878999>)

5 Veranstaltungen

Die Ergebnisse aus dem Projekt wurden in zwei Webinaren der interessierten Öffentlichkeit vorgestellt. Es waren jeweils rund 80 Personen gleichzeitig online, da nicht alle Teilnehmenden während der ganzen Veranstaltung online waren, ist die Zahl der insgesamt teilnehmenden Personen etwas höher. Zudem gab es eine Reihe von Absagen mit der Bitte um Zusendung der Präsentationen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass mindestens 100 Personen je Veranstaltung erreicht wurden. Die Präsentationen sind online verfügbar:

<https://www.oeko.de/strukturelle-weiterentwicklung-des-eu-ets>.

Außerdem wurde ein Fachgespräch in kleiner Runde organisiert, das sich gezielt an Fachleute aus Ministerien richtete. Alle drei Veranstaltungen wurden aufgrund der Pandemie virtuell abgehalten.

5.1 Webinar 1: Stepping up EU climate ambition for the EU emissions trading scheme

Das erste der beiden Webinare zum Europäischen Emissionshandel wurde am 23. November 2020 abgehalten. Thematisch stand es unter der im Rahmen des European Green Deal am 17. September 2020 angekündigten Ambitionssteigerung zur Senkung der Treibhausgasemissionen innerhalb der Europäischen Union. Ziel der Veranstaltung war es, die Auswirkungen eines ehrgeizigeren EU-Klimaziels auf den EU-ETS zu diskutieren. Dies erfolgte insbesondere anhand der folgenden Leitfragen: Was wäre ein angemessener Beitrag des EU-ETS zu einem höheren Ziel? Wann und wie kann das neue Ziel im EU-Emissionshandelssystem umgesetzt werden? Welche Auswirkungen hat die Einbeziehung weiterer Sektoren in den EU-ETS?

Eröffnet wurde das Webinar von Dr. Jürgen Landgrebe, dem Leiter des Fachbereich Klimaschutz, Energie der im UBA angesiedelten Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt). Es folgten Redebeiträge. Hans Bergmann (Europäische Kommission) gab einen Überblick über den Klimazielpfad⁵ für 2030, dessen Schlüsselement die Verschärfung der Treibhausgasminderungsziele von 40% auf 55% Reduktion im Jahr 2030 gegenüber 1990 ist. Dabei sprach er über die Herangehensweise der EU in Bezug auf die Zielverschärfung und gab einen groben Überblick über die Themenfelder, die vom Fit-for-55-Gesetzespaket abgedeckt werden sollten. Claudia Gibis (DEHSt) zeigte die Auswirkungen der Erhöhung des EU-Klimaziels auf den EU-ETS und die Notwendigkeit einer zügigen Cap-Anpassung auf, Jakob Graichen (Öko-Institut) hielt eine Präsentation zur Implementierung eines -55% Ziels in der EU-Klimapolitik-Architektur.

Den Abschluss des Events bildete eine Diskussionsrunde mit Hans Bergmann, Dirk Weinreich (BMU), Michael Bloss (MEP) und Adam Berman (IETA), in der neben den Beiträgen der verschiedenen Sektoren zum EU – Klimaziels auch auf die Notwendigkeit von unterstützenden politischen Maßnahmen neben einem CO₂-Preissignal hingewiesen wurde. Daneben wurde auch die Wichtigkeit der Ausweitung des Preissignals auf weitere Sektoren wie die Schifffahrt, den Straßenverkehr oder den Gebäudesektor betont sowie die Einführung von Mindestpreisen oder das Zusammenspiel von Europäischem Emissionshandel und Effort Sharing Regulation diskutiert.

⁵ Der Klimazielpfad ist online hier verfügbar https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/2030-climate-target-plan_de, zuletzt geprüft November 2021.

5.2 Webinar 2: Strukturelles Management des Angebots im EU-Emissionshandel: Überprüfung der Marktstabilitätsreserve

Das zweite Webinar wurde am 23. März 2021 von 11:00 – 12:30 Uhr durchgeführt. In dieser Veranstaltung wurde speziell auf die Marktstabilitätsreserve (MSR) und Möglichkeiten ihrer Reformierung im Rahmen des Fit-for-55-Gesetzespaketes fokussiert. Ziel der Veranstaltung war es, neue Herausforderungen an die Reserve in der vierten Handelsperiode herauszuarbeiten und Optionen zu diskutieren, die diese Funktionsweise verbessern könnten.

Die Begrüßung der Teilnehmenden erfolgte durch Jan Weiß von der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt). Darauf stellte Verena Graichen (Öko-Institut) die im vorliegenden Projekt erarbeiteten Erkenntnisse zur Reformierung der Marktstabilitätsreserve vor (vgl. Abschnitt 3). Es folgte ein Vortrag von Prof. Grischa Perino (Universität Hamburg), der seine Forschungsergebnisse zur grundsätzlichen Wirkungsweise und Angemessenheit der Reserve in Bezug auf die Erreichung der an sie gesetzten Ziele präsentierte. In einem letzten Vortrag stellte Marcus Ferdinand (ICIS) seine Perspektive und aktuelle Modellierungsergebnisse in Bezug auf die Funktionsweise der Reserve vor.

Den Abschluss der Veranstaltung bildete ein Paneldiskussion mit Verena Graichen (Öko-Institut), Grischa Perino (Universität Hamburg), Marcus Ferdinand (ICIS) und Adam Berman (IETA), bei der auch auf Fragen aus dem Publikum eingegangen wurde. Bei dieser Abschlussrunde wurde u.a. die Frage diskutiert, ob die MSR besser preisbasiert oder mengenbasiert sein sollte und ob ein Mindestpreis für die Auktionen eingeführt werden sollte. Während diese Optionen theoretisch sehr attraktiv sind, sind sie ggf. schwer politisch umsetzbar. Außerdem kam zur Sprache, dass für das Ambitionslevel des EU-ETS weniger die Reform der MSR als vielmehr die Anpassung des Caps entscheidend ist.

5.3 Fachgespräch: Fallstudie Ausgleich der Auswirkungen des Kohleverstromungsbeendigungsgesetzes auf den EU-ETS

Das Fachgespräch zur Fallstudie Deutschland („Ausgleich der Auswirkungen des Kohleverstromungsbeendigungsgesetzes auf den EU-ETS“, s. Kapitel 2.2) vom 18.06.2021 richtete sich gezielt an Vertreter:innen der Ministerien, in deren Zuständigkeit die Umsetzung dieser Kompensationsregel fällt. Es waren Fachleute aus dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, dem Bundesministerium der Finanzen und des Umweltbundesamtes vertreten.

Hauke Hermann (Öko-Institut) präsentierte die Fallstudie und stellte die gesetzlichen Grundlagen und das vorgeschlagene Vorgehen dar: Im Folgejahr der Stilllegung zeigt die Bundesregierung gegenüber der EU-Kommission die Lösungsabsicht an und meldet in den Folgejahren die konkreten Löschungsmengen. Die vier Schritte zur Quantifizierung der Löschungsmenge wurden dargestellt und im Anschluss diskutiert.

6 Quellenverzeichnis

Europäische Kommission (2018): Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank: A Clean Planet for all – A European Strategic Long-Term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy. COM(2018) 773 final. Brüssel

Perissi, Ilaria et al. (2018): Potential European Emissions Trajectories within the Global Carbon Budget. Sustainability 10 (11) (<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/11/4225>)

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020): Eine Entschlossene Umweltpolitik in Deutschland, Umweltgutachten 2020 (online verfügbar)

van Vuuren, Detlef P. et al. (2017): The Implications of the Paris Climate Agreement for the Dutch Climate Policy Objectives. Den Haag (<https://www.pbl.nl/en/publications/the-implication-of-the-paris-climate-agreement-for-the-dutch-climate-policy-objectives>).

Zaklan, Aleksandar; Duscha, Vicki; Gibis, Claudia; Wachsmuth, Jakob; Weiß, Jan; Kemfert, Claudia (2020): „Obergrenze für Emissionen im europäischen Emissionshandel muss schneller sinken: Potenziale dafür sind vorhanden“. DIW Wochenbericht 27 / 2020, S. 483-491 (https://www.diw.de/de/diw_01.c.792804.de/publikationen/wochenberichte/2020_27_1/obergrenze_fuer_emissionen_im_europaeischen_emissionshandel_muss_schneller_sinken__potenziale_dafuer_sind_vorhanden.html)

Zaklan, Aleksandar; Graichen, Jakob; Graichen, Verena; Hermann, Hauke; Cludius, Johanna (2021): Structural Supply Side Management in EU ETS: Reviewing the Market Stability Reserve (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/structural-supply-side-management-in-eu-ets>).

Zaklan, Aleksandar; Wachsmuth, Jakob; Duscha, Vicki (2020): „EU ETS up to 2030: Adjusting the Cap in light of the IPCC1.5°C Special Report and the Paris Agreement“, Dessau (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/eu-ets-up-to-2030-adjusting-the-cap-in-light-of-the>)

Zaklan, Aleksandar; Wachsmuth, Jakob; Duscha, Vicki (2021): „The EU ETS to 2030 and beyond: adjusting the cap in light of the 1.5°C target and current energy policies“ Climate Policy 21(6), S. 778–791 (<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2021.1878999>)