

**Innovationswirkung umweltpolitischer  
Instrumente am Beispiel des  
Europäischen Emissionshandelssystems**

**MASTERARBEIT**

vorgelegt bei: Professor Dr. Wolfgang Burr  
Betriebswirtschaftliches Institut der Universität Stuttgart,  
Abteilung I, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre,  
insb. Innovations- und Dienstleistungsmanagement

von: Fabian Kianpour  
Matrikelnummer 3144963  
Wilhelmstraße 26  
70372 Stuttgart  
Email: [st143425@stud.uni-stuttgart.de](mailto:st143425@stud.uni-stuttgart.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
2.1. Klimawandel und seine Folgen.....	3
2.2. Treibhauseffekt und Treibhausgase .....	6
2.2.1. Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt.....	6
2.2.2. Treibhausgase .....	7
2.2.3. Treibhausgasverursachende Sektoren .....	8
2.3. Umweltpolitischer Rahmen.....	11
2.3.1. Öffentliche Güter und negative externe Effekte.....	11
2.3.2. Umweltpolitische Instrumente .....	11
2.3.3. Umweltregulierungen und Umweltinnovationen .....	16
2.3.4. Klimapolitik .....	18
<b>3. Europäisches Emissionshandelssystem .....</b>	<b>19</b>
3.1. Rechtliche Grundlagen .....	19
3.2. Einbezogene Branchen in Deutschland .....	20
3.3. Funktionsweise.....	21
3.4. Innovationswirkung.....	24
3.4.1. Allgemein .....	24
3.4.2. Empirische Befunde .....	27
3.4.3. Rahmenbedingungen und Ausgestaltungselemente.....	29
<b>4. Empirische Untersuchung .....</b>	<b>33</b>
4.1. Methodische Vorgehensweise.....	33

4.2. Ergebnisse .....	34
4.2.1. Entwicklungen und Erfahrungen aus vier Handelsperioden .....	34
4.2.1.1. Handelsperiode 2005 bis 2007 .....	34
4.2.1.2. Handelsperiode 2008 bis 2012 .....	35
4.2.1.3. Handelsperiode 2013 bis 2020 .....	38
4.2.1.4. Handelsperiode 2021 bis 2030 .....	42
4.2.2. Zementindustrie .....	44
4.2.3. Eisen- und Stahlindustrie .....	46
4.3. Diskussion .....	48
4.4. Limitationen .....	54
<b>5. Fazit und Ausblick.....</b>	<b>55</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>56</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>64</b>
<b>Ehrenwörtliche Erklärung .....</b>	<b>73</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Funktionsweise des EU-ETS: Zusammenhang zwischen Grenzkosten der Schadensvermeidung, Emissionen und Zertifikatskurs .....	23
Abb. 2: Innovationswirkung des Emissionshandels .....	25
Abb. 3: Zertifikate, Emissionen und Cap der EU zwischen 2005 und 2007 .....	35
Abb. 4: Zertifikate, Emissionen und Cap der EU zwischen 2008 und 2012 .....	36
Abb. 5: Preisverlauf der Zertifikate zwischen 2008 und 2009 .....	38
Abb. 6: Zertifikate, Emissionen und Cap der EU zwischen 2013 und 2020 .....	39
Abb. 7: Preisverlauf der Zertifikate zwischen 2013 und 2020 .....	42
Abb. 8: Zertifikate und Cap der EU zwischen 2021 und 2030 .....	43
Abb. 9: Preisverlauf der Zertifikate im Jahr 2021 .....	44
Abb. 10: Kostenlose Zuteilungen und Emissionen der deutschen Zementindustrie zwischen 2005 und 2020 .....	45
Abb. 11: Ausstattungsgrad und mengenmäßige Differenz zwischen kostenlosen Zuteilungen und Emissionen der deutschen Zementindustrie zwischen 2005 und 2020.....	46
Abb. 12: Kostenlose Zuteilungen und Emissionen der deutschen Eisen- und Stahlindustrie zwischen 2005 und 2020 .....	47
Abb. 13: Ausstattungsgrad und mengenmäßige Differenz zwischen kostenlosen Zuteilungen und Emissionen der deutschen Eisen- und Stahlindustrie zwischen 2005 und 2020.....	48

## Tabellenverzeichnis

Tab.1: Ausgestaltungselemente des EU-ETS .....	33
Tab.2: Ausgestaltungselemente, innovationsfördernde und tatsächliche Ausgestaltung des EU-ETS .....	49
Tab. A1: Sektoren, Branchen und Tätigkeiten nach dem TEHG .....	56
Tab. A 2: Zahlen der ersten Handelsperiode .....	57
Tab. A 3: Zahlen der zweiten Handelsperiode .....	58
Tab. A 4: Zahlen der dritten Handelsperiode .....	59
Tab. A 5: Zahlen der vierten Handelsperiode .....	60
Tab. A 6: Eröffnungspreise der CO <sub>2</sub> -Zertifikate an der Intercontinental Exchange Futures Europe zwischen 2008 und 2021 .....	61
Tab. A 7: Zahlen der Zementindustrie zwischen 2005 und 2020.....	62
Tab. A 8: Zahlen der Eisen- und Stahlindustrie zwischen 2008 und 2020.....	63

## Abkürzungsverzeichnis

BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CBAM	Carbon Border Adjustment Measure
CER	Certified Emission Reductions
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> e	Kohlendioxid-Äquivalente
ERU	Emission Reduction Units
EU	Europäische Union
EUA	European Allowances
EU-ETS	European Union Emissions Trading System
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MSR	Marktstabilitätsreserve
TEHG	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
THG	Treibhausgas
WMO	World Meteorological Organization
WWF	World Wide Fund For Nature

## Gender-Disclaimer

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

## 1. Einleitung

Der Klimawandel stellt aktuell eine der größten Bedrohungen für unseren Planeten und die menschliche Zivilisation dar. Seit Beginn der Industrialisierung ist die globale Durchschnittstemperatur durchgehend gestiegen. Klimaforscher gehen davon aus, dass sich die Erde bis 2045 um 2 Grad Celsius erwärmen wird.<sup>1</sup> Bereits heute sind Folgen des Klimawandels zu beobachten, die sich laut dem Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) schon bei einem Temperaturanstieg von 1,5 Grad Celsius in erheblichem Maße verstärken werden. Oberstes Ziel der internationalen Klimaschutzpolitik ist daher die Begrenzung der globalen Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius (Pariser Klimaschutzabkommen).<sup>2</sup> Hauptgrund der globalen Erwärmung sind Emissionen von Treibhausgasen (THG), die vor allem vom Menschen durch alltägliche Verhaltensweisen und das globale Wirtschaftsgeschehen verursacht werden (anthropogene THG-Emissionen).<sup>3</sup> Insgesamt sind diese seit 1990 um mehr als 50% gestiegen,<sup>4</sup> wobei hauptsächlich das THG Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zum Klimawandel beiträgt.<sup>5</sup> Um das Pariser Klimaziel zu erreichen und damit die Folgen des Klimawandels für Mensch und Umwelt einzudämmen, ist eine umfassende Reduktion der THG-Emissionen unerlässlich. Dazu bedarf es ambitionierte Maßnahmen auf individueller und wirtschaftlicher Ebene, vor allem aber durch die Politik. Diese kann zur Regulierung auf ein Spektrum verschiedener Umweltinstrumente zurückgreifen. Außerdem stellen technische Innovationen einen zentralen Hebel zur Bewältigung aktueller klimapolitischer Herausforderungen dar.<sup>6</sup> Das Europäische Emissionshandelssystem (European Union Emissions Trading System, EU-ETS) gilt seit 2005 als das wichtigste Klimaschutzinstrument der Europäischen Union (EU). Es soll sowohl eine Reduktion der THG in emissionsintensiven Branchen bezwecken als auch Anreize für Investitionen in Umwelt- und Klimatechnologien bei den regulierten Unternehmen entfachen.<sup>7</sup> Die Innovationswirkungen des EU-ETS sind jedoch sehr komplex und in der Forschungsliteratur kaum empirisch untersucht. Einige Untersuchungen deuten darauf hin, dass

---

1 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 60f.

2 vgl. BMU (2020), S. 6ff.

3 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 66.

4 vgl. Statista (2021), S. 2.

5 vgl. UBA (2021a), URL siehe Literaturverzeichnis.

6 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 66 und BMU (2020), S. 14ff.

7 vgl. UBA (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.

die Innovationswirkung entscheidend von der strukturellen Ausgestaltung des Instruments abhängt.<sup>8</sup>

Vor diesem Hintergrund befasst sich die vorliegende Arbeit mit der Forschungsfrage, wie das EU-ETS ausgestaltet sein muss, um bestmögliche Innovationseffekte entfachen zu können. Dabei werden zunächst theoretische Grundlagen zum Klimawandel, zu THG und zur Umweltpolitik dargestellt. Anschließend wird die Funktionsweise des EU-ETS erläutert und Ausgestaltungselemente im Hinblick auf die Innovationswirkung herausgearbeitet. Im Rahmen einer empirischen Untersuchung werden die innovationsfördernden Ausgestaltungselemente im ersten Schritt auf EU-Ebene und im zweiten Schritt exemplarisch am Beispiel der deutschen Zementindustrie sowie der Eisen- und Stahlindustrie analysiert. Diese Industrien wurden gewählt, da Deutschland sowohl für die Zementindustrie als auch für die Eisen- und Stahlindustrie den größten Markt innerhalb der EU besitzt und sie zudem zu den größten THG-Emittenten zählen. Im Jahr 2017 produzierten deutsche Zementhersteller insgesamt 34 Mio. Tonnen Zement und damit ca. 19% des gesamten Produktionsniveaus der EU.<sup>9</sup> Die deutsche Eisen- und Stahlindustrie war im Jahr 2020 mit 36 Mio. Tonnen Stahl für 25% der gesamten Produktionsmenge der EU verantwortlich.<sup>10</sup> Allein die Herstellung von Zement führte 2020 zu THG-Emissionen von 20,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e), was der fünffachen Menge der Emissionen des gesamten deutschen Luftverkehrs entsprach. Insgesamt war die Zementindustrie für 2,8% der gesamten THG-Emissionen in Deutschland verantwortlich. Im gleichen Jahr wurden durch die Stahlproduktion 31,4 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e freigesetzt, was einem Anteil von 4,3% der gesamten deutschen THG-Emissionen entsprach.<sup>11</sup>

Anschließend werden die Befunde in den wissenschaftlichen Kontext eingeordnet und mögliche Implikationen sowie Anpassungsmöglichkeiten des EU-ETS für politische Entscheidungsträger erarbeitet. Abschließend werden Limitationen der Untersuchung aufgezeigt und ein Fazit gezogen.

---

8 vgl. Nordbeck und Faust (2005), S. 180ff., Anger u.a. (2005), S. 29f., Kovacs (2005), S. 191f. und Schleich u.a. (2010), S. 40.

9 vgl. Hübner u.a. (2019), S. 1.

10 vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2021), S. 2ff.

11 vgl. DEHSt (2020b), S. 1ff. und UBA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.



## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1. Klimawandel und seine Folgen

Unter Klima wird der mittlere Zustand der Erdatmosphäre über einen längeren Zeitraum (Jahre oder Jahrzehnte) in einem größeren Gebiet verstanden. Charakterisiert wird es durch meteorologische Faktoren wie z.B. Luftdruck, Wind, Temperatur, Bewölkung und Niederschlag.<sup>12</sup>

Der Klimawandel ist daher ein sehr komplexes und abstraktes Phänomen, das in der Forschungsliteratur keine eindeutige Formel und keinen definierten Schwellenwert besitzt.<sup>13</sup> Der Weltklimarat IPCC spricht dann von Klimawandel, wenn sich die Durchschnittswerte und die Schwankungsbreite von Klimafaktoren belegbar und über einen längeren Zeitraum, Jahrzehnte oder länger, ändern. Dabei können die Änderungen sowohl natürliche Ursachen haben als auch durch menschliche Aktivitäten verursacht werden. Das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen definiert Klimawandel dagegen als langfristige Veränderungen des Klimas, die direkt oder indirekt auf menschliche Tätigkeiten, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre beeinflussen, zurückzuführen sind. Der Fokus liegt also ausschließlich auf dem anthropogenen Klimawandel, der zusätzlich zu natürlichen Klimabewegungen in vergleichbaren Zeitperioden entsteht.<sup>14</sup>

Die mittlere Erdtemperatur, die dem Mittelwert der jährlichen Durchschnittstemperaturen mehrerer Regionen weltweit entspricht, schwankte in den letzten drei Mio. Jahren zwischen acht und 16 Grad Celsius.<sup>15</sup> Natürliche Ursachen für Temperaturschwankungen sind die Veränderung geostrophysikalischer Parameter (z.B. der Erdbahnparameter oder die Solarkonstante), die Zyklen der Sonnenflecken, die interne Klimavariabilität, die vom Zusammenspiel der Klimasubsysteme abhängt und der Stoffhaushalt der Atmosphäre.<sup>16</sup> Seit der Industrialisierung ist jedoch eine globale Erderwärmung zu beobachten, wobei die Durchschnittstemperatur um ca. 1,2 Grad Celsius gestiegen ist. Hauptursache für diese Erwärmung ist der Anstieg der anthropogenen THG-Emissionen und der dadurch bedingte anthropogene Treibhauseffekt (s. Kap. 1.2.1).<sup>17</sup> Klimaforscher rechnen ohne weitreichende Klimamaßnahmen bereits 2030 mit einer mittleren Erhöhung von 1,5 Grad Celsius. Für das Jahr 2045 wird ein

---

12 vgl. UBA (2021d), URL siehe Literaturverzeichnis.

13 vgl. Paál (2021), URL siehe Literaturverzeichnis.

14 vgl. The Core Writing Team u.a. (2008), S. 30.

15 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 60.

16 vgl. UBA (2021c), URL siehe Literaturverzeichnis und UBA (2021d), URL siehe Literaturverzeichnis.

17 vgl. WMO (2021), S. 6.

Anstieg von 2 Grad Celsius, zur Jahrhundertwende sogar ein Anstieg von 3 Grad Celsius prognostiziert.<sup>18</sup> Bereits bei einer globalen Erwärmung von 1,5 Grad Celsius treten gravierende Folgen für Landsysteme, Ozeane und Kryosphäre auf.<sup>19</sup>

Landgebiete sind die wichtigste Lebensgrundlage des Menschen, weil sie die Nahrungsmittel- und Süßwasserversorgung, die biologische Vielfalt sowie viele weitere Ökosystemleistungen sicherstellen. Durch die globale Erwärmung haben Frequenz, Intensität und Dauer von Temperaturextremen (z.B. Hitzewellen), Starkniederschlägen sowie von Dürren im Mittelmeerraum, in Westasien, vielen Teilen Südamerikas, großen Teilen Afrikas und Nordostasien zugenommen. Diese Ereignisse intensivieren die Degradation von Landflächen und werden im Laufe des 21. Jahrhunderts weiter zunehmen. Der anthropogene Klimawandel hat zudem Auswirkungen auf die Biodiversität und Ökosysteme.<sup>20</sup> Es kommt zu einem weltweiten Artenschwund, da sich die bestehende Fauna und Flora nicht schnell genug an die globale Erwärmung anpassen kann.<sup>21</sup> Tundra und boreale Wälder in den hohen Breiten sind ebenfalls vom Klimawandel betroffen, weil das Risiko für Waldbrände und Schädlingsausbrüche mit zunehmender Erwärmung steigt. Insgesamt treten die Folgen für Landgebiete bei einer globalen Erwärmung von 2 statt 1,5 Grad Celsius in deutlich verstärktem Maße auf.<sup>22</sup>

Auch für Ozeane und Kryosphäre löst die globale Erwärmung folgenschwere Prozesse aus. Die bei der Erwärmung entstehende überschüssige Energie wird zu 90% vom Ozean aufgenommen. Deshalb wird der Wärmeinhalt der Ozeane auch als Maß für die Wärmeakkumulation im Erdsystem bezeichnet.<sup>23</sup> Es gilt als erwiesen, dass sich der globale Ozean seit 1970 durchgehend erwärmt hat.<sup>24</sup> Hierdurch hat sich die Anzahl mariner Hitzewellen – also langandauernden Perioden sehr hoher Temperaturen an den Ozeanoberflächen - seit 1982 verdoppelt.<sup>25</sup> Der durch den Klimawandel bedingte höhere CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre führt zu einem höheren Gehalt in den Ozeanen, weshalb deren pH-Wert kontinuierlich sinkt (Ozeanversauerung).<sup>26</sup> Außerdem macht sich die globale Erwärmung am Sauerstoffgehalt der Ozeane bemerkbar. Dieser ist zwischen 1970 und 2010 in den oberen 1.000 Metern um 0,5-3,3% gesunken.<sup>27</sup> Die

---

18 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 60.

19 vgl. BMU (2020), S. 7 und Nikendei u.a. (2020), S. 60.

20 vgl. IPCC (2019b), S. 7 ff. und IPCC (2018), S. 11.

21 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 62.

22 vgl. IPCC (2019b), 7 ff. und IPCC (2018), S. 11.

23 vgl. WMO (2021), S. 10ff.

24 vgl. The Core Writing Team u.a. (2015), S. 40.

25 vgl. IPCC (2019a), S. 9.

26 vgl. WMO (2021), S. 14.

27 vgl. IPCC (2019a), S. 9.

Kryosphäre umfasst alle gefrorenen Elemente des Erdsystems, wozu im Wesentlichen das Meereis und die Gletschermassen in den Polar- und Hochgebirgsregionen sowie der grönländische und antarktische Eisschild gehören.<sup>28</sup> In den letzten Jahrzehnten hat die globale Erwärmung zu einer weitreichenden Schrumpfung der Kryosphäre geführt. Diese Veränderungen trugen maßgeblich zum Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels - zwischen 1992 und 2015 insgesamt um etwa 0,2 Meter - bei. Die Anstiegsrate erreichte für den Zeitraum von 2006 bis 2015 mit 3,6 Millimeter pro Jahr einen neuen Rekordwert.<sup>29</sup> Klimaforscher prognostizieren bei einer globalen Erwärmung von 1,5 Grad Celsius einen Meeresspiegelanstieg zwischen 0,3 und 0,8 Meter bis zum Jahr 2100 (im Vergleich zu 1986 bis 2005), bei einem 2 Grad Celsius-Szenario sogar einen Anstieg bis zu 0,8 Meter.<sup>30</sup>

Die beschriebenen klimabedingten Folgen für Landsysteme, Ozeane und Kryosphäre gefährden wiederum die Ernährungsversorgung und Gesundheit des Menschen und haben zudem negative Effekte auf Armut und Migration. Die Effekte des Klimawandels auf die Ernährungssicherheit weltweit sind vielfältig. In Regionen niedriger Breiten, besonders jedoch in Trockengebieten kommt es zu einem Rückgang der Ernteerträge.<sup>31</sup> Auch Wasserknappheit stellt ein ernst zu nehmendes Problem der Trockenregionen dar. Die globale Erwärmung der Ozeane hat eine Verknappung des Fischbestandes ausgelöst und damit das Risiko für Überfischung einiger Fischarten erhöht, was die Sicherstellung der Nahrungsversorgung gefährdet. Auch der Massenverlust der Kryosphäre gefährdet die Lebensgrundlagen der Bevölkerung, indem es die Nahrungsmittel- und Wasserbereitstellung in Viehzucht-, Jagd-, Fischerei- und Sammelgebieten negativ beeinflusst. In vielen Hochgebirgsregionen sind Erträge aus landwirtschaftlicher Produktion in Folge von Gletschermassenverlust zurückgegangen.<sup>32</sup> Bei einem 1,5 Grad-Szenario wird der für Wasserknappheit, Dürren und Lebensraumvernichtung anfällige Bevölkerungsteil auf eine Summe von 178 Mio. Menschen, bei einem 2 Grad-Szenario sogar auf 220 Mio. Menschen, steigen.<sup>33</sup>

Die anthropogene globale Erwärmung zieht auch weitreichende Konsequenzen für die Gesundheit der Menschen nach sich. Zunehmende Extremwetterereignisse erhöhen die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von vektorübertragenen Krankheiten wie Malaria

---

28 vgl. WMO (2021), S. 15.

29 vgl. IPCC (2019a), S. 10.

30 vgl. IPCC (2018), S. 11 und Nikendei u.a. (2020), S. 61.

31 vgl. IPCC (2018), S. 13.

32 vgl. IPCC (2019a), S. 15..

33 vgl. IPCC (2019b), 10 ff.

oder Denguefieber, Herzkreislauf- und Atemwegskrankheiten, Infektionen sowie Wundheilungsstörungen und Unfällen mit traumatischen Folgen. Auch die menschliche Psyche ist durch Extremwetterereignisse hohen Belastungen ausgesetzt.<sup>34</sup> Seit den 1980er Jahren entstehen aufgrund der Ozeanerwärmung, mariner Hitzewellen und des Sauerstoffverlusts immer mehr schädliche Algenblüten, die die Gesundheit betroffener Bevölkerungsgruppen ebenfalls negativ beeinflussen.<sup>35</sup>

Klimabedingte Migration und Fluchtbewegungen, vor allem verursacht durch extreme Wetterphänomene und den Meeresspiegelanstieg, sind immer häufiger auftretende Probleme. Schätzungen zu Folge befinden sich aktuell 17,2 Mio. Menschen aufgrund des Klimawandels auf der Flucht, zu denen laut Projektionen bis zum Jahr 2050 weitere 140 Mio. Menschen der Sub-Sahara, aus Süd-Asien und Latein-Amerika hinzukommen können.<sup>36</sup> Außerdem werden Armut und Benachteiligungen in Bevölkerungsteilen, die ein hohes Risiko für Klimawandelfolgen aufweisen, zunehmen.<sup>37</sup>

## **2.2. Treibhauseffekt und Treibhausgase**

### **2.2.1. Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt**

Der Treibhauseffekt beschreibt – in Analogie zu einem Treibhaus - die Wirkung von Gasen in der Atmosphäre auf die Temperatur der Erde.<sup>38</sup> Diese Gase lassen kurzwellige Sonnenstrahlen überwiegend passieren, absorbieren jedoch die von der Erdoberfläche abgegebene langwellige Wärmestrahlung, sodass die Wärme in der Atmosphäre gespeichert wird. Dieser natürliche Treibhauseffekt ist die Voraussetzung für das Leben auf der Erde, da so die globale, oberflächennahe Mitteltemperatur ca. 15 statt -18 Grad Celsius beträgt. Die am Treibhauseffekt beteiligten Gase werden als THG bezeichnet. Wichtigster Vertreter der natürlichen THG ist neben Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Methan (CH<sub>4</sub>) vor allem Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), der überwiegend durch Verdunstung aber auch Vulkanismus oder Eisschmelze in die Atmosphäre gelangt und den natürlichen Treibhauseffekt verursacht.<sup>39</sup>

Seit der Industrialisierung nehmen die vom Menschen verursachten THG-Emissionen stetig zu und verstärken so den natürlichen Treibhauseffekt.<sup>40</sup> Während die weltweiten THG-Emissionen im Jahr 1990 noch bei circa 30,7 Mrd. Tonnen lagen, wurden im Jahr

---

34 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 62 und IPCC (2018), S. 13.

35 vgl. IPCC (2019a), S. 15f.

36 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 63.

37 vgl. IPCC (2018), S. 13.

38 vgl. UBA (2021g), URL siehe Literaturverzeichnis.

39 vgl. UBA (2021c), URL siehe Literaturverzeichnis, UBA (2021d), URL siehe Literaturverzeichnis und UBA (2021f), URL siehe Literaturverzeichnis.

40 vgl. BMU (2020), S. 7.

2017 46,7 Mrd. Tonnen ausgestoßen.<sup>41</sup> Insgesamt erreichte die THG-Konzentration in der Atmosphäre 2019 mit einem Wert von 500 ppm<sup>42</sup> ein neues Rekordhoch und lag damit 23% höher als 1979.<sup>43</sup> Durch den stark erhöhten Gehalt an THG in der Atmosphäre kommt es zu einer Reduzierung der in den Weltraum, von der Erde abgegebenen Wärmestrahlung, sodass sich die Erdoberfläche immer weiter erhitzt.<sup>44</sup> Dieses Phänomen wird als anthropogener Treibhauseffekt bezeichnet und ist hauptverantwortlich für die globale Erderwärmung bzw. den anthropogenen Klimawandel.<sup>45</sup>

### 2.2.2. Treibhausgase

Laut Kyoto-Protokoll zählen CO<sub>2</sub>, Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) sowie die fluorierten THG (F-Gase) zur Gruppe der THG, die für den anthropogenen Treibhauseffekt verantwortlich sind. Aufgrund ihres unterschiedlichen klimatischen Wirkungsgrades wird zur Vereinheitlichung meist die Einheit CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) verwendet.<sup>46</sup>

Das mengenmäßig wichtigste anthropogene THG ist CO<sub>2</sub>. Es handelt sich um ein geruchs- und farbloses Gas, das eine durchschnittliche Verweilzeit in der Erdatmosphäre von ca. 120 Jahren hat. Es wird vor allem bei der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas für die Energieerzeugung, bei großflächiger Entwaldung, in der industriellen Produktion, in Haushalten sowie im Verkehr freigesetzt.<sup>47</sup> Im Jahr 2020 wurden weltweit etwa 36,7 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen, was einer Zunahme von 36% gegenüber dem Jahr 1995 entspricht.<sup>48</sup> Der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre ist daher von ca. 275 ppm in der vorindustriellen Zeit bis auf ca. 410 ppm im Jahr 2019 gestiegen.<sup>49</sup> Vor allem seit den 1950er Jahren sind starke Anstiege der CO<sub>2</sub>-Konzentration zu verzeichnen. Die jährlichen durchschnittlichen Wachstumsraten haben sich seitdem nahezu vervierfacht.<sup>50</sup> Insgesamt war der Ausstoß von CO<sub>2</sub> im Jahr 2020 für 66% des anthropogenen Treibhauseffekts verantwortlich.<sup>51</sup>

Das THG Methan trug im Jahr 2020 mit einem Anteil von 16% zum anthropogenen Treibhauseffekt bei.<sup>52</sup> Im Jahr 2018 wurden circa 8,2 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub>e freigesetzt.<sup>53</sup>

---

41 vgl. Statista (2021), S. 2ff.

42 ppm = Anzahl Moleküle eines Treibhausgases pro einer Mio. Moleküle trockener Luft

43 vgl. UBA (2021a), URL siehe Literaturverzeichnis.

44 vgl. UBA (2021d), URL siehe Literaturverzeichnis.

45 vgl. BMU (2020), S. 7.

46 vgl. ebenda, S. 8.

47 vgl. ebenda, S. 8

48 vgl. Breitkopf (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

49 vgl. Nikendei u.a. (2020), S. 60 und WMO (2021), S. 8.

50 vgl. BMU (2020), S. 7.

51 vgl. UBA (2021a), URL siehe Literaturverzeichnis.

52 vgl. UBA (2021a), URL siehe Literaturverzeichnis.

53 vgl. Statista (2021), S. 19.

Die Konzentration des Gases in der Atmosphäre betrug im Jahr 2019 ca. 1877 ppb<sup>54</sup> und lag damit 160% höher als noch vor der Industrialisierung.<sup>55</sup> Obwohl es mit ca. 12 Jahren eine deutlich geringere Lebensdauer als CO<sub>2</sub> aufweist, ist es 25-mal klimawirksamer. Es ist ein geruchs- und farbneutrales jedoch hochentzündliches Gas, was beim Abbau organischer Materialien unter Luftisolation, vor allem in den Mägen von Tieren sowie in Klärwerken und Mülldeponien, entsteht.<sup>56</sup>

Lachgas ist farbneutral, süßlich riechend und hat eine durchschnittliche Lebensdauer von 121 Jahren. Quellen für die Freisetzung sind hauptsächlich chemische Prozesse in der Industrie, stickstoffhaltiger Dünger und die Massentierhaltung. Zwar ist es das in der Atmosphäre am wenigsten vorhandene THG, jedoch hat es eine 298-mal so große Klimawirksamkeit wie CO<sub>2</sub> und trägt somit überproportional zum anthropogenen Treibhauseffekt bei.<sup>57</sup> Im Jahr 2020 war es für 6% des Treibhauseffekts verantwortlich.<sup>58</sup> Das Jahr 2018 verzeichnete weltweit Lachgasemissionen in Höhe von etwa 3,1 Mrd. Tonnen CO<sub>2e</sub>.<sup>59</sup> Seit Beginn der industriellen Zeit stieg der Gehalt von Lachgas in der Atmosphäre um 23% und betrug im Jahr 2019 etwa 332 ppb.<sup>60</sup>

Zu den F-Gasen zählen wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid, die 100 bis 24.000-mal klimawirksamer als CO<sub>2</sub> sind. Als Treibgas, Kühl- und Löschmittel oder als Bestandteil von Schallschutzscheiben werden sie ausschließlich vom Menschen produziert und gelangen so in die Atmosphäre.<sup>61</sup> So wurde im Jahr 2018 ein globaler Ausstoß in Höhe von etwa 1,1 Mrd. Tonnen CO<sub>2e</sub> gemessen.<sup>62</sup>

### **2.2.3. Treibhausgasverursachende Sektoren**

Während die THG-Emissionen seit der Industrialisierung weltweit zunehmen, ist in der EU seit etwa 30 Jahren ein entgegengesetzter Trend zu beobachten. Zwischen den Jahren 1990 und 2019 ist der Ausstoß von THG von 4,9 auf 3,6 Mrd. Tonnen CO<sub>2e</sub> gesunken. Im Jahr 2019 verursachte dabei der Energiesektor 77% (beinhaltet alle energiebedingten Emissionen aus der Energieerzeugung, dem Verkehrssektor, dem Gebäudesektor etc.), die Landwirtschaft 11%, die Industrieprozesse 9,4% und die

---

54 ppb = Anzahl Moleküle eines THG pro einer Milliarde Moleküle trockener Luft

55 vgl. WMO (2021), S. 8.

56 vgl. BMU (2020), S. 8.

57 vgl. UBA (2021f), URL siehe Literaturverzeichnis.

58 vgl. UBA (2021a), URL siehe Literaturverzeichnis.

59 vgl. Statista (2021), S. 19.

60 vgl. WMO (2021), S. 8.

61 vgl. UBA (2021f), URL siehe Literaturverzeichnis und BMU (2020), S. 8.

62 vgl. Statista (2021), S. 19.

Abfallwirtschaft 3,2% der Gesamtemissionen der EU. Während CO<sub>2</sub> die THG-Emissionen in der EU mit einem Anteil von 80% dominiert, ist Methan für circa 11%, Lachgas für 7% und die F-Gase für 2,5% verantwortlich.<sup>63</sup>

Auch in Deutschland sinken seit 1990 die THG-Emissionen kontinuierlich. Im Jahr 2019 wurden insgesamt 805 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e ausgestoßen (22% der Gesamtemissionen der EU), was einer Reduktion von 35,7% gegenüber 1990 entspricht.<sup>64</sup> CO<sub>2</sub> macht mit 87,9% ebenfalls den größten Anteil der THG-Emissionen aus, gefolgt von Methan (6,1%), Lachgas (4,3%) und den F-Gasen (1,7%).<sup>65</sup>

Laut Klimaschutzgesetz werden in Deutschland die Verursacher der THG-Emissionen in die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft sowie Abfall- und Kreislaufwirtschaft gegliedert.<sup>66</sup> Der Sektor Energiewirtschaft war 2019 für 254 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e verantwortlich, was einem Anteil von 32% der gesamten THG-Emissionen entspricht. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Verbrennung von festen Brennstoffen (73,8%), Gasen (12,2%), Flüssigbrennstoffen (5,5%), übrigen Brennstoffen (4,6%) und Biomasse (0,7%) zur Strom- und Wärmeerzeugung entstehen. Außerdem werden diffuse Emissionen (z.B. bei der Freisetzung von Grubengas aus stillgelegten Bergwerken) zu diesem Sektor gezählt.<sup>67</sup>

Der Industriesektor ist im Jahr 2019 mit einem Ausstoß von 188 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e und einem Anteil von 23% an den Gesamtemissionen die zweitgrößte Emissionsquelle in Deutschland.<sup>68</sup> Wie auch die Energiewirtschaft wird der Sektor vom klimaschädlichen THG CO<sub>2</sub> dominiert.<sup>69</sup> THG-Emissionen der Industrie entstehen in den Branchen Eisen und Stahl (31,4%), Raffinerien (22,9%), Zementklinker (20,1%), chemische Industrie (16,9%), Industrie- und Baukalk (6,4%), Papier und Zellstoff (5%), Nichteisenmetalle (2,5%), sonstige mineralverarbeitende Industrie (8%) sowie sonstige Verbrennungsanlagen (0,6%).<sup>70</sup>

Die drittgrößte Emissionsquelle von THG in Deutschland ist der Verkehrssektor. Im Jahr 2019 verursachte er 163 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e und war damit für 20% der Gesamtemissionen verantwortlich. Bei diesen THG-Emissionen handelt es sich zu 99% um CO<sub>2</sub>, die zu 94% im Straßenverkehr (durch Pkws und Nutzfahrzeuge) entstehen.

---

63 vgl. UBA (2021e), URL siehe Literaturverzeichnis.

64 vgl. UBA (2020a), S. 17f. und BMU (2020), S. 27.

65 vgl. UBA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

66 vgl. UBA (2020b), URL siehe Literaturverzeichnis.

67 vgl. BMU (2020), S. 29.

68 vgl. ebenda, S. 33.

69 vgl. UBA (2020a), S. 23.

70 vgl. Statista (2021), S. 16.

Daneben verursacht der nationale Luftverkehr 1,2%, der Schiffsverkehr 1% und der Schienenverkehr 0,5% der Verkehrsemissionen.<sup>71</sup>

Der Gebäudesektor beinhaltet Emissionen aus der direkten Energiebereitstellung für Gebäude. Dazu zählen die Emissionen aus privaten Haushalten, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. In Deutschland verantwortete der Sektor im Jahr 2019 mit 122 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e circa 15% der Gesamtemissionen. Der größte Anteil dieser Emissionen entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger zur Produktion von Raumwärme (59%) und Warmwasser (12%). Daneben verursacht die Bereitstellung von Prozesswärme und mechanischer Energie jeweils 7%, die Bereitstellung von Strom 11% und die Bereitstellung von Prozess- und Klimakälte 5% der Emissionen.<sup>72</sup>

Die Landwirtschaft produzierte im Jahr 2019 in Deutschland 68 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e, was einem Anteil von etwa 8% der THG-Emissionen entspricht. Emissionsquellen sind die Tierhaltung (35,9%), der landwirtschaftliche Boden (35,3%), die Düngewirtschaft (13,4%), stationäre und mobile Feuerung sowie landwirtschaftlicher Verkehr (9%), Kalkung (3,1%) und sonstige Quellen (3,4%). Dabei spielen die THG Methan und Lachgas die entscheidende Rolle.<sup>73</sup>

Die Abfall- und Kreislaufwirtschaft setzte im Jahr 2019 neun Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e frei und war somit für 1,1% der gesamten deutschen THG-Emissionen verantwortlich. Dabei handelt es sich zu 90% um Methan. 77,9% der Abfall- und Kreislaufemissionen entstanden durch Abfalldeponierung, 10,7% durch Abwasserbehandlung und 11,4% aus übrigen Emissionsquellen (z.B. die biologische Behandlung von festen Abfällen).<sup>74</sup>

Neben den bereits beschriebenen Sektoren ist die Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) als Sektor zu betrachten, der sowohl THG freisetzt als auch speichert (Senke). Die Emissionsbilanz ergibt sich als Differenz aus Speicherrungs- und Freisetzungsmenge. Im Jahr 2018 setzte der LULUCF-Sektor durch die Umwandlung von Grün- in Ackerland, die landwirtschaftliche Nutzung von Ackerland und die Trockenlegung von Mooren 43,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e frei und speicherte gleichzeitig 70,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e in Wäldern (95,5%) sowie Holzprodukten (4,5%). Somit fungiert der Sektor in Deutschland als THG-Senke und bewirkte einen Rückgang der gesamten THG-Emissionen um 26,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e.<sup>75</sup>

---

71 vgl. BMU (2020), S. 36.

72 vgl. ebenda, S. 40.

73 vgl. ebenda, S. 42.

74 vgl. ebenda, S. 44.

75 vgl. BMU (2020), S. 46.



## **2.3. Umweltpolitischer Rahmen**

### **2.3.1. Öffentliche Güter und negative externe Effekte**

Der Klimawandel stellt ein globales Umweltproblem dar, das sich in den Eigenschaften öffentlicher Güter widerspiegelt.<sup>76</sup> Öffentliche Güter werden als solche Güter bezeichnet, die niemanden von ihrer Nutzung ausschließen und von mehreren Akteuren gleichzeitig konsumiert werden können, ohne dass es dabei zu konkurrierenden Zugriffen kommt. Im Kontext des Klimas bedeutet das, dass ein stabiles globales Klima von allen Akteuren gleichzeitig beansprucht werden kann, ohne dass dabei Rivalität im Konsum besteht. Die weltweite Klimaschutzpolitik stellt also ein stabiles globales Klima als globales öffentliches Umweltgut bereit.<sup>77</sup>

Externe Effekte entstehen, wenn die Handlungen eines Wirtschaftsakteurs direkten Einfluss auf den Nutzen anderer Akteure haben.<sup>78</sup> Negative externe Effekte liegen vor, wenn die Handlungen eines Marktteilnehmers zu einem Wohlfahrtsverlust bei einem anderen wirtschaftlichen Akteur führen. Entscheidend dabei ist, dass der Verursacher für die entstandenen Schäden nicht selber aufkommen muss, sodass der Wirtschaftsverlust nicht kompensiert wird. Es kommt zu einem Marktversagen, das durch eine Fehlallokation der Ressourcen deutlich wird. Im Kontext des Klimawandels entstehen negative externe Effekte also dann, wenn Wirtschaftsakteure die durch ihre THG-Emissionen entstandenen Umweltschäden nicht beseitigen oder keinen entsprechenden Preis für den Abbau der Schäden zahlen. Der Zahlungsvorgang des Preises, der anfallen würde, um die negativen externen Effekte zu kompensieren, wird als Internalisierung der negativen externen Effekte bezeichnet.<sup>79</sup>

Das öffentliche Gut „stabiles globales Klima“ wird also von stetig zunehmenden THG-Emissionen und den damit einhergehenden negativen externen Effekten bedroht. Erst wenn die Akteure ihre THG-Emissionen in Rechnung gestellt bekommen, werden sie diese in ihre unternehmerische Entscheidungsfindung einbeziehen.<sup>80</sup>

### **2.3.2. Umweltpolitische Instrumente**

Die Korrektur des beschriebenen Marktversagens bzw. die Internalisierung negativer externer Effekte kann nur durch umweltpolitische Regulierungseingriffe gesichert

---

<sup>76</sup> vgl. Sturm und Vogt (2018), S. 53.

<sup>77</sup> vgl. Möller (2008), S. 6.

<sup>78</sup> vgl. Sturm und Vogt (2018), S. 19.

<sup>79</sup> vgl. Möller (2008), S. 6.

<sup>80</sup> vgl. ebenda, S.6

werden.<sup>81</sup> Umweltregulierungen bezeichnen dabei staatliche Eingriffe, die Menschen und deren Umwelt vor potenziellen Gefahren individueller und unternehmerischer Aktivitäten schützen sollen.<sup>82</sup> Dabei werden Instrumente eingesetzt, die einen ökologisch erwünschten Zustand über die Verhaltensbeeinflussung einzelner Individuen, Haushalte oder Unternehmen herbeiführen und gleichzeitig die Gesamtwohlfahrt der Gesellschaft maximieren sollen.<sup>83</sup> Umweltpolitische Instrumente werden in *suasorische* (Umweltschutz durch Information), ordnungsrechtliche (Umweltschutz durch Zwang) und marktwirtschaftliche Instrumente (Umweltschutz durch Anreize) gegliedert,<sup>84</sup> die sich hinsichtlich ihrer ökologischen Effektivität (Treffsicherheit), ökonomischen Effizienz sowie der Höhe ihrer Transaktionskosten unterscheiden. Die ökologische Effektivität gilt als Maß für das sichere und schnelle Erreichen festgelegter mengenmäßiger Ziele. Ökonomische Effizienz differenziert zwischen statischer und dynamischer Effizienz. Die statische Effizienz eines Umweltinstruments gewährleistet die Zielerreichung zu minimal gesamtwirtschaftlichen Kosten. Die dynamische Effizienz beschreibt dagegen die permanente Anreizwirkung zur weiteren Reduzierung von Umweltschäden, sodass Innovationen und Verbesserungen der Vermeidungstechnologie gefördert werden. Transaktionskosten fallen bei Definition, Überwachung, Durchsetzung und Nutzung individueller Handlungsrechte der Adressaten an.<sup>85</sup>

Suasorische Instrumente haben das Ziel Einstellung, Wertvorstellung und Wissen von Akteuren über eine umfangreiche Informationsbereitstellung und Transparenz in Richtung einer umweltfreundlicheren Lebensweise zu lenken. Zu diesen Instrumenten zählen z.B. Appelle, Aufklärungs- und Bildungskampagnen, Forschungs-förderung, staatliches Vorbildverhalten, Labelling, Zertifizierungen sowie freiwillige Selbstverpflichtungen.<sup>86</sup> Aufklärungs- und Bildungskampagnen werden in der Regel von staatlichen Institutionen veranlasst und ausgeführt. In anderen Sektoren kann der Staat zusätzlich mit gesetzlichen Rahmenbedingungen agieren (z.B. Bio-Siegel in der Lebensmittelbranche).<sup>87</sup> Suasorische Instrumente weisen eine geringe ökologische Effektivität auf, da ihnen die Rechtsverbindlichkeit fehlt und somit Verhaltensanpassungen an die jeweiligen Empfehlungen freiwillig sind. Da Umweltbelastungen bei dieser Art von Instrumenten nicht zu den minimalsten

---

81 vgl. ebenda, S.6

82 vgl. Kriechbaumer u.a. (2011), S. 9.

83 vgl. Löw Beer (2016), S. 103ff.

84 vgl. Stehling u.a. (Hrsg., 1999), S. 6.

85 vgl. Döring und Töller (2018), S. 420.

86 vgl. Stehling u.a. (Hrsg., 1999), S. 7f. und Löw Beer (2016), S. 107f.

87 vgl. Löw Beer (2016), S. 108.

gesamtwirtschaftlichen Kosten vermieden werden können und Anreize für innovative Vermeidungstechnologien aus Kostengründen nicht gegeben sind, fallen die statische sowie dynamische Effizienz ebenfalls niedrig aus. Transaktionskosten entstehen vor allem bei den Verhandlungen über Zielbeiträge, Handlungsverpflichtungen oder Maßnahmenplanungen zwischen Staat und Akteuren. Außerdem können für den Staat Kosten für die Überwachung, Informationsbeschaffung und Bestimmung bestimmter Sanktionsmechanismen anfallen. Suasorische Maßnahmen sind vorteilhaft, wenn es sich um eine kleine Anzahl extrem gut strukturierter Verursacher von Umweltschäden handelt, die ausreichende und spezifische Kenntnisse zur Anpassung und Reduzierung besitzen.<sup>88</sup> Sie entfalten ihre maximale Wirkung vor allem dann, wenn angemessene Substitutionsprodukte vorhanden sind, die Höhe der Vermeidungskosten nicht zu hoch ist, die Akteure ein hohes Eigeninteresse an umweltfreundlichen Lösungen aufweisen und daraus einen unmittelbaren Vorteil für sich ziehen können. Suasorische Instrumente werden oft zusammen mit anderen Umweltinstrumenten eingesetzt.<sup>89</sup>

Mit Hilfe ordnungsrechtlicher Umweltinstrumente wird das Verhalten der Akteure direkt beeinflusst, indem umweltschädigende Aktivitäten verboten oder beschränkt werden. Hierzu gehören gesetzlich geregelte Gebote, Verbote, Auflagen, Standards, nicht handelbare Zertifikate, Quoten, zeitlich und örtlich begrenzte Regulierungen, sowie Haftungs- und Zulassungsregelungen. Diese können entweder an den Inputfaktoren ansetzen, z.B. durch Zulassungsberechtigungen bestimmter Stoffe und verpflichtende Produktions- und Reinigungstechnologien oder an Outputfaktoren wie Emissionsobergrenzen. Umweltinstrumente des Ordnungsrechts weisen in der Regel eine hohe ökologische Effektivität auf, weil die betroffenen Akteure per Gesetz zur Einhaltung der Vorgaben gezwungen werden. Ordnungsrechtliche Vorschriften gelten für alle Beteiligten gleichermaßen, wobei einzelwirtschaftlich variierende Vermeidungskosten keine Berücksichtigung finden. Die Reduzierung umweltschädlicher Aktivitäten findet also in Summe nicht zu den minimalsten Gesamtkosten statt, weshalb die statische Effizienz niedrig ist. Auch die dynamische Effizienz fällt gering aus, weil Maßnahmen in Form von Verboten durch fehlende Innovationsanreize nicht zur Verbesserung bestehender Umwelttechniken führen. Transaktionskosten entstehen auf Seiten des Staats durch die Festlegung technisch machbarer sowie wirtschaftlich tragbarer Umweltregelungen

---

<sup>88</sup> vgl. Döring und Töller (2018), S. 422.

<sup>89</sup> vgl. vgl. Döring und Töller (2018), S. 422 und Löw Beer (2016), S. 108.

und für Marktakteure vor allem bei umweltbetreffenden Genehmigungsverfahren. Insgesamt ist der Einsatz ordnungsrechtlicher Instrumente dann vorteilhaft, wenn der Staat über ausreichende Kenntnisse hinsichtlich der verschiedenen Vermeidungsmöglichkeiten der Akteure verfügt, deren einzelwirtschaftlichen Vermeidungskosten etwa gleich hoch sind und die Anzahl der Verursacher der Umweltbelastungen nicht zu groß ausfällt. Außerdem hängt die umweltpolitische Effektivität des Ordnungsrechts stark von den verfügbaren Mitteln und Ressourcen der ausführenden Verwaltung ab.<sup>90</sup>

Marktwirtschaftliche Umweltinstrumente bedienen sich der Informations-, Wissens-, Motivations- und Reaktionsvorteile des Markt-Preis-Mechanismus und versuchen so das Verhalten der Gesellschaft über ökonomische Anreize indirekt zu beeinflussen. Dabei entstehen ökonomische Anreize für die Akteure vor allem durch die Veränderung der relativen Kosten der Handlungsalternativen sowie neuen Knappheitsrelationen. Im Vordergrund steht die Korrektur suboptimaler Ressourcenallokationen, die vor allem bei ökologischen Konflikten wie der CO<sub>2</sub>-Problematik entstehen.<sup>91</sup> In der Literatur werden marktwirtschaftliche Instrumente in marktnutzende und marktschaffende Instrumente gegliedert.<sup>92</sup>

Zu den marktnutzenden Umweltinstrumenten zählen Umweltsteuern, -gebühren und –abgaben (kurz: Umweltabgaben), Subventionen, finanzielle Strafen sowie Pfandsysteme, die das Ziel verfolgen den Preis bzw. die Kosten auf bestehenden Märkten so zu beeinflussen, dass entsprechende umweltschädigende Tätigkeiten teurer werden. Umweltabgaben - die meist verbreitetste Form dieser Instrumentenklasse - können für Einsatzfaktoren (z.B. Öl), Produkte (z.B. Benzin) oder Emissionen (z.B. THG) erlassen werden und weisen sowohl eine Finanzierungs- als auch Lenkungsfunktion auf. Während die Finanzierungsfunktion über Einnahmen für die Staatskasse sichergestellt wird, sollen Umweltabgaben auch Anreize für die Reduktion umweltbelastender Aktivitäten auf Seiten der Verursacher setzen. Dieser Lenkungseffekt wird intensiviert, wenn z.B. Emittenten Zuschüsse aus den Staatseinnahmen für weitere Investitionen zur Vermeidung zugesprochen werden. Die Höhe der Umweltabgaben hängt von verschiedenen Kriterien ab.<sup>93</sup> Abgaben, die eingeführt werden, um externe Kosten zu internalisieren, werden als Pigou-Steuern bezeichnet.<sup>94</sup> Sie zielen auf ein optimales Verhältnis von Grenzscha-den und Grenznutzen der Vermeidung und damit auf ein

---

90 vgl. Döring und Töller (2018), S. 420f.

91 vgl. Adolf (2008), S. 326ff.

92 vgl. Löw Beer (2016), S. 107.

93 vgl. Löw Beer (2016), S. 108f.

94 vgl. Adolf (2008), S. 328.

effizientes Maß an Umweltverschmutzung ab. Erfolgt die Festlegung dagegen nach dem sogenannten Preis-Standard-Ansatz wird eine Abgabenhöhe gewählt bei der davon auszugehen ist, dass ein festgelegtes politisches Umweltziel, z.B. in Form einer Emissionsobergrenze, erreicht werden kann. Außerdem kann von einer konkreten Festsetzung gänzlich abgesehen werden, wenn z.B. eine allgemeine Reduktion von Emissionen weltweit ausgerufen wird.<sup>95</sup> Die Umsetzung von Umweltabgaben ist meist unkompliziert und nicht aufwändig, weshalb sie vor allem für Sektoren mit zahlreichen kleinen, nicht abgrenzbaren Emissionsquellen, wie dem Individualverkehr, Kleingewerbe oder Haushaltssektor geeignet ist.<sup>96</sup> Auch ökologische Subventionen zählen zu den marktnutzenden Instrumenten, indem sie z.B. Emissionseinsparungen finanziell entlohnen oder entsprechende Vermeidungskosten ausgleichen, um so das Verhalten von Emittenten indirekt zu beeinflussen.<sup>97</sup> Anders als Umweltabgaben orientieren sich Subventionen nicht am Verursacherprinzip, was langfristig höhere Emissionen zur Folge haben könnte.<sup>98</sup>

Im Gegensatz zu marktnutzenden Instrumenten entstehen durch marktschaffende Instrumente neue Märkte, indem für beteiligte Akteure marktfähige Rechte zur Nutzung der Umwelt bereitgestellt werden. Dazu zählen private Eigentumsrechte, internationale Kompensationssysteme und handelbare Emissionszertifikate.<sup>99</sup>

Marktwirtschaftliche Instrumente, vor allem Umweltabgaben oder Subventionen, weisen gegenüber den ordnungsrechtlichen Instrumenten eine niedrigere ökologische Effektivität auf, weil der Staat das Anpassungsverhalten der Beteiligten an die Vorgabenhöhe nicht direkt beobachten kann. Die statische Effizienz ist jedoch hoch, weil einzelwirtschaftliche Nutzen-Kosten-Abwägungen von Umweltschutzauflagen Anreize für eine gesamtwirtschaftlich kostengünstige Vermeidung von umweltschädigenden Aktivitäten setzen.<sup>100</sup> Externe Effekte können also zu minimalen Kosten internalisiert werden, indem die beteiligten Akteure z.B. ihre Grenzvermeidungskosten für weitere Emissionen an die Höhe der Umweltabgabe anpassen.<sup>101</sup> Außerdem verfügen Instrumente der Marktwirtschaft über eine hohe dynamische Effizienz, weil Innovationsanreize zur Reduzierung von Umweltbelastungen geschaffen werden, um finanzielle Vorteile, z.B. durch die Einsparung von Abgaben, zu erzielen.

---

95 vgl. Löw Beer (2016), S. 109.

96 vgl. Adolf (2008), S. 329.

97 vgl. Löw Beer (2016), S. 109.

98 vgl. Adolf (2008), S. 329.

99 vgl. Löw Beer (2016), S. 110.

100 vgl. Döring und Töller (2018), S. 421.

101 vgl. Adolf (2008), S. 328.

Transaktionskosten fallen auf Seiten des Staates vor allem bei der technischen Ausgestaltung der Instrumente, der Informationsbeschaffung bezüglich privater Vermeidungsalternativen, der Festlegung tragbarer Belastungen und dem Erlass von Ermäßigungs- und Ausnahmeregelungen an. Insgesamt ist der Einsatz marktwirtschaftlicher Instrumente für den Umweltschutz dann vorteilhaft, wenn die Anzahl der umweltschädigenden Akteure mit hauptsächlich privat vorhandenem Wissen zur Schadensvermeidung relativ groß ist.<sup>102</sup> Vor allem im Hinblick auf den Klimawandel sind diese Instrumente eine geeignete Wahl, da THG global vorkommende Schadstoffe sind, bei denen die räumliche Verteilung irrelevant ist. So können Emissionen an den Stellen reduziert oder vermieden werden, an denen es zu minimalen Kosten realisierbar ist.<sup>103</sup>

### **2.3.3. Umweltregulierungen und Umweltinnovationen**

Wie in Kapitel 2.3 angedeutet wurde, sollen Umweltregulierungen und entsprechende politische Instrumente neben einer Schutz- und Internalisierungsfunktion auch Anreize für Umweltinnovationen schaffen. Umweltinnovationen zielen darauf ab, anthropogene Umweltbelastungen zu reduzieren oder ganz zu vermeiden. Außerdem sollen sie entstandene Schäden beheben und eine bessere Kontrolle der Umweltbelastungen ermöglichen.<sup>104</sup> Im Kontext der Emissionsvermeidung können Umweltinnovationen auch als Technologieverbesserungen definiert werden, die die Kosten der Emissionsüberwachung mindern.<sup>105</sup> In der Regel ergeben sich dabei für Innovatoren keine direkten Vorteile, weil neue Technologien zwar die Umweltqualität erhöhen, aber am Markt zu keiner unmittelbaren Gegenleistung führen.<sup>106</sup>

Über die Innovationswirkung von Umweltregulierungen wird in der Innovationsforschung kontrovers diskutiert. Dabei stehen sich zwei grundlegende Sichtweisen gegenüber. Einerseits wird der Umweltregulierung eine innovationshemmende Wirkung zugeschrieben. Dies wird vor allem damit begründet, dass Unternehmen ihre internen Ressourcen zur Einhaltung der Regularien einsetzen müssen, statt sie in profitableren Bereichen, wie der Forschung und Entwicklung zu nutzen. Durch die Regulierung investieren Unternehmen zwar in den Umweltschutz, haben davon aber keine erlösbringenden Vorteile. Außerdem wird argumentiert, dass Umweltregulierungen die Unsicherheit in der unternehmenseigenen Forschung und

---

102 vgl. Döring und Töller (2018), S. 421f.

103 vgl. Adolf (2008), S. 328.

104 vgl. Kriechbaumer u.a. (2011), S. 9.

105 vgl. Anger u.a. (2005), S. 14.

106 vgl. Kriechbaumer u.a. (2011), S. 9.

Entwicklung erhöhen und somit künftige Innovationserlöse schwerer zu kalkulieren sind. Neben der innovationshemmenden Wirkung wird sogar von neuen Risiken gesprochen, weil potenzielle Entwicklungspfade und Lerneffekte durch umweltpolitische Regulierungen übersehen werden könnten (Wildavsky-Hypothese).<sup>107</sup>

Die Gegenseite des wissenschaftlichen Diskurses vertritt die Auffassung, dass Umweltregulierungen nicht nur zur Lösung des Problems bzw. zu einer verbesserten Umweltqualität beitragen, sondern auch eine innovationsfördernde Wirkung auf regulierte Unternehmen haben. Die prominentesten Vertreter dieser „Win-Win-Perspektive“ sind die Ökonomen Porter und van der Linde.<sup>108</sup> Die sogenannte Porter-Hypothese besagt, dass strikte Umweltregulierungen durch den Einsatz adäquater Umweltinstrumente bei betroffenen Unternehmen Innovationen und Effizienzsteigerungen hervorrufen, die zu einer verbesserten internationalen Wettbewerbsfähigkeit führen können. Genauer unterteilt Porter die Innovationswirkung von Umweltregulierungen in den Innovationseffekt und den Vorreitereffekt. Umweltfreundliche und ressourcensparende Prozess- und Produktinnovationen in Folge staatlicher Umweltregulierungen führen zu Kosteneinsparungen und generieren neue Marktchancen, wodurch die für die Regulierung anfallenden Kosten (Compliance Costs) sowie die Innovationskosten übertroffen werden können (Innovationseffekt). Der Vorreitereffekt entsteht, wenn die auf nationaler Ebene gültigen Regulierungsstandards in andere Märkte über Grenzen hinweg, diffundieren. Die bereits regulierten inländischen Unternehmen nehmen dann eine Vorreiterrolle ein, weil sie sich bereits an die Regulierung angepasst haben. Über Lernkurveneffekte und Patentierungen innovativer Technologien können sich infolgedessen Wettbewerbsvorteile auf dem internationalen Markt ergeben. Die Autoren betonen jedoch, dass es bei der bestmöglichen Innovationswirkung von Umweltregulierungen vor allem auf die Ausgestaltung der Maßnahme oder des Instrumentes ankommt. Eine innovationsfreundliche Ausgestaltung hängt dabei von vielen verschiedenen Rahmenbedingungen wie der Intensität oder Härte der Regulierungsmaßnahmen, der Anpassung des Instrumenteneinsatzes an die Innovationsziele der Branche, einer klaren Zieldefinition oder einer flexiblen Anpassungsfähigkeit ab. Auch der Umweltökonom Ashford unterstreicht in seiner Hypothese, dass potenzielle Innovationswirkungen entscheidend vom Gesamtmuster der Umweltregulierung abhängen. Dazu zählt er Strukturelemente wie den

---

<sup>107</sup> vgl. Nordbeck und Faust (2005), S. 175f.

<sup>108</sup> vgl. Frohwein (2003), S. 7f.

Regulierungsansatz (Produkt- oder Prozessregulierung), die Instrumentenwahl, Übergangsfristen, die Schärfe der Zielsetzungen, Unsicherheiten und die Verfügbarkeit zusätzlicher Anreize zur Regulierungsunterstützung. Insgesamt soll eine neue Umweltregulierung laut Ashford auf die erwünschten Innovationswirkungen ausgerichtet sein, in innovationsförderlichen Branchensegmenten eingeführt werden und ein adäquates Strukturdesign aufzeigen.<sup>109</sup>

#### **2.3.4. Klimapolitik**

Die Klimapolitik ist Teil der Umweltpolitik, die aufgrund ihrer Komplexität internationale Lösungen und die Kooperation aller Staaten erfordert. Sie beinhaltet konkrete Strategien, mit denen die globale Erwärmung eingedämmt werden soll. Zentrales Ziel ist dabei die Reduzierung der anthropogenen THG-Emissionen.<sup>110</sup>

Die Klimaschutzpolitik der EU sowie der Bundesrepublik Deutschland basiert auf der im Jahr 1992 etablierten Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen.<sup>111</sup> Es handelt sich um ein internationales, multilaterales Umweltschutzabkommen zu dem sich inzwischen 197 Staaten bekannt haben. Seit 1995 finden dahingehend jährlich die sogenannten Weltklimakonferenzen statt.<sup>112</sup> Die dritte Weltklimakonferenz 1997 verabschiedete das sogenannte Kyoto-Protokoll, das im Jahr 2005 in Kraft getreten ist. Durch das Protokoll wurden Industrieländer (Annex-I-Staaten) zum ersten Mal rechtsverbindlich zur Reduzierung ihrer klimaschädlichen THG-Emissionen verpflichtet.<sup>113</sup> Insgesamt verpflichteten sich die Annex-I-Staaten zu einer Reduktion der THG-Emissionen zwischen 2008 und 2012 von 5,2% gegenüber dem Basisjahr 1990. Für die EU wurde für denselben Zeitraum eine Reduktionsvorgabe von 8% festgelegt und Deutschland verpflichtete sich als größter Emittent der EU zu einer THG-Reduktion von 21%.<sup>114</sup> Im Jahr 2012 beschlossen die Teilnahmestaaten die Fortsetzung des Protokolls und legten höhere Emissionsziele für den Zeitraum bis 2020 fest.<sup>115</sup> Auf der Weltklimakonferenz in Paris 2015 setzten sich alle 197 Vertragsparteien der Klimarahmenkonvention das verbindliche Ziel die globale Erderwärmung auf deutlich unter zwei und möglichst auf 1,5 Grad Celsius im Gegensatz zur vorindustriellen Zeit zu begrenzen.<sup>116</sup> Laut dem Pariser Abkommen ist dafür eine globale THG-Neutralität bis Mitte

---

109 vgl. Nordbeck und Faust (2005), S. 175ff.

110 vgl. UBA (2016), URL siehe Literaturverzeichnis.

111 vgl. BMU (2020), S. 15.

112 vgl. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2022), URL siehe Literaturverzeichnis. und BMU (2020), S. 15.

113 vgl. BMUV (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.

114 vgl. Hammer (2011), S. 22.

115 vgl. BMU (2020), S. 15.

116 vgl. BMUV (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.



dieses Jahrhunderts erforderlich,<sup>117</sup> weshalb alle Staaten dazu verpflichtet waren bis zum Jahr 2020 nationale Klimaschutzstrategien mit individuellen Reduktionszielen- und maßnahmen vorzulegen.<sup>118</sup>

Im Mittelpunkt der EU-Klimapolitik steht das sogenannte Klima- und Energiepaket von 2007, welches erste rechtsverbindliche Klimaziele definierte. Demnach sollte die EU bis zum Jahr 2020 20% der THG-Emissionen gegenüber 1990 einsparen, den Anteil erneuerbarer Energien auf 20% erhöhen und die Energieeffizienz um 20% verbessern. Im Jahr 2014 wurde das Paket für den Zeitraum 2021 bis 2030 angepasst, indem das THG-Minderungsziel gegenüber 1990 auf 40%,<sup>119</sup> später sogar auf 55%, erhöht wurde.<sup>120</sup> Zur Erreichung dieser Ziele ist das EU-ETS das wichtigste Klimainstrument und soll in den Sektoren Energie, Industrie und Luftverkehr bis zum Jahr 2030 für eine Emissionsminderung von insgesamt 43% gegenüber 2005 sorgen. Für die vom EU-ETS nicht erfassten Sektoren Verkehr, Gebäude und Landwirtschaft legten bis 2020 sogenannte Lastenteilungsentscheidungen verbindliche Emissionsreduktionsziele für jeden einzelnen EU-Mitgliedstaat fest. Für den Zeitraum 2021 bis 2030 ist die EU-Klimaschutzverordnung für diese Aufgabe verantwortlich und definiert für die gesamte EU bis zum Jahr 2030 ein Emissionsminderungsziel von 30% innerhalb dieser Sektoren im Vergleich zum Jahr 2005.<sup>121</sup> Im Jahr 2020 wurden die Bestrebung der EU zum aktiven Klimaschutz mit dem sogenannten European Green Deal und dem darin verankerten EU-Klimaschutzgesetz gefestigt. Dabei handelt es sich um eine weitreichende rechtsverbindliche Nachhaltigkeitsstrategie, die das oberste Ziel der THG-Neutralität bis 2050 verfolgt.<sup>122</sup>

### **3. Europäisches Emissionshandelssystem**

#### **3.1. Rechtliche Grundlagen**

Das EU-ETS gilt als das wichtigste Klimaschutzinstrument der EU und zielt auf eine möglichst kosteneffektive und wirtschaftlich effiziente Reduktion der THG-Emissionen ab. Es wurde 2005 im Rahmen des Kyoto-Protokolls eingeführt, besteht bislang aus vier Handelsperioden und ist heute das größte bestehende Emissionshandelssystem der Welt. Neben CO<sub>2</sub>, dem wichtigsten THG, sind seit 2013 auch Lachgas und

---

117 vgl. BMU (2019), S. 10.

118 vgl. BMU (2020), S. 15.

119 vgl. ebenda, S. 18.

120 vgl. BMUV (2021a), URL siehe Literaturverzeichnis.

121 vgl. BMU (2020), S. 18ff.

122 vgl. BMU (2020), S. 17.

perfluorierte Kohlenwasserstoffe in das EU-ETS integriert.<sup>123</sup> Den gesetzlichen Rahmen für das EU-ETS stellt die EU-Richtlinie 2003/87/EG dar;<sup>124</sup> an dem Handelssystem nehmen 28 EU-Staaten sowie Norwegen, Island und Lichtenstein teil. Der europäische Emissionshandel bezieht sich in erster Linie auf die THG-Emissionen aus den Sektoren Energie und Industrie, zu denen alle stationären Anlagen der energiewirtschaftlichen Stromerzeugung sowie der energieintensiven Industrie mit einem Leistungsvermögen von mindestens 20 Megawatt zählen.<sup>125</sup> Im Jahr 2020 waren in Europa etwa 10.000 stationäre Anlagen mit einem Ausstoß von insgesamt 1,3 Mrd. Tonnen CO<sub>2e</sub> emissionshandelspflichtig. Außerdem umfasst das EU-ETS seit dem Jahr 2012 auch den Flugverkehr im europäischen Wirtschaftsraum. Luftfahrzeugbetreiber sind für die Emissionen von Flügen innerhalb und zwischen den EU-ETS-Mitgliedstaaten emissionshandelspflichtig.<sup>126</sup> Im Jahr 2020 nahmen fast 6.000 Luftfahrzeugbetreiber am EU-ETS teil;<sup>127</sup> zusammen haben sie etwa 24,8 Mio. Tonnen CO<sub>2e</sub> freigesetzt. Während THG-Emissionen des Energie- und Industriesektors den EU-ETS-Mitgliedsstaaten zugeordnet werden, die sie verursachen (Territorialprinzip), ist die Zuteilung im Flugsektor anders geregelt. Jeder Luftfahrzeugbetreiber wird den EU-ETS-Mitgliedsstaaten zugeordnet, welche die jeweilige Betriebsgenehmigung erlassen haben.<sup>128</sup> Die Bereiche Verkehr, Gebäude und Landwirtschaft werden auf europäischer Ebene trotz hoher Emissionen aktuell nicht in das EU-ETS einbezogen. Insgesamt sind etwa 45% der THG-Emissionen der EU vom EU-ETS abgedeckt.<sup>129</sup> In Deutschland regelt das sogenannte THG-Emissionshandelsgesetz (TEHG) die Umsetzung der EU-Richtlinie 2003/87/EG.<sup>130</sup> Es beinhaltet alle Tätigkeiten des Energie- und Industriesektors sowie der Luftverkehrsbranche, bei denen THG im hohen Maße ausgestoßen werden (s. Anhang, Tab. A1).<sup>131</sup>

### **3.2. Einbezogene Branchen in Deutschland**

Das TEHG unterscheidet 29 Tätigkeiten für die Sektoren Energie und Industrie, denen alle vom EU-ETS erfassten stationären emissionshandelspflichtigen Anlagen zugeordnet werden können.<sup>132</sup> Unter dem Energiesektor werden hauptsächlich Tätigkeiten zur

---

123 vgl. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2018), S. 4.

124 vgl. Hammer (2011), S. 43.

125 vgl. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2018), S. 4.

126 vgl. DEHSt (2020b), S. 81ff.

127 vgl. DEHSt (2020a), S. 2.

128 vgl. DEHSt (2020b), S. 94ff.

129 vgl. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2018), S. 4f.

130 vgl. Möller (2008), S. 18.

131 vgl. Bundesministerium der Justiz und Bundesamt für Justiz (2011), URL siehe Literaturverzeichnis.

132 vgl. DEHSt (2020b), S. 119.

Strom- und Wärmeerzeugung zusammengefasst. Dazu zählen die Energieumwandlung in Großfeuerungsanlagen, also Kraftwerke, Heiz(kraft)werke mit einer Feuerungswärmeleistung über 50 MW, die Energieumwandlung in Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung zwischen 20 und 50 MW wie Heiz(kraft)werke der Fernwärmeversorgung sowie die Speicherung und Aufbereitung von Erdgas durch Antriebsmotoren und –turbinen.<sup>133</sup> Im Jahr 2020 umfasste der Energiesektor 903 emissions-handelspflichtige Anlagen mit einer Freisetzung von 207 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e.<sup>134</sup>

Der Industriesektor wird im TEHG nach den Branchen Raffinerien, Eisen und Stahl, Nichteisenmetalle, mineralverarbeitende Industrie, Papier und Zellstoff, chemische Industrie sowie sonstige Verbrennungsanlagen gegliedert, denen jeweils einzelne emissionshandelspflichtige Tätigkeiten zugeordnet werden. Insgesamt umfasste das EU-ETS in Deutschland im Jahr 2020 914 Anlagen des Industriesektors, die zusammen 114 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e emittierten. Den größten Anteil an diesen Emissionen (ca. 28%) hatten 2020 123 emissionshandelspflichtige Eisen- und Stahlanlagen, gefolgt von 23 emissionshandelspflichtigen Raffinerien, die mit 20,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e für etwa 20% der gesamten Industrieemissionen verantwortlich waren. Außerdem zählt die Zementklinkerherstellung (36 emissionshandelspflichtige Anlagen) - als eine Tätigkeit der mineralverarbeitenden Industrie - mit einem Ausstoß von 20,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e im Jahr 2020 zu den klimaschädlichsten Tätigkeiten in Deutschland.<sup>135</sup>

Deutschland ist als Verwaltungsstaat für etwa 500 Luftfahrzeugbetreiber verantwortlich, von denen im Jahr 2020, aufgrund von fehlenden Emissionstätigkeiten einiger Betreiber, Betriebsauflösungen, Insolvenzverfahren und Ausnahmegenehmigungen für nichtgewerbliche Emittenten mit weniger als 1.000 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Jahr, lediglich 48 vom EU-ETS erfasst wurden. Diese emissionshandelspflichtigen Flugbetreiber verursachten etwa vier Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e.<sup>136</sup>

### **3.3. Funktionsweise**

Das EU-ETS ist ein marktwirtschaftliches Umweltinstrument, das einen Markt für Emissionsrechte für THG schafft (marktschaffendes Instrument).<sup>137</sup> Die Grundidee ist, dass alle teilnehmenden Unternehmen Zertifikate für ihre ausgestoßenen THG-Emissionen

---

133 vgl. Graichen u.a. (2021), S. 29.

134 vgl. DEHSt (2020b), S. 5.

135 vgl. DEHSt (2020b), S. I-IX.

136 vgl. ebenda, S. 94.

137 vgl. Fritsch (2011), S. 124.

vorlegen müssen.<sup>138</sup> Bei den Zertifikaten handelt es sich um sogenannte European Allowances (EUA)<sup>139</sup>, wobei ein Zertifikat den Verursacher zum Ausstoß von einer Tonne CO<sub>2</sub>e berechtigt.<sup>140</sup> Stößt ein Unternehmen mehr Emissionen aus, als dass es Zertifikate vorlegen kann, werden Sanktionen fällig.<sup>141</sup>

Der europäische Emissionshandel funktioniert nach dem sogenannten „Cap and Trade-Prinzip“. Das Cap ist eine Emissionsobergrenze, also die Summe aller Zertifikate, die für einen bestimmten Zeitraum festlegt, wie viel Tonnen CO<sub>2</sub>e alle Anlagen und Betreiber zusammen emittieren dürfen.<sup>142</sup> Durch die Limitation der Zertifikate wird sichergestellt, dass in einem festgelegten Zeitraum ein bestimmtes Emissionsziel in jedem Fall erreicht wird.<sup>143</sup> Das EU-ETS weist also eine gute ökologische Effektivität (Treffsicherheit) auf.<sup>144</sup> Von dem von der EU festgelegten Cap wird den Unternehmen eine bestimmte Anzahl an Zertifikaten nach dem Prinzip des Grandfathering oder des Benchmarking kostenfrei zugeteilt. Während sich beim Grandfathering die Menge der Gratiszuteilungen an Emissionsdaten aus der Vergangenheit orientiert, berechnet sie sich beim Benchmarking als Produkt aus einem festgelegten spezifischen Emissionswert (dem Benchmark) und einer individuellen Aktivitätsgröße.<sup>145</sup> Der übrige Teil der Berechtigungen wird an europäischen Börsen wie der Leipziger Energiebörse (European Energy Exchange) versteigert.<sup>146</sup> Die Zuteilungsmethode der Auktionierung findet nach dem Verursacherprinzip statt und ist Voraussetzung für die Integration der Klimakosten in wirtschaftliche Entscheidungen der Emittenten. Außerdem können Unternehmen international anerkannte Projektgutschriften in einem begrenzten Umfang gegen Emissionszertifikate eintauschen und somit für die Abgabenverpflichtung einsetzen. Zu den Gutschriften gehören Emissionsreduktionseinheiten (Emission Reduction Units, ERU) und zertifizierte Emissionsreduktionen (Certified Emission Reductions, CER), die Unternehmen außerhalb des EU-ETS über erfolgreich abgeschlossene Klimaschutzprojekte – den sogenannten Joint Implementation und

---

138 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 6.

139 Im Flugsektor wird auch von sogenannten European Aviation Allowances (EUAA) gesprochen. In der vorliegenden Arbeit sind EUAA in EUA enthalten.

140 vgl. Treude u.a. (2021), S. 8.

141 vgl. DEHSt (2017a), URL siehe Literaturverzeichnis.

142 vgl. ebenda, URL siehe Literaturverzeichnis.

143 vgl. Drnek (2015), S. 187.

144 vgl. Fritsch (2011), S. 132.

145 vgl. Schleich u.a. (2010), S. 45.

146 vgl. DEHSt (2017a), URL siehe Literaturverzeichnis.

Clean Development Mechanism Projekten aus dem Kyoto-Protokoll – erlangen können.<sup>147</sup> Diese Gutschriften werden dem Cap hinzuaddiert.<sup>148</sup>

Der Begriff „Trade“ bezeichnet im EU-ETS die Möglichkeit der Teilnehmer, ihre Emissionszertifikate frei am Markt und untereinander zu handeln. Das bedeutet, dass ein Unternehmen jederzeit übrige Zertifikate an andere Teilnehmer verkaufen oder Zertifikate von anderen Unternehmen zur Deckung seiner Emissionen kaufen kann.<sup>149</sup> Durch diesen Handel bildet sich am Markt ein allgemeiner Preis für ein Emissionszertifikat (umgangssprachlich oft als CO<sub>2</sub>-Preis bezeichnet), der ein Maß für die Knappheit der Zertifikate darstellt. Dieser ist umso höher, je höher die Nachfrage bzw. je niedriger das Angebot an Zertifikaten auf dem Markt ist.<sup>150</sup> Das Preisniveau der Zertifikate ist ausschlaggebend für die Wirkungen des EU-ETS und fließt unmittelbar in die Entscheidungsfindung der Unternehmen ein.<sup>151</sup>

Die Wirkungsweise des EU-ETS lässt sich aus volkswirtschaftlicher Perspektive mittels Abb.1 erläutern, die den Verlauf der Grenzvermeidungskosten GVK eines Emittenten in Abhängigkeit der Emissionsmenge darstellt.

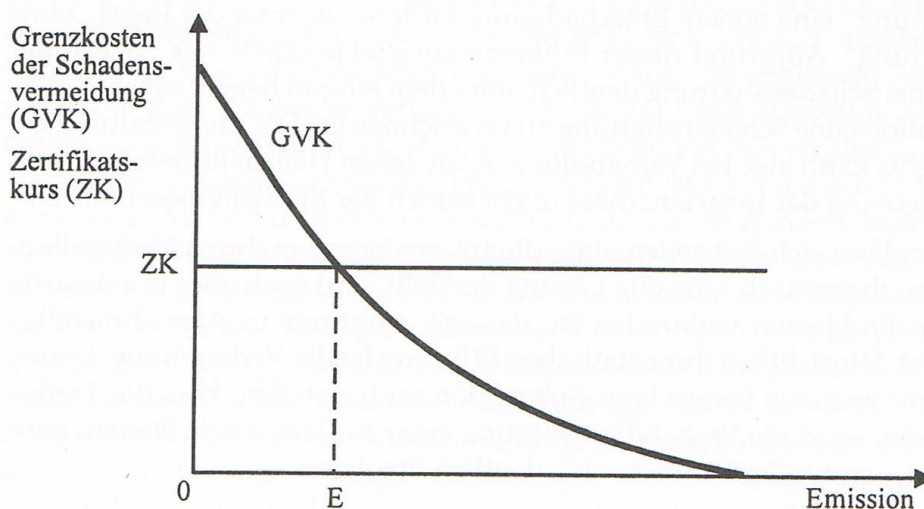


Abb. 1: Funktionsweise des EU-ETS: Zusammenhang zwischen Grenzkosten der Schadensvermeidung, Emissionen und Zertifikatskurs<sup>152</sup>

Der Emittent hat grundsätzlich bei jeder THG-Emissionseinheit die Wahl entweder ein Zertifikat vorzulegen oder den Ausstoß der Einheit zu vermeiden. Der Emittent wird seine Emissionen vermeiden, solange der Zertifikatspreis über den

147 vgl. DEHSt (2020b), 78ff.

148 vgl. UBA (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.

149 vgl. DEHSt (2017a), URL siehe Literaturverzeichnis.

150 vgl. Fritsch (2011), S. 124.

151 vgl. Anger u.a. (2005), S. 13.

152 vgl. Fritsch (2011), S. 124.

Grenzvermeidungskosten liegt ( $ZK > GVK$ ). Im Beispiel ist das für jede Emissionseinheit der Fall, die über  $0E$  hinausgeht. Ist er in dieser Situation im Besitz von überflüssigen Zertifikaten, so ist es für ihn vorteilhaft, diese am Markt zu verkaufen. Liegen die Grenzvermeidungskosten jedoch über dem Zertifikatspreis ( $ZK < GVK$ ), wird er seine verfügbaren Zertifikate nutzen bzw. bei Bedarf am Markt Zertifikate erwerben. Dies gilt für alle Emissionseinheiten, die unterhalb von  $0E$  liegen. Das Optimum ergibt sich dort, wo Zertifikatspreis und Grenzvermeidungskosten gleich groß sind ( $ZK = GVK$ ). Im dargestellten Beispiel würde der Emittent also die THG-Menge  $0E$  emittieren und müsste dafür Kosten in Höhe von  $0E \cdot ZK$  tragen. Steigt der Zertifikatspreis am Markt auf  $ZK'$  ( $ZK' > ZK$ ), sinkt die optimale Emissionsmenge des Emittenten auf  $0E'$  ( $0E' < 0E$ ), wodurch dieser im Vergleich zu  $ZK$  zusätzlich die Menge  $EE'$  einsparen würde. Sinkt der Zertifikatspreis jedoch auf  $ZK''$  ( $ZK'' < ZK$ ), würde der Emittent ökonomisch rational betrachtet weniger Emissionen vermeiden, weil die optimale Emissionsmenge bei  $0E''$  ( $0E'' > 0E$ ) liegt. Die optimale Emissionsmenge ist also umso geringer je höher der Zertifikatspreis ist. Aufgrund dieser Wirkungsweise weist ein Zertifikathandel in Form des EU-ETS eine sehr hohe statische Effizienz auf. Alle Emittenten passen sich dem gleichen Zertifikatspreis an, weshalb auch die Grenzvermeidungskosten für die letzte vermiedene THG-Einheit identisch sind. Die größte Emissionsmenge wird dort vermieden, wo es am kostengünstigsten möglich ist.<sup>153</sup>

### **3.4. Innovationswirkung**

Um das Klimaziel der EU - die THG-Neutralität bis 2050 – zu erreichen und gleichzeitig die europäische Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, spielen auf langfristige Sicht Innovationen eine entscheidende Rolle.<sup>154</sup> Deshalb soll das EU-ETS neben einer guten ökologischen Effektivität und einer sehr hohen statischen Effizienz zusätzlich eine permanente Anreizwirkung für innovative Produkte und verbesserte Vermeidungstechnologien entfalten (dynamische Effizienz).

#### **3.4.1. Allgemein**

Das EU-ETS verändert über die Bepreisung von THG die Kostenstruktur der emittierenden Unternehmen und kann so deren Wettbewerbsposition verschlechtern. Um diese Situation zu verhindern, versuchen Unternehmen bezüglich ihrer THG-Emissionen Kostensenkungspotenziale zu identifizieren. Diese sind jedoch meist nicht

---

<sup>153</sup> vgl. Fritsch (2011), S. 112ff.

<sup>154</sup> vgl. Brockmann u.a. (2012), S. 21.

frei zugänglich. Vielmehr sind Effizienzmaßnahmen, angepasste Fahrweisen der Anlagen, Brennstoffwechsel und vor allem emissionseinsparende Technologien zur Realisierung der Potenziale erforderlich. Hierfür investieren die Emittenten in Forschung und Entwicklung, um Produkt- oder Prozessinnovationen herbeizuführen.<sup>155</sup> Das EU-ETS soll also über das Preissignal Anreize für Innovationen bei den Emittenten entfachen (dynamische Effizienz). Diese ist in Abb. 2 aus volkswirtschaftlicher Perspektive dargestellt. Dabei wird die Entscheidungssituation eines Emittenten betrachtet, der von seiner bisherigen Vermeidungstechnologie auf eine neue wechseln könnte.

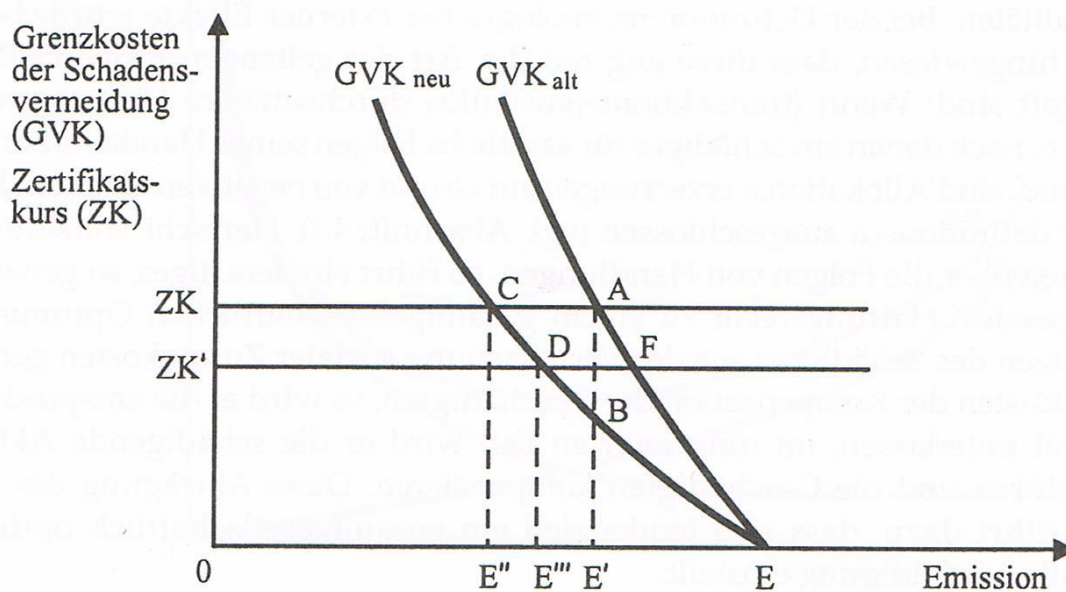


Abb. 2: Innovationswirkung des Emissionshandels<sup>156</sup>

Ausgangspunkt ist die alte Vermeidungstechnologie mit den zugehörigen Grenzvermeidungskosten  $GVK_{alt}$ . Bei gegebenem Zertifikatspreis  $ZK$  liegt das Optimum im Punkt A, sodass der Emittent die Emissionsmenge  $EE'$  ( $0E-0E'$ ) vermeiden würde und Zertifikate für die Emissionsmenge  $0E'$  vorlegen müsste. Seine Gesamtkosten entsprechen dabei der Fläche  $0ZKAE$ , die sich aus den Vermeidungskosten in Höhe der Fläche  $AEE'$  und den Kosten für die Zertifikate in Höhe der Fläche  $0ZKAE'$  zusammensetzt. Durch zusätzliche Investitionen könnte der Emittent nun eine innovative Vermeidungstechnologie einführen, die mit niedrigeren Grenzvermeidungskosten ( $GVK_{neu}$ ) verbunden ist. Damit würde sein optimales Emissionsniveau auf  $0E''$  sinken. Der Emittent müsste also die Emissionsmenge  $EE''$  vermeiden, was zunächst höhere

<sup>155</sup> vgl. Anger u.a. (2005), S. 13ff.  
<sup>156</sup> vgl. Fritsch (2011), S. 125.

Vermeidungskosten (Fläche CEE“) zur Folge hätte. Aufgrund des gesunkenen Emissionsniveaus (OE“) kann er jedoch die übrigen Zertifikate zum Zertifikatspreis am Markt verkaufen, weshalb die Kosten für die restlichen Emissionszertifikate um den Betrag  $E'E''*ZK$  (Rechteck CAE'E“) und damit auf die Fläche 0ZCE“ sinken. Insgesamt ergeben sich also niedrigere Gesamtkosten in Höhe der Fläche 0ZCE, weshalb der Anreiz zur Übernahme der innovativen Technologie, also der daraus resultierende Gewinn, der Fläche CAE (0ZAE-0ZCE) entspricht. Da die Emittenten gewinnmaximierend agieren, sind Innovationen vorteilhaft, wenn die Innovationsgewinne die Innovationskosten übertreffen. Wird davon ausgegangen, dass im Beispiel beim Emittenten für die Entwicklung der neuen Technologie die Innovationskosten  $K$  anfallen, so entscheidet er sich nur dann für einen Technologiewechsel, wenn CAE größer ist als  $K$ . Grundsätzlich besteht so dauerhaft eine Anreizwirkung für die Emittenten in innovative Technologien zu investieren (hohe dynamische Effizienz).<sup>157</sup> Bisher wurde angenommen, dass der Zertifikatspreis konstant ist und nicht vom Vermeidungs- und innovationsverhalten der Emittenten abhängt. Diese Annahmen sind in der Realität jedoch nicht anzutreffen. Marktteilnehmer ohne Innovationsanstrengungen profitieren ebenfalls von der Innovation eines anderen Emittenten, da sie ihre eigenen Grenzvermeidungskosten durch die Imitation sowie Adaption der neuen Technologie senken können und somit auch deren optimales Emissionsniveau sinkt. Innovationen führen also zunächst zur Besserstellung aller regulierten Marktteilnehmer. Werden jedoch in Folge der Innovation weniger THG emittiert, so sinkt bei gleichbleibendem Angebot die Nachfrage nach Zertifikaten am Markt und somit auch der Zertifikatspreis. Der Preisrückgang ist umso stärker, je weiter die neue Vermeidungstechnologie verbreitet ist bzw. je mehr Emittenten diese adaptieren.<sup>158</sup> In Abb. 2 wird davon ausgegangen, dass der Zertifikatspreis  $ZK$  in Folge der neuen Technologie auf  $ZK'$  sinkt. Dadurch entspricht der Anreiz für den Technologiewechsel bzw. der Innovationsgewinn des Emittenten nur noch der Fläche DFE (Vergleich vorher: CAE).<sup>159</sup> Um einen schnellen Diffusions- sowie Adoptionsprozess und damit sinkende Innovationsgewinne zu vermeiden, kann der Innovator seine neue Vermeidungstechnologie schützen, indem er durch ein Patent die kostenlose Nutzung seiner Technologie durch andere Emittenten verhindert.<sup>160</sup>

---

157 vgl. Fritsch (2011), S. 114ff.

158 vgl. Anger u.a. (2005), S. 16f. und Fritsch (2011), S. 125.

159 vgl. Fritsch (2011), S. 114ff.

160 vgl. Anger u.a. (2005), S. 15.



Neben der hier gezeigten dynamischen Anreizwirkung können auch Förderinstrumente innerhalb des EU-ETS Innovationen begünstigen. So bietet die Auktionierung der Zertifikate an europäischen Handelsbörsen neue Möglichkeiten der staatlichen Förderung von Klimaschutzmaßnahmen. Die Mitgliedsstaaten können ihre Auktionserlöse dafür einsetzen innovative Projekte der Unternehmen zur THG-Reduzierung finanziell zu unterstützen und nachhaltig zu fördern. Die Erlöse sind umso höher, je mehr Zertifikate versteigert werden und desto höher der Zertifikatspreis liegt.<sup>161</sup>

### **3.4.2. Empirische Befunde**

In der Forschungsliteratur gibt es nur wenige empirische Studien zur Innovationswirkung des EU-ETS. Die vorliegenden Untersuchungen weisen dabei unterschiedliche Ergebnisse auf. Hoffmann (2007), Rogge und Hoffmann (2010) und Rogge u.a. (2011) kommen auf der Grundlage zahlreicher Interviews im deutschen Elektrizitätssektor zu dem Ergebnis, dass die Wirkung des EU-ETS auf die Innovationsaktivität der Unternehmen beschränkt ist. Sie weisen jedoch auf eine erhöhte Forschungsaktivität der Energieversorger zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und auf vermehrte Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen hin. Das KfW/ZEW-CO<sub>2</sub>-Barometer 2012 zeigt, dass 47% der befragten Energie- und Industrieunternehmen innerhalb der zweiten Handelsperiode Investitionen durchgeführt haben, die zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion führten, während es vor Einführung des EU-ETS nur 32% waren. Im Zeitraum von 2005 bis 2012 gaben jedoch 91% der Unternehmen an, dass die CO<sub>2</sub>-Minderung nur ein Nebeneffekt war; Hauptmotive für die Investitionen waren die Senkung der Energie- und Rohstoffkosten sowie allgemeine Effizienzpotenziale. Zudem zeigte die Studie, dass 40% der befragten Energie- und Industrieunternehmen innovative Technologien am Markt zukaufen, während nur 16% eigene Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten betreiben. Das zeigt, dass ein großer Markt für Vermeidungstechnologien besteht und Innovationen weniger von den regulierten Unternehmen selbst durchgeführt werden. Während große Unternehmen sowie Großemittenten ihren Fokus auf den externen Erwerb neuer Technologien legen, leisten kleine und mittlere Unternehmen und Kleinemittenten überdurchschnittlich hohe Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen. Der sektorale Vergleich zeigt, dass Industrieunternehmen im Bereich Forschung und Entwicklung deutlich aktiver sind als Energieunternehmen. Ähnlich wie bei den Vermeidungsmaßnahmen ist die CO<sub>2</sub>-Reduktion auch für Forschungs- und

---

<sup>161</sup> vgl. DEHSt (2020b), S. 89 und Fritsch (2011), S. 115.

Entwicklungsbemühungen nur ein Nebenmotiv.<sup>162</sup> Schleich u.a. (2010) fanden heraus, dass das Investitionsvolumen für Neuanlagen, Modernisierung, Forschung und Entwicklung in den ersten fünf Jahren nach Einführung des EU-ETS bei den meisten befragten Unternehmen des Stromsektors gestiegen ist. Jedoch blieb im Zeitraum 2000 bis 2009 der Anteil der Stromerzeugungsunternehmen, der in Forschung und Entwicklung investiert hat, weiterhin sehr klein (ca. 35%). In der Papierindustrie war zwischen 2005 und 2009 bei den Investitionen in Neuanlagen und Modernisierung tendenziell eine Abnahme zu verzeichnen, während das Investitionsvolumen für Forschung und Entwicklung konstant bis leicht steigend verlief. Sowohl im Stromsektor als auch in der Papierindustrie war das EU-ETS jedoch nicht das Hauptmotiv für die getätigten Investitionen.<sup>163</sup>

Insgesamt wird die Innovationswirkung von Emissionshandelssystemen in der aktuellen Forschung als sehr komplex und schwer messbar angesehen. Ergebnisse aus wissenschaftlichen Studien deuten darauf hin, dass die Ausgestaltung des Emissionshandels einen entscheidenden Einfluss auf dessen Innovationseffekte hat.<sup>164</sup> So zeigte Kovacs (2005) in einer Untersuchung, dass das Instrument richtig ausgestaltet sein muss, damit regulierte Unternehmen in die Entwicklung umweltschonender Technologien investieren. Vor allem die Allokationsmethode der Zertifikate (kostenlos vs. auktioniert) kristallisierte sich dabei als entscheidendes Ausgestaltungselement heraus.<sup>165</sup> Auch Gagelmann (2003) kam zu dem Schluss, dass der schwache Innovationsanreiz bestehender Emissionshandelssysteme auf verschiedene Ausgestaltungsfaktoren, wie z.B. die Anzahl der ausgegebenen Zertifikate, die Zuteilungsmethode oder die zeitliche Transfermöglichkeit der Zertifikate, zurückzuführen ist.<sup>166</sup> Kemp und Pontoglio (2008) sowie Vollebergh (2007) schrieben der institutionellen Ausgestaltung eines Politikinstruments größeren Innovationseinfluss zu als der eigentlichen Instrumentenwahl.<sup>167</sup> Diese Studien unterstützen somit die Gültigkeit der Porter-Hypothese (s. Kap. 2.3.3).

---

<sup>162</sup> vgl. Brockmann u.a. (2012), S. 21.

<sup>163</sup> vgl. Schleich u.a. (2010), S. 179ff.

<sup>164</sup> vgl. Anger u.a. (2005), S. 29f.

<sup>165</sup> vgl. Kovacs (2005), S. 191f.

<sup>166</sup> vgl. Anger u.a. (2005), S. 29.

<sup>167</sup> vgl. Schleich u.a. (2010), S. 40.

### 3.4.3. Rahmenbedingungen und Ausgestaltungselemente

Im Folgenden werden einzelne Ausgestaltungselemente des EU-ETS näher betrachtet, um Rahmenbedingungen für einen innovationsfördernden Emissionshandel zu bestimmen.

Die Ausgestaltungselemente können sowohl auf Makro- als auch auf Mikro-Ebene den Zertifikatspreis und die Innovationswirkung des EU-ETS beeinflussen. Zu den makro-ökonomischen Faktoren zählen die Höhe der Emissionsobergrenze (Cap), externe Projektgutschriften, der intertemporale Transfer von Zertifikaten (Banking und Borrowing) sowie Preisschwankungen und die Dauer der Handelsperiode. Der Anreiz zur Emissionseinsparung bzw. Verbesserung der Vermeidungstechnologie wird im EU-ETS über den Zertifikatspreis geschaffen. Da dieser durch das Gesamtangebot (Cap) und die Nachfrage nach Zertifikaten (tatsächliche Emissionsmenge) bestimmt wird, ist die Innovationswirkung des Emissionshandels vom Cap abhängig.<sup>168</sup> Dieses sollte die tatsächlichen Emissionen nicht überschreiten, weil die Unternehmen sonst durch Überausstattungen wenig Anreize haben Emissionen zu vermeiden oder in neue Vermeidungstechnologien zu investieren. Dieser Effekt verstärkt sich dann durch einen sinkenden Zertifikatspreis, wodurch der Verkauf von eingesparten Zertifikaten nicht lohnenswert wäre.<sup>169</sup> Generell gilt deshalb, je niedriger das Cap ist, desto stärker ist die Knappheit an Zertifikaten am Markt, desto höher der Zertifikatspreis und letztendlich auch der Innovationsanreiz. Aus Kapitel 3.4.1 ist außerdem bekannt, dass der Zertifikatspreis mit zunehmendem Diffusions- und Adaptionprozess innovativer Technologien sinkt und somit den Innovationsprozess abschwächt. Um der Ursache des Preisrückgangs – der sinkenden Nachfrage – entgegenzuwirken und damit die Innovationswirkung des EU-ETS langfristig aufrechtzuerhalten, müssen Zertifikate nach gewissen Richtwerten einbehalten werden oder das Cap in regelmäßigen Abständen (jährlich) reduziert werden.<sup>170</sup>

Die europäische Richtlinie 2004/101/EG bietet den Unternehmen die Möglichkeit, vom Kyoto-Protokoll anerkannte Projektgutschriften zu nutzen. Die dafür erforderlichen Emissionsminderungen außerhalb des EU-ETS, erweitern einerseits den vom Emissionshandel induzierten Innovationsumfang.<sup>171</sup> Andererseits kann die Innovationswirkung innerhalb des EU-ETS auch abnehmen, weil die Anrechnung von

---

<sup>168</sup> vgl. Schleich u.a. (2010), S. 40f.

<sup>169</sup> vgl. Anger u.a. (2005), S. 29.

<sup>170</sup> vgl. Schleich u.a. (2010), S. 40f.

<sup>171</sup> vgl. ebenda, S. 41f.

Projektgutschriften zu Erhöhung des Cap und damit zum Preisrückgang der Zertifikate führt.<sup>172</sup> Gutschriften können gegen Emissionszertifikate umgetauscht werden und somit interne Vermeidungsmaßnahmen oder den Zukauf von Zertifikaten ersetzen. Dieser Effekt ist vor allem dann stark ausgeprägt, wenn die Projektgutschriften kostengünstiger sind als interne Vermeidungsoptionen bzw. Emissionszertifikate. Solange projektbasierte Gutschriften im EU-ETS genutzt werden dürfen, sollte deren Preis den Zertifikatspreis nicht wesentlich unterschreiten, um so eine bessere Anreizwirkung für Innovationen zu liefern.<sup>173</sup>

Weitere makroökonomische Rahmenbedingungen für Innovationen im EU-ETS sind das sogenannte Banking, also die Möglichkeit zur Übertragung der Zertifikate auf spätere Jahre bzw. Handelsperioden und das sogenannte Borrowing, also die Möglichkeit zum Vorziehen von Berechtigungen aus Folgejahren bzw. –perioden. Werden Zertifikate erst in zukünftigen Perioden genutzt, sinkt das Angebot der betrachteten Periode, was zu einem Preisanstieg und damit zu höheren Innovationsanreizen führt. Werden Zertifikate jedoch vorgezogen, setzt der gegenteilige Effekt ein.<sup>174</sup> Außerdem besteht beim Banking die Gefahr, dass Unternehmen bei gestiegenen Emissionen zunächst ihre angesparten Zertifikatsbestände abbauen, bevor sie Investitionen in neue Vermeidungstechnologien in Betracht ziehen.<sup>175</sup> Grundsätzlich aber sinken durch diese Regelungen die innerhalb eines bestimmten Zeitraums anfallenden Gesamtminderungskosten, weil die Emittenten flexibler über den Zeitpunkt der Durchführung der Reduzierungsmaßnahme entscheiden können. Außerdem haben Emittenten die Möglichkeit zur Pufferbildung, die zur Glättung der Preisvolatilität zwischen den Handelsperioden beiträgt. Daneben wirkt sich die Option, nicht benötigte Zertifikate aufheben zu können, positiv auf die Rentabilität einer Investition in THG sparende Technologien aus, wodurch sich auch der Diffusions- und Adoptionsprozess der neuen Technologie beschleunigt. Ein weiterer Vorteil des Bankings ist, dass Emittenten übrige Zertifikate auch zu Zeitpunkten verkaufen können, zu denen sie mit höheren Zertifikatspreisen rechnen. Insgesamt wirken sich Banking und Borrowing also überwiegend positiv auf Innovationsanreize des EU-ETS aus.<sup>176</sup>

---

172 vgl. Sturm und Vogt (2018), S. 97.

173 vgl. Schleich u.a. (2010), S. 41f.

174 vgl. Sturm und Vogt (2018), S. 98.

175 vgl. Anger u.a. (2005), S. 29.

176 vgl. Schleich u.a. (2010), S. 41f.

Neben der Höhe des Zertifikatspreises ist auch die Preisvolatilität eine wichtige Rahmenbedingung für Investitions- und Innovationsentscheidungen.<sup>177</sup> Das Ausmaß der Volatilität kann neben den Ausgestaltungselementen des EU-ETS auch von externen Faktoren wie konjunkturellen Schwankungen, Veränderung der Preise für fossile Energieträger (Öl, Gas, Steinkohle) oder extremen Wetterereignissen beeinflusst werden.<sup>178</sup> Stark schwankende Zertifikatspreise stellen einen Unsicherheitsfaktor für Investitionen in Vermeidungstechnologien dar und haben oft eine Verzögerung der Investitionsentscheidung zur Folge.<sup>179</sup>

Neben den bereits aufgezählten makroökonomischen Ausgestaltungselementen ist außerdem das regulatorische Risiko als Einflussfaktor auf Innovation und Investition zu erwähnen. Dieses entsteht durch die Vorhersagbarkeit der Weiterentwicklung des EU-ETS in zukünftigen Perioden. Eine möglichst frühzeitige Informationsbereitstellung und Festlegung der Allokationsregeln für die Zukunft erhöht die Planungssicherheit der Unternehmen und wirkt sich somit positiv auf die Innovationsanreize aus. Dies ist vor allem für Sektoren mit langfristigen Investitionszyklen, wie dem Stromsektor oder der Zementindustrie, wichtig. Daneben kann auch die Dauer, für die das Cap definiert ist, die emissionshandelsinduzierte Innovationswirkung beeinflussen. Relativ kurzen Handelsperioden (maximal 5 Jahre) wird ein hohes Maß an regulatorischer Unsicherheit zugordnet. Längere Handelsperioden dagegen erhöhen die Sicherheit über die Höhe der Caps insgesamt. Da jedoch weniger die Sicherheit über das Cap sondern eher über die Höhe des Zertifikatspreises entscheidend für Investitionsangelegenheiten ist, bietet eine flexible Periodengestaltung bei der eine rasche Anpassung an sich ändernde politische, wirtschaftliche oder technologische Rahmenbedingungen möglich ist, höhere Innovationsanreize.<sup>180</sup>

Die mikroökonomischen Faktoren umfassen die spezifischen Zuteilungsregeln der Zertifikate, die je nach Branche und Unternehmen variieren können. Grundsätzlich wird zwischen der kostenlosen Zuteilung und der Auktionierung unterschieden, wobei der Auktionierung tendenziell ein höherer Innovationsanreiz zugesprochen wird. Grund hierfür ist vor allem die Tatsache, dass die Erlöse aus den versteigerten Zertifikaten die gesamtwirtschaftliche Effizienz in den jeweiligen Staaten verbessern und ihrerseits zusätzlich Innovationen begünstigen können, wenn sie entsprechend

---

177 vgl. Fritsch (2011), S. 156.

178 vgl. Sturm und Vogt (2018), S. 98f.

179 vgl. Wackerbauer u.a. (2011), S. 23.

180 vgl. Schleich u.a. (2010), S. 40.

eingesetzt werden.<sup>181</sup> Außerdem können Auktionen Zusatzerträge verhindern, die durch den Verkauf kostenlos zugeteilter Zertifikate ohne weitere Anstrengungen bei den „beschenkten“ Emittenten entstehen können.<sup>182</sup> Zusätzlich sind Versteigerungen anders als kostenlose Zuteilungen mit dem Verursacherprinzip vereinbar und werden deshalb eher als faire Zuteilungsmethode gesehen.<sup>183</sup>

Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben können von einer Innovation alle Marktteilnehmer profitieren, indem sie diese adaptieren. Darüber hinaus profitieren sie durch einen fallenden Zertifikatspreis, dessen Nutzen sich jedoch abhängig von der Zuteilungsmethode unterscheidet. Werden die Zertifikate versteigert, so wird davon ausgegangen, dass alle Emittenten als Käufer auftreten. Somit weisen sie langfristig geringere Kosten für ihre Restemissionen auf, weil sie die benötigten Zertifikate zu gesunkenen Preisen ersteigern können. Im Falle der Gratiszuteilung gibt es neben den Käufern auch Verkäufer von Zertifikaten am Markt. Die Anbieter müssen dann auf Dauer mit niedrigeren Einnahmen rechnen, weil sie übrige Zertifikate zu niedrigeren Preisen verkaufen müssen. Deshalb wird auch im Hinblick auf den Diffusions- und Adoptionsprozess der Versteigerung ein höherer Innovationsanreiz zugeschrieben als der Gratisvergabe.<sup>184</sup> Ein weiterer Vorteil der Auktion ist, dass sie zeitlich gesehen vor dem eigentlichen Marktgeschehen stattfindet. So können frühzeitige Preissignale auf Basis tatsächlicher Knappheitsrelationen gegeben werden, weil die Grenzvermeidungskosten der Unternehmen und der antizipierte Preis der Zertifikate in die Höhe ihrer Auktionsgebote einfließen. Dieser frühzeitige Indikator für Investitionsentscheidungen und die daraus resultierende erhöhte Planungssicherheit können verstärkte Innovationsanreize bei den Emittenten hervorrufen.<sup>185</sup>

Kostenlose Zertifikate werden entweder nach dem Prinzip des Grandfathering oder des Benchmarking zugeteilt. Beim Benchmarking werden effiziente Anlagen bzw. Technologien bevorzugt, weil dadurch weniger fehlende Zertifikate erworben werden müssen bzw. mehr übrige Zertifikate verkauft werden können. Demnach wird diesem Prinzip im Vergleich zum Grandfathering eine höhere Anreizwirkung für Innovationen zugeschrieben.<sup>186</sup>

---

181 vgl. ebenda, S. 43.

182 vgl. Gaul (2006), S. 1f.

183 vgl. Schleich u.a. (2010), S. 43ff.

184 vgl. Anger u.a. (2005), S. 22.

185 vgl. Schleich u.a. (2010), S. 43ff.

186 vgl. ebenda, S. 45.

## 4. Empirische Untersuchung

### 4.1. Methodische Vorgehensweise

Die vorliegende Untersuchung basiert auf der Marktforschungsmethodik der Sekundärforschung. Im Rahmen einer Dokumentenanalyse wurden die notwendigen Daten zu Emissionen, Preisen, Zuteilungen und anderen Ausgestaltungselementen des EU-ETS anhand folgender Quellen generiert: Unionsregister, nationale Allokationspläne und Emissionsberichte der Europäischen Kommission, VET-Berichte und Anlagenlisten der Deutschen Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt, Handelsplattform European Energy Exchange und Intercontinental Exchange, Datenbank EU-ETS Data Viewer der European Environment Agency und die Internetseite wallstreet:online.

Die Datenauswertung orientiert sich an der in Tab. 1 dargestellten Struktur. Im ersten Teil der Untersuchung (Kap. 4.2.1) werden die Ausgestaltungselemente zunächst auf EU-Ebene, gegliedert nach den vier Handelsperioden, untersucht. Der Fokus liegt dabei vor allem auf makroökonomischen Faktoren, da diese für alle Branchen identisch sind. Der zweite Teil (Kap. 4.2.2) adressiert vor allem mikroökonomische Faktoren, da sie für jedes Unternehmen und jede Anlage spezifisch ausgestaltet sind und somit unterschiedliche Innovationswirkungen entfalten können. Dazu wurden exemplarisch die deutsche Zement- sowie Eisen- und Stahlindustrie untersucht, um weitere Indizien hinsichtlich der innovationsfördernden Ausgestaltung des EU-ETS zu finden.

Tab.1: Ausgestaltungselemente des EU-ETS (eigene Darstellung)

Ebene	Ausgestaltungselemente
Makro-Ebene	Cap
	Projektgutschriften
	Banking/Borrowing
	Preis
	Preisvolatilität
	Dauer der Handelsperiode
Mikro-Ebene	Zuteilungsmethode
	Kostenlose Zuteilung

Die Analysen zur Zement- sowie Eisen- und Stahlindustrie (Kap. 4.2.2 und 4.2.3) sind angelehnt an die im TEHG definierten Sektoren, Branchen und Tätigkeiten (s. Anhang, Tab. A1). Für die Zementindustrie werden die stationären Anlagen, die in der Branche Mineralverarbeitende Industrie der Tätigkeit 14 (Herstellung von Zementklinker) des TEHG zugeordnet sind, berücksichtigt. Dazu zählten im Jahr 2020 36 Anlagen. In die Auswertung der Eisen- und Stahlindustrie fließen die 122 stationären Anlagen der gesamten Branche ein. Diese Anlagen erzeugen bei der Eisen- und Stahlherstellung

unter anderem sogenannte Kuppelgase, für die sie kostenlose Zertifikate erhalten. Da die Kuppelgase zur energetischen Nutzung jedoch an andere Anlagen weitergeleitet werden und erst dort Emissionen freisetzen, müssen die Zertifikate an die kuppelgasverwertenden Anlagen abgegeben werden.<sup>187</sup> In der vorliegenden Arbeit ist die dargestellte Menge an kostenlosen Zertifikaten bereits um die abgegebene Menge bereinigt. Zur Veranschaulichung werden die Ergebnisse in Form von Grafiken dargestellt, detaillierte Daten sind jeweils im Anhang abgebildet.

## **4.2. Ergebnisse**

### **4.2.1. Entwicklungen und Erfahrungen aus vier Handelsperioden**

#### **4.2.1.1. Handelsperiode 2005 bis 2007**

Die erste Handelsperiode fungierte als Pilot- und Erprobungsphase des EU-ETS. Im Mittelpunkt standen der Aufbau der notwendigen Infrastruktur und Institutionen (z.B. Behörden und Marktplätze für den Zertifikatshandel), das Sammeln von Erfahrungen mit den Mechanismen des Emissionshandels auf Seiten der Anlagenbetreiber (Zuteilung, Berichterstattung, Abgabe usw.), die Erlangung eines Grundverständnisses des Instruments seitens Politik, Verwaltung und Unternehmen sowie die Etablierung einer geeigneten Datenbasis (Emissionsdaten auf Anlagenebene).<sup>188</sup> In der ersten Phase nahmen 11.400 stationäre Anlagen am EU-ETS teil, davon 1.849 aus Deutschland.<sup>189</sup> Es wurden ausschließlich CO<sub>2</sub>-Emissionen von Stromerzeugern und energieintensiven Industrien erfasst.<sup>190</sup> Zwischen den Jahren 2005 und 2007 gab es wenig Harmonisierung auf EU-Ebene, sodass jeder Mitgliedsstaat selbstständig sogenannte nationale Zuteilungspläne erstellte. Diese beinhalteten auf Basis des Grandfatherings ein über die Jahre konstantes nationales Cap sowie nationale Zuteilungsregeln für Zertifikate an die Anlagenbetreiber.<sup>191</sup> Die Nutzung von Projektgutschriften für die Abgabe war in dieser Phase noch nicht möglich.<sup>192</sup> Bei Nichteinhaltung der Abgabepflicht für Zertifikate wurden Sanktionen in Höhe von 40€ pro Tonne CO<sub>2</sub> verhängt.<sup>193</sup>

Abb. 3 (und Tab. A2 im Anhang) stellt die Zertifikate (Angebot), Gesamtemissionen (Nachfrage) und das Cap (Summe aller nationalen Caps<sup>194</sup>) für die jeweiligen Jahre in der ersten Handelsperiode dar. Zwischen den Jahren 2005 und 2007 sind die EU-

---

187 vgl. DEHSt (2020b), S. 27ff.

188 vgl. DEHSt (2020a), S. 12.

189 vgl. Donner und Stratmann (2006), S. 9.

190 vgl. Europäische Kommission (2022b), URL siehe Literaturverzeichnis.

191 vgl. Europäische Kommission (2022a), URL siehe Literaturverzeichnis.

192 vgl. Europäische Kommission (2022c), URL siehe Literaturverzeichnis.

193 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 12.

194 vgl. UBA (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.



Emissionen von 2,0 auf 2,2 Mrd. Tonnen CO<sub>2e</sub> angestiegen. Die Phase war aufgrund unzureichender Emissionsdaten aus der Vergangenheit geprägt von fehlerhaften Kalkulationen der nationalen Cap, wodurch das europäische Cap (2,2 Mrd. Tonnen CO<sub>2e</sub>) durchschnittlich 152 Mio. Tonnen CO<sub>2e</sub> pro Jahr zu hoch lag. Die Mitgliedsstaaten verteilten nahezu alle Zertifikate (ca. 95%) kostenfrei an die Energie- und Industrieanlagen, während Versteigerungen kaum stattfanden. So wurden jährlich mehr Zertifikate kostenlos ausgegeben als tatsächlich emittiert wurde, wodurch es in fast allen EU-Staaten zu einer Überausstattung der Anlagen mit Zertifikaten kam.<sup>195</sup>

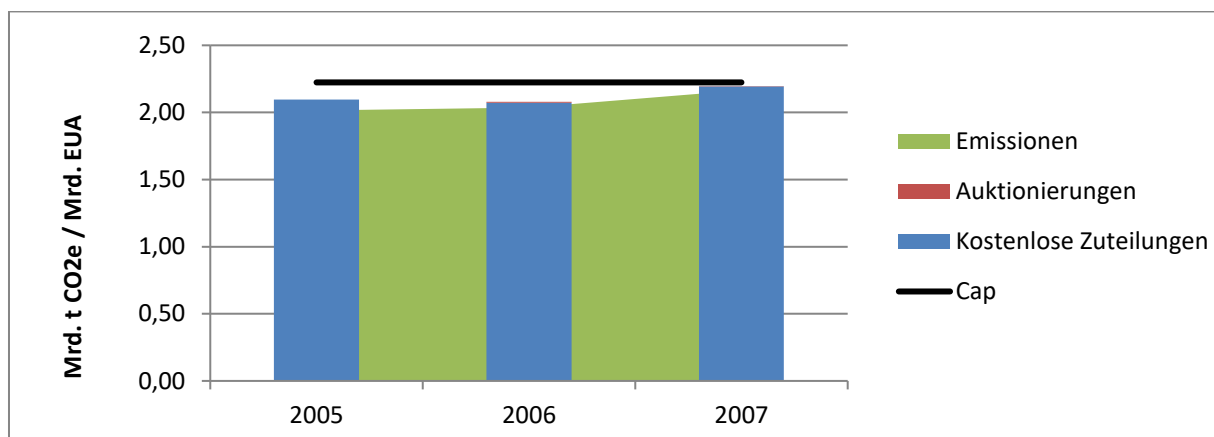


Abb. 3: Zertifikate, Emissionen und Cap der EU zwischen 2005 und 2007 (eigene Darstellung)<sup>196</sup>

Dies zeigte sich auch im Preisverlauf der Zertifikate (s. Anhang, Tab. A6). Der Zertifikatspreis lag im Jahr 2005 durchschnittlich bei ca. 18€ und erreichte im ersten Quartal 2006 Werte bis zu 30€. Als die Mitgliedsstaaten Ende April die Emissionsdaten für das Jahr 2005 veröffentlichten, kam es zu einem Preisabfall von mehr als 60%. Nachdem sich der Preis Ende 2006 kurzzeitig bei etwa 15€ stabilisierte, sank er danach kontinuierlich. Im Jahr 2007 kostete ein Zertifikat nur noch 0,65€. Zum Ende des Jahres verlief der Preis dann sogar gegen 0€, weil eine Banking-Option nicht gegeben war.<sup>197</sup>

#### 4.2.1.2. Handelsperiode 2008 bis 2012

Die gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse der Pilotphase dienten als Grundlage für die zweite Handelsperiode.<sup>198</sup> In dieser Phase waren etwa 12.000 stationäre Anlagen emissionshandlungspflichtig, 1.665 davon aus Deutschland.<sup>199</sup> Die EU versuchte das EU-ETS effizienter zu gestalten, indem sie bestimmte Vorgaben und Rahmenbedingungen für Zuteilung, Auktionierung und Berichtswesen vereinheitlichte. Trotzdem

<sup>195</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 12.

<sup>196</sup> vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis und UBA (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.

<sup>197</sup> vgl. Görlach u.a. (2009), S. 96f.

<sup>198</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 12.

<sup>199</sup> vgl. Europäische Kommission (2022d), URL siehe Literaturverzeichnis und DEHSt (2008a), S. 6.

konnten die Teilnahmestaaten ihre Zuteilungsregeln über die nationalen Zuteilungspläne weiterhin selbst bestimmen. In Deutschland wurden z.B. stationären Anlagen der Energiewirtschaft kostenlose Emissionsberechtigungen auf Basis von Benchmarks zugeteilt, während Industrieanlagen die kostenfreien Zertifikate weiterhin durch das Grandfathering mit einem verbindlichen Kürzungsfaktor von 1,25%, erhielten.<sup>200</sup> Des Weiteren wurde die Strafe für Unternehmen für das Nichteinhalten der Abgabepflicht von Zertifikaten auf 100€ pro Tonne CO<sub>2</sub> erhöht.<sup>201</sup>

Abb. 4 (und Tab. A3 im Anhang) stellt die Zertifikate (Angebot), Gesamtemissionen (Nachfrage) und das Cap (Summe aller nationalen Caps) sowohl mit als auch ohne Projektgutschiffen für die jeweiligen Jahre in der zweiten Handelsperiode dar.

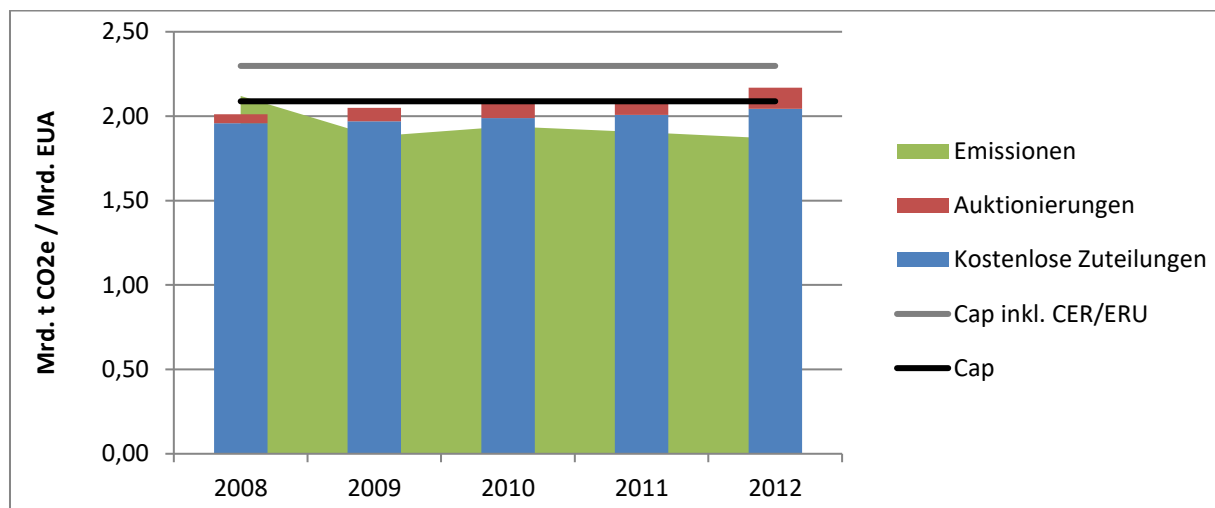


Abb. 4: Zertifikate, Emissionen und Cap der EU zwischen 2008 und 2012 (eigene Darstellung)<sup>202</sup>

Die zweite Handelsperiode verlief parallel zur ersten Phase des Kyoto-Protokolls, in der sich die Teilnahmestaaten des EU-ETS zu einer Reduzierung der THG-Emissionen von 5% bis 2012 gegenüber dem Basisjahr 1990 verpflichteten.<sup>203</sup> Zur Erreichung dieses Ziels und auf Basis der Emissionsdaten von 2005 senkten die Mitgliedsstaaten ihre nationalen Caps, wodurch das europäische Cap insgesamt etwa 6,5% niedriger lag als in der ersten Handelsperiode. Zwischen 2008 und 2012 blieb dieses jedoch unverändert, sodass alle vom EU-ETS umfassten Anlagen jährlich nicht mehr als 2,1 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub>e emittieren durften.<sup>204</sup> Von ihren nationalen Caps konnten die Teilnahmestaaten bis zu 10% der Zertifikate versteigern, wodurch die Handelsaktivitäten am Markt jährlich zunahmen.<sup>205</sup> Während der gesamten zweiten

200 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 12.

201 vgl. Europäische Kommission (2022b), URL siehe Literaturverzeichnis.

202 vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis und UBA (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.

203 vgl. Möller (2008), S. 9.

204 vgl. Europäische Kommission (2022b), URL siehe Literaturverzeichnis.

205 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 12.

Handelsperiode wurden etwa 442 Mio. Zertifikate an den nationalen Energiebörsen versteigert, wodurch Auktionserlöse in Höhe von ca. 5,5 Mrd. € erzielt wurden.<sup>206</sup> Trotzdem wurden weiterhin mehr als 90% der Zertifikate von den Regierungen kostenlos an die stationären Anlagen verteilt. Dabei handelte es sich insgesamt um eine Menge von knapp 10 Mrd. Zertifikaten. Außerdem konnten Unternehmen festgelegte Mengen an CER und ERU für die Abgabe nutzen, die auf einen bestimmten Anteil der nationalen Zuteilungsmengen beschränkt war. Deutsche Unternehmen durften z.B. Gutschriften in Höhe von maximal 22% ihrer individuellen Zuteilung abgeben. Hatten Unternehmen ihre Höchstmengen an Projektgutschriften nicht ausgeschöpft, konnten sie die Restmengen in die dritte Handelsperiode übertragen.<sup>207</sup> Insgesamt wurden in der zweiten Handelsperiode etwa eine Mrd. Projektgutschriften genutzt, die das Cap weiter nach oben verschoben.<sup>208</sup> Analog zur ersten Handelsperiode ist auch in dieser Phase auffällig, dass das Cap trotz Erfahrungswerten aus der ersten Periode mit Ausnahme von 2008 deutlich höher lag als die jährlichen Gesamtemissionen. Verantwortlich dafür war vor allem die Wirtschaftskrise aus dem Jahr 2008, die mit einem Rückgang der europäischen Emissionen einherging.<sup>209</sup> Diese sanken zwischen 2008 und 2012 um 12% und lagen pro Jahr durchschnittlich 147 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e unterhalb des Cap. Ab dem Jahr 2009 wurden sogar mehr Zertifikate kostenlos verteilt, als tatsächlich emittiert wurde. Dementsprechend hatten auch in dieser Phase viele Unternehmen deutlich mehr Zertifikate zur Verfügung, die sie ab sofort auch in die folgenden Handelsperioden übertragen durften (Banking).<sup>210</sup>

Das zu hohe Cap, die große Menge an CER und ERU sowie die sinkenden Emissionen sorgten in der zweiten Handelsperiode im EU-ETS für einen jährlich steigenden kumulierten Überschuss an Zertifikaten, der zum Ende der Handelsperiode einen Wert von 1,87 Mrd. Zertifikate erreichte. Dies machte sich auch im Preisverlauf bemerkbar (s. Abb. 5 und Tab. A6 im Anhang).<sup>211</sup> Zwar lag der Preis für ein Zertifikat Ende 2008 noch über 18€, fiel aber bereits im Frühjahr 2009 auf unter 10€. Nach einer Erholungsphase schwankte der Zertifikatspreis bis Mitte 2011 zwischen 12,5€ und 16,5€. Ab Mai 2011 sank er dann kontinuierlich und pendelte sich zum Ende der zweiten Handelsperiode bei etwa 6€ ein.<sup>212</sup> Insgesamt lag der Preis in der zweiten Periode im Durchschnitt bei

---

206 vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

207 vgl. DEHSt (2020b), S. 78f.

208 vgl. Europäische Kommission (2022b), URL siehe Literaturverzeichnis.

209 vgl. DEHSt (2020b), S. 82.

210 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 12.

211 vgl. DEHSt (2018a), URL siehe Literaturverzeichnis.

212 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 20.

13,2€. Dagegen bewegte sich der Preis für Projektgutschriften (CER und ERU) dauerhaft unterhalb des Zertifikatpreises. Im Durchschnitt erreichte er ein Niveau von 10€. <sup>213</sup>

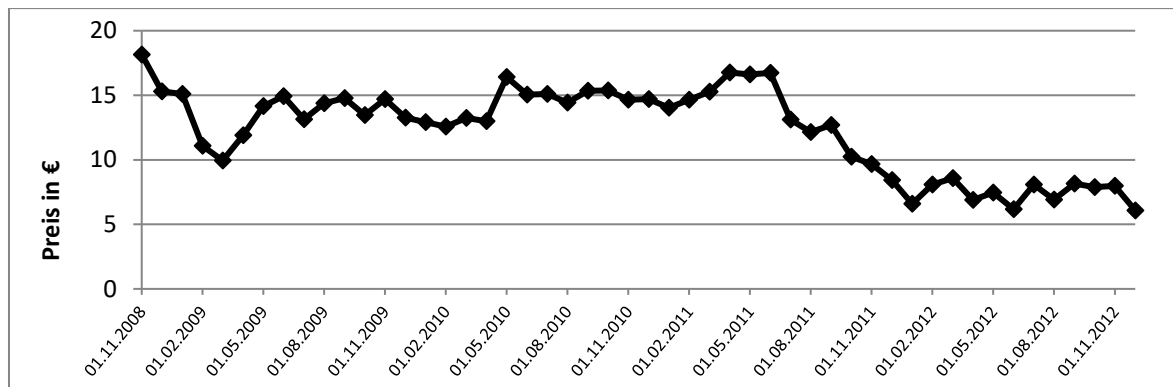


Abb. 5: Preisverlauf der Zertifikate zwischen 2008 und 2009 (eigene Darstellung) <sup>214</sup>

#### 4.2.1.3. Handelsperiode 2013 bis 2020

Die dritte Handelsperiode war von einer weitgehenden Harmonisierung des EU-ETS gekennzeichnet. Wichtige Grundsatzentscheidungen wurden nun zentral auf EU-Ebene beschlossen, um die Wettbewerbsbedingungen der Teilnahmestaaten zu vereinheitlichen und das EU-ETS für einen internationalen Markt zu präparieren. Daneben führte die Europäische Kommission einheitliche Verwaltungs- und Kontrollvorgaben für die THG-Emissionen ein und erstellte ein gemeinsames Emissionshandelsregister. Für das Nichteinhalten von Abgabepflichten wurden gemäß des Europäischen Verbraucherindex Sanktionen fällig, die höher als 100€ pro Tonne CO<sub>2</sub> lagen. Neben dem Flugsektor sind seit 2013 außerdem neue Anlagenarten und THG, wie z.B. Lachgase aus der chemischen Industrie und perfluorierte Kohlenwasserstoffe aus der Aluminiumindustrie emissionshandlungspflichtig. <sup>215</sup> Zum Ende der Periode umfasste das EU-ETS ca. 10.000 stationäre Anlagen (1.817 davon aus Deutschland) und 6.000 Luftfahrzeugbetreiber (für 500 davon ist Deutschland zuständig). <sup>216</sup> In der dritten Handelsperiode wurde das jährlich konstante Cap (bislang zusammengesetzt aus dem Cap der einzelnen Länder) durch ein jährlich sinkendes einheitliches Cap ersetzt und für alle Staaten galten erstmals die gleichen Regeln für die kostenlose Zuteilung sowie die Auktionierung. <sup>217</sup> Übrige Zertifikate durften am Ende der Handelsperiode in die Folgeperiode übertragen werden. Das Vorziehen von Zertifikaten war dagegen weiterhin nur innerhalb und nicht zwischen den einzelnen Perioden möglich. <sup>218</sup>

<sup>213</sup> vgl. DEHSt (2020b), 87f.

<sup>214</sup> vgl. wallstreet:online (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

<sup>215</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 13ff.

<sup>216</sup> vgl. DEHSt (2020a), S. 2 und DEHSt (2020b), S. 72ff.

<sup>217</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 13.

<sup>218</sup> vgl. Europäische Kommission (2008), URL siehe Literaturverzeichnis.

Abb. 6 (und Tab. A4 im Anhang) zeigt die Zertifikate (Angebot), Gesamtemissionen (Nachfrage) und das Cap sowohl mit als auch ohne Projektgutschriften für die jeweiligen Jahre in der dritten Handelsperiode. Die Daten des seit Januar 2012 im EU-ETS einbezogenen Luftverkehrs sind in diesem Schaubild inbegriffen.

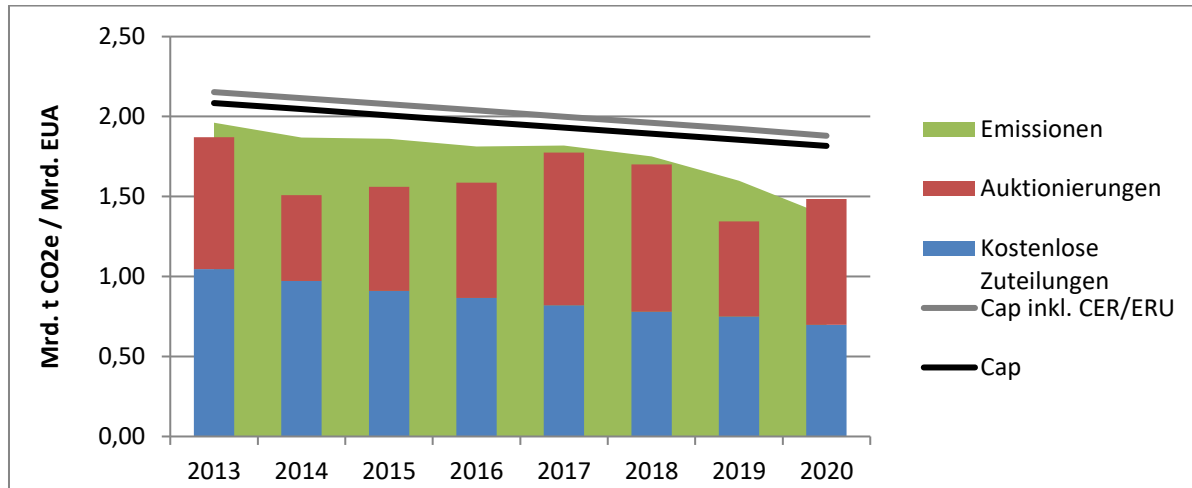


Abb. 6: Zertifikate, Emissionen und Cap der EU zwischen 2013 und 2020 (eigene Darstellung)<sup>219</sup>

Für den Zeitraum 2013 bis 2020 wurde ein Cap von insgesamt 15,6 Mrd. Zertifikaten definiert, verteilt auf die acht Jahre der dritten Handelsperiode.<sup>220</sup> Im Gegensatz zu den beiden abgelaufenen Perioden, sank das Cap seit 2013 jährlich um 1,74%, was einer Abnahme von 38,3 Mio. Zertifikaten pro Jahr entspricht (1,74% des Basiswerts in Höhe von 2,2 Mrd. Zertifikaten). Dadurch soll bis Ende 2020 das Emissionsminderungsziel des EU-ETS von 21% gegenüber dem Basisjahr 2005 erreicht werden.<sup>221</sup> Zusätzlich durften auch in dieser Handelsperiode CER und ERU genutzt werden (ca. 68,8 Mio. pro Jahr), die das Cap nach oben verschoben. Dabei bekamen Unternehmen, die bereits in der zweiten Handelsperiode Gutschriften verwendet hatten, keine neuen Höchstmengen zugeschrieben, sondern durften nur ihre individuellen Restmengen einsetzen. Neuanlagen dagegen konnten eine Menge an Projektgutschriften nutzen, die 4,5% ihrer Gesamtemissionen in der dritten Handelsperiode entsprach. Im Jahr 2020 emittierten alle stationären Anlagen sowie Luftfahrzeugbetreiber des EU-ETS insgesamt ca. 1,4 Mrd. Tonnen CO<sub>2e</sub>, also etwa 30% weniger als zu Beginn der dritten Handelsperiode. Auch in dieser Handelsperiode ist auffällig, dass das Cap trotz abnehmenden Verlaufs jährlich deutlich höher lag als die tatsächlichen Emissionen. Diese sind pro Jahr durchschnittlich um ca. 73 Mio. Tonnen CO<sub>2e</sub> gesunken, also in

<sup>219</sup> vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis und UBA (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.

<sup>220</sup> vgl. UBA (2021b), URL siehe Literaturverzeichnis.

<sup>221</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 14.

etwa doppelt so stark wie das europäische Cap (ca. 38 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Jahr). Der höchste Emissionsrückgang war aufgrund der COVID-19-Pandemie zwischen 2019 und 2020 zu verzeichnen.<sup>222</sup> Dieser Einbruch von 218 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e (13%) übertraf sogar den durch die Wirtschaftskrise verursachten Emissionsrückgang von 2009 und war fast sechs Mal so stark wie die jährliche Kürzung des Cap. Bereits im Jahr 2016 lagen die Gesamtemissionen der EU unterhalb des Cap von 2020. Es bleibt festzuhalten, dass das europaweite Cap pro Jahr im Durchschnitt etwa 194 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e oberhalb der tatsächlichen Gesamtemissionen lag, was zeigt, dass sich beide Faktoren in dieser Phase deutlich auseinanderentwickelt haben.<sup>223</sup>

Mit Blick auf die kostenlose und auktionierte Menge in Abb. 6 wird deutlich, dass sich die Zuteilungssituation der Zertifikate in der dritten Handelsperiode stark verändert hat. Die Anzahl der kostenlos zugeteilten Zertifikate sank ab 2013 kontinuierlich und lag erstmalig in jedem betrachteten Jahr deutlich unter den tatsächlichen Emissionen. Dennoch wurden im Zeitraum von 2013 bis 2020 insgesamt 6,8 Mrd. Zertifikate kostenlos an die Unternehmen verteilt. Anspruch auf diese Zertifikate hatten dabei Anlagen der Wärmeproduktion und des Industriesektors. Die Zuteilung erfolgte anhand EU-einheitlicher Benchmarks, die sich aus den Daten der effizientesten Anlagen in Europa ableiten. Sonderregelungen galten für Industriesektoren die einer hohen Kostenbelastung durch den EU-ETS ausgesetzt waren und ein hohes Risiko für eine Abwanderung in Länder außerhalb der EU (Carbon Leakage) tragen. Die sogenannte Carbon-Leakage-Liste bestimmt dabei diejenigen Anlagen, die während der gesamten Handelsperiode 100% des Benchmarks an kostenlosen Zertifikaten erhalten. Seit Beginn der dritten Handelsperiode ist die Auktionierung das standardmäßige Zuteilungsverfahren. Im Regelfall versteigern die Teilnahmestaaten diejenigen Zertifikate des Cap, die nicht kostenlos verteilt werden. Vor allem Anlagen der Stromwirtschaft sind davon betroffen, da sie ihre Zertifikate fast vollständig am Markt erwerben müssen.<sup>224</sup> Der durchschnittliche jährliche Anteil der auktionierten Zertifikate am Cap stieg von ca. 4,2% in der zweiten Handelsperiode auf ca. 38,4% in der dritten Handelsperiode. Das führte innerhalb der dritten Periode dazu, dass sich die Anzahl der durchschnittlich jährlich auktionierten Zertifikate (ca. 749 Mio.) immer weiter der Anzahl der durchschnittlich verteilten Gratiszertifikate (ca. 855 Mio.) annäherte. Insgesamt wurden zwischen 2013 und 2020 fast 6 Mrd. Berechtigungen an stationäre

---

<sup>222</sup> vgl. DEHSt (2020b), S. 78f.

<sup>223</sup> vgl. Treude u.a. (2021), S. 11.

<sup>224</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 15ff.

Anlagen und Luftfahrzeugbetreiber des EU-ETS versteigert, was zwar weiterhin weniger als die kostenlose Zuteilungsmenge, aber etwa 13 Mal so viel wie in der zweiten Handelsperiode war. Dadurch generierten die Mitgliedsstaaten des EU-ETS Auktionserlöse in Höhe von etwa 69 Mrd. €. <sup>225</sup>

Aufgrund der strukturellen Auseinanderentwicklung von Angebot und Nachfrage setzte sich der Trend eines jährlich steigenden Überschusses an Zertifikaten aus der zweiten Handelsperiode auch zu Beginn der dritten Periode weiter fort. Ende 2013 erreichte der kumulierte Überschuss mit einem Wert von 2,2 Mrd. Zertifikaten den Höhepunkt. Bereits im Jahr 2014 wurde mit dem sogenannten Backloading eine grundlegende Maßnahme zum Abbau des Überschusses eingeführt. Demnach wurden im Zeitraum von 2014 bis 2016 insgesamt 900 Mio. Zertifikate bei den Versteigerungen einbehalten, sodass der kumulierte Überschuss ab 2014 zum ersten Mal wieder rückläufig war. Die zurückgehaltene Menge wurde direkt in die sogenannte Marktstabilitätsreserve (MSR) eingebunden, die im Jahr 2019 eingeführt wurde. Demnach wird bei einer Überschreitung des Angebots von 833 Millionen Zertifikaten pro Jahr, die dafür vorgesehene Auktionsmenge in den folgenden zwölf Monaten um 24% der gesamten Angebotsmenge gekürzt und in die MSR überführt. Beide Maßnahmen sorgten dafür, dass der kumulierte Überschuss an Zertifikaten bis zum Jahr 2019 kontinuierlich abnahm und die Summe aus kostenlosen und auktionierten Zertifikaten stets unterhalb der jährlichen Gesamtemissionen lag. <sup>226</sup>

Auch in dieser Phase spiegelte der Verlauf der überschüssigen Zertifikate den Preisverlauf wider (s. Abb. 7 und Tab. A6 im Anhang). Als der Überschuss 2013 auf dem Höchststand war, erreichte der Zertifikatspreis mit unter 3€ den niedrigsten Wert seit 2008. Erst mit der Einführung des Backloading und den gleichzeitig sinkenden Überschüssen stieg dieser bis Anfang 2016 langsam wieder an. Zwischen 2016 und 2018 schwankte der Zertifikatspreis zwischen 4€ und 8€, ehe er ab 2018 durch die Reform des EU-ETS, einschließlich des Beschlusses zur Einführung der MSR, wieder anstieg. Mitte 2019 erreichte der Preis mit Werten von über 25€ erstmals wieder das Niveau von 2006, was die Verknappung der Zertifikate widerspiegelte. Nach einem kurzzeitigen Preiseinsturz im Jahr 2020 – bedingt durch Schwankungen auf den internationalen Wertpapier- und Energiemärkten infolge der COVID-19-Pandemie - kletterte er auf

---

<sup>225</sup> vgl. DEHSt (2020b), S. 89f. und EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.  
<sup>226</sup> vgl. DEHSt (Hrsg.,2015), S. 20f. und Treude u.a. (2021), S. 10.

etwa 29€ zum Ende der dritten Handelsperiode.<sup>227</sup> Insgesamt belief sich der Zertifikatspreis in der dritten Handelsperiode im Durchschnitt auf 11,6€. Bei den Projektgutschriften kam es zu Beginn der dritten Periode, aufgrund der nahezu ausgeschöpften Nutzungsquote der EU und der fehlenden Nachfrage aus anderen Nationen zu einem drastischen Preisverfall. Der Preis für CER und ERU lag zwischen 2013 und 2020 durchgehend unter 1€. Im Mittel erreichte er ein Niveau von 0,31€.<sup>228</sup>

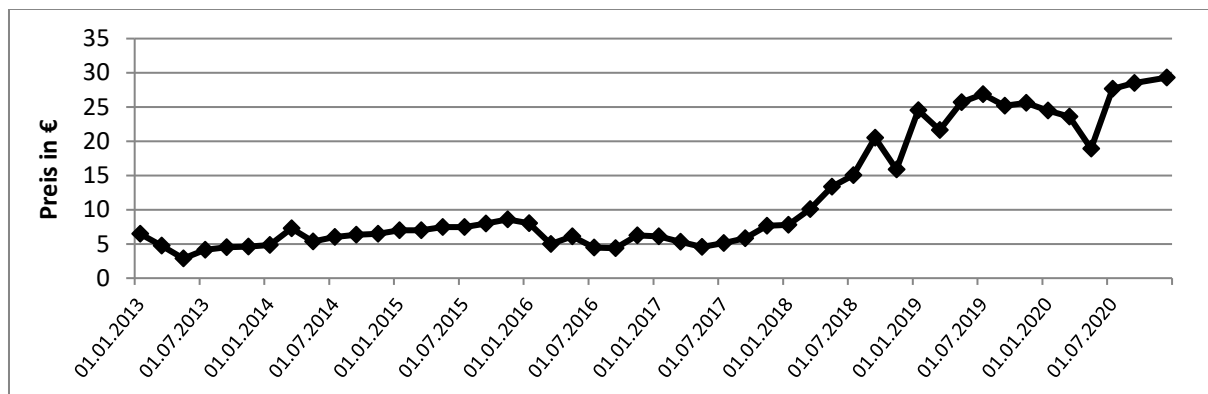


Abb. 7: Preisverlauf der Zertifikate zwischen 2013 und 2020 (eigene Darstellung)<sup>229</sup>

#### 4.2.1.4. Handelsperiode 2021 bis 2030

Mit einer Gesamtlaufzeit von zehn Jahren startete 2021 die vierte und bisher längste Handelsperiode des EU-ETS. Bis 2030 müssen die THG-Emissionen der Energiewirtschaft, des Industriesektors und des Luftverkehrs insgesamt um 43% gegenüber dem Basisjahr 2005 reduziert werden.<sup>230</sup> Um dieses EU-Klimaziel zu erreichen, beinhaltet die neue Emissionshandelsrichtlinie der EU aus dem Jahr 2018 neben bereits geltenden Regelungen aus der dritten Handelsperiode auch einige Änderungen für die vierte Handelsperiode.<sup>231</sup>

Zur Stärkung des EU-ETS wurde in erster Linie ein klimapolitisch anspruchsvolleres Cap bestimmt (s. Abb. 8 und Tab. A5 im Anhang). Dieses wird ab 2021 mit einem jährlichen Kürzungsfaktor von 2,2% schneller abgesenkt als in den vergangenen Jahren. Das bedeutet, dass jedes Jahr 48 Mio. Zertifikate weniger zur Verfügung stehen, wodurch die jährliche Gesamtmenge von 1,8 Mrd. im Jahr 2021 auf 1,3 Mrd. Zertifikate im Jahr 2030 sinken wird. Internationale Projektgutschriften können in der vierten Handelsperiode nicht mehr eingesetzt werden.<sup>232</sup> Außerdem wird die MSR zum Abbau vorhandener Überschüsse erheblich erhöht, gleichzeitig aber eine Begrenzung des

227 vgl. Treude u.a. (2021), S. 10f. und DEHSt (2020b), S. 87.

228 vgl. DEHSt (2020b), S. 87f.

229 vgl. wallstreet:online (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

230 vgl. BMU (2020), S. 19.

231 vgl. DEHSt (2019a), URL siehe Literaturverzeichnis.

232 vgl. DEHSt (2020b), S. 79.



Gesamtumfangs eingeführt. Übersteigt ab 2023 die in der MSR enthaltene Menge an Zertifikaten die Versteigerungsmenge des Vorjahres, so wird die Differenz aus der Reserve gelöscht und dauerhaft dem Markt entzogen.<sup>233</sup>

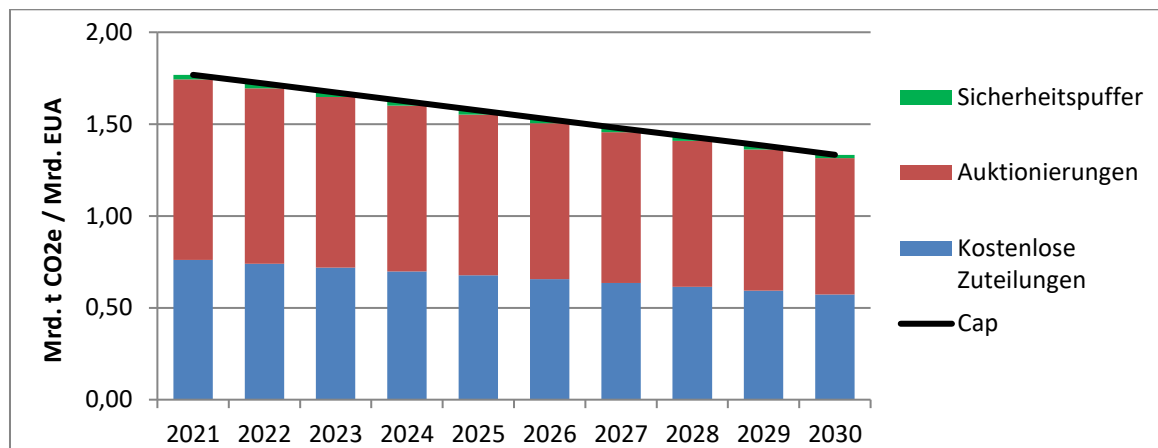


Abb. 8: Zertifikate und Cap der EU zwischen 2021 und 2030 (eigene Darstellung)<sup>234</sup>

Abb. 8 zeigt zudem die Zusammensetzung des Cap aus kostenlosen sowie auktionierten Zertifikaten. Zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie wird das Prinzip der kostenlosen Zuteilung auch in der vierten Handelsperiode weiterhin verfolgt. Laut EU-Richtlinie werden jährlich 57% der Gesamtmenge an Zertifikaten (inklusive eines Sicherheitspuffers von 3%, der bei Bedarf für die kostenlose Zuteilung genutzt werden können) versteigert, die restlichen 43% stehen zur kostenfreien Zuteilung zur Verfügung. Insgesamt werden in der vierten Handelsperiode über 6,5 Mrd. Emissionsberechtigungen frei verteilt. Die Zuteilung erfolgt dabei in zwei voneinander unabhängigen Zuteilungsphasen (2021 bis 2025 und 2026 bis 2030), in denen jeweils zum Start der Phase die Zuteilung sowie die Emissions- und Benchmarkwerte neu berechnet werden.<sup>235</sup> Industrieanlagen, die geringem bis keinem Carbon-Leakage-Risiko ausgesetzt sind, erhalten in der ersten Teilperiode noch 30% des Benchmarkwertes kostenlos, in der zweiten Teilperiode soll die freie Zuteilung für diese Anlagen stufenweise entfallen. Industrieanlagen auf der Carbon-Leakage-Liste erhalten in beiden Zuteilungsperioden weiterhin 100% ihres Benchmarkwertes kostenfrei. Dabei wurde das Aufnahmeverfahren auf die Carbon-Leakage-Liste weiter optimiert, indem nun die Handels- und Emissionsintensität sowie weitere qualitative Kriterien der Anlage einbezogen wurden. Dadurch wird sich die Anzahl der Anlagen auf der Liste im Vergleich zur dritten Handelsperiode weiter verringern.<sup>236</sup> Die neu

233 vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018), S. 2f.  
 234 vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018), S. 8.  
 235 vgl. DEHSt (2019a), URL siehe Literaturverzeichnis.  
 236 vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018), S. 5ff.

eingeführten Maßnahmen zeigten schnell Wirkungen, sodass sich der seit 2018 beobachtete Preisanstieg auch zu Beginn der vierten Handelsperiode fortsetzte (siehe Abb. 9 und Tab. A6 im Anhang). Im Jahr 2021 hat sich der Zertifikatspreis mehr als verdoppelt und erreichte im Dezember mit ca. 75€ einen Rekordwert.<sup>237</sup>

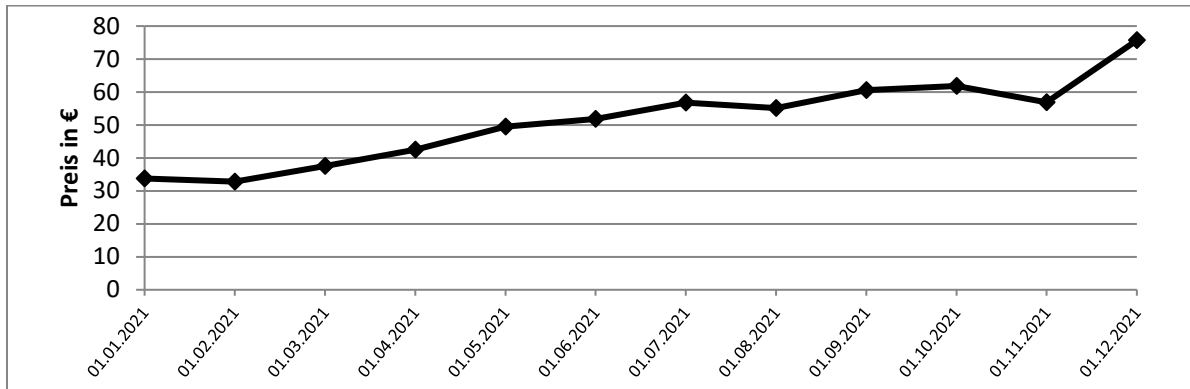


Abb. 9: Preisverlauf der Zertifikate im Jahr 2021 (eigene Darstellung)<sup>238</sup>

So konnten bereits 2021 Auktionserlöse im Wert von ca. 50 Mrd. € erzielt werden. Zudem wurden zusätzlich Solidaritätsmaßnahmen und Maßnahmen zur Innovationsförderung implementiert. Dazu wurde ein Innovationsfonds eingerichtet, der innovative Technologien im Bereich erneuerbare Energien, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung sowie Vermeidung und Reduzierung von THG-Emissionen in den Mitgliedsstaaten unterstützt. Die Erlöse aus der Versteigerung von mindestens 400 Mio. Zertifikaten fließen in diesen Fonds. Gleichzeitig soll ein neuer Modernisierungsfonds die Erneuerung der Energiesysteme in ärmeren Mitgliedstaaten fördern. Dazu versteigert die Europäische Investitionsbank mindestens 310 Mio. Zertifikate.<sup>239</sup>

#### 4.2.2. Zementindustrie

Abb. 10 (und Tab. A7 im Anhang) stellt die Entwicklung der kostenlosen Zuteilungen und Emissionen der deutschen Zementindustrie für die ersten drei Handelsperioden dar. Nachdem die Emissionen im Jahr 2008 den höchsten Stand erreichten, verzeichneten die Jahre 2009 und 2010 leichte Rückgänge, die jedoch auf die Weltwirtschaftskrise zurückzuführen waren. Anschließend stiegen die Emissionen wieder an und erreichten 2020 einen Wert von 20,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e, was etwa 6% mehr war als zu Beginn der dritten Handelsperiode. Insgesamt blieben die Emissionen der Zementindustrie zwischen 2005 und 2020 jedoch relativ konstant. Die Abbildung zeigt außerdem, dass die kostenlosen Zuteilungsmengen in den ersten beiden

<sup>237</sup> vgl. DEHSt (2020b), S. 87.

<sup>238</sup> vgl. wallstreet:online (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

<sup>239</sup> vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018), S. 11.

Perioden – vor allem zwischen 2005 und 2007 - stets über den tatsächlichen Emissionen lagen. Dies änderte sich jedoch ab dem Jahr 2013. Nun wurde die Zuteilungsmenge für die Zementindustrie jährlich reduziert, sodass diese durchgehend unterhalb der Emissionen lagen. Insgesamt bekam die Zementindustrie zwischen 2005 und 2020 316 Mio. kostenlose Zertifikate zugeteilt, was bei einer Emissionsmenge von ca. 317,8 Mio. CO<sub>2</sub>e einem Ausstattungsgrad von 99,5% entsprach.

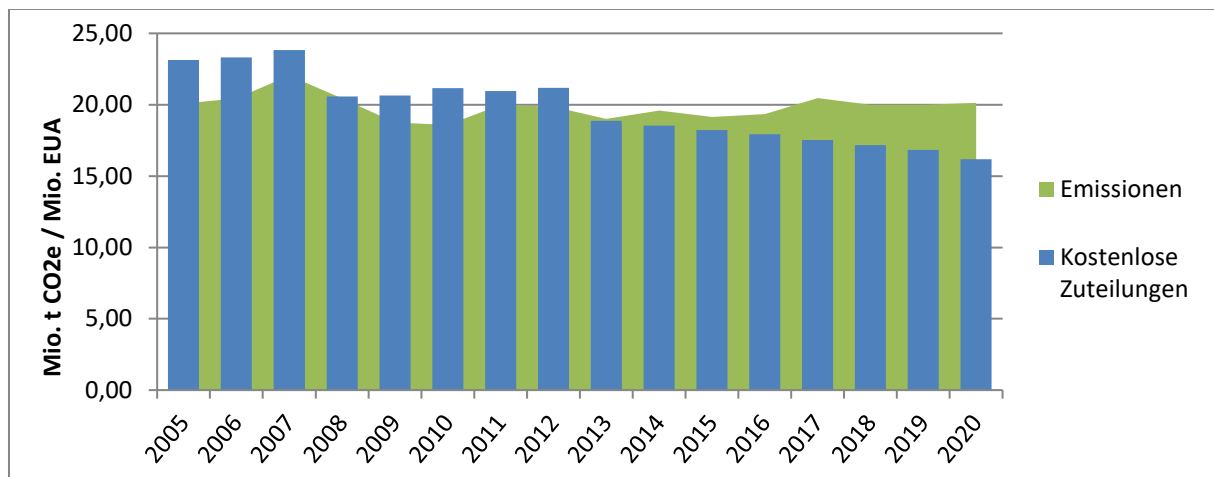


Abb. 10: Kostenlose Zuteilungen und Emissionen der deutschen Zementindustrie zwischen 2005 und 2020 (eigene Darstellung)<sup>240</sup>

Zur weiteren Verdeutlichung stellt Abb. 11 (und Tab. A7 im Anhang) die Entwicklung des Ausstattungsgrades als prozentuales Verhältnis zwischen Zuteilungen und Emissionen sowie die mengenmäßige Abweichung im Detail dar. Während in der ersten Periode durchschnittlich 2,57 Mio. Zertifikate zu viel ausgegeben wurden, waren es in der zweiten Periode 1,38 Mio. In der dritten Periode lagen die Zuteilungsmengen im Durchschnitt jedoch 2 Mio. unter den Emissionen. Die deutsche Zementindustrie bekam zwischen 2005 und 2020 Zertifikate im Wert von insgesamt ca. 3,9 Mrd. € kostenlos zugeteilt. Allein in der ersten Handelsperiode hatte die Überzuteilung (Differenz aus kostenlosen Zuteilungen und Emissionen) einen Wert von etwa 118,5 Mio. €, den die Zementproduzenten durch den Verkauf der übrigen Zertifikate hätten einnehmen können. Auch in der zweiten Periode waren durch den Verkauf nicht benötigter Zertifikate Zusatzerträge in Höhe von ca. 87,7 Mio. € möglich. Wie Abb. 11 zeigt, lag der Ausstattungsgrad seit 2013 durchgehend unter 100% und nahm jährlich weiter ab, weshalb die Unternehmen die fehlenden Zertifikate (16,4 Mio. für die dritte Periode) eigentlich am Markt erwerben müssten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Zementindustrie durch Zertifikatsreserven und die mögliche Nutzung von CER und

<sup>240</sup> vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

ERU nicht auf den Kauf von Zertifikaten angewiesen war.<sup>241</sup> Während der zweiten und dritten Handelsperiode konnten die Zementproduzenten die maximale Höchstmenge von ca. 23 Mio. CER bzw. ERU als Emissionsberechtigung in Anspruch nehmen. Der durchschnittliche Preis für CER/ERU lag dabei mit etwa 7€ deutlich niedriger als der der Zertifikate (12,2€), sodass die Zementhersteller durch den Verkauf der Zertifikate und den Kauf von CER/ERU (CER/ERU-Spread) weitere Profite hätten erzielen können.<sup>242</sup> Bei vollständiger Beanspruchung der Höchstmengen an Gutschriften, wären Zusatzerträge in Höhe von 162,6 Mio. € durch einen CER/ERU-Spread möglich.

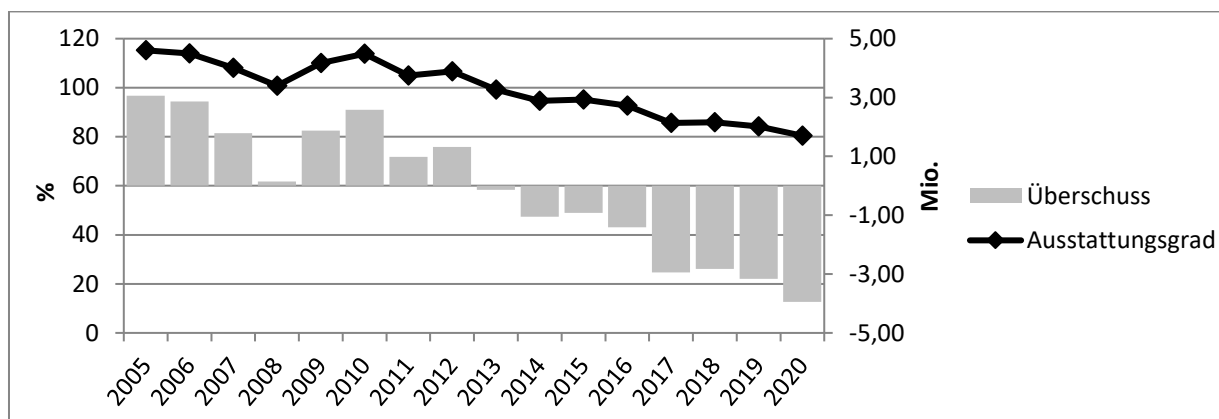


Abb. 11: Ausstattungsgrad und mengenmäßige Differenz zwischen kostenlosen Zuteilungen und Emissionen der deutschen Zementindustrie zwischen 2005 und 2020 (eigene Darstellung)<sup>243</sup>

#### 4.2.3. Eisen- und Stahlindustrie

Abb. 12 (und Tab. A8 im Anhang) stellt die Entwicklung der kostenlosen Zuteilungen und Emissionen der deutschen Eisen- und Stahlindustrie für die ersten drei Handelsperioden dar. Nachdem die Emissionen 2009 durch die Weltwirtschaftskrise deutlich zurückgingen, stiegen sie anschließend wieder stark an. Das Jahr 2018 verzeichnete mit 37,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e den höchsten Wert an Emissionen seit Einführung des EU-ETS. Die Abbildung zeigt außerdem, dass die kostenlosen Zuteilungsmengen in den ersten beiden Handelsperioden – vor allem zwischen 2008 und 2012 - stets über den tatsächlichen Emissionen lagen. Anschließend wurde die Zuteilungsmenge jährlich reduziert, sodass sie ab 2014 durchgehend unterhalb der Emissionen lagen (mit Ausnahme von 2020). Insgesamt bekam die deutsche Eisen- und Stahlindustrie zwischen 2005 und 2020 585 Mio. kostenlose Zertifikate zugeteilt, was bei einer Gesamtemissionsmenge von ca. 539 Mio. CO<sub>2</sub>e einem Ausstattungsgrad von 108% entsprach.

<sup>241</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 16f.

<sup>242</sup> vgl. Hermann u.a. (2010), S. 32f.

<sup>243</sup> vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

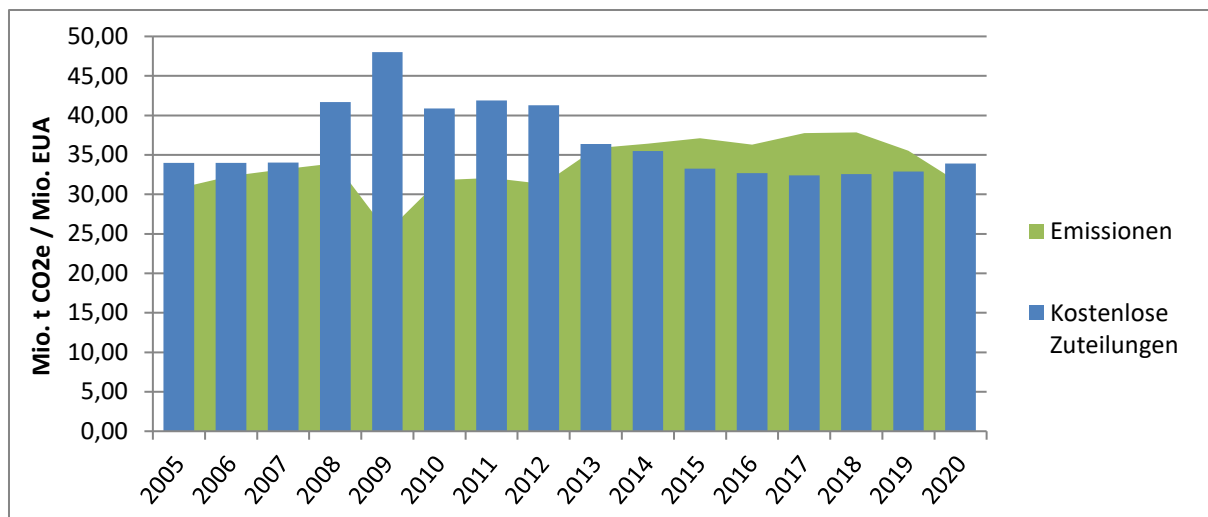


Abb. 12: Kostenlose Zuteilungen und Emissionen der deutschen Eisen- und Stahlindustrie zwischen 2005 und 2020 (eigene Darstellung)<sup>244</sup>

Zur weiteren Verdeutlichung stellt Abb. 13 (und Tab. A8 im Anhang) die Entwicklung des Ausstattungsgrades als prozentuales Verhältnis zwischen Zuteilungen und Emissionen sowie die mengenmäßige Abweichung im Detail dar. Während in der ersten Periode insgesamt 5,8 Mio. Zertifikate zu viel ausgegeben wurden, waren es in der zweiten Periode 59,3 Mio. In der dritten Periode lagen die Zuteilungsmengen im Durchschnitt jedoch um 2,3 Mio. unter den Emissionen. Die deutsche Eisen- und Stahlindustrie bekam zwischen 2005 und 2020 kostenlose Zertifikate im Wert von insgesamt ca. 7,3 Mrd. € zugeteilt. Allein in der ersten Handelsperiode hatte die Überzuteilung (Differenz aus kostenlosen Zuteilungen und Emissionen) einen Wert von etwa 100 Mio. €, was die Stahl- und Eisenproduzenten durch den Verkauf der übrigen Zertifikate hätten einnehmen können. In der zweiten Handelsperiode waren durch den Verkauf nicht benötigter Zertifikate sogar Zusatzerträge in Höhe von ca. 774 Mio. € möglich. Wie Abb. 13 zeigt, lag der Ausstattungsgrad seit 2014 durchgehend unter 100% und nahm jährlich weiter ab, weshalb die Unternehmen die fehlenden Zertifikate (18,6 Mio. für die dritte Periode) eigentlich am Markt erwerben müssten. Vermutlich war die Eisen- und Stahlindustrie aufgrund von Zertifikatsreserven und der möglichen Nutzung von CER und ERU dennoch nicht auf den Zukauf von Zertifikaten angewiesen.<sup>245</sup> Während der zweiten und dritten Handelsperiode konnten die Eisen- und Stahlproduzenten die maximale Höchstmenge ca. 47 Mio. CER bzw. ERU als Emissionsberechtigung in Anspruch nehmen. Der durchschnittliche Preis für CER/ERU lag dabei mit etwa 7€ deutlich niedriger als der der Zertifikate (12,2€),

<sup>244</sup> vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis und DEHSt (2008b, 2009-2016, 2017b, 2018b, 2019, 2020b)

<sup>245</sup> vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 16f.

sodass die Unternehmen durch den Verkauf der Zertifikate und den Zukauf von CER/ERU (CER/ERU-Spread) weitere Profite hätten erzielen können.<sup>246</sup> Durch einen CER/ERU-Spread wären bei vollständiger Beanspruchung der Höchstmengen an Gutschriften, Zusatzerträge in Höhe von 332 Mio. € möglich.

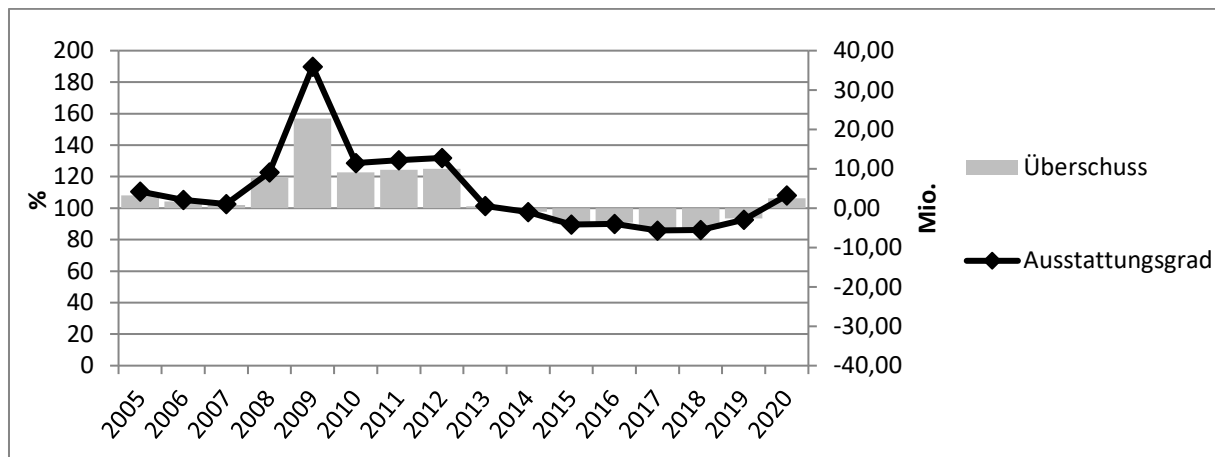


Abb. 13: Ausstattungsgrad und mengenmäßige Differenz zwischen kostenlosen Zuteilungen und Emissionen der deutschen Eisen- und Stahlindustrie zwischen 2005 und 2020 (eigene Darstellung)<sup>247</sup>

### 4.3. Diskussion

Das im Jahr 2005 eingeführte EU-ETS zielt darauf ab, die THG-Emissionen der teilnehmenden Branchen zu senken und klimafreundliche Innovationen zu fördern.<sup>248</sup> Aus der Theorie ist bekannt, dass das EU-ETS eine hohe ökologische Treffsicherheit aufweist, da ein festgeschriebenes Cap das Erreichen eines bestimmten Emissionsziels sicherstellt.<sup>249</sup> Die empirische Untersuchung zeigt, dass die THG-Emissionen der regulierten Unternehmen von 2005 bis 2020 um insgesamt ca. 31% gesunken sind, wobei der stärkste Rückgang in der dritten Handelsperiode beobachtet wurde. Somit wurde das für diesen Zeitraum festgelegte Emissionsreduktionsziel von 21% erreicht,<sup>250</sup> weshalb das EU-ETS auf EU-Ebene hinsichtlich der Emissionsreduzierung als erfolgreich angesehen werden kann. Gegensätzliches zeigen die Analysen der Zement-, Eisen- und Stahlindustrie. Während die THG-Emissionen in der Zementindustrie zwischen 2005 und 2019 nahezu unverändert blieben, sind sie in der Eisen- und Stahlindustrie sogar um 13% gestiegen. Das liegt vor allem daran, dass diese Schlüsselindustrien in Deutschland besonderen Schutz genießen und deshalb auf der Carbon-Leakage-Liste stehen. Sie erhalten nahezu alle Zertifikate kostenfrei

<sup>246</sup> vgl. Hermann u.a. (2010), S. 32f.

<sup>247</sup> vgl. EEA (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

<sup>248</sup> vgl. Schleich u.a. (2010), S. 2.

<sup>249</sup> vgl. Fritsch (2011), S. 126.

<sup>250</sup> vgl. BMU (2020), S. 8.

und haben somit wenig Anreiz zur Reduzierung ihrer THG-Emissionen.<sup>251</sup> Fraglich ist, ob sich dies mit der angepassten Ausgestaltung des EU-ETS zukünftig ändern wird.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit lag auf der Innovationswirkung des EU-ETS. Die Ergebnisse der Literaturanalyse (s. Kap. 3.4.3) zeigen, dass die Innovationswirkung des EU-ETS von folgenden Ausgestaltungselementen abhängt: Cap, Projektgutschriften, Banking und Borrowing, Preis, Preisvolatilität, Dauer der Handelsperiode, Zuteilungsmethode und kostenlosen Zuteilungen. Tab. 2 zeigt, wie diese ausgestaltet sein sollten, um optimale Innovationsanreize zu schaffen. Außerdem fasst sie die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zur tatsächlichen Ausgestaltung der Elemente in den vier Handelsperioden sowohl auf EU-Ebene als auch innerhalb der deutschen Zement- sowie Eisen- und Stahlindustrie zusammen.

Tab.2: Ausgestaltungselemente, innovationsfördernde und tatsächliche Ausgestaltung des EU-ETS (eigene Darstellung)

Ebene	Ausgestaltungselemente	Innovationsfördernde Ausgestaltung	Tatsächliche Ausgestaltung															
			EU				Zementindustrie D				Eisen- und Stahlindustrie D							
			HP 1	HP2	HP3	HP4	HP1	HP2	HP3	HP 4	HP1	HP2	HP3	HP 4				
Makro-Ebene	Cap	möglichst niedrig	-	-	-													
		liegt unterhalb der Emissionen	-	-	-													
		sinkt jährlich	-	-	√	√												
	Projektgutschriften	keine / möglichst wenige	√	-	-	√												
		liegen preislich nicht deutlich unter den Zertifikaten		-	-													
	Banking/Borrowing	ist möglich	-	√	√													
	Preis	möglichst hoch	-	-	-	√												
	Preisvolatilität	möglichst gering ausgeprägt	-	-	-	√												
Dauer der Handelsperiode	möglichst lang	-	o	√	√													
Mikro-Ebene	Zuteilungsmethode	möglichst viele Auktionen	-	-	o	√	-	-	-	-	-	-	-	-				
		Auktionen übersteigen kostenlose Zuteilungen	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-				
	Kostenlose Zuteilung	liegt unterhalb der Emissionen	-	-	√		-	-	√		-	-	√					
		Benachmarks statt Grandfathering-Prinzip	-	o	√	√	-	o	√	√	-	o	√	√				

Legende: √ = erfüllt; - = nicht erfüllt; o = teils erfüllt; leeres Feld = keine Aussage möglich; HP = Handelsperiode; D = Deutschland

Es wird deutlich, dass in der ersten Periode auf EU-Ebene kein Element des EU-ETS innovationsfördernd ausgestaltet war. Lediglich Projektgutschriften - die sich erst im Nachhinein als innovationshemmend erwiesen - konnten zu dieser Zeit noch nicht eingesetzt werden. Auch die zweite Handelsperiode war trotz Banking und Borrowing, vereinzelter Nutzung von Benchmarks und einer etwas längeren Dauer geprägt von einer innovationshemmenden Ausgestaltung. Erst mit Beginn der dritten

251 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 15.

Handelsperiode wurden weitere Ausgestaltungselemente angepasst. Von besonderer Bedeutung waren dabei ein jährlich sinkendes Cap, zunehmende Auktionen und die Tatsache, dass die Menge kostenloser Zertifikate erstmals unterhalb der Emissionen lag. Auch in der 2021 gestarteten vierten Periode ist ein innovationsfördernder Trend zu beobachten. Alle zum aktuellen Zeitpunkt bewertbaren Elemente sind nun so ausgestaltet, dass sie Anreize für Innovationen schaffen könnten. Vor allem ein hoher und stetig steigender Zertifikatspreis sowie hohe Auktionsmengen (höher als kostenlose Zuteilungen) sind Indizien für die innovationsfördernde Ausgestaltung. Es bleibt festzuhalten, dass das EU-ETS auf EU-Ebene lange so ausgestaltet war, dass keine Innovationseffekte zu erwarten waren. Der zwischen 2005 und 2020 beobachtete THG-Emissionsrückgang ist somit vermutlich nicht primär durch das EU-ETS bedingt. Ob der verstärkte Emissionsrückgang in der dritten Periode auf die ersten innovationsfördernden Anpassungen dieser Periode zurückzuführen ist, bleibt unklar. Perspektivisch sind Innovationen vor allem in der vierten Handelsperiode möglich.

Die Befunde der vorliegenden Untersuchung bestätigen die in der Forschungsliteratur vorgefundenen Ergebnisse in zweierlei Hinsicht. Zum einen liefert die nachgewiesene überwiegend innovationshemmende Ausgestaltung des EU-ETS eine Begründung für die schwierige Nachweisbarkeit der Innovationswirkung sowie für die uneinheitlichen Ergebnisse vorliegender empirischer Untersuchungen.<sup>252</sup> Zum anderen liefert die Arbeit Indizien für die Bestätigung der Porter-Hypothese, die betont, dass Umweltinstrumente nur innovationsfördernd wirken können, wenn sie richtig ausgestaltet und an ihre Branche angepasst sind.<sup>253</sup>

Auffällig ist, dass die innovationsfördernden Elemente in der Zement-, Eisen- und Stahlindustrie deutlich ungünstiger ausgestaltet waren als auf EU-Ebene. Wie bereits erwähnt, stehen diese Unternehmen auf der Carbon-Leakage-Liste und bekamen auch in der dritten Periode nahezu alle Zertifikate kostenlos zugeteilt. Zwar liegt die Zuteilungsmenge ab 2013 leicht unterhalb der Emissionen, doch waren vermutlich weder Zement- noch Eisen- und Stahlproduzenten auf den Kauf angewiesen.<sup>254</sup> Theoretisch konnten sie durch den Verkauf ihrer Zertifikatsreserven und der Nutzung von Projektgutschriften sogar Zusatzerlöse erzielen, ohne dafür Emissionen vermeiden zu müssen. Auch im Hinblick auf Innovationen macht sich hier eine

---

252 vgl. Brockmann u.a. (2012), S. 17ff. und Schleich u.a. (2010), S. 179ff.

253 vgl. Nordbeck und Faust (2005), S. 175ff.

254 vgl. DEHSt (Hrsg., 2015), S. 15.



Fehlkonstruktion des EU-ETS bemerkbar. Solange die Industrieunternehmen keine Zertifikate für ihre Emissionen erwerben müssen bzw. sogar Zusatzerträge ohne emissionschonende Aufwendungen erzielbar sind, bestehen kaum Investitionsanreize für innovative Technologien. Das EU-ETS ist somit in seiner bisherigen Ausgestaltung nicht nur innovationshemmend, sondern belohnt klimaschädliche Industrien.<sup>255</sup> Die Politik rechtfertigt die Sonderstellung mit dem Schutz der Industrien vor Carbon Leakage und dem drohenden Verlust der internationalen Wettbewerbsfähigkeit.<sup>256</sup> Hier wird ein Dilemma zwischen monetären und ökologischen Zielen deutlich. Ein Emissionshandelssystem, das primär auf die Reduzierung der globalen THG-Emissionen durch innovative Technologien abzielt, kann nur eingeschränkt wirken, wenn es zentralen Industrien eine Sonderstellung einräumt. Wird diese Stellung aufgehoben, kann es den Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit nicht garantieren.

Bereits seit der Einführung im Jahr 2005 wird die Reformbedürftigkeit des EU-ETS in der Literatur diskutiert und verschiedene Anpassungsmaßnahmen gefordert. Bis heute wurden jedoch keine Lösungen – vor allem für den Industriebereich - gefunden, die eine vollständige Wirkung des EU-ETS belegen.<sup>257</sup> Erste Anpassungen wurden in der dritten Handelsperiode vorgenommen, als das Backloading und die MSR zum Abbau von Zertifikatsüberschüssen eingeführt wurden. Das Backloading verschob jedoch 900 Mio. Zertifikate aus den Jahren 2014 bis 2016 lediglich auf 2019 und 2020, statt sie dauerhaft vom Markt zu streichen.<sup>258</sup> Die 2018 eingeführte MSR trug zwar zum Abbau historischer Überschüsse und zum Preisanstieg der Zertifikate bei, brachte jedoch komplexe, situationsabhängige und zum Teil kontraproduktive Effekte mit sich. Klimapolitische Maßnahmen wie der Kohleausstieg oder die Förderung erneuerbarer Energien und der Elektromobilität, die durch den EU-ETS eigentlich angeregt werden sollen, führen zu einer vorhersehbaren Reduzierung der Zertifikatsnachfrage in der Zukunft. Dadurch kommt es zu einem Preisrückgang, Unternehmen emittieren bereits heute mehr und setzen ihre vorhandenen Zertifikate dafür ein. Folglich fällt die Anzahl nicht genutzter Zertifikate zum Ende des Jahres geringer aus, weshalb weniger Zertifikate in die MSR überführt und gelöscht werden. Statt dem Preisverfall durch eine Reduzierung des Angebots entgegenzuwirken, verschärft die MSR diesen durch eine Angebotsausweitung. Insgesamt weist die MSR in ihrer aktuellen Ausgestaltung also

---

255 vgl. Cludius und Hermann (2014), S. 23.

256 vgl. DEHSt (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

257 vgl. Nantke u.a. (2013), S. 3ff.

258 vgl. Andor u.a. (2015), S. 185.

einen Konstruktionsfehler auf, weil sie bei angekündigten Vermeidungsanstrengungen in der Zukunft unmittelbar zu mehr statt zu weniger THG-Emissionen führt.<sup>259</sup> Außerdem werden politische Interventionen in den Markt - dazu zählt die MSR – in der Literatur häufig mit Unsicherheiten über die künftig verfügbare Menge an Zertifikaten in Verbindung gebracht. Die daraus resultierenden Planungsunsicherheiten können langfristige Investitionsentscheidungen beeinträchtigen.<sup>260</sup>

Da es bislang keine Belege dafür gibt, dass die Ausgestaltung des EU-ETS keinen Einfluss auf die Innovationswirkung des EU-ETS hat, besitzen die theoretischen Annahmen und die Porter-Hypothese weiterhin Gültigkeit. Im Hinblick auf Reform- und Anpassungsmaßnahmen des EU-ETS wäre also die logische Konsequenz, alle Ausgestaltungselemente gemäß Tab. 2 (s. oben) innovationsfördernd anzupassen. Diese Aufgabe muss von der Politik in Angriff genommen werden, wobei der Fokus auf der Gestaltung des Cap und der kostenlosen Zuteilung liegen sollte. Die in dieser Arbeit herausgearbeiteten innovationsfördernden Anpassungen der Ausgestaltungselemente decken sich größtenteils mit den Empfehlungen der Naturschutzorganisation World Wide Fund For Nature (WWF) zur Optimierung des EU-ETS in drei Handlungsbereichen. Der erste Bereich wird als „Durchsetzung des Verursacherprinzips“ zusammengefasst und beinhaltet vier konkrete Empfehlungen für die Politik. Als erstes soll die kostenlose Zuteilung abgeschafft und die vollständige Auktionierung der Zertifikate eingeführt werden. Der dadurch steigende Zertifikatspreis soll seine ursprünglich vorgesehene Lenkungsfunction erfüllen, indem er den Unternehmen Planungssicherheit für langfristige Investitions- und Innovationsentscheidungen gibt. Die Auktionen werden zudem die Einnahmen des EU-ETS verdoppeln und alle Emissionsverursacher zur Rechenschaft ziehen. Als Ergänzung zur Abschaffung der kostenlosen Zuteilung empfiehlt der WWF einen CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichsmechanismus (Carbon Border Adjustment Measure, CBAM) für Carbon Leakage gefährdete Industrieanlagen. Das CBAM würde die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen sicherstellen, indem für jeden Import ein CO<sub>2</sub>-Preis gezahlt werden muss, der dem von EU-Unternehmen gezahlten Zertifikatspreis entspricht.<sup>261</sup> Als zweites empfiehlt der WWF die Erhöhung des Emissionsreduktionsziels innerhalb des EU-ETS auf 70% gegenüber dem Basisniveau von 2005. Dazu sollen Zertifikatsüberschüsse der letzten Jahre durch die Kombination von folgenden Elementen abgebaut werden: Erhöhung des

---

259 vgl. Perino u.a. (2021), S. 3ff.

260 vgl. Andor u.a. (2015), S. 185.

261 vgl. WWF Deutschland (2021), S. 3ff. und WWF European Policy Office (2021), S. 5ff.

linearen Reduktionsfaktors des Cap auf 4,2% ab 2023, einmalige Senkung des Cap um 350 Mio. Zertifikate im Jahr 2023, Festlegung eines CO<sub>2</sub>-Mindestpreises und Reform der MSR mit einer 24%-Aufnahmerate, Schwellenwerte, die im Jahr 2030 auf null sinken und einer automatischen Löschung von Zertifikaten nach fünf Jahren.<sup>262</sup> Als drittes empfiehlt der WWF eine Ausweitung des Geltungsbereiches des EU-ETS. Ab 2023 sollen der internationale Schiffsverkehr und alle Flüge, also auch diejenigen die außerhalb des europäischen Wirtschaftsraums starten oder landen einbezogen werden. Als viertes wird empfohlen, die Ausweitung des EU-ETS auf den Straßenverkehr und auf Gebäude nur unter strengen Bedingungen vorzunehmen.<sup>263</sup>

Der zweite Handlungsbereich umfasst Empfehlungen zur Verwendung der EU-ETS Einnahmen für den Übergang zur Klimaneutralität. Dazu gehört in erster Linie die vollständige Nutzung der Auktionseinnahmen für Klimaschutzmaßnahmen anstatt für Eigennutzen oder den Schuldenabbau der EU. Darüber hinaus sollen Klimaschutzmaßnahmen innerhalb des EU-ETS strenger definiert werden, um den Beitrag der Maßnahmen zum Klimaschutz sicherzustellen und mögliche Schlupflöcher z.B. für fossile Brennstoffe zu schließen. Außerdem sollen zusätzliche Einnahmen aus dem Übergang zur vollständigen Auktionierung für die Aufstockung des Innovations- und Modernisierungsfonds eingesetzt werden. Letztendlich wird empfohlen, Einnahmen aus dem CBAM vollständig in Form von internationaler Klimafinanzierung an die Entwicklungsländer zurückzuführen, weil diese eine geringere Emissionsleistung aufweisen als EU-Länder und somit durch das CBAM bestraft werden würden.<sup>264</sup>

Im Rahmen des dritten Handlungsbereichs empfiehlt der WWF die Sicherstellung der Rechenschaftspflicht für die Verwendung der EU-ETS Einnahmen. Dazu sollen die Mitgliedstaaten nachweisen, dass sie Auktionserlöse nur zweckgebunden und zusätzlich zu bereits bestehenden Klimaausgaben aus dem Staatshaushalt verwenden. Außerdem sollen Vorschriften zur Berichterstattung über die Einnahmenverwendungen überarbeitet und Mindestqualitätsstandards eingeführt werden.<sup>265</sup>

Insgesamt treffen die Empfehlungen des WWF zur emissionsreduzierenden und innovationsförderlichen Optimierung des EU-ETS in der Literatur auf eine hohe Akzeptanz. Trotz vielfältiger und weitreichender Anpassungsanstrengungen - vor allem hinsichtlich der Ausgestaltungselemente des EU-ETS – sind sich Klimawissenschaftler und

---

262 vgl. WWF Deutschland (2021), S. 2f. und Matthes (2021), S. 16ff.

263 vgl. WWF Deutschland (2021), S. 3ff. und WWF European Policy Office (2021), S. 5ff.

264 vgl. WWF Deutschland (2021), S. 3ff. und WWF European Policy Office (2021), S. 14ff.

265 vgl. WWF Deutschland (2021), S. 4f. und WWF European Policy Office (2021), S. 24ff.

Ökonomen einig, dass das EU-ETS alleine nicht in der Lage sein wird, die Entwicklung und den Masseneinsatz innovativer emissionsreduzierender Technologien zu garantieren. Es bedarf neben dem EU-ETS ergänzende Instrumente, die den Übergang zur Dekarbonisierung unterstützen. Auch wenn das EU-ETS vermutlich erste Anreizeffekte für die Einführung klimaschonender Produkte und Technologien geschaffen hat, ist es notwendig, gezielte Maßnahmen auch auf Nachfrageseite einzuführen, um die Akzeptanz für diese Produkte und Technologien sicherzustellen. Letztendlich wird das Zusammenspiel und potenzielle Synergieeffekte zwischen dem EU-ETS und anderen Klimainstrumenten für die Erreichung der Klimaziele entscheidend sein.<sup>266</sup>

Wie Eingangs gezeigt wurde, stellt der Klimawandel ein globales Umweltproblem bzw. ein stabiles Klima ein öffentliches Gut dar. Da die EU wie auch Deutschland im globalen Wettbewerb agieren, stellt sich die Frage, ob ein Emissionshandelssystem auf internationaler Ebenen benötigt wird um durch Innovationen die im Pariser Klimaschutzabkommen geforderte globale THG-Neutralität bis Mitte dieses Jahrhunderts zu erreichen. Schließlich haben sich inzwischen 127 Staaten diesem Abkommen angeschlossen und sich verpflichtet ihre THG-Emissionen zu reduzieren.<sup>267</sup>

#### **4.4. Limitationen**

Wie in der Arbeit deutlich wurde, sind die unter den EU-ETS fallenden THG-Emissionen seit 2005 deutlich zurückgegangen. Ob dieser Rückgang tatsächlich durch das EU-ETS oder durch andere Faktoren, z.B. Veränderungen im Produktionsniveau, wirtschaftliche Krisen oder andere Politikmaßnahmen getrieben wurde, bleibt offen. Vor allem in den untersuchten deutschen Industrien wäre neben der Darstellung der Veränderung der THG-Emissionen ein Vergleich mit der Veränderung des Zement- bzw. Eisen- und Stahlproduktionsvolumen interessant gewesen. Nur so hätte eine potenzielle Kausalität zwischen THG-Emissionen und EU-ETS aufgezeigt werden können. Diese Herangehensweise hätte den Umfang der Arbeit jedoch überschritten.

Für die Zement-, Eisen- und Stahlindustrie wurden auf Basis der Überzuteilung kostenloser Zertifikate und der Anzahl maximal nutzbarer Projektgutschriften potenzielle Zusatzerträge berechnet. Ob die Unternehmen durch den Verkauf übriger Zertifikate oder einen CER/ERU-Spread tatsächlich Gewinne erwirtschafteten bleibt spekulativ.

---

<sup>266</sup> vgl. Marcu u.a. (2020), S. 1f.

<sup>267</sup> vgl. Marcu u.a. (2020), S. 9.

In Bezug auf die Innovationswirkung fokussierte die vorliegende Arbeit die Ausgestaltungselemente des EU-ETS. Um zu belegen, dass das System aber tatsächlich innovationfördernd gewirkt hat bzw. wirkt benötigt es vertiefende und weiterführende empirische Untersuchungen. Es wurde jedoch deutlich, dass das EU-ETS in seiner bisherigen Ausgestaltungsform erst ab der vierten Handelsperiode Anreize für Innovationen schafft, sodass diese vermutlich bislang auch noch nicht messbar waren.

## 5. Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Forschungsfrage, wie das EU-ETS ausgestaltet sein muss, um bestmögliche Innovationseffekte entfachen zu können. Die Literatur belegt, dass bestimmte Ausgestaltungselemente entscheidend für die Innovationswirkung des EU-ETS sind (s. Kap. 3.4.3). Hierzu zählen vor allem Cap, Preis, Preisvolatilität und Zuteilungsmethode. Die empirische Untersuchung zeigt, dass diese Elemente in den ersten drei Handelsperioden überwiegend innovationshemmend ausgestaltet waren. Folglich waren in diesem Zeitraum auch kaum Innovationen zu erwarten. Die seit 2005 beobachtete Reduzierung der THG-Emissionen ist somit vermutlich nicht primär auf das EU-ETS zurückzuführen. Erst in der vierten Periode wurden die Ausgestaltungselemente so angepasst, dass vermehrt Innovationsanreize geschaffen wurden. Ob die jetzige Ausgestaltung tatsächlich innovationswirksam sein wird, sollte im Rahmen von weiteren empirischen Arbeiten untersucht werden.

Fraglich bleibt, ob das EU-ETS in energieintensiven Sektoren wie der Zement- bzw. Eisen- und Stahlindustrie überhaupt in der Lage ist Innovationen auszulösen oder ob es hier - insbesondere dann, wenn diese Industrien eine Sonderstellung genießen - an seine Grenze stößt. Möglicherweise regt das EU-ETS aber auch Innovationen in alternativen Industrien oder Branchen an bzw. führt zu entsprechenden Verschiebungen. Insbesondere in der Baubranche wird derzeit verstärkt an Innovationen für den Klimaschutz geforscht. Aktuell wird z.B. im Rahmen des EU-Projekts "Smart Circular Bridge", an dem auch die Universität Stuttgart beteiligt ist, der Einsatz von Flachs und speziellem Bioharz als alternative Baumaterialien für Zement und Stahl erprobt.<sup>268</sup> Wenn sich solche Innovationen langfristig durchsetzen, könnten möglicherweise etablierte Industriezweige an Bedeutung verlieren, wie der bevorstehende Kohleausstieg in der Energiebranche zeigt. Um zu überprüfen, ob solche Übertragungseffekte auf das EU-ETS zurückzuführen sind, sind weiterführende Untersuchungen notwendig.

---

<sup>268</sup> vgl. Universität Stuttgart (2022), URL siehe Literaturverzeichnis.

## Anhang

Tab. A1: Sektoren, Branchen und Tätigkeiten nach dem TEHG (vgl. DEHSt 2020b)

TEHG-Nr.	Tätigkeit	Branchen	Sektor
2	Energieumwandlung $\geq$ 50 MW FWL	Energieanlagen	Energie
3	Energieumwandlung 20 – 50 MW FWL		
4	Energieumwandlung 20 – 50 MW FWL, andere Brennstoffe		
5	Antriebsmaschinen (Motoren)		
6	Antriebsmaschinen (Turbinen)		
1	Verbrennung	sonstige Verbrennungsanlagen, Eisen und Stahl Nichteisenmetalle, Mineralverarbeitende Industrie, Chemische Industrie	Industrie
7	Raffinerien	Raffinerien	
8	Kokereien	Eisen und Stahl	
9	Verarbeitung von Metallerzen		
10	Herstellung von Roheisen und Stahl		
11	Verarbeitung von Eisenmetallen		
12	Herstellung von Primäraluminium	Nichteisenmetalle	
13	Verarbeitung von Nichteisenmetallen		
14	Herstellung von Zementklinker	Mineralverarbeitende Industrie	
15	Herstellung von Kalk		
16	Herstellung von Glas		
17	Herstellung von Keramik		
18	Herstellung von Mineralfasern		
19	Herstellung von Gips		
20	Herstellung von Zellstoff	Papier und Zellstoff	
21	Herstellung von Papier		
22	Herstellung von Industrieruß	Chemische Industrie	
23	Herstellung von Salpetersäure		
24	Herstellung von Adipinsäure		
25	Herstellung von Glyoxal und Glyoxylsäure		
26	Herstellung von Ammoniak		
27	Herstellung organischer Grundchemikalien		
28	Herstellung von Wasserstoff und Synthesegas		
29	Herstellung von Soda		

Tab. A 2: Zahlen der ersten Handelsperiode (vgl. EEA 2022, UBA 2021b und wallstreet:online 2022)

Jahr	CAP in Mio. EUA	Kostenlose Zuteilungen in Mio. EUA	Auktionen in Mio. EUA	Emissionen in Mio. t CO <sub>2e</sub>	Differenz Cap und Emissionen in Mio. EUA (Überschuss)	Kum. Überschuss in Mio. EUA
2005	2.223,88	2.096,44	0,00	2.014,08	209,81	209,81
2006	2.223,88	2.071,76	6,78	2.035,79	188,10	397,90
2007	2.223,88	2.192,85	1,73	2.164,73	59,15	457,05
<b>Gesamt 1.HP</b>	<b>6.671,65</b>	<b>6.361,06</b>	<b>8,51</b>	<b>6.214,60</b>	<b>457,05</b>	<b>1.064,76</b>
Jahr	Differenz kostenlose Zuteilungen und Emissionen in Mio. EUA	Ausstattungsgrad in %	Preis EUA in €	Wert der kostenlosen Zuteilungen in Mio. €	Wert der kostenlosen Überzuteilungen in Mio. €	Auktionserlöse in Mio. €
2005	82,37	104,1	22,09	46.310,45	1.819,50	0,00
2006	35,97	101,8	17,33	35.903,67	623,44	117,53
2007	28,12	101,3	0,66	1.447,28	18,56	1,14
<b>Gesamt 1.HP</b>	<b>146,46</b>	<b>102,4</b>	<b>13,36</b>	<b>83.661,40</b>	<b>2.461,50</b>	<b>118,67</b>

Tab. A 3: Zahlen der zweiten Handelsperiode (vgl. EEA 2022, UBA 2021b und wallstreet:online 2022)

Jahr	Cap in Mio. EUA (inkl. CER/ERU)	CAP in Mio. EUA	Kostenlose Zuteilungen in Mio. EUA	Auktionen in Mio. EUA	Emissionen in Mio. t CO <sub>2</sub> e	Differenz Cap und Emissionen in Mio. EUA	Differenz Cap (inkl. CER/ERU) und Emissionen in Mio. EUA (Überschuss)
2008	2.297,74	2.088,15	1.957,74	53,13	2.119,67	-31,52	178,07
2009	2.297,74	2.088,15	1.970,13	79,32	1.879,62	208,54	418,12
2010	2.297,74	2.088,15	1.988,93	91,86	1.938,80	149,35	358,94
2011	2.297,74	2.088,15	2.008,26	92,94	1.904,39	183,76	393,35
2012	2.297,74	2.088,15	2.044,08	125,03	1.867,03	221,12	430,71
<b>Gesamt 2.HP</b>	<b>11.488,72</b>	<b>10.440,77</b>	<b>9.969,15</b>	<b>442,28</b>	<b>9.709,52</b>	<b>731,25</b>	<b>1.779,19</b>
Jahr	Kum. Überschuss in Mio. EUA	Differenz kostenlose Zuteilungen und Emissionen in Mio. EUA	Ausstattungsgrad in %	Preis EUA in €	Wert der kostenlosen Zuteilungen in Mio. €	Wert der kostenlosen Überzuteilungen in Mio. €	Auktionserlöse in Mio. €
2008	178,07	-161,93	92,4	17,4	34.064,66	-2.817,66	924,46
2009	596,19	90,51	104,8	13,4	26.399,77	1.212,88	1.062,82
2010	955,13	50,13	102,6	14,4	28.640,62	721,87	1.322,81
2011	1.348,48	103,87	105,5	13,36	26.830,41	1.387,71	1.241,71
2012	1.779,19	177,05	109,5	7,4	15.126,20	1.310,16	925,25
<b>Gesamt 2.HP</b>	<b>1.779,19</b>	<b>259,63</b>	<b>102,7</b>	<b>13,19</b>	<b>131.061,66</b>	<b>1.814,96</b>	<b>5.477,05</b>



Tab. A 4: Zahlen der dritten Handelsperiode (vgl. EEA 2022, UBA 2021b und wallstreet:online 2022)

Jahr	Cap in Mio. EUA (inkl. CER/ERU)	CAP in Mio. EUA	Kostenlose Zuteilungen in Mio. EUA	Auktionen in Mio. EUA	Emissionen in Mio. t CO2e	Differenz Cap und Emissionen in Mio. EUA	Differenz Cap (inkl. CER/ERU) und Emissionen in Mio. EUA (Überschuss)
2013	2.152,93	2.084,30	1.045,52	826,30	1.961,54	122,76	191,39
2014	2.114,66	2.046,04	971,51	537,68	1.868,57	177,47	246,10
2015	2.076,40	2.007,77	910,62	649,12	1.860,15	147,63	216,25
2016	2.038,14	1.969,51	865,41	721,29	1.811,98	157,53	226,15
2017	1.999,87	1.931,24	819,81	955,93	1.819,11	112,13	180,76
2018	1.961,61	1.892,98	779,45	921,35	1.750,56	142,43	211,05
2019	1.923,34	1.854,72	750,87	594,04	1.598,43	256,29	324,92
2020	1.879,85	1.816,45	697,92	786,01	1.380,06	436,39	499,79
<b>Gesamt 3.HP</b>	<b>16.146,80</b>	<b>15.603,02</b>	<b>6.841,11</b>	<b>5.991,71</b>	<b>14.050,39</b>	<b>1.552,63</b>	<b>2.096,41</b>
Jahr	Kum. Überschuss in Mio. EUA	Differenz kostenlose Zuteilungen und Emissionen in Mio. EUA	Ausstattungsgrad in %	Preis EUA in €	Wert der kostenlosen Zuteilungen in Mio. €	Auktionserlöse in Mio. €	
2013	191,39	-916,02	53,3	4,41	4.610,74	3.643,98	
2014	437,48	-897,06	52,0	5,90	5.732,69	3.172,75	
2015	653,74	-949,53	49,0	7,63	6.945,73	4.951,13	
2016	879,89	-946,57	47,8	5,46	4.720,82	3.934,62	
2017	1.060,65	-999,30	45,1	5,80	4.752,15	5.541,18	
2018	1.271,70	-971,11	44,5	14,97	11.671,56	13.796,47	
2019	1.596,62	-847,55	47,0	24,67	18.527,21	14.657,50	
2020	2.096,41	-682,13	50,6	24,15	16.852,55	18.979,52	
<b>Gesamt 3.HP</b>	<b>2.096,41</b>	<b>-7.209,28</b>	<b>48,7</b>	<b>11,62</b>	<b>73.813,46</b>	<b>68.677,16</b>	

Tab. A 5: Zahlen der vierten Handelsperiode (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2018 und wallstreet:online 2022)

Jahr	CAP in Mio. EUA	Kostenlose Zuteilungen in Mio. EUA	Auktionen in Mio. EUA	Sicherheitspuffer in Mio. EUA
2021	1768	760	983	25
2022	1720	739	956	25
2023	1672	719	929	24
2024	1623	698	902	23
2025	1574	677	875	22
2026	1526	656	848	22
2027	1477	635	821	21
2028	1429	615	794	20
2029	1382	594	768	20
2030	1333	573	741	19
<b>Gesamt 4.HP</b>	<b>15.504,00</b>	<b>6.666,00</b>	<b>8.617,00</b>	<b>221,00</b>
Jahr	Preis EUA in €	Wert der kostenlosen Zuteilungen in Mio. €	Auktionserlöse in Mio. €	
2021	51,23	38.934,80	50.359,09	
2022				
2023				
2024				
2025				
2026				
2027				
2028				
2029				
2030				
<b>Gesamt 4.HP</b>				

Tab. A 6: Eröffnungspreise der CO<sub>2</sub>-Zertifikate (in Euro) an der Intercontinental Exchange Futures Europe zwischen 2008 und 2021 (vgl. wallstreet:online 2022)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Januar					15,10	12,91	14,02	6,60	6,50	4,83	7,01	8,04	6,11	7,78	24,55	24,50	33,75
Februar					11,07	12,57	14,64	8,09	3,28	5,82	7,08	5,85	5,26	9,24	21,84	23,15	32,81
März					9,95	13,25	15,28	8,57	4,76	7,28	7,01	4,96	5,31	10,08	21,65	23,58	37,51
April					11,90	12,98	16,75	6,89	4,67	4,66	7,03	5,16	4,86	13,26	21,82	16,96	42,50
Mai					14,15	16,42	16,60	7,46	2,87	5,37	7,48	6,10	4,56	13,34	25,69	18,90	49,50
Juni					14,93	15,05	16,74	6,16	3,81	4,94	7,25	5,98	5,08	14,94	23,67	20,90	51,85
Juli					13,13	15,09	13,11	8,07	4,13	5,99	7,47	4,46	5,13	15,03	26,87	27,65	56,75
August					14,37	14,43	12,15	6,91	4,35	6,29	7,91	4,37	5,29	17,74	28,93	26,06	55,10
September					14,77	15,34	12,70	8,15	4,53	6,32	7,99	4,37	5,82	20,50	25,18	28,53	60,57
Oktober					13,45	15,37	10,25	7,88	5,05	5,78	8,15	5,31	6,93	21,32	25,04	26,56	61,85
November				18,16	14,71	14,65	9,67	7,98	4,59	6,50	8,59	6,24	7,66	15,87	25,62	23,67	56,90
Dezember				15,30	13,27	14,70	8,43	6,08	4,35	7,03	8,56	4,62	7,55	20,59	25,23	29,30	75,67
Durchschnitt	22,09	17,33	0,66	17,40	13,40	14,40	13,36	7,40	4,41	5,90	7,63	5,46	5,80	14,97	24,67	24,15	51,23
		13,36				13,19						11,62					51,23

Tab. A 7: Zahlen der Zementindustrie zwischen 2005 und 2020 (vgl. EEA 2022 und wallstreet:online 2022)

Jahr	Kostenlose Zuteilungen in Mio. EUA	Emissionen in Mio. t CO <sub>2</sub> e	Differenz kostenlose Zuteilungen und Emissionen in Mio. EUA (Überschuss)	Kum. Überschuss in Mio. EUA	Ausstattungsgrad in %	Preis EUA in €
2005	23,13	20,07	3,06	3,06	115,24	22,09
2006	23,31	20,44	2,87	5,93	114,03	17,33
2007	23,83	22,04	1,79	7,72	108,12	0,66
2008	20,58	20,43	0,15	0,15	100,72	17,40
2009	20,64	18,76	1,88	2,02	110,00	13,40
2010	21,15	18,58	2,58	4,60	113,87	14,40
2011	20,97	19,99	0,98	5,58	104,91	13,36
2012	21,18	19,86	1,33	6,91	106,68	7,40
2013	18,87	19,01	-0,14	6,77	99,27	4,41
2014	18,55	19,60	-1,05	5,71	94,63	5,90
2015	18,21	19,13	-0,92	4,80	95,20	7,63
2016	17,94	19,35	-1,41	3,39	92,72	5,46
2017	17,52	20,46	-2,95	0,44	85,59	5,80
2018	17,17	20,00	-2,82	-2,39	85,88	14,97
2019	16,83	19,99	-3,16	-5,55	84,19	24,67
2020	16,19	20,13	-3,94	-9,49	80,42	24,15
Gesamt 1.HP	70,27	62,55	7,72	7,72	112,34	13,36
Gesamt 2.HP	104,52	97,62	6,91	6,91	107,07	13,19
Gesamt 3.HP	141,28	157,68	-16,40	-9,49	89,60	11,62
Gesamt	316,07	317,84	-1,77	-9,49	99,44	12,44

Jahr	Wert der kostenlosen Zuteilungen in Mio. €	Wert des Überschusses in Mio. €	Maximale Nutzung an Projektgutschriften in Mio. CER/ERU	Preis CER/ERU in €	Differenz Preis EUA und Preis CER/ERU in €	Wert eines potenziellen CER/ERU-Spreads in Mio. €
2005	510,98	67,58				
2006	403,93	49,70				
2007	15,73	1,18				
2008	358,09	2,54				
2009	276,59	25,14				
2010	304,62	37,11		10,00	3,19	
2011	280,10	13,10				
2012	156,74	9,81				
2013	83,23	-0,61				
2014	109,43	-6,21	22,99			162,61
2015	138,92	-7,00				
2016	97,86	-7,69				
2017	101,53	-17,10		0,31	11,31	
2018	257,16	-42,29				
2019	415,21	-78,00				
2020	390,94	-95,21				
Gesamt 1.HP	930,64	118,46				
Gesamt 2.HP	1.376,15	87,71	22,99	10,00	7,07	162,61
Gesamt 3.HP	1.594,29	-254,12		0,31		
Gesamt	3.901,08	-47,95	22,99	5,16		

Tab. A 8: Zahlen der Eisen- und Stahlindustrie zwischen 2008 und 2020 (vgl. EEA 2022, wallstreet:online 2022 und DEHSt 2008b, 2009-2016, 2017b, 2018b, 2019, 2020b)

Jahr	Kostenlose Zuteilungen in Mio. EUA	Bereinigte kostenlose Zuteilungen in Mio. EUA	Emissionen in Mio. t CO2e	Differenz bereinigte kostenlose Zuteilungen und Emissionen in Mio. EUA (Überschuss)	Kum. Überschuss in Mio. EUA	Bereinigter Ausstattungsgrad in %	Preis EUA in €
2005	33,99	33,99	30,77	3,21	3,21	110,44	22,09
2006	34,00	34,00	32,30	1,70	4,91	105,26	17,33
2007	34,02	34,02	33,19	0,83	5,75	102,51	0,66
2008	60,97	41,67	33,93	7,74	7,74	122,82	17,40
2009	61,04	48,00	25,28	22,72	30,47	189,90	13,40
2010	61,16	40,88	31,79	9,09	39,55	128,58	14,40
2011	61,90	41,87	32,10	9,77	49,33	130,46	13,36
2012	61,92	41,28	31,29	9,99	59,32	131,93	7,40
2013	51,36	36,36	35,86	0,50	59,81	101,39	4,41
2014	50,50	35,50	36,40	-0,90	58,91	97,52	5,90
2015	49,75	33,24	37,12	-3,88	55,03	89,54	7,63
2016	49,02	32,67	36,30	-3,63	51,40	89,99	5,46
2017	48,19	32,40	37,75	-5,35	46,05	85,83	5,80
2018	47,23	32,57	37,84	-5,27	40,77	86,06	14,97
2019	46,23	32,87	35,51	-2,64	38,14	92,57	24,67
2020	45,17	33,90	31,35	2,55	40,68	108,12	24,15
Gesamt 1.HP	102,01	102,01	96,27	5,75	5,75	105,97	13,36
Gesamt 2.HP	306,99	213,70	154,38	59,32	59,32	138,42	13,19
Gesamt 3.HP	387,44	269,51	288,14	-18,63	40,68	93,53	11,62
Gesamt	796,44	585,22	538,79	46,43	40,68	108,62	12,44

Jahr	Wert der bereinigten kostenlosen Zuteilungen in Mio. €	Wert des Überschusses in Mio. €	Maximale Nutzung an Projektgutschriften in Mio. CER/ERU	Preis CER/ERU in €	Differenz Preis EUA und CER/ERU in € (Durchschnitt)	Wert eines potenziellen CER/ERU-Spreads in Mio. €
2005	750,78	71,00				
2006	589,26	29,42				
2007	22,46	0,55				
2008	725,06	134,71				
2009	643,20	304,49				
2010	588,67	130,84				
2011	559,38	130,59				
2012	305,47	73,92				
2013	160,35	2,19				
2014	209,48	-5,32	47,01			332,46
2015	253,54	-29,62				
2016	178,21	-19,81		10,00	3,19	
2017	187,81	-31,00				
2018	487,71	-78,99				
2019	811,04	-65,11				
2020	818,57	61,48				
Gesamt 1.HP	1.362,49	100,97				
Gesamt 2.HP	2.821,79	774,57				
Gesamt 3.HP	3.106,71	-166,17	47,01	10,00	7,07	332,46
Gesamt	7.290,99	709,36		0,31		

## Literaturverzeichnis

Adolf (2008), Marktwirtschaftliche Instrumente – Königsweg der Klimapolitik? In: Wirtschaftsdienst, 88 (2008), S. 326–333.

Andor, M.A., Frondel, M. und Sommer, S. (2015), Reform des EU-Emissionshandels: Eine Alternative zu Mindestpreisen für Zertifikate und der Marktstabilitätsreserve. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 64, 2015, 2, S. 171–188.

Anger, N., Braun, M., Duckat, R., Santarius, T., Schmid, S. und Schuele, R. (2005), Die Einführung von Emissionshandelssystemen als sozial-ökologischer Transformationsprozess. Makroökonomische Wirkungen des Emissionshandels, Hintergrundpapier I/05 des Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal 2005.

Breitkopf A. (2022), Entwicklung des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in den Jahren 1995 bis 2020, Auf den Seiten von statista, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/208750/umfrage/weltweiter-co2-ausstoss/>, Stand: 20.01.2022.

Brockmann, K.L., Heindel, P., Löschel, A., Lutz, B. und Schumacher, J. (2012), KfW/ZEW CO<sub>2</sub> Barometer 2012: Anreizwirkung des EU-Emissionshandels auf Unternehmen gering – Klimapolitische Regulierung wenig relevant für Standortentscheidungen, Forschungsbericht der KfW Bankengruppe und des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung(ZEW), KfW/ZEW CO<sub>2</sub> Barometer, Frankfurt a. M. und Mannheim 2012.

Bundesministerium der Justiz und Bundesamt für Justiz (2011), Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen (Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz - TEHG), Auf den Seiten des Bundesministeriums der Justiz sowie des Bundesamts für Justiz, [https://www.gesetze-im-internet.de/tehg\\_2011/](https://www.gesetze-im-internet.de/tehg_2011/), Stand: 08.08.2020.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019), Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Forschungsbericht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin 2019.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2020), Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Forschungsbericht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin 2020.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018), Die Reform des EU-Emissionshandels für die 4. Handelsperiode (2021-2030), Arbeitspapier des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin 2018.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2021a), EU-Klimapolitik, Auf den Seiten des Bundesministeriums für

Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz,  
<https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/eu-klimapolitik>,  
Stand: 21.01.2021.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucher-  
schutz (BMUV) (2021b), Internationale Klimapolitik, Auf den Seiten des  
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucher-  
schutz, [https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-  
anpassung/klimaschutz/internationale-klimapolitik](https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/internationale-klimapolitik), Stand: 30.09.2021.

Cludius J. und Hermann H. (2014), Die Zusatzgewinne ausgewählter deutscher  
Branchen und Unternehmen durch den EU-Emissionshandel, Forschungsbericht des  
World Wide Fund For Nature (WWF) und des Öko-Instituts, Berlin 2014.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2008a),  
EMISSIONSHANDEL: DIE ZUTEILUNG VON EMISSIONSBERECHTIGUNGEN IN  
DER HANDELSPERIODE 2008–2012, Forschungsbericht der Deutschen Emissions-  
handelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2008.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2008b), Kohlendi-  
oxidemissionen der emissionshandelspflichtigen Anlagen im Jahr 2008, VET-Bericht  
der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2008.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2009), Kohlendi-  
oxidemissionen der emissionshandelspflichtigen stationären Anlagen im Jahr 2009 in  
Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Um-  
weltbundesamt, Berlin 2009.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2010), Kohlendi-  
oxidemissionen der emissionshandelspflichtigen stationären Anlagen im Jahr 2010 in  
Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Um-  
weltbundesamt, Berlin 2010.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2011), Kohlendi-  
oxidemissionen der emissionshandelspflichtigen stationären Anlagen und im  
Luftverkehr in Deutschland im Jahr 2011, VET-Bericht der Deutschen Emissionshan-  
delsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2011.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2012), Kohlendi-  
oxidemissionen der emissionshandelspflichtigen stationären Anlagen und im  
Luftverkehr in Deutschland im Jahr 2012, VET-Bericht der Deutschen Emissionshan-  
delsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2012.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2013), VET-  
Bericht 2013. Treibhausgasemissionen der emissionshandelspflichtigen stationäre  
Anlagen in Deutschland im Jahr 2013, VET-Bericht der Deutschen Emissionshan-  
delsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2013.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2014), Treibhausgasemissionen 2014. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2014.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2015), Treibhausgasemissionen 2015. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2015.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (Hrsg., 2015), Emissionshandel in Zahlen, Arbeitspapier der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin Hrsg., 2015.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2016), Treibhausgasemissionen 2016. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2016.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2017a), Den Europäischen Emissionshandel verstehen. Grundlagen, Auf den Seiten der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, [https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/EU-Emissionshandel-verstehen/Grundlagen/grundlagen-des-emissionshandels\\_node.html](https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/EU-Emissionshandel-verstehen/Grundlagen/grundlagen-des-emissionshandels_node.html), Stand: 27.08.2018.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2017b), Treibhausgasemissionen 2017. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2017.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2018a), Überschüssige Zertifikate und Weiterentwicklung der Marktstabilitätsreserve, Auf den Seiten der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, [https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/EU-Emissionshandel-verstehen/Weiterentwicklung/ueberschuesse-MSR/ueberschuesse-msr\\_node.html](https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/EU-Emissionshandel-verstehen/Weiterentwicklung/ueberschuesse-MSR/ueberschuesse-msr_node.html), Stand: 20.08.2018.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2018b), Treibhausgasemissionen 2018. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2018.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2019a), Handelsperiode 2021-2030, Auf den Seiten der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, [https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/Anlagenbetreiber/2021-2030/2021-2030\\_node.html](https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/Anlagenbetreiber/2021-2030/2021-2030_node.html), Stand: 06.02.2019.



Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2019b), Treibhausgasemissionen 2019. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2019.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2020a), Emissionshandel im Luftverkehr, Factsheet der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2020.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2020b), Treibhausgasemissionen 2020. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland, VET-Bericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2020.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (2022), Schutz vor Carbon Leakage, [https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/Reform-Perspektiven/Carbon-Leakage-Schutz/carbon-leakage-schutz\\_node.html](https://www.dehst.de/DE/Europaeischer-Emissionshandel/Reform-Perspektiven/Carbon-Leakage-Schutz/carbon-leakage-schutz_node.html), Stand: 09.04.2022.

Donner S. und Stratmann A. (2006), Erfahrungen nach dem ersten Jahr des europäischen Emissionshandels. Auswirkungen auf die weitere Reduktion der Treibhausgasemissionen, Forschungsbericht der Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages, INFO-BRIEF WD 8 – 169/06, Berlin 2006.

Döring, T. und Töller, A.E. (2018), Umweltpolitik. In: Mause K. et al. (Hrsg.) (2018), S. 401–430.

Dr. Matthes F.C. (2021), Raising the climate policy ambition of the European Union. Reforming the EU Emissions Trading System, Forschungsbericht des WWF Deutschland und Öko-Instituts, Berlin 2021.

Drnek (2015), Ist der europäische Emissionshandel in der derzeitigen Form das geeignete Mittel, um die Ziele des Klimaschutzes zu erreichen? In: Berg- und huttenmannische Monatshefte, 160 (2015), S. 183–191.

Europäische Kommission (2008), Emissions trading: 2007 verified emissions from EU ETS businesses, Auf den Seiten der Europäischen Kommission, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/-/IP\\_08\\_787](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/-/IP_08_787), Stand: 23.05.2008.

Europäische Kommission (2022a), National allocation plans, Auf den Seiten der European Commission, [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020/national-allocation-plans\\_en#ecl-inpage-1023](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020/national-allocation-plans_en#ecl-inpage-1023), Stand: 22.02.2022.

Europäische Kommission (2022b), Phasen 1 und 2 (2005–2012), Auf den Seiten der Europäischen Kommission, [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020\\_de#ecl-inpage-1016](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_de#ecl-inpage-1016), Stand: 22.02.2022.

Europäische Kommission (2022c), Verwendung internationaler Gutschriften, Auf den Seiten der Europäischen Kommission, [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/use-international-credits\\_de](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/use-international-credits_de), Stand: 30.02.2022.

Europäische Kommission (2022d), Unionsregister, [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/union-registry\\_en#ecl-inpage-1121](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/union-registry_en#ecl-inpage-1121), Stand: 20.03.2022.

European Environment Agency (EEA) (2022), EU Emissions Trading System (ETS) data viewer, Auf den Seiten der European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>, Stand: 25.02.2022.

Fritsch M. (2011), Marktversagen und Wirtschaftspolitik. Mikroökonomische Grundlagen staatlichen Handelns, 8. Auflage, München 2011.

Frohwein, T. (2003), Die Porter-Hypothese im Lichte der Neuordnung europäischer Chemikalienregulierung: Does it hold?, Arbeitspapier des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), UFZ-Diskussionspapiere No. 7/2003, Leipzig 2003.

Gaul, C.-M. (2006), Die ökonomischen Ursachen der Entstehung von Windfall Profits der Stromerzeuger durch die Einführung des Handels mit Emissionszertifikaten, Arbeitspapier des Wissenschaftlichen Dienste im deutschen Bundestag, Aktueller Begriff, Nr. 27/06, Berlin 2006.

Görlach B., Kathöfer V., Buchner L., Gagelmann F., Guddas I., Hohmuth T., Hölzer-Schopohl O., Kühleis C., Landgrebe J., Lange S., Olaniyon A., Rosenbohm K., Schmidt Y., Schwalb O., Seidel W., Steegmann J., Thorne C., Wolf M. und Wolke F. (2009), Emissionshandel: Auswertung Erste Handelsperiode, Forschungsbericht der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin 2009.

Graichen V., Jörß W., Emele L. und Nissen C. (2021), UBA EU-ETS-Handbuch, Forschungsbericht des Umweltbundesamts, Climate Change 75/2021, Dessau-Roßlau 2021.

Hammer, C. C. (2011), Einflüsse des Europäischen Emissionshandels auf Produktions- und Investitionsentscheidungen bei Strom- und Wärmeerzeugern, Diss. an der Technischen Universität München, München 2011.

Hermann H., Graichen V., Gammelmin C. und Dr. Matthes, F.C. (2010), Kostenlose CO<sub>2</sub>-Zertifikate und 2 CDM/JI im EU-Emissionshandel. Analyse von ausgewählten Branchen und Unternehmen in Deutschland, Forschungsbericht des Öko-Instituts und der Umweltstiftung WWF Deutschland, Berlin 2010.

Hübner T., Guminski A., von Roon S. und Rouyrre E. (2019), Energiewende in der Industrie. Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor, Forschungsbericht der Navigant Energy Germany GmbH, des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung und der BBG und Partner, Projekt-Nr. 42/17, 2019.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018), Summary for Policymakers. In: 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, 2018.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019a), Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, 2019.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019b), Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, 2019.

Kovacs, L. (2005), Das Verhalten von Akteuren bei der Einführung des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels in Bezug auf technologische Innovation, Diss. an der Universität Wien, Wien 2005.

Kriechbaumer T., Thaler J., Nordbeck R., Obermair L., Gruber J., Tiefenbacher A.M., Körner D., Schimanek E., Holper S., Üblackner K., Merlinger M., Moser F. und Weintraud A. (2011), Umweltpolitische Regulierung und Innovation – am Beispiel der EU-Pestizidregulierung, Forschungsbericht des Instituts für Wald-, Umwelt- und Ressourcenpolitik der Universität für Bodenkultur Wien., Wien 2011.

Löw Beer, D. (2016), Ökonomische Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Eine phänomenographische Untersuchung in der Lehrerinnenbildung, Koblenz-Landau 2016.

Marcu A., Vangenechten D., Alberola E., Olsen, J., Schleicher S., Caneill J-Y. und Cabras S. (2020), 2021 Bericht zum Stand des EU-ETS, Arbeitspapier des ERCST, Wegener Center, BloombergNEF und Ecoact 2020.

Möller, G. (2008), CO<sub>2</sub>-Emissionshandel in der Handelsperiode 2008 - 2012. Ein entscheidungstheoretischer Ansatz für Investitionen in Kraftwerke, Hamburg 2008.

Nantke H-J., Endres A., Schaff F., Requate T. und Dröge S. (2013), Scheitern der Reform des Emissionshandels: Verliert Europa die Vorreiterrolle in der Klimapolitik? In: ifo Schnelldienst, 66, 2013, 12.

Nikendei, C., Bugaj, T.J., Nikendei, F., Kühl, S.J. und Kühl, M. (2020), Klimawandel: Ursachen, Folgen, Lösungsansätze und Implikationen für das Gesundheitswesen. In: Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen, 156-157 (2020), S. 59–67.

Nordbeck R. und Faust M. (2005), Chemikalienregulierung und Innovationen - REACH im Lichte theoretischer Ansätze und empirischer Wirkungsanalysen. In: Hansjürgens B. und Nordbeck R. (Hrsg., 2005), 2005, S. 169–210.

Paál G. (2021), Wie definiert die Wissenschaft "Klimawandel"?, Auf den Seiten des SWR Wissens, <https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/umwelt-und-natur/wie-definiert-die-wissenschaft-klimawandel-100.html>, Stand: 10.06.2021.

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2022), Weltweiter Klimaschutz, Auf den Seiten des Presse- und Informationsamts der Bundesregierung, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/weltweiter-klimaschutz-473460>, Stand: 09.02.2022.

Prof. Dr. Perino, G., Dr. Willner, M. und Dr. Pahle, M. (2021), Den EU-Emissionshandel zukunftsfähig gestalten. Ein verbesserter Stabilitätsmechanismus für verlässlicheren Klimaschutz, Projektbericht des Kopernikus-Projekt Ariadne des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung, Potsdam 2021.

Schleich J., Rogge K., Borkel F., Haussmann P., Reichardt K., Roser A., Reitze F., Frahm B.-J., Duscha V. und Marscheider-Weidemann F. (2010), Wirkungen neuer klimapolitischer Instrumente auf Innovationstätigkeiten und Marktchancen baden-württembergischer Unternehmen, Forschungsbericht des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI und des Instituts für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES), Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, BWK 27001, Karlsruhe 2010.

Statista (2021), Treibhausgasemissionen in Deutschland, Forschungsbericht von Statista, Hamburg 2021.

Stehling, F. und Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Hrsg., 1999), Ökonomische Instrumente der Umweltpolitik zur Reduzierung stofflicher Emissionen, Stuttgart Hrsg., 1999.

Sturm B. und Vogt C. (Hg.) (2018), Umweltökonomik. Eine anwendungsorientierte Einführung. Unter Mitarbeit von Sturm und Vogt, 2. Auflage, Berlin.

The Core Writing Team, Pachauri R.K. und Meyer L (2015), Climate change 2014. Synthesis report, Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum fünften Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland 2015.

The Core Writing Team, Pachauri R.K. und Reisinger A. (2008), Climate change 2007. Synthesis Report, Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum vierten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva 2008.

Treude, S., Hülsemann, D., Liemersdorf, E., Raucher, C. und Seul, J. (2021), Unternehmenspolitische Implikationen des Emissionshandels im Rahmen der EU-Klimapolitik, Forschungsbericht der Hochschule Koblenz – University of Applied Sciences, Wissenschaftliche Schriften des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften Nr. 33-2021, Koblenz 2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2016), Internationale und EU-Klimapolitik, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik#internationale-klimapolitik>, Stand: 13.04.2016.

Umweltbundesamt (UBA) (2020a), Nationaler Inventarbericht Zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2019, Forschungsbericht des Umweltbundesamts, Dessau-Roßlau 2020.

Umweltbundesamt (UBA) (2020b), Treibhausgasemissionen gingen 2019 um 6,3 Prozent zurück. Große Minderungen im Energiesektor, Anstieg im Gebäudesektor und Verkehr, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-gingen-2019-um-63-prozent>, Stand: 16.03.2020.

Umweltbundesamt (UBA) (2021a), Atmosphärische Treibhausgas-Konzentrationen, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#beitrag-langlebiger-treibhausgase-zum-treibhauseffekt>, Stand: 26.05.2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2021b), Der Europäische Emissionshandel, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/der-europaeische-emissionshandel#teilnehmer-prinzip-und-umsetzung-des-europaischen-emissionshandels>, Stand: 12.07.2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2021c), Häufige Fragen zum Klimawandel, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/haeufige-fragen-klimawandel#ursachen>, Stand: 15.03.2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2021d), Klima und Treibhauseffekt, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/klima-treibhauseffekt#grundlagen>, Stand: 23.04.2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2021e), Treibhausgas-Emissionen in der Europäischen Union, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaeischen-union#trends>, Stand: 13.09.2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2021f), Die Treibhausgase, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>, Stand: 05.07.2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2021g), Wie funktioniert der Treibhauseffekt?, <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-funktioniert-der-treibhauseffekt>, Stand: 11.08.2021.

Umweltbundesamt (UBA) (2022), Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, Auf den Seiten des Umweltbundesamts, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>, Stand: 24.01.2022.

Universität Stuttgart (2022), High-Tech-Brücke mit Flachs gebaut, <https://www.uni-stuttgart.de/universitaet/aktuelles/meldungen/High-Tech-Bruecke-mit-Flachs-gebaut/>, Stand: 10.04.2022.

Wackerbauer, J., Albrecht-Saavedra, J., Gronwald, M., Ketterer, J., Lippelt, J., Pfeiffer, J., Röpke, L. und Zimmer, M. (2011), Bewertung der klimapolitischen Massnahmen und Instrumente: eine Studie im Auftrag der E.ON AG, Forschungsbericht des Leibniz-Instituts für Wirtschaftsforschung an der Universität München, Ifo-Forschungsberichte Nr. 51, München 2011.

wallstreet:online (2022), Kohlendioxid ECX EUA [CO2 Emission], Auf den Seiten von wallstreet:online, Stand: 10.03.2022.

Wirtschaftsvereinigung Stahl (2021), Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, Forschungsbericht der Wirtschaftsvereinigung Stahl, Berlin 2021.

Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2018), Nationale bzw. EU-weite Einbeziehung weiterer Sektoren in das Europäische Emissionshandelssystem, Sachstandsbericht der Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages, Berlin 2018.

World Meteorological Organization (WMO) (2021), State of the global climate 2020, Forschungsbericht der World Meteorological Organization, Genf 2021.

World Wide Fund For Nature (WWF) Deutschland (2021), WWF-Empfehlungen. Reform des EU-Emissionshandels im Rahmen des EU Fit-for-55% Pakets, Forschungsbericht des World Wide Fund For Nature (WWF) Deutschland, Berlin 2021.

World Wide Fund For Nature (WWF) European Policy Office (2021), Fit for 2030: Optimising EU ETS revenues for people and climate, Forschungsbericht des World Wide Fund For Nature (WWF) European Policy Office, Brüssel 2021.

## Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich,

- dass die Arbeit, bzw. bei einer Gruppenarbeit mein entsprechend gekennzeichnete Teil, selbstständig verfasst wurde,
- dass keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommenen Aussagen als solche gekennzeichnet wurden,
- dass keine anderen als die angebenen Hilfsmittel verwendet wurden,
- dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens war,
- dass die Arbeit weder vollständig noch in Teilen bereits veröffentlicht wurde und
- dass das elektronische Exemplar mit den anderen Exemplaren übereinstimmt.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kienfour', is written over a faint, light blue grid background.

Stuttgart, den 10.04.2022