



GED Fokus Papier

# Der Effekt von klimapolitischen Maßnahmen auf CO<sub>2</sub>-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke

Prof. Dr. Sonja Peterson, JunProf. Dr. Joschka Wanner, Prof. Gabriel Felbermayr

Kurzstudie des Instituts für Weltwirtschaft im Auftrag der Bertelsmann Stiftung

Finale Version vom 9. Juli 2021

# Der Effekt von klimapolitischen Maßnahmen auf CO<sub>2</sub>-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke

Autoren:

Prof. Dr. Sonja Peterson

JunProf. Dr. Joschka Wanner

Prof. Gabriel Felbermayr

Mit Unterstützung von:

Chenyang Yang, Ph.D.

Prachi Srivastava

Christoph Klaiber

# 1 Einleitung

Die Europäische Union (EU) hat den Klimaschutz zu einer der obersten politischen Prioritäten der nächsten Jahre erklärt und will der erste klimaneutrale Kontinent werden. Im Europäischen Green Deal wird entsprechend festgehalten, dass die Nettoemissionen der EU insgesamt bis 2050 auf null sinken sollen.<sup>1</sup> Hierzu wurden erst im April 2021 die Zwischenziele verschärft. Gegenüber 1990 sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 nun um 55 Prozent absinken.<sup>2</sup> Diese Ziele sollen mit einer Vielzahl von Instrumenten erreicht werden; ein wichtiger Baustein stellt hier die CO<sub>2</sub>-Bepreisung dar. So muss im EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS), das mit dem Industriesektor und dem Stromsektor bereits knapp die Hälfte der EU Treibhausgasemissionen umfasst, die Größe des EU-CO<sub>2</sub>-Budgets (der Anzahl verfügbarer CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate) sehr deutlich sinken; und der CO<sub>2</sub>-Preis sehr deutlich steigen. Nach einer Studie der EU Kommission könnte der Preis auf 65 Euro pro Tonne steigen.<sup>3</sup> In weiterer Folge müsste der Preis noch höher liegen, um das Netto-Null Ziel zu erreichen und die Bepreisung muss auf weitere Sektoren ausgeweitet werden.

Andere Länder wie u.a. die USA und China wollen ebenfalls im Laufe des Jahrhunderts klimaneutral werden, bislang sind die klimapolitischen Anstrengungen aber nicht mit denen der EU vergleichbar. Entsprechend wird die Gefahr gesehen, dass es zu einer Verlagerung der CO<sub>2</sub>-intensiven Produktion ins Ausland (Carbon Leakage), und zur Substitution heimischer Produktion durch Importe kommt. Dies würde bedeuten, dass zwar die in der EU entstehenden Emissionen (die territoriale Emissionen) durch die EU- Klimapolitik sinken, aber die Emissionen, die bei der Produktion der von der EU konsumierten Güter und Dienstleistungen entstehen (der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck) nicht notwendigerweise im gleichen Umfang.

In dieser Studie geht es darum, über die Bedeutung der verschiedenen Emissionsarten konzeptuelle und empirische Klarheit zu schaffen und insbesondere die Effekte von klimapolitischen Maßnahmen auf territoriale CO<sub>2</sub>-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken zu analysieren. Dazu werden zunächst für 119 Länder, darunter die wichtigsten OECD-Länder und sonstige große Emittenten, sowohl Daten über die territorialen CO<sub>2</sub>-Emissionen und die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke als auch Indikatoren für die klimapolitische Stringenz zusammengetragen und diskutiert. Länder, deren Fußabdruck die territorialen Emissionen übersteigt, sind Nettoimporteure von CO<sub>2</sub>; Länder, in denen das Gegenteil der Fall ist, sind Nettoexporteure. Die Existenz von Nettoexporteuren und -importeuren ist eine notwendige Bedingung für das Vorliegen von Carbon Leakage. Allerdings kann eine solche Situation auch ohne explizite Klimapolitik entstehen, zum Beispiel wenn Länder unterschiedliche komparative Vorteile bei sauberen versus CO<sub>2</sub>-intensiven Sektoren haben. Daher wird in diesem Zusammenhang auch von

---

<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en).

<sup>2</sup> [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en).

<sup>3</sup> [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu-climate-action/docs/impact\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu-climate-action/docs/impact_en.pdf). Die Simulationsrechnung hängt natürlich massiv davon ab, welche weiteren Maßnahmen zur Eindämmung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ergriffen werden. Sollten die Bereiche Wohnen und Verkehr mit ihren hohen Grenzvermeidungskosten in das EU-ETS einbezogen werden, sind noch höhere Preise zu erwarten. In einer Stellungnahme der Leopoldina werden für 2030 CO<sub>2</sub>-Preis von 130 Euro pro Tonne für erforderlich erachtet.

[https://www.leopoldina.org/uploads/tx\\_leopublication/2019\\_Stellungnahme\\_Klimaziele\\_2030\\_Final.pdf](https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Stellungnahme_Klimaziele_2030_Final.pdf)

„schwachem“ Leakage gesprochen. Leakage im „starken“ Sinn liegt vor, wenn ein kausaler Zusammenhang zwischen Klimapolitik und CO<sub>2</sub>-Transfers durch Handel nachgewiesen werden kann.

Kern der Studie ist dann die Verknüpfung beider Daten im Rahmen einer Paneldatenanalyse, die aufzeigt, welche Rolle Leakage als Reaktion auf Klimapolitik spielt und wieviel unterschiedliche Länder damit de facto zur Vermeidung von globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen beigetragen haben. Hieraus werden klimapolitische Handlungsempfehlungen speziell für die EU abgeleitet.

Das folgende Kapitel 2 stellt zunächst die Konzepte der verschiedenen Emissionsgrößen vor und präsentiert und diskutiert die Emissionsdaten. Kapitel 3 beschäftigt sich mit den Indikatoren für die klimapolitische Stringenz. Kapitel 4 stellt die Panelanalysen vor. Kapitel 5 zieht ein Fazit und leitet dabei Handlungsempfehlungen ab.

## 2 Territoriale Emissionen versus CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke

### 2.1 Begriffsklärung und Datengrundlage

Wenn im klimapolitischen Kontext von Emissionszielen oder Emissionsreduktionen die Rede ist, dann beziehen sich diese in der Regel auf territoriale Emissionen. Wie der Name vermuten lässt, sind diese definiert als die Summe aller Emissionen, die bei der Herstellung oder beim Konsum von Waren und Dienstleistungen in einem bestimmten Jahr auf dem Territorium eines Landes (oder einer Region wie der Europäischen Union) entstehen. Auf diesem Konzept basieren die offizielle internationale Treibhausgasbilanzierung, internationale und nationale Emissionsziele etwa des Pariser Abkommens sowie alle bisherigen Systeme der CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Ein Grund hierfür ist sicherlich auch, dass die Erfassung der auf einem Territorium entstehenden Emissionen vergleichsweise einfach ist. Im Fall von energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden hierzu die verbrauchten physischen Mengen an fossilen Energieträgern (Kohle Gas, Öl) mit international festgelegten Faktoren für deren CO<sub>2</sub>-Gehalte multipliziert.

Auch aus dem Grund der Datenverfügbarkeit liegt der Fokus in dieser Studie auf den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger, die in 2018 global etwa 60 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen ausmachten. Auch aufgrund der politischen Bedeutung der territorialen Emissionen liegen hier für alle Länder der Welt Zeitreihen vor.

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck misst hingegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch den heimischen Endverbrauch jeglicher Güter und Dienstleistungen verursacht werden. Man spricht daher auch von konsumbasierten Emissionen (consumption based) verglichen zu den produktionsbasierten (production based) territorialen Emissionen. Ohne internationalen Handel wären beide Konzepte gleich, aber dessen Existenz treibt einen Keil zwischen beide Messgrößen. Den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck erhält man, wenn man von den territorialen Emissionen diejenigen abzieht, die bei der Produktion exportierter Güter und Dienstleistungen entstehen und diejenigen addiert, die bei der Produktion importierter Güter und Dienstleistungen entstanden sind. Die Differenz zwischen territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wird auch als „Emissionstransfer“ bezeichnet. Um die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke zu berechnen, werden in der Reinform des Konzeptes die CO<sub>2</sub>-Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette berücksichtigt, die in der Praxis schwer nachzuvollziehen ist. Um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu berechnen benötigt man in

dem Fall vollständige und möglichst detaillierte Input-Output-Tabellen aller Länder um globale Produktionsnetzwerke zu erfassen. Wie hieraus der CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke berechnet werden kann, zeigt etwa Peters (2008). Ein vereinfachter Ansatz, der auch leichter praktisch umzusetzen ist, ist nur die Emissionen des direkten Energieinputs oder diese plus die Emissionen, die bei der Produktion des verwendeten Stroms entstanden sind, zu berücksichtigen. Weil die Berechnung von CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken komplizierter ist und die politische Bedeutung geringer, liegen hier weniger lange Zeitreihen vor und auch die Länderabdeckung ist geringer.

Generell lässt sich nicht sagen, ob eine der beiden Emissionsgrößen „besser“ oder „schlechter“ ist. Sicherlich basieren die politischen Ziele mit gutem Grund auf den territorialen Emissionen. Zum einen sind diese einfacher zu erfassen und zum anderen lassen sie sich einfacher mit nationalstaatlichen Instrumenten reduzieren. Dennoch gibt es auch prominente Stimmen, die betonen, dass es ethisch angemessen sei, sich für den eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verantwortlich zu fühlen und den Emissionsgehalt von Handelsströmen nicht zu ignorieren. Richtig ist sicherlich, dass der Klimawandel ein globales Problem ist, das vom globalen Niveau der Treibhausgasemissionen getrieben wird. Daher sollte es Ziel jeglicher Klimapolitik sein, tatsächliche Emissionsreduktionen zu erreichen. Wenn eine Klimapolitik zwar die territorialen Emissionen reduziert, aber gleichzeitig der Transfer von Emissionen zunimmt, sodass der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck weniger stark abnimmt, reduziert dies die Effektivität der Klimapolitik. Dennoch ist nicht jeglicher (indirekter) Handel mit CO<sub>2</sub> ein Problem, ebenso wenig, dass territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke auseinanderfallen. Dies ist unabhängig von jeglicher Klimapolitik der Fall, sobald es internationalen Handel gibt. Und dieser ist generell wohlfahrtssteigernd für alle beteiligten Länder. In einer Welt, in der die globalen Klimaziele durch eine effiziente globale Klimapolitik erreicht werden (etwa durch einen einheitlichen weltweiten CO<sub>2</sub>-Preis), wird es ebenfalls erhebliche Transferemissionen geben. Zum Problem werden sie erst, wenn Klimapolitik die Lücke zwischen beiden Emissionsarten vergrößert und impliziert, dass Carbon Leakage stattfindet. Bevor dieser Frage nachgegangen wird, sollen zunächst kurz wichtige Tendenzen in der Entwicklung beider Emissionswerte diskutiert werden.

Für die Analysen dieser Studie verwenden wir dabei die öffentlich zugänglichen Emissionsdaten des Global Carbon Project ([www.globalcarbonatlas.org](http://www.globalcarbonatlas.org)), die in Friedlingstein et al. (2020) ausführlich beschrieben sind. Diese Datenbank enthält Emissionsdaten für 221 Länder und den Zeitraum 1960 bis 2019. Die für unsere Studie relevanten Daten zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (Consumption Emissions)<sup>4</sup> liegen für den Zeitraum von 1990 bis 2018 und für 219 Länder vor, die alle OECD-Länder und relevanten Emittenten beinhalten. Entsprechend verwenden wir Daten für die territorialen Emissionen für den gleichen Zeitraum und die gleichen Länder. Transferemissionen sind dann definiert als die Nettodifferenz zwischen territorialen und verbrauchsbedingten Emissionen. Sie stellen die Emissionen aus der Produktion von Exporten abzüglich der Emissionen aus der Produktion von Importen dar.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Diese Daten werden (siehe Friedlingstein et al. 2020) mit Hilfe der weltweiten Input-Output-Tabellen des Global Trade and Analysis Project (GTAP; Narayanan et al., 2015) generiert, die nur für einzelne Jahre (1997, 2001, 2004, 2007 und 2011) vorliegen. Mit Hilfe von Daten zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) und Handelsdaten wird eine jährlichen Zeitreihe generiert.

<sup>5</sup> An einzelnen Stellen gibt es in der Datenbank Inkonsistenzen und die angegebenen Emissionen entsprechen nicht dieser Differenz. Wir verwenden in dem Fall die selbstberechnete Differenz zwischen den territorialen Emissionen und den CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke.

## 2.2 Vergleich von territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken

Im Zeitraum von 1990 bis 2018 sind die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energien von gut 21.400 MtCO<sub>2</sub> um knapp 60 Prozent auf gut 34.100 MtCO<sub>2</sub> gestiegen. Dabei sind in die „gehandelten“ Emissionen von rund 1.300 MtCO<sub>2</sub> auf rund 2.000 MtCO<sub>2</sub> und damit um rund 50 Prozent gestiegen. Im Vergleich dazu sind im gleichen Zeitraum der Wert des Welthandels inflationsbereinigt um fast das drei-fache gestiegen.<sup>6</sup> Tabellen 1 und 2 zeigen die größten Emittenten zu Beginn und Ende des Zeitraums - in Bezug auf die territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke.

**Tabelle 1:** Top 10 der Emittenten von territorialen Emissionen

Rang	1990			2018		
	Land	Emissionen (MtCO <sub>2</sub> )	Anteil globale Emissionen	Land	Emissionen (MtCO <sub>2</sub> )	Anteil globale Emissionen
1	USA	5128	23,9 %	China	9957	29,2%
2	EU*	3233	15,1%	USA	5425	15,9%
3	Russland	2525	11,8 %	EU*	3435	10,1%
4	China	2421	11,3	Indien	2591	7,6%
5	Japan	1158	5,4%	Russland	1691	5,0%
6	Deutschland	1052	4,9%	Japan	1136	3,3%
7	Ukraine	706	3,3%	Iran	755	2,2%
8	Großbritannien	600	2,8%	Deutschland	755	2,2%
9	India	579	2,7%	Südkorea	635	1,9%
10	Kanada	462	2,2%	Kanada	587	1,7%

\*EU28 inkl. Großbritannien.

Datenquelle: [www.globalcarbonatlas.org](http://www.globalcarbonatlas.org)

**Tabelle 2:** Top 10 der Emittenten nach CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Rang	1990			2018		
	Land	Emissionen (MtCO <sub>2</sub> )	Anteil globale Emissionen	Land	Emissionen (MtCO <sub>2</sub> )	Anteil globale Emissionen
1	USA	5045	23,6%	China	8960	26,3%
2	EU	3804	17,8%	USA	5767	16,9%
3	China	2264	10,6%	EU	4031	11,8%
4	Russland	2039	9,5%	Indien	2355	6,9%
5	Japan	1322	6,2%	Russland	1415	4,1%
6	Deutschland	1191	5,6%	Japan	1312	3,8%
7	Großbritannien	669	3,1%	Deutschland	862	2,0%
8	Indien	613	2,9%	Iran	691	2,5%
9	Italien	563	2,6%	Südkorea	688	2,0%
10	Ukraine	505	2,4%	Saudi-Arabien	602	1,8%

\*EU28 inkl. Großbritannien.

Datenquelle: [www.globalcarbonatlas.org](http://www.globalcarbonatlas.org)

Was die territorialen Emissionen angeht, so sticht das Wachstum von China, Indien, Südkorea und dem Iran hervor. China, das 1990 nur der viertgrößte Emittent war, ist nun mit Abstand der größte Emittent

<sup>6</sup>Siehe WTO 2019 [https://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/wts2019\\_e/wts2019\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts2019_e.pdf) und GATT 1991 [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/gatt\\_international\\_trade\\_90\\_91\\_volume\\_i.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/gatt_international_trade_90_91_volume_i.pdf)

und hat die USA und Europa auf die nächsten Plätze verdrängt. Indien ist von Platz 9 auf Platz 4 aufgestiegen, der Iran von Platz 21 auf Platz 7 und Südkorea von Platz 19 auf Platz 9. Zu den Aufsteigern gehören daneben Saudi-Arabien (Platz 11 2018) und Indonesien (Platz 12 2018). Auf der anderen Seite sind Großbritannien und die Ukraine, die 1990 noch unter den Top 10 waren, auf die Plätze 19 und 30 abgefallen und weitere europäische Länder (Italien, Frankreich) aus den Top 15 verschwunden.

Was die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke angeht, so ist die Reihenfolge der Länder sehr ähnlich, an wenigen Stellen gibt es leichte Verschiebungen. Interessanter ist die Entwicklung der Abweichung zwischen territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken, da die Frage dieser Studie ist, ob nationale Klimapolitik auf diesen Emissions-Transfer eine Rolle gespielt hat. Tabelle 3 zeigt die in beiden Jahren größten Importeure und Exporteure.

**Tabelle 3:** Top 10 Exporteure und Importeure von CO<sub>2</sub>

Rang	1990				2017 (wg fehlender Daten in 2018)			
	Exporte		Importe		Exporte		Importe	
	Land	Emis (MtCO <sub>2</sub> )	Land	Emis (MtCO <sub>2</sub> )	Land	Emis (MtCO <sub>2</sub> )	Land	Emis (MtCO <sub>2</sub> )
1	Russland	486	EU	-572	China	1026	EU	-610
2	Ukraine	201	Japan	-163	Indien	204	USA	-338
3	China	157	Deutschland	-139	Russland	202	Japan	-157
4	Südafrika	94	Italien	-125	Südafrika	135	Großbritannien	-148
5	USA	83	Frankreich	-97	Iran	71	Italien	-106
6	Polen	54	Südkorea	-71	Kasachstan	68	Frankreich	-101
7	Belarus	44	Großbritannien	-68	Polen	40	Deutschland	-84
8	Australien	33	Türkei	-65	Katar	34	Schweiz	-81
9	Venezuela	28	Hong-Kong	-59	Australien	26	Belgien	-73
10	Aserbaidshjan	23	Taiwan	-52	Ukraine	20	Singapur	-69

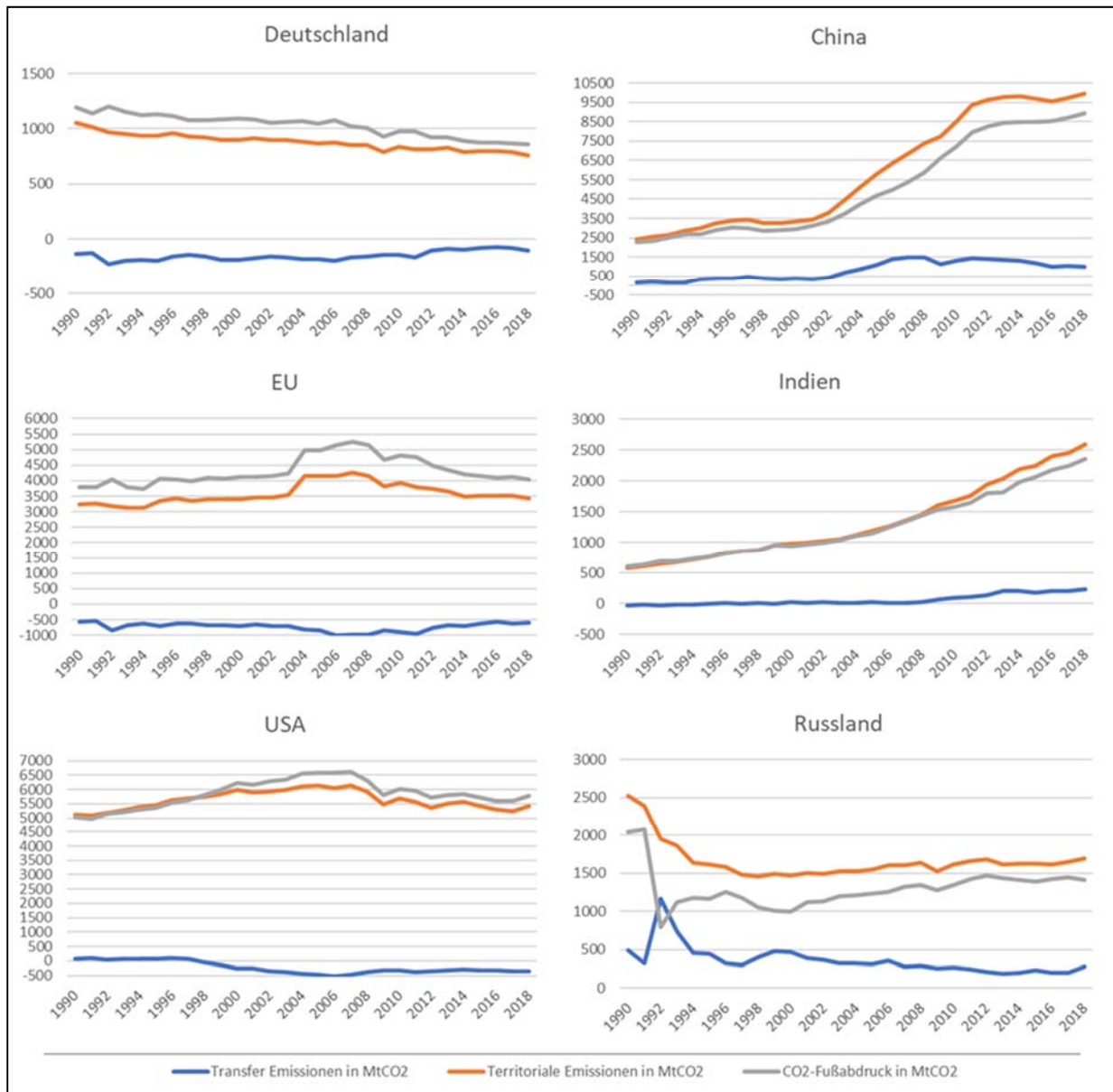
Datenquelle: [www.globalcarbonatlas.org](http://www.globalcarbonatlas.org)

Erkennen lässt sich, dass tendenziell die großen Industrieländer (EU als Ganzes, die großen EU-Länder, Japan) Emissionen importieren, während Schwellenländer (China, Südafrika, in 2018 auch Indien) sowie ressourcenreiche Länder (Russland, Südafrika, Venezuela, Australien, Katar, Ukraine, Belarus) Emissionen exportieren. Die EU als Ganzes ist dabei kontinuierlich der größte Importeur gewesen und parallel zu ihrem wirtschaftlichen Aufstieg sind China und Indien in 2018 neben Russland zu den größten Exporteuren geworden. Die USA haben in dem Zeitraum einen Wechsel vom zehntgrößten Exporteur zum zweitgrößten Importeur gemacht.

Abbildung 1 zeigt die zeitliche Entwicklung der drei Größen in den heutigen TOP5 Emittenten sowie Deutschland. Unserer Hypothese nach sollte bei Ländern mit starker Klimapolitik, die in 1990 Emissions-Importeure waren, die Bedeutung dieser Importe zugenommen haben, und in Ländern mit starker Klimapolitik, die in 1990 Emissionsexporteure waren, sollten die Exporte zurückgegangen sein bzw. sie könnten sogar zu Importeuren geworden sein. Umgekehrt ist die Hypothese, dass in Ländern mit schwacher Klimapolitik die Emissionsimporte abgenommen bzw. die Emissionsexporte zugenommen haben.

In den Abbildungen ist bei den Importeuren Gesamt-EU und Deutschland kein ausgeprägter Trend zu erkennen, was die Entwicklung der Transfers oder den Abstand zwischen territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck angeht. Mit etwas gutem Willen ist seit Beginn des EU-Emissionshandels in 2005 ein

leichter Anstieg der Transfer-Emissionen zu erkennen, was für unsere Hypothese spräche.<sup>7</sup> In den USA, China und in Russland sind kaum Trends zu erkennen. Der Einbruch der Emissionen in Russland um 1992 liegt am Zusammenbruch der Sowjetunion. Lediglich in Indien nehmen Transfers und Abstand zwischen beiden Emissionswerten erkennbar zu, was in Einklang mit einer eher weniger stringenten Klimapolitik stünde.



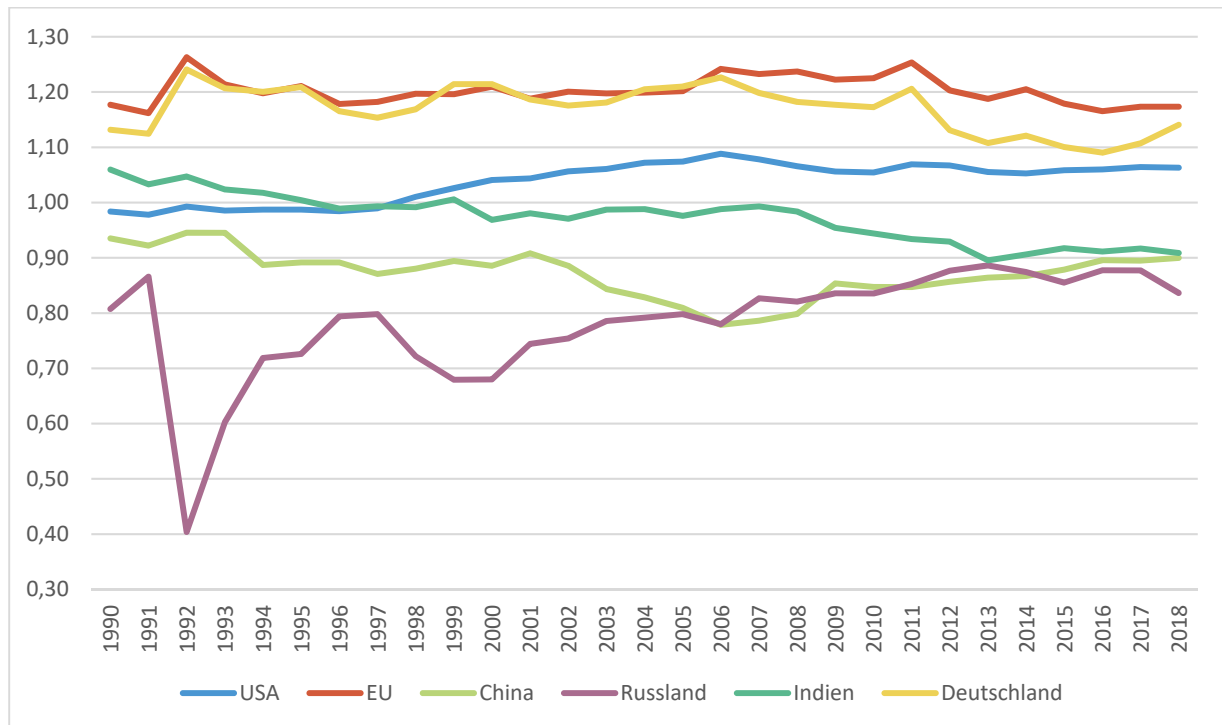
Datenquelle: [www.globalcarbonatlas.org](http://www.globalcarbonatlas.org)

**Abbildung 1:** Zeitliche Entwicklung der territorialen Emissionen, CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke und Emissionstransfers in ausgewählten Ländern

<sup>7</sup> Der zwischenzeitliche Anstieg der territorialen EU Emissionen und des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks liegt an der Osterweiterung der EU in 2004.



Eine weitere Kenngröße ist der Quotient aus CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und territorialen Emissionen. Er sollte unter starker Klimapolitik sinken und unter schwacher steigen. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung dieses Quotienten für die TOP5 Emittenten sowie Deutschland.



Datenquelle: [www.globalcarbonatlas.org](http://www.globalcarbonatlas.org)

**Abbildung 2:** CO<sub>2</sub>-Fußabdruck relativ zu territorialen Emissionen in ausgewählten Ländern

Für die EU und Deutschland insgesamt sieht man hier nun deutlicher ab 2005/2006 einen sinkenden Trend, was wie erwähnt zur Einführung des EU-Emissionshandels passt. Indien zeigt auch einen sinkenden Trend. Russland als ein Land, in dem Klimapolitik fast vollkommen fehlt, zeigt einen klar steigenden Trend. Bei den USA steigt der Quotient zunächst etwas bis 2005 und flacht danach ab. In China fällt er zunächst ab, um dann abzuflachen.

Betrachtet man die Daten noch etwas näher, so sieht man, dass von 1990 bis 2018 zwölf Länder von Importeuren zu Exporteuren wurden, und bei 16 Ländern war es umgekehrt. Neben den USA sind insbesondere Saudi-Arabien, Indonesien und Venezuela zu Importeuren geworden und insbesondere Indien zum Exporteur.<sup>8</sup> Wenn man sich nur das Anfangs- und Enddatum ansieht, ist der Quotient in 62 Ländern gestiegen und in 54 Ländern gefallen. Wie heterogen und ohne weitere statistische Analysen schwerfassbar das Bild ist, zeigt sich darin, dass in den EU-28 Staaten der Quotient zwar in 20 Ländern gestiegen ist, was in Einklang mit relativ starker EU-Klimapolitik steht, aber eben in acht Ländern auch gefallen ist.

<sup>8</sup> Um Missverständnissen vorzubeugen sei hier betont, dass Nettoexporteure von CO<sub>2</sub> Länder sind, deren Exporte von Gütern und Dienstleistungen einen höheren aggregierten CO<sub>2</sub>-Gehalt aufweisen als ihre Importe; umgekehrt für Nettoimporteure. Dies ist zu unterscheiden von Nettoexporteuren- oder importeuren fossiler Brennstoffe. Wenn von CO<sub>2</sub>-Gehalt gesprochen wird, bezieht sich dies auf freigesetzte Mengen von CO<sub>2</sub>.

Insgesamt haben viele Faktoren einen Einfluss auf diese Entwicklungen, darunter Entwicklung der Handelsintensität, der CO<sub>2</sub>-Intensität, Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum und auch geopolitische Entwicklungen (wie der Zusammenbruch der Sowjetunion). Im Fokus dieser Studie steht die Wirkung von Klimapolitik auf die verschiedenen Kenngrößen für Emissionen. Um dies zu untersuchen, bedarf es zunächst Maßgrößen, um die Stringenz von Klimapolitik systematisch zu erfassen und nicht nur anekdotisch (starke EU Klimapolitik) aufzugreifen. Unsere Messgrößen werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

### 3 Klimapolitische Stringenz

In unserem Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2018 hat sich klimapolitisch einiges getan. 1992 wurde im Rahmen der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro die Klimarahmenkonvention (United Nation Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) ins Leben gerufen und trat zwei Jahre später in Kraft. Mittlerweile haben nahezu alle Staaten die UNFCCC ratifiziert. Artikel 2 der Konvention enthält das zentrale Ziel „die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird“. Dies wurde später auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse interpretiert als den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf maximal 2°C zu begrenzen (2-Grad Ziel). 1997 folgte als erster Meilenstein in der internationalen Klimapolitik das Kyoto-Protokoll, das erstmals rechtsverbindliche Reduktionsverpflichtungen für Industrieländer enthielt. Diese sollten ihre Emissionen bis 2012 im Durchschnitt um 5,1 Prozent gegenüber 1990 reduzieren, wobei die Verpflichtungen von -8 Prozent für die EU-15 als Ganzes bis hin zu plus 10 Prozent für Island reichten. Die EU hat ihre Ziele später intern noch stärker differenziert. Während Deutschland ein Minderungsziel von 21 Prozent hatte, durften Emissionen in ärmeren Ländern wie Portugal (+27 Prozent) und Griechenland (+25 Prozent) erkennbar steigen. Emissionsziele für Schwellen- und Entwicklungsländern waren im Kyoto-Protokoll nicht vorgesehen. Das Kyoto-Protokoll wurde von 191 Staaten ratifiziert, darunter alle EU-Mitgliedstaaten sowie wichtige Schwellenländer wie Brasilien, China, Indien und Südafrika. Die USA haben das Kyoto-Protokoll bis heute nicht ratifiziert. Kanada ist im Jahr 2013 ausgetreten. Die EU hingegen hat sogar mehr als die gesetzten Emissionsreduktionen erreicht. Als Folgeabkommen wurde 2015 das Paris Abkommen verabschiedet, das mittlerweile von 189 Ländern ratifiziert ist. Statt wie im Kyoto-Protokoll top-down Emissionsziele festzulegen, sollen die Länder nun bottom-up sogenannte National Determined Contributions (NDCs) festlegen, die sich im besten Fall in Summe zu den übergeordneten Klimazielen aufaddieren.<sup>9</sup> Dazu sollen die Ziele im Laufe der Zeit auch immer strikter werden.

Bislang haben 192 Vertragspartien NDCs für 2030 eingereicht, die z.B. auf dem Climate Action Tracker (<https://climateactiontracker.org/>) gesammelt und analysiert werden. Wie strikt die eingereichten Ziele sind, variiert stark. Während einige Länder wie die EU sich konkrete Reduktionsziele setzen, melden andere nur Ziele für Emissionsintensitäten (wie China) oder geplante Maßnahmen. Der Climate Action Tracker bewertet die meisten Ziele als nicht kompatibel mit den Temperaturzielen des Paris

---

<sup>9</sup> Im Paris Abkommen ist nun festgehalten, dass langfristig der Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur auf nun deutlich unter 2°C gegenüber vorindustriellen Werten begrenzt werden soll und wenn möglich sogar auf 1,5°C, da dies die Risiken und Folgen des Klimawandels deutlich vermindern würde.

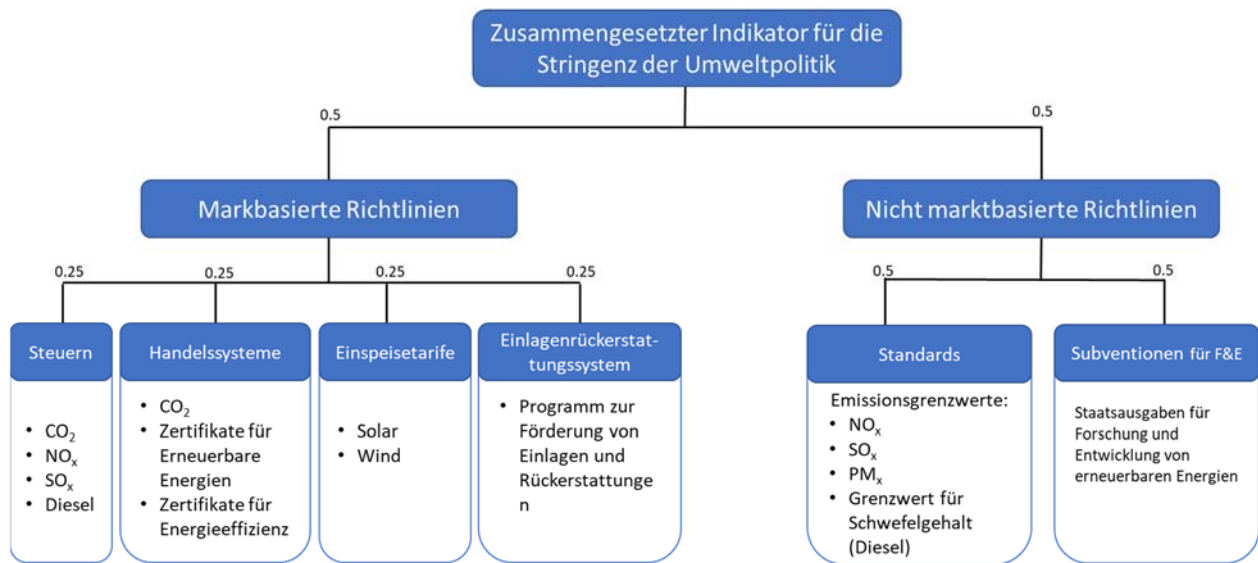
Abkommens. Daneben besteht in vielen Ländern eine mehr oder weniger große Diskrepanz zwischen Zielen und tatsächlichen Emissionen. Auch in Deutschland, das sich selber als Vorreiter in der Klimapolitik sieht, wurde das selbstgesteckte Emissionsziel für 2020 nur durch den Corona-bedingten Wirtschaftseinbruch erreicht.

Für die Erfassung der Stringenz der Klimapolitik kommt als weiteres Problem hinzu, dass es eine Vielzahl unterschiedlicher klimapolitischer Instrumente gibt, die von Bepreisungsmechanismen wie CO<sub>2</sub>-Steuern und Emissionshandelssysteme (EHS), über technologische Standards (etwa im Transportsektor über Flottengrenzwerte), Subventionen von klimafreundlichen Technologien (wie erneuerbaren Strom oder Wasserstoff), staatliche Investitionen in relevante Infrastrukturen (wie etwa ÖPNV oder Ladesäulen für E-Autos) bis hin zu Verboten einzelner Technologien reichen (wie etwas Kohlekraftwerke). Und alle diese Instrumente können zudem auf unterschiedlichste Art ausgestaltet sein. Insgesamt ist es damit alles andere als trivial die Stringenz von Klimapolitik zu messen.

Der umfassendste Versuch einer systematischen Messung von allgemein umweltpolitischer Stringenz stellt der OECD Environmental Policy Stringency Index (EPS) dar (OECD 2016, Botta und Kozluk 2014). Der Index basiert auf dem Grad der Strenge von 14 umweltpolitischen Instrumenten, die sich hauptsächlich auf Klima und Luftverschmutzung beziehen und aggregiert diese zu einem zusammengesetzten Maß für die relative Strenge der Politik in verschiedenen Ländern und über die Zeit. Der Indikator konzentriert sich auf vorgelagerte Sektoren, wie Energie und Transport, die für die Umwelt von größter Bedeutung und ähnlicher Relevanz in allen Ländern sind. Die Politiken sind umweltbezogene Steuern, staatliche Unterstützung für erneuerbarer Energien und Energieeffizienzsteigerungen (Einspeisetarife, Zertifikate für erneuerbare Energien, Forschungs- und Entwicklungs-Ausgaben), Standards (Emissionsgrenzwerte für kohlebefeuerte Kraftwerke und Schwefelgrenzwerte in Dieselmotoren) sowie Informationen über Pfand- und Erstattungssysteme. (OECD 2016). Da sich der Indikator hauptsächlich auf Luft- und Klimapolitik fokussiert, eignet er sich auch für unsere Analysen. Konkret werden zwei EPS-Indizes vorgeschlagen: einer für den Energiesektor, und ein erweiterter Index für die gesamte Wirtschaft. Abbildung 3 zeigt die Zusammensetzung des Indexes und die gewählten Gewichtungsfaktoren für unterschiedliche Politiken.

Für jedes einzelne Instrument werden die quantitativen oder qualitativen Informationen gegebenenfalls normalisiert (z. B. werden Steuern auf Schadstoffe aus dem Stromsektor auf Strompreisen umskaliert) und auf einer Skala von 0-6 mit zunehmender Strenge bewertet. Ist ein Instrument in einem Land nicht vorhanden, wird eine 0 zugewiesen. Die Schwellenwerte für jeden Bereich werden auf der Grundlage der Strenge der gegebenen Maßnahmen über Länder und Zeit festgelegt. Die Länderwerte werden dann unter Verwendung gleicher Gewichte auf jeder Stufe nach Instrumententyp aggregiert (Steuern, Handelssysteme, Emissionsstandards, etc.), Instrumentenkategorie (marktbasiert und nicht marktbasiert) und so weiter.

Daten für den EPS liegen für 33 Länder (darunter 19 EU-Länder) und für 1990 bis 2015 vor, wobei Daten für einige Länder nur in einigen Jahren vorhanden sind und insbesondere ab 2013 nur noch Daten für 17 Länder vorliegen.



Anmerkung: Einspeisetarife beinhalten Einspeisetarife sowie Einspeiseprämien für erneuerbare Energien (Solar und Wind).

Quelle: OECD (2016).

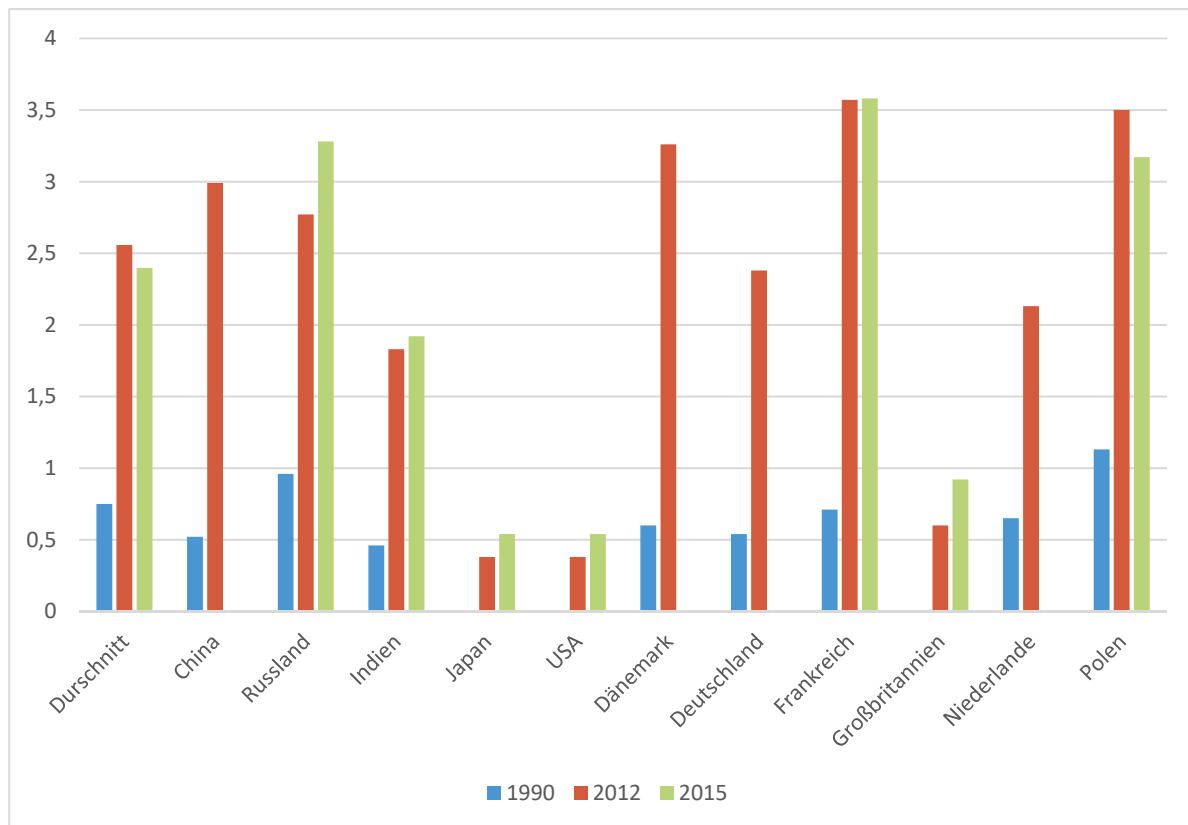
### Abbildung 3: Der OECD Environmental Policy Stringency Index

Seit 1990 steigt der EPS sowohl auf aggregierter Ebene als auch individuell in den einzelnen Ländern. Dies wurde von einer zunehmenden Streuung zwischen den Ländern begleitet. Dieser Trend ist für beide Typen von Instrumenten zu beobachten, aber er ist besonders stark bei marktbasierenden Instrumenten. Dieser Subindex wurde anfangs primär durch Instrumente im Verkehrssektor getrieben. In den 2000er-Jahren folgte die erste Welle von Regulierungen für den Energiesektor (hauptsächlich Steuern mit dem Ziel zur Reduzierung der Emissionen von Verbrennungsanlagen), während der nicht marktbasierende Index stark durch eine Welle von verschärften Emissionsgrenzwerten getrieben ist. Ab 2005 beeinflusst der EU- Emissionshandel den Gesamtindex stark.

Insgesamt ist der Gesamtindex seit 1990 im Durchschnitt von 0,8 auf circa 2,5 gestiegen. Der Durchschnitt der erfassten EU-Länder lag in 1990 bei 0,8 und in 2012 bei 2,8. Während der EPS dabei in 1990 von 0,3 (in China) bis 2,0 (in der Schweiz) variierte, lag er 2012 zwischen 0,4 (in Brasilien) und 3,9 (in Dänemark). Besonders stark ist er in Kanada, China, Ungarn und Australien gestiegen, am wenigsten stark in Südafrika, der Schweiz und den Niederlanden. In Deutschland stieg der Wert von 1,2 in 1990 auf 3,1 in 2015, wobei das Wachstum nicht kontinuierlich war und es zwischenzeitliche Schwankungen nach unten gab. Abbildung 4 zeigt die Entwicklung des EPS-Index in ausgewählten Ländern. Die Politik, gemessen am EPS-Indikator, ist in den nordischen Ländern, den Niederlanden und Deutschland am strengsten. Unter den OECD-Ländern sind sie in Griechenland, Portugal, Irland und Ungarn am wenigsten strikt.

Für die detailliertere Analysen wählen wir direkt alle Indizes aus, die einen direkten Bezug zu CO<sub>2</sub>-Emissionen haben. Dies sind CO<sub>2</sub>-Steuern und CO<sub>2</sub>-Emissionshandelssysteme, Zertifikate für erneuerbare Energien und Energieeffizienz, Einspeisetarife für erneuerbare Energien sowie staatliche Gelder für

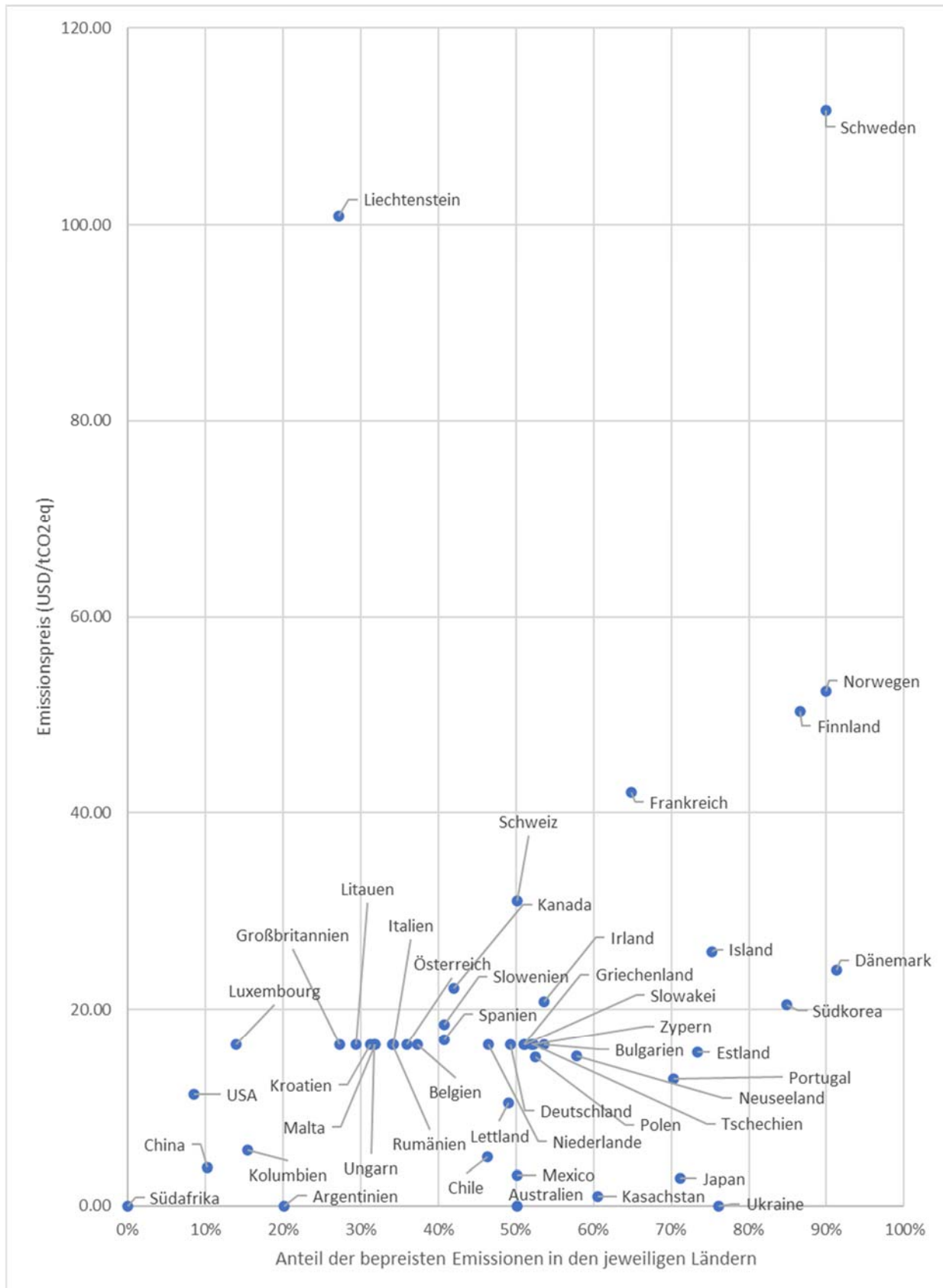
Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien. A priori ist die Erwartung, dass insbesondere CO<sub>2</sub>-Steuern und Emissionshandelssysteme einen Einfluss auf Carbon Leakage haben.



Datenquelle: <https://stats.oecd.org>

**Abbildung 4:** Entwicklung des EPS-Indexes in ausgewählten Ländern

Als weiterer starker klimapolitischer Indikator bietet sich der Umfang der CO<sub>2</sub>-Bepreisung an. Diese wird von der Weltbank systematisch erfasst, im jährlichen „State and Trends of Carbon Pricing“-Bericht diskutiert (etwa Weltbank 2020) und die Daten werden im Carbon Pricing Dashboard (<https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>) zur Verfügung gestellt. Aktuell werden dort 64 CO<sub>2</sub>-Bepreisungssysteme erfasst. 60 davon sind bereits implementiert. Diese umfassen 45 länderweite Bepreisungsprogramme und 33 subnationale Initiativen in insgesamt 44 Ländern (EU27, Großbritannien, Island, Norwegen, Schweiz, China, Argentinien, Chile, Kanada, Australien, Kolumbien, Japan, Kasachstan, Südafrika, Neuseeland, USA, Ukraine, Mexiko). Weltweit werden davon etwa 16 Prozent aller Emissionen abgedeckt. Allerdings variieren Preise und auch der Anteil der national erfassten Emissionen stark.



Quelle: Weltbank (2020); eigene Berechnungen.

**Abbildung 5:** CO<sub>2</sub>-Preis, erfasster Emissionsanteil und Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung in implementierten Bepreisungssystemen

Für die weiteren Analysen verwenden wir zum einen die Höhe des durchschnittlichen nationalen CO<sub>2</sub>-Preises<sup>10</sup> und zum anderen den Anteil der von den Bepreisungssystemen erfassten Emissionen an der gesamten Höhe der nationalen Emissionen. Da das Carbon Dashboard lediglich eine Zeitreihe für den Anteil der erfassten Emissionen an den globalen Emissionen angibt, rechnen wir diese mit Hilfe von nationalen Emissionsdaten und Daten zum EU-Emissionshandel (EU EHS) in den Anteil der national erfassten Emissionen um.<sup>11</sup> Der Anteil der bepreisten Emissionen entspricht, je nachdem, wie die Systeme implementiert sind, der Summe der Anteile, dem maximalen Anteil oder etwas dazwischen. Mangels systematischer Informationen treffen wir hier vereinfachte Annahmen.

Abbildung 5 fasst die generierten Informationen über die Höhe von CO<sub>2</sub>-Preisen und den Anteil der davon erfassten Emissionen für das Jahr 2018 zusammen. Die Daten zeigen dabei, dass die erste CO<sub>2</sub>-Bepreisung in Finnland und Polen im Jahr 1990 in Form von Steuern stattfand. In Finnland lag der CO<sub>2</sub> Preis damals bei 1,7 USD/tCO<sub>2</sub> und es wurden bereits ca. 51 Prozent der Emissionen bepreist. In Polen lag der Preis bei ca. 10 Cent und es waren 4,3 Prozent der Emissionen in der Regulierung enthalten. Im Jahr 1991 folgten dann Schweden und Norwegen jeweils mit einer CO<sub>2</sub> Steuer, beide Steuern deckten jeweils ca. 50 Prozent der Emissionen ab, die Preise lagen bei 39 USD/tCO<sub>2</sub> (Norwegen) und 41 USD/tCO<sub>2</sub> (Schweden). Dänemark folgte mit einer eigenen Steuer in 1992, Slowenien in 1996 und Estland in 2000.

Nach der Einführung des EU-Emissionshandelssystems in 2005 gab es in 31 Ländern eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Im ersten Jahr lag der Preis im EU ETS bei 19 USD/tCO<sub>2</sub>. In den folgenden Jahren schwankte der Preis stark, so stieg er zunächst auf über 30 USD/tCO<sub>2</sub>, um ein Jahr später auf 1.26 USD/tCO<sub>2</sub> zu fallen. Später stabilisierte sich der Preis. Kanada war das erste nicht europäische Land, das eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung einführte, allerdings nicht national, sondern im Rahmen eines Emissionshandelssystems in der Provinz Alberta.

Im Jahr 2018 gab es in 46 Ländern CO<sub>2</sub>-Bepreisungen, zu denen nun auch Australien, Argentinien, China, Chile, Kolumbien, Indonesien, Mexiko, Südkorea, die Ukraine und Vietnam zählen. Der Preis für eine Tonne CO<sub>2</sub> lag zwischen 0 USD (in Argentinien, Australien) und 111 USD in Schweden, wobei das Preislevel der meisten Länder an den EU-Emissionshandel gebunden war und bei 16 USD lag. Die Anteile der bepreisten Emissionen lagen zwischen 9 Prozent der nationalen Emissionen (USA) und einen sehr hohen Anteil, den wir auf gut 90 Prozent schätzen in Dänemark, dicht gefolgt von den restlichen skandinavischen Ländern. Über die 28 Jahre seit der ersten Emissionsbepreisung ist sowohl ein Anstieg des CO<sub>2</sub>-Preislevels als auch des Anteils der regulierten Emissionen an den jeweiligen nationalen Emissionen zu beobachten.

Schließlich wird, um die erfassten Länder zu erweitern, in dieser Studie noch auf ein drittes Maß für umweltpolitische Stringenz zurückgegriffen. Die International Environmental Agency (IEA) stellt Daten

---

<sup>10</sup> Dieser Preis ist für jedes Bepreisungsinstrument direkt im Carbon Dashboard enthalten. Wo es mehrere Bepreisungssysteme in einem Land gibt, berechnen wir einen mit den erfassten Emissionsmengen gewichteten Durchschnittspreis.

<sup>11</sup> Da die Emissionsanteile der Weltbank auf der Edgar-Datenbank basieren, verwenden wir aus Konsistenzgründen für den Zeitraum 1990–2012 ebenfalls diese Datenbank (<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE>) für alle Nicht-EU-Länder. Da die Datenbank keine Emissionsdaten über 2012 hinaus veröffentlicht, verwenden wir für die Jahre 2013–2018 die CAIT-Daten (<https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>). Um den Anteil an globalen Emissionen des EU EHS auf die einzelnen Länder aufteilen zu können, benötigen wir Daten über die nationalen Emissionen, die jeweils im EU EHS reguliert sind. Hierfür sowie dann auch für die gesamten Emissionsdaten der EU verwenden wir EEA (See sheet "EU\_emission coverage") und für Finnland zusätzlich [https://www.stat.fi/til/khki/index\\_en.html](https://www.stat.fi/til/khki/index_en.html).

über die Existenz von Umwelt- und Klimapolitischen Politiken in 158 Ländern und von 1948 bis 2018 zur Verfügung. Insgesamt werden in der Datenbank über 5.500 Politiken erfasst und beschrieben (um welche Art von Instrument handelt es sich, wann wurden sie implementiert, welche Sektoren umfassen sie). Diese decken ein breiteres Spektrum an Themen, Politikarten, Sektoren und Technologien ab, die reguliert werden. Zu den Politikarten gehören zum Beispiel marktwirtschaftliche Instrumente, Zuschüsse und Subventionen, strategische Planung, regulatorische Instrumente, Codes und Standards usw. Zu den Themen gehören Kohlenstoffabscheidung, -nutzung und -speicherung, Klimawandel, Energieeffizienz, erneuerbare Energien etc. Die Maßnahmen umfassen dabei sowohl die nationale als auch die subnationale Ebene. Wir verwenden für die Analysen nur solche Maßnahmen, die bereits implementiert sind. Erfasst wird dabei in jedem Jahr, welche Maßnahmen eingeführt werden und wir verwenden die akkumulierten Werte, die damit stetig über die Zeit ansteigen.

Sieht man sich die Daten an, so hatten zu Beginn der Betrachtungsperiode nur 37 der Länder, die meisten davon OECD-Länder, mindestens eine relevante politische Maßnahme seit 1948 implementiert. Am meisten Maßnahmen gab es mit zwölf in den USA, gefolgt von Japan mit sieben Maßnahmen, und dann Kanada, Nigeria und Südkorea mit je sechs Maßnahmen. In 2018 waren die meisten Maßnahmen weiterhin in den USA implementiert (301), gefolgt von Deutschland (220) und Großbritannien und Frankreich mit immer noch über 180 Maßnahmen. Insgesamt haben nun 110 Länder Politikmaßnahmen implementiert, davon 74 mehr als 10.

Natürlich sagt die reine Anzahl an Instrumenten nur bedingt etwas über die tatsächliche klimapolitische Stringenz aus. Ein Land, das sehr viele kleinteilig, wenig Emissionen umfassende und kaum bindende Instrumente implementiert, hat eine hohe Anzahl an Politiken, während ein Land mit einer einzigen hohen CO<sub>2</sub>-Steuer, die einen Großteil der nationalen Emissionen abdeckt, nur ein Instrument hat. Dies erklärt auch zum Teil, dass die Anzahl der Politiken je Land nicht monoton steigt, sondern teilweise stark über die Zeit schwankt. Dennoch ist zu erwarten, dass Länder in denen Umwelt- und Klimapolitik eine größere Rolle spielt auch mehr Politiken implementieren. Dies wird durch eine Korrelationsanalyse der Daten des EPS mit der Anzahl der Instrumente für die Länder, in denen beide Daten vorliegen unterstützt, die eine Korrelation von 66 Prozent findet. Insofern ermöglicht der Datensatz der IEA eine Analyse, die mehr Länder umfasst.

Tabelle 4 zeigt jeweils im letzten Jahr, für das Daten vorhanden waren, die 10 Länder mit der stärksten Klimapolitik, wie sie durch die verschiedenen Indizes gemessen wird. Für den EPS liegen dabei nur bis 2012 Daten für ein größeres Länder Sample vor. Die Heterogenität zeigt, wie schwierig es ist, eine gute Messung von Klimapolitik zu erhalten. Kein einziges der aufgelisteten Länder erscheint in den TOP 10 aller Indizes und nur Dänemark, Finnland und Frankreich bei drei Indizes. Entscheidend für die folgenden Analysen ist aber die Entwicklung der Politiken in den einzelnen Ländern über die Zeit.



**Tabelle 4:** Top 10 Klimapolitisch aktive Länder nach unterschiedlichen Indizes

Rang	EPS (2012)	Durchschnittl. CO <sub>2</sub> -Preis (2018) in USD / tCO <sub>2</sub>	Anteil bepreiste Emissionen (2018)	Anzahl umweltpol. Maßnahmen kumuliert (2018)				
1	Dänemark	3,9	Schweden	111,6	Dänemark	0,91	USA	301
2	Australien	3,7	Liechtenstein	100,9	Schweden	0,90	Deutschland	220
3	Niederlande	3,6	Norwegen	52,5	Norwegen	0,90	Großbritannien	186
4	Frankreich	3,6	Finnland	50,4	Finnland	0,87	Frankreich	184
5	Japan	3,5	Frankreich	42,1	Südkorea	0,85	Spanien	166
6	Finnland	3,4	Schweiz	31,0	Ukraine	0,76	China	164
7	Kanada	3,4	Island	25,9	Island	0,75	Italien	164
8	Schweiz	3,3	Dänemark	24,0	Estland	0,73	Portugal	158
9	Großbritannien	3,3	Kanada	22,2	Japan	0,71	Irland	154
10	Norwegen	3,3	Irland	20,8	Portugal	0,70	Belgien	153

## 4 Effekte von Klimapolitik auf territoriale CO<sub>2</sub>-Emissionen, CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke und Emissionstransfers

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, ob die identifizierten Klimapolitiken sich unterschiedlich auf territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke auswirken. Zur Beantwortung dieser Frage werden statistische Regressionsanalysen eingesetzt, die sich an Aichele und Felbermayr (2012) anlehnen. Dabei geht es darum, den Effekt von Klimapolitiken zu identifizieren, und andere – politikunabhängige – Einflüsse auf die Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen oder des Fußabdrucks herauszurechnen. Zeigt sich, dass die Klimapolitik den Fußabdruck weniger stark als die territorialen Emissionen reduziert, kann dies als Indiz für Carbon-Leakage gewertet werden. Auch kann direkt analysiert werden, wie Emissionstransfers durch die Politikmaßnahmen beeinflusst wird. Steigt der Emissionstransfer durch Klimapolitik, ist dies ebenfalls ein Indiz für Carbon-Leakage.

Die zu erklärenden Variablen in den Regressionen sind zunächst die territorialen Emissionen und die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke in MtCO<sub>2</sub> bzw. ihr natürlicher Logarithmus. Dies hat den Vorteil, dass die Regressionskoeffizienten ungefähr als proportionale Differenzen interpretiert werden können. D.h. bei einem Koeffizienten von  $x$  entspricht eine Differenz im Indexwert von 1 ungefähr einer  $x$  prozentigen Steigerung der Emissionen oder des Fußabdrucks. Da Emissionstransfers positiv oder negativ sein können, verwenden wir hier den Logarithmus des Quotienten aus CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und territorialen Emissionen bzw., was mathematisch äquivalent ist, den Logarithmus des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks abzüglich des Logarithmus der territorialen Emissionen. Dieser Wert ist positiv, wenn eine Volkswirtschaft Nettoimporteur von Kohlenstoff ist und negativ, wenn sie Nettoexporteur ist. In den Ergebnistabellen bezeichnen wir diese Variable als Carbon Leakage, weil ein Ansteigen dieses Quotienten bedeutet, dass mehr Emissionen verlagert werden. Unsere Daten für diese drei Größen wurden bereits in Kapitel 2.2. beschrieben.

Zusätzlich verwenden wir als generelle in der Literatur bekannte politikunabhängige Kerneinflussgrößen auf Emissionen das Bruttoinlandsprodukt (BIP) und die Größe der Bevölkerung. Diese Daten stammen aus den Penn World Tables (siehe Feenstra et al. 2015). Schließlich vermuten wir einen Einfluss der EU-Mitgliedschaft auf die Ergebnisse, weshalb wir Informationen zum EU-von CEPII Datenbank ([http://www.cepii.fr/cepii/en/bdd\\_modele/bdd.asp](http://www.cepii.fr/cepii/en/bdd_modele/bdd.asp)) in die Analysen integrieren.

Im Folgenden stellen wir die Ergebnisse der Analysen mit den verschiedenen in Kapitel 3 beschriebenen Politik-Indizes vor.

#### 4.1. Analysen mit Hilfe des OECD Environmental Policy Stringency Index

Tabellen 5 und 6 zeigen die Ergebnisse der Regressionen auf Basis des OECD Environmental Policy Stringency Index (EPS) und seiner Subindizes. Diese verwenden eine Stichprobe von 34 Ländern (darunter 19 EU-Länder) von 1990 bis 2015.<sup>12</sup>

Für jede zu erklärende Variable (Territoriale Emissionen, CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und Carbon Leakage bzw. der Quotient aus beidem) werden dabei neben BIP und Bevölkerung zum einen der gesamte EPS Score als Einflussfaktor berücksichtigt (Spalten 1, 2, 4 und 5), zum anderen alle Subindizes für auf CO<sub>2</sub>-Reduktion abzielende Politiken inklusive Politiken für erneuerbare Energien (Spalten 3 und 6). Als Sensitivitätsanalyse wird auch eine Regression nur mit den CO<sub>2</sub>-Bepreisungsinstrumenten vorgenommen, die nur da aufgeführt ist, wo sie qualitativ andere Ergebnisse liefert als die Regression mit allen Instrumenten. Für die Regression mit dem gesamten EPS-Score wird außerdem die Variable EUxEPS hinzugenommen (Spalten 2 und 5), die die Interaktion zwischen EU-Mitgliedschaft und umweltpolitischer Stringenz misst. In den Tabellen sind dabei die statistisch signifikanten Ergebnisse fett gedruckt.

Betrachtet man zunächst Tabelle 5 und hier Spalten (1) und (4), in denen der volle EPS-Score neben BIP und Bevölkerung als einzige Einflussvariable verwendet wird, zeigt sich, dass strengere Maßnahmen die territorialen Emissionen signifikant senken, nicht aber den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Hier ist der Koeffizient zwar negativ, aber nicht signifikant. Das Ergebnis für die territorialen Emissionen lässt sich so interpretieren, dass ein Anstieg des EPS-Scores um eine Einheit mit einem Rückgang der territorialen Emissionen um etwa 3,9 Prozent verbunden ist.

In Spalten (2) und (5), in denen berücksichtigt ist, ob ein Land ein EU-Land ist oder nicht, zeigt sich, dass die Ergebnisse aus Spalten (1) und (5) durch Nicht-EU-Länder in der Stichprobe nach unten gezogen werden. Für EU-Mitglieder ist der EPS-Effekt auf die territorialen Emissionen mit etwa 8,3 Prozent<sup>13</sup> deutlich größer, während für nicht EU-Länder kein Einfluss nachweisbar ist und der Koeffizient sogar positiv ist. Der negative Effekt auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wird ebenfalls für die EU signifikant und ist mit 5,8 Prozent aber kleiner als der Effekt auf die territorialen Emissionen. Insgesamt stärken die Ergebnisse damit die Hypothese, dass Klimapolitik die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke weniger senkt als die territorialen Emissionen und damit zu einer vermehrten Verlagerung von Emissionen führt.

Die Ergebnisse sind auch konsistent mit Spalten (3) und (6), in denen der Einfluss einzelner Politiktypen erfasst wird. Hierbei führen sowohl CO<sub>2</sub>-Steuern als auch CO<sub>2</sub>-Emissionshandel zu signifikant niedrigeren territorialen CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenso wie Zertifikate für Energieeffizienz, was interessanterweise den stärksten Effekt hat. Im Prinzip handelt es sich hierbei um handelbare Standards für Energieeffizienz. Diese haben in der Datenbank in den EU-Ländern Großbritannien, Frankreich und Italien einen besonders hohen Index und sind außerdem in Australien, Dänemark, China und Indien vorhanden. Angesichts dieser kleinen Anzahl an Ländern ist das Ergebnis mit Vorsicht zu interpretieren.

---

<sup>12</sup> Es gibt einige fehlende Werte für Emissionen und EPS-Scores für bestimmte Länderjahre, weshalb die Anzahl der Beobachtungen weniger als 884 beträgt. Nach 2012 sind nur noch EPS-Scores für sehr wenige Länder vorhanden.

<sup>13</sup> Dies ist die Summe der Koeffizienten EPS und EU = 1XEPS.

Einspeisetarife für Solarenergie, die es insbesondere in der EU gibt, führen zu signifikant höheren Emissionen. Dies ist theoretisch möglich, da Stromsubventionen insgesamt den Stromverbrauch erhöhen können, außerdem kann es gesamtwirtschaftliche Rückkopplungseffekte geben, etwa durch Einkommenseffekte. Aufgrund der Dominanz von EU-Ländern mit Einspeisetarifen ist das Ergebnis im Zusammenspiel mit den anderen stark vertretenden Instrumenten eher so zu verstehen, dass diese Subventionierung die Emissionsreduktionen reduziert hat. Bei den CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken haben nur CO<sub>2</sub>-Emissionshandelssysteme einen signifikanten Effekt und dieser ist kleiner als bei den territorialen Emissionen. Emissionshandel ist das dominierende Instrument in den EU-Ländern, was die Ergebnisse erklären dürfte. Alle anderen Instrumente haben hingegen keinen signifikanten Effekt.

**Tabelle 5:** Effekte der umweltpolitischen Stringenz (gemessen durch den OECD-EPS-Index) auf territoriale CO<sub>2</sub>-Emissionen

	In Territorial Emissions			In CO <sub>2</sub> -Fußabdruck		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
EPS	<b>-0.039<sup>c</sup></b> (0.021)	0.006 (0.022)		-0.023 (0.018)	0.017 (0.021)	
EU=1		0.058 (0.053)			0.019 (0.049)	
EU=1 X EPS		<b>-0.089<sup>a</sup></b> (0.032)			<b>-0.075<sup>a</sup></b> (0.026)	
CO <sub>2</sub> -Steuer			<b>-0.014<sup>c</sup></b> (0.008)			-0.005 (0.005)
CO <sub>2</sub> -Emissionshandel			<b>-0.025<sup>a</sup></b> (0.008)			<b>-0.020<sup>a</sup></b> (0.006)
Zertifikate Energieeffizienz			<b>-0.027<sup>b</sup></b> (0.011)			-0.016 (0.010)
Zertifikate Erneuerbare Energien			-0.013 (0.008)			-0.005 (0.007)
Einspeisetarife Solar			<b>0.013<sup>c</sup></b> (0.007)			0.009 (0.006)
Einspeisetarife Wind			-0.007 (0.006)			-0.005 (0.005)
Subventionen für F&E erneuerbare Energien			0.004 (0.012)			0.001 (0.009)
Anzahl Beobachtungen	805	805	830	805	805	830
R <sup>2</sup>	0.995	0.996	0.996	0.994	0.995	0.994

Standardfehler in Klammern sind auf Länderebene geclustert. Alle Spalten enthalten Fixed-Effects auf Jahres- und Länderebene. Alle Spalten enthalten Kontrollen für die Bevölkerung und das BIP in logarithmierter Form (nicht ausgewiesen). Territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke werden in Megatonnen CO<sub>2</sub> angegeben, bevor sie logarithmiert werden. c p<0.1, b p<0.05, a p<0.01.

Tabelle 6 zeigt in der gleichen Logik die Ergebnisse für den Quotienten von territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Da die Regression mit allen Instrumenten zu etwas unerwarteten Ergebnissen führt, wird hier zusätzlich die Regression nur mit den beiden CO<sub>2</sub>-Bepreisungsinstrumenten aufgeführt. Signifikant ist hier nun der Einfluss von CO<sub>2</sub>-Handelssystemen in Spalte (3), die impliziert, dass eine Einheit Erhöhung der Punktzahl in Handelssystemen das Verhältnis von CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu territorialen Emissionen um 0,8 Prozentpunkte erhöht. Dies bedeutet, dass Länder mehr auf Importe als auf Exporte angewiesen sind und damit Carbon Leakage zunimmt. In Spalte (4) ist hingegen - etwas unerwartet - nur

der Effekt von Energieeffizienzsertifikaten signifikant. Der gesamte EPS liefert keine signifikanten Ergebnisse.

**Tabelle 6:** Effekte der umweltpolitischen Stringenz (gemessen durch den OECD-EPS-Index) auf Carbon Leakage

	ln Consumption Emission – ln Territorial Emission			
	(1)	(2)	(3)	(4)
PS	0.019 (0.013)	0.011 (0.014)		
EU=1		-0.040 (0.043)		
EU=1 X EPS		0.015 (0.016)		
CO <sub>2</sub> -Steuer			0.006 (0.007)	0.009 (0.007)
CO <sub>2</sub> -Emissionshandel			<b>0.008<sup>c</sup></b> (0.004)	0.007 (0.004)
Zertifikate Energieeffizienz				<b>0.011<sup>b</sup></b> (0.005)
Zertifikate Erneuerbare Energien				0.007 (0.006)
Einspeisetarife Solar				-0.003 (0.003)
Einspeisetarife Wind				0.001 (0.003)
Subventionen für F&E erneuerbare Energien				-0.003 (0.008)
Anzahl Beobachtungen	805	805	830	830
R <sup>2</sup>	0.905	0.906	0.895	0.897

Standardfehler in Klammern sind auf Länderebene geclustert. Alle Spalten enthalten Fixed-Effects auf Jahres- und Länderebene. Carbon Leakage wird gemessen als Logarithmus des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks abzüglich des Logarithmus der territorialen Emission. Daher ist er positiv für Nettoimporteure und negativ für Nettoexporteure. c p<0.1, b p<0.05, a p<0.01.

Insgesamt gibt es durch die Schätzungen zumindest eine gewisse Evidenz, dass nationale umwelt- bzw. klimapolitische Maßnahmen den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck weniger stark senken als die territorialen Emissionen, was mit einer Zunahme von Carbon Leakage konsistent ist.

Die Regressionsergebnisse lassen sich auch verwenden um abzuschätzen, welche Länder durch ihre umweltpolitischen Änderungen die höchsten relativen und absoluten Einsparungen an territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken erreichen konnten. Um eine grobe Abschätzung dieser Effekte der gesamten umweltpolitischen Änderungen im Zeitraum 1990 bis 2012<sup>14</sup> auf die nationalen Emissionen und Fußabdrücke zu erhalten, gehen wir wie folgt vor. Zunächst rechnen wir für jedes Land die für das Jahr 2012 vorhergesagten Emissionen (sowohl territorial als auch Fußabdruck) aus. Dabei werden die Werte aller Kontrollvariablen im Jahr 2012 berücksichtigt sowie Länder- und Jahr-Fixed-Effects und der Wert des EPS der jeweiligen Länder für 2012. Diese Emissionswerte vergleichen wir mit kontrafaktischen Emissionsvorhersagen für 2012, die die gleichen Variablen und Parameter berücksichtigen, aber annehmen, der EPS-Wert sei nicht der tatsächlich für 2012 beobachtete, sondern immer noch der Wert aus dem Jahr 1990. Die Differenzen dieser beiden Emissionswerte für 2012 ergeben unsere Schätzungen

<sup>14</sup> Ab 2013 liegen nur noch EPS-Scores für sehr wenige Länder vor.

für die erzielten Reduktionen der nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke durch die im EPS widergespiegelten umweltpolitischen Verschärfungen.

Tabelle 7 zeigt die Länder, die auf Basis dieser Berechnungen im Zeitraum von 1990 bis 2012 die größten absoluten und relativen Emissionseinsparungen erreichen konnten.

**Tabelle 7:** Top 10 Politikbedingte Emissionseinsparungen auf Basis des EPS von 1990 bis 2012

Rang	Territoriale Emissionen				CO <sub>2</sub> -Fußabdruck			
	Absolute Reduktion in MtCO <sub>2</sub>		Relative Reduktion		Absolute Reduktion in MtCO <sub>2</sub>		Relative Reduktion	
1	Deutschland	-119,7	Finnland	-25,1%	Deutschland	-99,4	Finnland	-19,2%
2	Großbritannien	-103,8	Schweden	-23,1%	Großbritannien	-91,9	Schweden	-17,7%
3	Frankreich	-93,8	Österreich	-22,2%	Frankreich	-86,0	Österreich	-17,4%
4	Polen	-83,2	Slowakei	-22,2%	Polen	-56,4	Slowakei	-16,7%
5	Italien	-60,9	Dänemark	-21,7%	Italien	-54,7	Dänemark	-15,7%
6	Spanien	-39,2	Frankreich	-21,1%	Spanien	-30,5	Frankreich	-15,3%
7	Niederlande	-27,0	Ungarn	-19,8%	Niederlande	-21,0	Polen	-14,8%
8	Tschechien	-25,2	Polen	-19,6%	Belgien	-19,9	Ungarn	-14,7%
9	Österreich	-18,4	Tschechien	-18,2%	Österreich	-19,7	Tschechien	-13,7%
10	Belgien	-18,3	Großbritannien	-17,6%	Tschechien	-18,1	Großbritannien	-12,7%

Wie man sieht, liegen auch auf Grund der beschränkten Datenbasis alle Länder mit den größten absoluten oder relativen Einsparungen in der EU. Absolute Emissionsreduktionen hängen stark von der Größe des Landes ab. Entsprechend führen die großen EU-Länder damit das Ranking an. Deutschland steht sogar ganz vorne. Bei den relativen Reduktionen sieht es anders aus, hier stehen die skandinavischen Länder, aber auch einige osteuropäische Länder an den ersten Positionen. Von den großen EU-Ländern haben es nur Frankreich und Großbritannien in die TOP 10 geschafft. Deutschland liegt mit einer Reduktion von 13,3 Prozent bei den territorialen Emissionen und 9,5 Prozent beim CO<sub>2</sub>-Fußabdruck jeweils auf Platz 14.

Entsprechend der geschätzten Koeffizienten sind die Reduktionen der territorialen Emissionen in den meisten Ländern erkennbar höher als die der CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke. Berechnet man aus den Schätzungen Leakageraten, also die Erhöhung der ausländischen territorialen Emissionen relativ zur Reduktion der eigenen territorialen Emissionen,<sup>15</sup> so liegen diese in den meisten Ländern bei 10–25 Prozent und damit im Rahmen der Schätzungen aus Simulationsmodellen. Für Deutschland liegt die resultierende Leakagerate bei rund 17 Prozent. Von den eingesparten rund 120 MtCO<sub>2</sub> wurden rund 20 MtCO<sub>2</sub> ins Ausland verlagert.

#### 4.2. Analysen mit Hilfe von CO<sub>2</sub>-Bepreisungsdaten

Die Analysen mit dem EPS ebenso wie die umweltökonomische Theorie lassen vermuten, dass insbesondere CO<sub>2</sub>-Preise einen Einfluss auf Carbon Leakage haben. Zudem lässt sich durch CO<sub>2</sub>-Preise und Abdeckung der Bepreisung relativ direkt die Stärke der Klimapolitik definieren, was bei anderen Instrumenten schwieriger ist und nur durch z.T. subjektive Indizes wie beim EPS. Wie in Kapitel 3 geschildert, verwenden wir für die Analysen Daten des World Bank Carbon Pricing Dashboards mit deren

<sup>15</sup> In diesem Fall werden diese berechnet als der Quotient aus der Differenz zwischen territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und den territorialen Emissionen.

Hilfe wir nationale CO<sub>2</sub>-Durchschnittspreise in USD/tCO<sub>2</sub> generieren sowie den Anteil der national bepreisten Emissionen. Länder ohne Bepreisungssysteme haben entsprechend einen Preis von 0 USD/tCO<sub>2</sub> und einen Anteil von 0 Prozent. Damit erhalten wir eine Stichprobe von 118 Ländern von 1990 bis 2018 (insgesamt 3422 Beobachtungen, wenn man die einzelnen fehlenden territorialen Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke Daten ignoriert). Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Regressionen. Signifikante Ergebnisse sind erneut fett gedruckt.

**Tabelle 8:** Effekte von CO<sub>2</sub>-Bepreisung auf CO<sub>2</sub>-Emissionen

	ln Territoriale Emission		ln CO <sub>2</sub> Fußabdruck		Carbon Leakage	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
CO <sub>2</sub> -Preis	<b>-0.0019<sup>c</sup></b>	-0.0028	-0.0002	-0.0006	<b>0.0018<sup>a</sup></b>	<b>0.0027<sup>a</sup></b>
	(0.0010)	(0.0021)	(0.0014)	(0.0019)	(0.0007)	(0.0010)
Abdeckung	<b>-0.5511<sup>a</sup></b>	<b>-0.3239<sup>a</sup></b>	<b>-0.6627<sup>a</sup></b>	<b>-0.3696<sup>a</sup></b>	-0.0372	0.0030
	(0.1058)	(0.1105)	(0.1145)	(0.0924)	(0.0478)	(0.0485)
EU=1		-0.0597		-0.0134		0.0478
		(0.0544)		(0.0474)		(0.0449)
EU=1 X Preis		0.0025		0.0023		-0.0007
		(0.0023)		(0.0023)		(0.0010)
EU=1 X Abdeckung		<b>-0.3232<sup>b</sup></b>		<b>-0.4772<sup>a</sup></b>		-0.1133
		(0.1350)		(0.1127)		(0.0844)
Observations	3421	3421	3420	3420	3420	3420
r <sup>2</sup>	0.9873	0.9874	0.9861	0.9863	0.7717	0.7723

Standardfehler in Klammern sind auf Länderebene geclustert. Alle Spalten enthalten Fixed-Effects auf Jahres- und Länderebene. Alle Spalten, mit Ausnahme von (5) und (6) enthalten Kontrollen für die Bevölkerung und das BIP in logarithmierter Form. Territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke werden in Megatonnen CO<sub>2</sub> angegeben, bevor sie logarithmiert werden. Carbon Leakage wird gemessen als Logarithmus des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks abzüglich des Logarithmus der territorialen Emission. Daher ist er positiv für Nettoimporteure und negativ für Nettoexporteure.

c p<0.1, b p<0.05, a p<0.01.

Die Ergebnisse zeigen, dass alle Koeffizienten bis auf den nicht signifikanten Koeffizienten der Abdeckung bei Carbon Leakage das erwartete Vorzeichen haben. Der CO<sub>2</sub>-Preis hat dabei einen signifikant negativen Einfluss auf die territorialen Emissionen, während der Effekt auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck nicht signifikant ist. In Einklang damit erhöht er signifikant Carbon Leakage. Die Abdeckung der Emissionsbepreisung hingegen senkt sowohl territoriale Emissionen als auch den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, entgegen der Hypothese, sogar stärker für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Entsprechend führt dies auch zum negativen Koeffizienten bei Carbon Leakage, aber dieser ist nicht signifikant. Erklärbar ist dies eventuell dadurch, dass in der EU durch die gleichzeitige Einführung des EU-Emissionshandelssystems und seine mit dessen Ausdehnung verbundenen Reformen, Carbon Leakage-Möglichkeiten innerhalb der EU verringert wurden und dies die Ergebnisse der EU treibt.

Zu interpretieren sind die Ergebnisse in Spalten (1), (3) und (5) wie folgt: Zehn Dollar mehr, die auf CO<sub>2</sub> erhoben werden, verringern die territorialen Emissionen um zwei Prozent, wobei der Anteil der erfassten Emissionen konstant bleibt. Der Preiseffekt ist für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck geht gegen null. Daher führt eine höhere CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu einer Verlagerung von Emissionen. Konkret erhöhen zehn Dollar mehr das Verhältnis von CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu territorialen Emissionen um zwei Prozent.

Bei konstantem Preis sinken die territorialen Emissionen um 0,55 Prozent und der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck um 0,66 Prozent, wenn die Preisinitiativen ein weiteres Prozent der Emissionen auf Länderebene abdecken.

Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant und man sollte das Ergebnis nicht dahingehend interpretieren, dass eine höhere Abdeckung zu weniger Carbon Leakage führt.

Für die EU sind die Effekte von einer höheren Emissionsabdeckung auf territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck signifikant höher als im weltweiten Durchschnitt. Die Effekte von höheren Preisen weichen nicht signifikant vom Weltdurchschnitt ab, der Koeffizient ist aber positiv, was auf schwächere Effekte hinweist.

Im Jahr 2018 sind die zehn Länder mit den höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen China, USA, Indien, Russland, Japan, Iran, Deutschland, Südkorea, Kanada und Saudi-Arabien. Sie sind insgesamt für mehr als 70 Prozent der globalen Emissionen verantwortlich. Der durchschnittliche Kohlenstoffpreis unter diesen Top Ten liegt jedoch nur bei 13 USD/tCO<sub>2</sub> und damit unter dem weltweiten Durchschnitt von 18 USD/tCO<sub>2</sub>. Unter den Top Ten erheben vier Länder keinerlei Preise auf CO<sub>2</sub>, nämlich Indien, Russland, Iran und Saudi-Arabien. Kanada ist derzeit das Land unter den Top zehn, das mit 22 USD/tCO<sub>2</sub> den größten Preis erhebt. Eine Rückwärtsrechnung zeigt, dass bei einer Anhebung des durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Preises auf 23 USD/tCO<sub>2</sub> für die zehn führenden Volkswirtschaften die Emissionen um 482 Megatonnen sinken würden, was etwa 1,5 Prozent der globalen Emissionen von 2018 entspricht und in etwa die Größe der Emissionen in Südafrika (oder Brasilien oder Mexiko) ausmacht. Da jedoch die Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ein kritisches Thema ist, ist es schwer vorherzusagen, wie stark die globalen Gesamtemissionen sinken oder überhaupt sinken. Eine modellbasierte Strukturanalyse ist notwendig, um zu quantifizieren, wie eine regionale Preisänderung die Emissionen weltweit und die Wohlfahrt unter Berücksichtigung der Spillover-Effekte beeinflussen würde.

Wie auch im Fall des EPS nehmen wir eine grobe Abschätzung der Effekte der CO<sub>2</sub>-Bepreisung über unseren Betrachtungszeitraum vor. In diesem Fall betrifft dies den Zeitraum 1990 bis 2018 und die Kombination von CO<sub>2</sub>-Preisen und dem Anteil der nationalen Emissionen, die davon erfasst sind. Zunächst rechnen wir erneut für jedes Land die für das Jahr 2018 vorhergesagten Emissionen aus und berücksichtigen die Werte aller Kontrollvariablen im Jahr 2018, Länder- und Jahr-Fixed-Effects sowie den CO<sub>2</sub>-Preis und dessen Emissionsabdeckung der jeweiligen Länder für 2018. Diese Emissionswerte vergleichen wir erneut mit kontrafaktischen Emissionsvorhersagen für 2018, die annehmen, der CO<sub>2</sub>-Preis und dessen Abdeckung seien Werte aus dem Jahr 1990. Die Differenzen dieser beiden Emissionswerte für 2018 ergeben wieder die Schätzungen für die durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung erzielten Reduktionen der nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke.

Tabelle 9 zeigt erneut die Länder, die auf Basis dieser Berechnungen im Zeitraum hier 1990 bis 2018 die größten absoluten und relativen Emissionseinsparungen erreichen konnten. Man sieht, dass erneut große Länder durch ihre CO<sub>2</sub>-Bepreisung die größten absoluten Reduktionen erreicht haben, aber vor allem die skandinavischen Länder die größten relativen Reduktionen. Deutschland liegt mit einer Reduktion der territorialen Emissionen und des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks mit jeweils rund 30 Prozent auf Platz 19 bzw. 14. Dabei sind die erreichten Reduktionen deutlich höher als in der auf dem EPS basierten Schätzung. Dies ist allerdings auch darauf zurückzuführen, dass der Datensatz des EPS nur bis 2012 reicht und in den Schätzungen in Tabelle 9 die Emissionen und die CO<sub>2</sub>-Bepreisung bis 2018 berücksichtigt ist. Zwischen der Reihung bei den territorialen Emissionen und dem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bestehen hier nun etwas mehr Unterschiede. Da die Abschätzungen auf den Spalten (2) und (4) in Tabelle 8 basieren, die zeigen, dass entgegen der Hypothese für Europa die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke sogar stärker sinken als die territorialen Emissionen, spiegelt sich dies auch in diesen Abschätzungen wieder. Carbon Leakage konnte

nur für den Preiseffekt nachgewiesen werden, in der Kombination mit der Verbreitung von CO<sub>2</sub>-Bepreisung tritt er hier in Summe nicht auf.

**Tabelle 9:** Top 10 Politikbedingte Emissionseinsparungen auf Basis der CO<sub>2</sub>-Bepreisung

Rang	Territoriale Emissionen				CO <sub>2</sub> -Fußabdruck			
	Absolute Reduktion in MtCO <sub>2</sub>	Relative Reduktion	Absolute Reduktion in MtCO <sub>2</sub>	Relative Reduktion	Absolute Reduktion in MtCO <sub>2</sub>	Relative Reduktion	Absolute Reduktion in MtCO <sub>2</sub>	Relative Reduktion
1	USA	-427,3	Schweden	-49,1%	Deutschland	-510,2	Dänemark	-51,9%
2	China	-355,2	Dänemark	-45,0%	Japan	-417,6	Estland	-45,6%
3	Deutschland	-341,8	Estland	-41,7%	USA	-301,7	Schweden	-44,3%
4	Japan	-299,7	Finnland	-37,1%	Frankreich	-287,8	Portugal	-43,7%
5	Frankreich	-192,0	Portugal	-36,8%	China	-282,6	Frankreich	-38,0%
6	Südkorea	-177,5	Norwegen	-35,5%	Südkorea	-206,7	Finnland	-37,5%
7	Polen	-174,9	Frankreich	-35,1%	Großbritannien	-187,2	Bulgarien	-35,6%
8	Kanada	-136,5	Bulgarien	-33,8%	Italien	-181,0	Zypern	-34,7%
9	Großbritannien	-125,8	Tschechien	-33,1%	Polen	-176,7	Slowakei	-34,2%
10	Italien	-114,9	Zypern	-33,1%	Spanien	-135,6	Irland	-34,2%

### 4.3. Analysen mit Hilfe der IEA-Politikmaßnahmen Indikatoren

In diesem Kapitel beschäftigen wir uns mit dem Einfluss der Anzahl umweltpolitischer Politiken auf Emissionen. Wie bereits in Kapitel 3 diskutiert, ist dieses Maß schwächer, aber mit dem EPS-Score korreliert und liegt vor allem für weit mehr Länder vor als es auch die Bepreisung von CO<sub>2</sub> tut. Zudem haben die Analysen in Abschnitt 4.1. gezeigt, dass auch weitere Instrumente einen signifikanten Einfluss haben können. Entsprechend kann eine Stichprobe von 110 Ländern von 1990 bis 2018 verwendet werden.<sup>16</sup> Dabei wird wie in Kapitel 3 erläutert, die Anzahl der implementierten Klimapolitiken für jedes Land über die Jahre hinweg kumuliert, basierend auf den eingeführten 3689 Politiken in der Stichprobe.<sup>17</sup> Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Regressionen.

**Tabelle 10:** Effekte der Anzahl von Umweltpolitiken auf CO<sub>2</sub>-Emissionen

	ln Territoriale Emissionen		ln CO <sub>2</sub> -Fußabdruck		Carbon Leakage
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
N. Politiken	<b>-0.004<sup>a</sup></b> (0.001)	<b>-0.002<sup>b</sup></b> (0.001)	<b>-0.004<sup>a</sup></b> (0.001)	<b>-0.002<sup>b</sup></b> (0.001)	0.0002 (0.0003)
EU		<b>-0.110<sup>b</sup></b> (0.045)		<b>-0.121<sup>a</sup></b> (0.043)	
EU X N. Politiken		<b>-0.003<sup>a</sup></b> (0.001)		<b>-0.002<sup>a</sup></b> (0.001)	
Beobachtungen	3189	3189	3188	3188	3188
R <sup>2</sup>	0.989	0.989	0.987	0.988	0.775

Standardfehler in Klammern sind auf Länderebene geclustert. Alle Spalten enthalten Fixed-Effects auf Jahres- und Länderebene. Alle Spalten, mit Ausnahme von (5) enthalten Kontrollen für die Bevölkerung und das BIP in logarithmierter Form. Territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke werden in Megatonnen CO<sub>2</sub> angegeben, bevor sie logarithmiert werden. Carbon Leakage wird gemessen als Logarithmus des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks abzüglich des Logarithmus der territorialen Emission. Daher ist er positiv für Nettoimporteure und negativ für Nettoexporteure.

<sup>16</sup> Es fehlen ein Datensatz für territoriale Emissionen und zwei Datensätze für Verbrauchsemissionen, sodass die Anzahl der Beobachtungen kleiner als 3190 ist.

<sup>17</sup> Einige Politiken, in der IEA Datenbank, wurden für einen bestimmten Zeitraum implementiert und endeten kurz danach. Leider ist das Endjahr für diese Gruppe nicht verfügbar. Daher betrachten wir nur Politiken, die derzeit in Kraft sind, und nutzen die Variation des Anfangsjahres aus.



Anders als beim EPS-Score und der begrenzten Länderanzahl zeigen Spalte (1) und (3), dass eine weitere umgesetzte Maßnahme sowohl die territorialen Emissionen als auch den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck signifikant senkt und zwar in beiden Fällen im Durchschnitt um 0,4 Prozentpunkte. Da es wie bereits diskutiert offensichtlich eine große Heterogenität unter diesen Maßnahmen gibt, sollte man die 0,4 prozentige Reduktion aber nicht mit der Einführung einer spezifischen klimapolitischen Maßnahme, zum Beispiel, eines neuen Emissionshandelssystems verwechseln.

In diesem Fall ist auch eine größere Anzahl von Nicht-EU-Ländern in der Stichprobe enthalten. Man sieht in Spalten (2) und (4), dass die Umsetzung von mehr Maßnahmen die Emissionen sowohl für Nicht-EU- als auch für EU-Länder reduziert, aber mehr für letztere (d.h. für eine weitere Maßnahmen 0,3 Prozent mehr für die territorialen Emissionen und 0,2 Prozent mehr für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck). Hier ist nun auch erneut zu erkennen, dass der Einfluss auf territoriale Emissionen stärker ist als auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Offensichtlich hat der Unterschied in den Effekten auf territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck allerdings nicht genug Aussagekraft, um signifikante Änderungen bei der Verlagerung von Emissionen vorherzusagen (Spalte 5). Aufgrund des positiven Koeffizienten in Spalte (5) ist dennoch tendenziell zu erwarten, dass es mehr Carbon Leakage geben wird.

Bei allen Regressionsergebnissen und abgeleiteten Rankings, die offensichtlich nicht alle konsistente Ergebnisse liefern, sollte die Schwierigkeit berücksichtigt werden, die Stringenz der Klimapolitik angemessen und für ein breites Set an Ländern zu messen. Alle verwendeten Indizes haben erkennbare Schwächen, dennoch lassen sich auf Basis der Regressionsergebnisse einige Aussagen treffen. Sowohl eine umfassendere als auch eine stringenter Klimapolitik verringert nachweislich die territorialen Emissionen. Die Effekte auf die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke sind tendenziell schwächer und nicht für alle klimapolitischen Indikatoren präsent. Es bestehen Anzeichen dafür, dass die Verlagerung von Emissionen (Carbon Leakage) tatsächlich zunimmt und CO<sub>2</sub>-Bepreisung dabei in Einklang mit der ökonomischen Literatur eine Rolle spielt. Territoriale Emissionen und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck reagieren dabei vor allem auf die Abdeckung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung, Carbon Leakage erhöht sich dagegen vor allem bei höheren CO<sub>2</sub>-Preisen. Insgesamt sind Reduktionseffekte primär für die EU festzustellen.

## 5 Abgeleitete Politikempfehlungen und Fazit

Es ist sicher sinnvoll sich bei politischen Klimazielen in erster Linie auf die territorialen Emissionen zu fokussieren, die Teil internationaler Abkommen sind. Dennoch sollten gerade Länder, die Nettoimporteure von indirekten Emissionen sind, ihre CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke nicht aus dem Blick verlieren. Da diese die CO<sub>2</sub>-Emissionen messen, die durch den heimischen Endverbrauch jeglicher Güter und Dienstleistungen verursacht werden, sind sie zum einen ein Maß für die Emissionen, die der eigene Lebensstil verursacht, zum anderen hängt die Effektivität der nationalen Klimapolitik davon ab, inwieweit sie nicht nur die territorialen Emissionen senkt, sondern auch den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Ist letzteres nicht oder zumindest weniger der Fall, findet eine (teilweise) Verlagerung von Emissionen ins Ausland statt. Dies ist gleichzeitig auch ein Indiz für die unerwünschte Verlagerung von Wertschöpfung und Arbeitsplätzen.

Die EU ist bereits jetzt der größte Importeur von indirekten Emissionen und sechs europäische Länder (Großbritannien, Frankreich, Italien, Deutschland, Belgien, Schweiz) sind unter den TOP10 weltweiten

Importeuren. Als Region ist Europa zudem weltweit der drittgrößte Emittent von CO<sub>2</sub> nach China und den USA. Gleichzeitig zeigen alle relevanten Indizes, dass die europäischen Länder weltweit zu den Ländern mit der strengtesten und umfassendsten Klimapolitik zählen. Dies gilt insbesondere für die skandinavischen Länder und Frankreich, aber Dank des europäischen Emissionshandelssystems auch für die EU als Ganzes. Auch die Schweiz und Großbritannien sind klimapolitisch überdurchschnittlich aktiv.

Wir konnten zeigen, dass striktere klimapolitische Maßnahmen nachweislich die territorialen Emissionen und die CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke seit 1990 senken. Allerdings ist der Effekt für territoriale Emissionen tendenziell stärker. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass Klimapolitik für CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke weniger wirksam ist und Carbon Leakage zunimmt. In verschiedenen Analysen konnten wir Carbon Leakage – u.a. in Reaktion auf die Einführung von Emissionshandelssystemen und generell höherer CO<sub>2</sub>-Bepreisung – auch direkt nachweisen. Dabei sind diese Effekte besonders für die EU-Länder nachweisbar, die wie erwähnt, bisher klimapolitisch am aktivsten waren.

Damit wird Carbon Leakage für die EU umso mehr zum Problem, wenn sie im Rahmen des Green Deal ihre klimapolitischen Anstrengungen erhöht und insbesondere die CO<sub>2</sub>-Bepreisung von der Abdeckung und der Höhe der Preise zunehmen wird. Bereits im Mai 2021 ist der Preis im EU-Emissionshandel erstmals über 50€/CO<sub>2</sub> gestiegen und mit noch höheren Preisen in der Zukunft ist zu rechnen. Umso wichtiger ist es daher Maßnahmen zu ergreifen, um Carbon Leakage zu verringern. Die EU plant in diesem Zusammenhang die Einführung eines Grenzausgleichsmechanismus, der dafür sorgen soll, dass auch Importe aus Ländern ohne CO<sub>2</sub>-Bepreisung mit einer solchen belastet werden. Welche Wirkung eine solche Maßnahme im Vergleich auch zu einer koordinierten CO<sub>2</sub>-Bepreisung der weltweit größten Emittenten entfalten kann, zeigt die Studie „EU-Klimapolitik, Klimaclubs und CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich“ von Mahlkow et al. (2021).

## Literaturverzeichnis

- Aichele, R. und G. Felbermayr (2012). Kyoto and the carbon footprint of nations, *Journal of Environmental Economics and Management* 63(3): 336–354.
- Botta, E. und T. Kozluk (2014). Measuring environmental policy stringency in OECD countries: A composite index approach. OECD Economics Department Working Papers, No 1177. OECD Publishing.
- Mahlkow, H., J. Wanner, G. Felbermayr und S. Peterson (2021). EU-Klimapolitik, Klimaclubs und CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich. Kurzbericht.
- Friedlingstein et al. (2020). The Global Carbon Budget 2020. *Earth System Science Data*, 12: 3269–3340. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020>
- Feenstra, R.C., R. Inklaar und M.P. Timmer (2015). The next generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10): 3150–3182, available for download at [www.ggd.net/pwt](http://www.ggd.net/pwt)
- GATT (1991). International Trade 90-91 Volume 1. [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/gatt\\_international\\_trade\\_90\\_91\\_volume\\_i.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/gatt_international_trade_90_91_volume_i.pdf)
- IEA (2020). CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 2020. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights>

Narayanan, B., A. Aguiar und R. McDougal (2015). Global trade, assistance, and production: The GTAP 9 Data Base. Cent. Glob. Trade Anal. Purdue Univ., 2015 September, available at: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v9/default.asp>.

OECD (2016). How stringent are environmental policies. A review of OECD work on indicators of environmental policy stringency (EPS). Organization for Economic Development.

Peters, G. (2008). From production-based to consumption-based national emissions inventories. *Ecological Economics* 65: 13–23.

Weltbank (2020). State and trends of carbon pricing 2020. World Bank Group.

WTO (2019). World trade statistical review 2019.

[https://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/wts2019\\_e/wts2019\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts2019_e.pdf)

Titelbild: © candy1812 - stock.adobe.com

**Adresse | Kontakt**

Bertelsmann Stiftung  
Carl-Bertelsmann-Straße 256  
D-33311 Gütersloh

**Dr. Thieß Petersen**

Programm Megatrends  
Bertelsmann Stiftung  
thiess.petersen@bertelsmann-stiftung.de  
Telefon: +49 5241 81-81218

**Thomas Rausch**

Programm Megatrends  
Bertelsmann Stiftung  
thomas.rausch@bertelsmann-stiftung.de  
Telefon: +49 5241 81-813300

[www.bertelsmann-stiftung.de](http://www.bertelsmann-stiftung.de)