

// Eunseong Park (ZEW, Universität Mannheim), Sebastian Rausch (ZEW, Universität Heidelberg), Valerie J. Karplus (Carnegie Mellon University)

## Klimaschutz und Protektionismus: Warum das Design von CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichsmaßnahmen wichtig ist

CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichsmaßnahmen (Border Carbon Adjustments, BCAs) werden zu einem zentralen Instrument der klimaorientierten Handelspolitik, um Carbon Leakage zu begrenzen und zugleich die heimische Industrie zu schützen. Ihre Wirkung hängt jedoch grundlegend vom Design ab. Dieser policy brief vergleicht mengenbasierte BCAs wie den CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichsmechanismus der EU (EU-CBAM), die die gesamten im Produkt enthaltenen Emissionen bepreisen, mit benchmarkbasierten Vorschlägen, die nur Emissionen oberhalb eines Intensitätsbenchmarks bepreisen. Auf Basis neuer Forschung zur globalen Stahlindustrie zeigen wir, dass ein benchmarkbasiertes BCA eine Emissionsabgabe mit einer impliziten Outputsubvention verbindet. Das schwächt das CO<sub>2</sub>-Preissignal, fördert die Umlenkung saubererer Produktion in regulierte Märkte und kann über unterbepreiste Vorprodukte wie Roheisen vertikale Emissionsverlagerung auslösen. In einem EU-ähnlichen Umfeld mit inländischer CO<sub>2</sub>-Bepreisung übermittelt das benchmarkbasierte Design nur 36 Prozent des mengenbasierten Grenzpreises, der dieselbe globale Emissionsminderung erzielen würde. In einem US-ähnlichen Umfeld ohne inländischen Preisanker wirkt es weniger als Klimainstrument denn als Industrietarif, der Knappheitsrenten zugunsten inländischer nachgelagerter Industrien verschiebt.



### POLITIKEMPFEHLUNGEN

- Mengenbasierte BCAs als Regelfall nutzen, besonders im vorgelagerten Bereich: Die Politik sollte grundsätzlich mengenbasierte Architekturen bevorzugen, die die gesamten enthaltenen Emissionen belasten. Sie übertragen den CO<sub>2</sub>-Preis direkter, sind in homogenen vorgelagerten Märkten schwerer zu umgehen und stehen stärker im Einklang mit dem Ziel, globale Emissionen zu senken.
- Grenzmaßnahmen in eine inländische CO<sub>2</sub>-Bepreisung einbetten: Ein BCA ist am glaubwürdigsten, wenn es einen bestehenden inländischen CO<sub>2</sub>-Preis an die Grenze verlängert. Fehlt dieser Anker, verlagert die Maßnahme vor allem unter benchmarkbasierten Designs Renten zugunsten inländischer nachgelagerter Industrien und setzt kaum Anreize für Emissionsminderungen im Ausland.
- Die gesamte Lieferkette erfassen und Vorprodukte überwachen: Die Regulierung sollte die verkörperten Emissionen vorgelagerter Inputs wie Roheisen und Halbfertigstahl mitverfolgen.
- Den Mengeneffekt im Verbrauch erhalten: Wirksame Klimapolitik verlangt, dass zumindest ein Teil der CO<sub>2</sub>-Kosten bei Stahlverwendern und Endkunden ankommt.

## DIE ARCHITEKTUR VON CO<sub>2</sub>-GRENZAUSGLEICHSMASSNAHMEN

Mit steigender Klimaschutzambition großer Volkswirtschaften wird eine zentrale Herausforderung sichtbar: Wie lässt sich CO<sub>2</sub> im Inland bepreisen, ohne die Produktion in Regionen mit schwächerer Regulierung zu verlagern? Dieses Risiko von Carbon Leakage bedroht sowohl die Emissionsziele als auch die industrielle Wettbewerbsfähigkeit. BCAs sollen beide Probleme adressieren, indem sie an der Grenze die in gehandelten Gütern enthaltenen Emissionen bepreisen.

Dennoch zeichnen sich international unterschiedliche BCA-Architekturen ab. Der CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichsmechanismus der EU (CBAM) folgt einem mengenbasierten Ansatz: Importeure zahlen für die gesamten in einem Produkt enthaltenen Emissionen. In US-Politikdebatten stehen dagegen benchmarkbasierte Designs stärker im Vordergrund. Der PROVE IT Act würde die Emissionsintensitätsdaten bereitstellen, die solche Politiken benötigen, und Vorschläge wie der Foreign Pollution Fee Act würden Einfuhrabgaben an die Emissionsintensität im Verhältnis zu einem Benchmark knüpfen. Diese Designentscheidung ist keine administrative Feinheit. Sie bestimmt, wie viel Klimaschutzambition ins Ausland übertragen wird und welche Teile der Wertschöpfungskette geschützt werden.

**Carbon Leakage begrenzen und Wettbewerbsfähigkeit wahren**

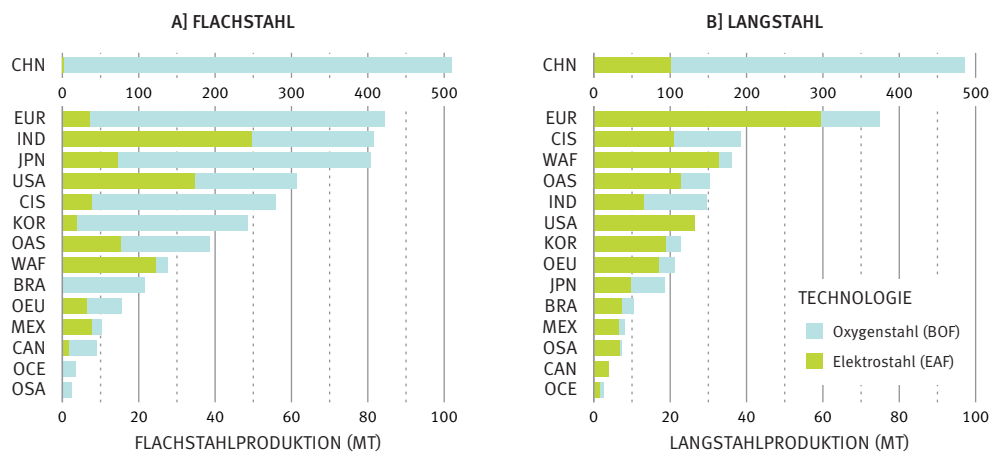
**Bepreisung der Emissionen als zentrale Designfrage**

## DIE VERSTECKTE SUBVENTION BENCHMARKBASIERTER DESIGNS

Das ökonomische Problem benchmarkbasierter BCAs ist, dass sie keine reinen CO<sub>2</sub>-Preise sind. Weil Importeure nur für Emissionen oberhalb eines Benchmarks zahlen, gewährt der Benchmark faktisch eine Gutschrift für jede produzierte Einheit. Das Ergebnis ist eine implizite Outputsubvention: Die Politik bepreist CO<sub>2</sub>, belohnt aber zugleich Produktionsvolumen. Ausländische Produzenten haben daher schwächere Anreize, Emissionen zu senken, als der ausgewiesene Grenzpreis vermuten lässt.

**Benchmarkbasierte Designs schwächen das CO<sub>2</sub>-Preissignal ab**

**ABBILDUNG 1: VERGLEICH VON STAHLERZEUGUNGSROUTEN IN WICHTIGEN WELTREGIONEN**



Anmerkung: Die Abbildung unterscheidet zwischen Flachstahl (Bleche und Platten für Automobilbau und Haushaltsgeräte) und Langstahl (Stäbe und Träger, die vor allem im Bau eingesetzt werden). Flachprodukte werden stärker in integrierten BF-BOF-Anlagen erzeugt, während Langprodukte häufiger in schrottbasierten EAFs produziert werden. Diese Heterogenität macht Reshuffling möglich: Exporteure können bereits bestehende saubere EAF-Produktion in regulierte Märkte umlenken, ohne ihre Gesamtemissionen zu senken. Zu den Weltregionen zählen: EU-28 und Europäische Freihandelsassoziation (EUR), Vereinigte Staaten (USA), China (CHN), Indien (IND), Japan (JPN), Südkorea (KOR), Sonstiges Asien (OAS), Ozeanien (OCE), Kanada (CAN), Mexiko (MEX), Brasilien (BRA), Sonstiges Südamerika (OSA), Türkei und Sonstiges Europa (OEU), Gemeinschaft Unabhängiger Staaten und Ukraine (CIS) sowie Westasien und Afrika (WAF). Quelle: Park, Rausch und Karplus (2026).

Unsere Analyse quantifiziert diese Abschwächung des Signals. In einem EU-ähnlichen Umfeld mit inländischer CO<sub>2</sub>-Bepreisung übermittelt das benchmarkbasierte Design nur 36 Prozent des mengenbasierten Grenzpreises, der dieselbe globale Emissionsminderung erzielt. Anders gesagt wirkt der Benchmark wie ein 64-prozentiger Abschlag auf den Grenzpreis für CO<sub>2</sub>. In einem US-ähnlichen Umfeld ohne inländischen CO<sub>2</sub>-Preisanker sinkt das effektive Signal auf etwa ein Achtel des mengenbasierten Referenzwerts. Eine Regierung kann also eine hohe nominale Grenzabgabe ankündigen, während beim ausländischen Stahlwerk nur ein deutlich schwächerer Klimaanreiz ankommt.

**Benchmarkbasiertes BCA im Vergleich zu EU-Grenzpreis deutlich geringer**

## DIE KOMPLEXITÄT GLOBALER STAHLLIEFERKETTEN

Die Struktur der Stahllieferkette erklärt, warum benchmarkbasierte Grenzmaßnahmen schlechter abschneiden können. Stahl wird über zwei Hauptrouten erzeugt: den CO<sub>2</sub>-intensiven Hochofen-/Konverterweg (BF-BOF) auf Basis von Eisenerz und die sauberere Elektrostahlroute (EAF) auf Basis von Schrott. Viele globale Unternehmen betreiben beide Anlagentypen. Unter einem benchmarkbasierten BCA können diese Unternehmen Reshuffling betreiben, indem sie sauberere EAF-Produktion in den regulierten Markt lenken und CO<sub>2</sub>-intensiveren BF-BOF-Stahl anderswo weiterverkaufen.

**Anlagenheterogenität erlaubt es Exporteuren, bereits saubere Produktion in regulierte Märkte umzulenken**

Abbildung 1 zeigt, wie groß die technologische Heterogenität zwischen Regionen und Produkten ist. Diese Unterschiede sind wichtig, weil sie es Exporteuren erlauben, die Regulierung teilweise über Umlenkung statt über echte Emissionsminderungen zu erfüllen. Je leichter Unternehmen bereits saubere Produktion zwischen Absatzmärkten umverteilen können, desto weniger verändert die Grenzmaßnahme die globalen Emissionen.

Zugleich ist Stahl eine vertikal verflochtene Industrie. Nachgelagerte Stahlhersteller können CO<sub>2</sub>-intensive Vorprodukte wie Roheisen oder Halbfertigprodukte aus dem Ausland beziehen. Wenn ein BCA diese vorgelagerten Inputs nur schwach bepreist, können Unternehmen ihre an der Grenze ausgewiesenen Emissionen senken, ohne die zugrunde liegende Lieferkette zu dekarbonisieren. Das ist der Kanal vertikaler Emissionsverlagerung. Mengenbasierte BCAs sind robuster, weil sie die gesamten enthaltenen Emissionen und nicht nur die Lücke zu einem Benchmark bepreisen.

**Unterbepreiste Vorprodukte als Kanal für vertikale Emissionsverlagerung**

## ÖKONOMISCHE EFFIZIENZ VERSUS POLITISCHER PROTEKTIONISMUS

Mengenbasierte BCAs sind auch kosteneffizienter. Sie aktivieren zwei Anpassungskanäle zugleich: den Technikeffekt, der sauberere Produktion fördert, und den Mengeneffekt, der den relativen Preis CO<sub>2</sub>-intensiver Güter erhöht und die Nachfrage dämpft. Benchmarkbasierte Designs schwächen den zweiten Kanal, weil die implizite Outputsubvention einen Teil der CO<sub>2</sub>-Kosten von nachgelagerten Nutzern fernhält. Deshalb stützen sie sich stärker auf kostspieligere Veränderungen bei Beschaffung und Zusammensetzung der Produktion.

**Kosteneffizienz durch Technik- und Mengeneffekt**

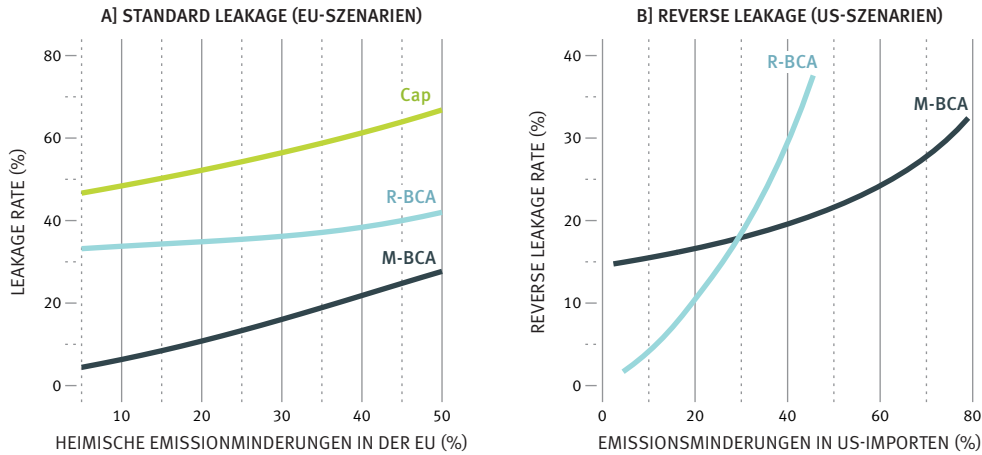
Daraus ergibt sich der zentrale Zielkonflikt zwischen Klimaschutzambition und wirtschaftlichem Schutz. Benchmarkbasierte Designs können politisch attraktiv sein, weil sie Preissteigerungen für nachgelagerte Branchen wie die Bau- oder Automobilindustrie abfedern. Dieser Schutz hat jedoch einen Preis. In unserem EU-ähnlichen Vergleich liefert das benchmarkbasierte Design weniger globale Emissionsminderung und erhöht die Wohlfahrtsverluste gegenüber der mengenbasierten Alternative um rund 55 Prozent.

**Inländischer CO<sub>2</sub>-Preisanker als Klimainstrument wichtig**

Im US-ähnlichen Umfeld erzielt die entsprechende benchmarkbasierte Grenzmaßnahme nur etwa ein Viertel der globalen Emissionsminderung einer vergleichbaren mengenbasierten Abgabe.

Ohne inländischen CO<sub>2</sub>-Preis, den sie an die Grenze verlängern könnte, wirkt sie damit vor allem wie ein Industrietarif, der Knappheitsrenten zugunsten inländischer nachgelagerter Industrien verschiebt, statt im Ausland nennenswerte Emissionsminderungen auszulösen.

**ABBILDUNG 2: STANDARD LEAKAGE UND REVERSE LEAKAGE UNTER ALTERNATIVEN BCA-DESIGNS**



Anmerkung: Diese Abbildung vergleicht drei Szenarien. „Cap“ zeigt eine rein inländische CO<sub>2</sub>-Bepreisung ohne Grenzmaßnahme und damit Standard Leakage. Ein mengenbasierter BCA (M-BCA) bepreist die gesamten enthaltenen Emissionen an der Grenze. Ein benchmarkbasierter BCA (R-BCA) bepreist nur Emissionen oberhalb eines Benchmarks und enthält damit eine Outputsubvention. Panel (a) zeigt den EU-ähnlichen Fall, in dem die Grenzmaßnahme eine inländische CO<sub>2</sub>-Bepreisung ergänzt. Panel (b) zeigt den US-ähnlichen Fall, in dem das Grenzinstrument ohne inländischen Preisanker wirkt und Reverse Leakage, also die Rückverlagerung CO<sub>2</sub>-intensiver Produktion, auslösen kann. Quelle: Park, Rausch und Karplus (2026).

Abbildung 2 verdeutlicht den starken Unterschied zwischen dem EU- und dem US-Politikumfeld. Wenn ein BCA eine bestehende inländische CO<sub>2</sub>-Bepreisung ergänzt, lautet die zentrale Frage, wie wirksam das Grenzinstrument dieses Klimasignal ins Ausland überträgt. Gibt es keinen inländischen Preis, verteilt die Grenzmaßnahme Schutz vor allem innerhalb der Wertschöpfungskette um und kann sogar Reverse Leakage fördern, indem sie Produktion ins Inland zurückholt, ohne bedeutende globale Emissionsminderungen zu erzeugen.

## FAZIT: EIN GLAUBWÜRDIGES CO<sub>2</sub>-PREISSIGNAL HERSTELLEN

Das Design eines BCA ist kein technisches Detail. Es entscheidet darüber, ob die Maßnahme vor allem Klimaschutzambition ins Ausland überträgt oder vor allem Schutz im Inland umverteilt. Im Stahlsektor sind mengenbasierte Designs wirksamer, weil sie das CO<sub>2</sub>-Preissignal erhalten, Reshuffling begrenzen und die in gehandelten Vorprodukten enthaltenen Emissionen besser erfassen.

Für die Politik lautet die Lehre nicht, dass jeder Sektor dasselbe Instrument braucht. Vielmehr sollte die Architektur zur Industriestruktur passen. Mengenbasierte Behandlung ist besonders wichtig bei homogenen vorgelagerten Materialien und vertikal verflochtenen Lieferketten. Benchmarkbasierte Designs lassen sich dagegen schwerer rechtfertigen, wenn sie nicht in eine inländische CO<sub>2</sub>-Bepreisung eingebettet und durch ergänzende Maßnahmen flankiert werden, die den Nachfrageanreiz wiederherstellen. Wenn die EU den CBAM weiterentwickelt und die US ihren eigenen Weg prüfen, hängt glaubwürdige Klima-Handelspolitik von transparenter CO<sub>2</sub>-Bepreisung entlang der gesamten Lieferkette ab.

**Mengenbasierte Designs im Stahlsektor wirksamer**

**Glaubwürdige Klima-Handelspolitik braucht transparente CO<sub>2</sub>-Bepreisung entlang der gesamten Lieferkette**

## REFERENZ

Eunseong Park, Sebastian Rausch und Valerie J. Karplus (2026). Environmental Ambition and Economic Protectionism: The Design of Border Carbon Adjustments. ZEW Discussion Paper 26-021.



### Impressum

**Autoren:** Eunseong Park (ZEW, Universität Mannheim), Sebastian Rausch (ZEW, Universität Heidelberg), Valerie J. Karplus (Carnegie Mellon University)

**Herausgeber:** ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung  
L 7, 1 · 68161 Mannheim · Deutschland · [info@zew.de](mailto:info@zew.de) · [www.zew.de](http://www.zew.de) · [x.com/zew](https://x.com/zew)

**Präsident:** Prof. Achim Wambach, PhD · Kaufmännische Geschäftsführerin: Claudia von Schuttenbach

**Ansprechpartner in der Pressestelle:** Bastian Thüne · [presse@zew.de](mailto:presse@zew.de)

**Anmerkung zum Zitieren aus dem Text:** Es ist gestattet, Auszüge aus dem Text in der Originalsprache zu zitieren, insofern diese durch eine Quellenangabe kenntlich gemacht werden.

© ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim

**ZEW**

*Leibniz*  
Leibniz  
Gemeinschaft