

Klimatransformation – langer Weg, wenig Zeit

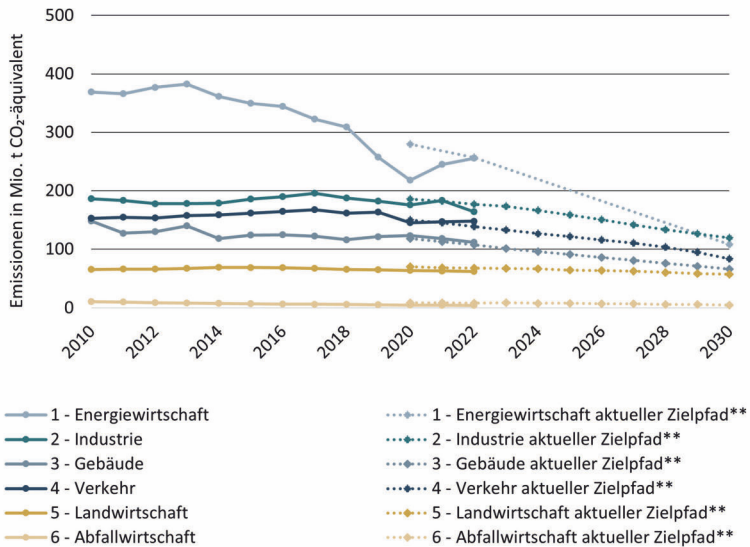
Thilo Schaefer

1. Politische Rahmenbedingungen der Klimaneutralität

Das Pariser Klimaabkommen, der Europäische *Green Deal* und das deutsche Klimaschutzgesetz geben die Richtung klar vor: Die weltweiten Treibhausgasemissionen müssen reduziert werden, damit die Erderwärmung begrenzt werden kann. Bis 2050 soll europaweit Klimaneutralität erreicht werden; Deutschland hat sich dieses Ziel schon für 2045 gesetzt und gesetzlich festgelegt. Im deutschen Klimaschutzgesetz ist zudem eine Senkung der Treibhausgasemissionen um 65 Prozent bis 2030 gegenüber 1990 festgeschrieben worden. Dieses Zwischenziel wurde ursprünglich auch auf die einzelnen Sektoren heruntergebrochen, was allerdings im Jahr 2023 durch eine Reform des Gesetzes gekippt wurde. Dies folgt der zutreffenden Logik, dass es nicht darauf ankommt, in welchem Sektor Emissionen reduziert werden, sondern vielmehr darauf, dass die Gesamtemissionen sinken. Auf diesem Ansatz basiert auch der Europäische Emissionshandel (EU-ETS), der dieses Prinzip durch eine Begrenzung der Emissionen in den Sektoren Energiewirtschaft und Industrie auf europäischer Ebene effizient umsetzt. Durch die Handelbarkeit der Emissionsrechte bekommen CO₂-Emissionen einen Preis. Folglich widersprechen in den EU-ETS-Sektoren auch nationale Zielsetzungen dem übergeordneten Mechanismus auf europäischer Ebene. Bei der Abwesenheit sektorspezifischer Ziele liegt allerdings ein Risiko darin, dass die Ambitionen in den Sektoren außerhalb des EU-ETS hinter den notwendigen Emissionsreduktionen im Hinblick auf das Gesamtziel zurückbleiben, obwohl bis 2045 alle Sektoren klimaneutral werden müssen. Deshalb ist auf europäischer Ebene ein zweites Emissionshandelssystem für die Sektoren Gebäude und Verkehr geplant. Der Blick auf die sektorspezifische Zielerreichung auf dem ursprünglich festgelegten Zielpfad bis 2030 unterstreicht insofern die Notwendigkeit, als die letztgenannten tatsächlich oberhalb der Zielmarken liegen (Abbildung

1), obwohl es auf nationaler Ebene bereits einen CO₂-Preis für Brennstoffe gibt.

Abb. 1: Sektor-Zielpfad 2030: Verkehr und Gebäude liegen drüber



** entsprechend der Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12.05.2021 angepasst
Quelle: Umweltbundesamt.

2. Erneuerbare Energien in allen Sektoren

In allen Sektoren ist der Schlüssel zur Reduktion der Treibhausgasemissionen der Einsatz Erneuerbarer Energien. Der Einsatz von Strom oder strombasiereten Energieträgern wie grünem Wasserstoff, der durch die Elektrolyse von erneuerbar erzeugtem Strom hergestellt wird, ermöglicht bei einem wachsenden Erneuerbaren-Anteil die Reduktion der Emissionen des Energieeinsatzes.

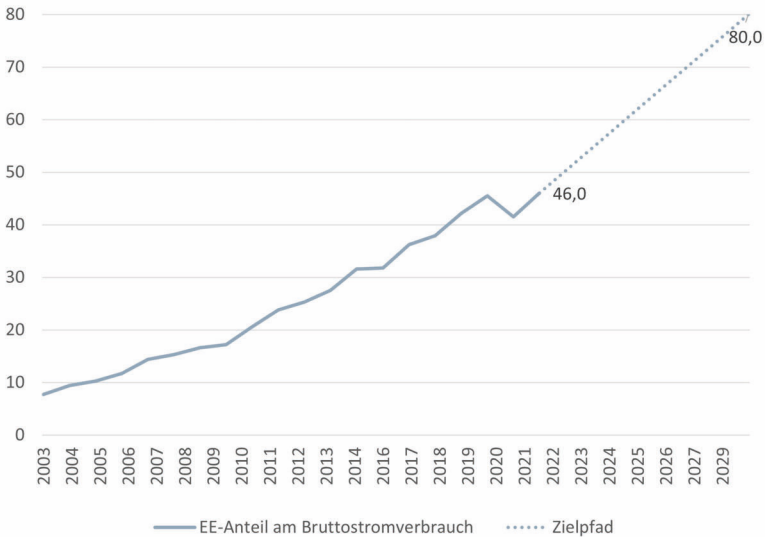
Auch zum klimafreundlichen Heizen in Gebäuden durch den Einsatz von Wärmepumpen und für das Laden von batterieelektrischen Fahrzeugen ist Strom mit einem möglichst hohen Anteil erneuerbarer Erzeugung der Schlüssel zur Reduktion der Emissionen. Demnach steigt die Strom-

nachfrage absehbar an, was die Möglichkeiten, durch Effizienzgewinne den Stromverbrauch zu senken, deutlich übersteigen wird (Doré et al. 2023). Das Stromangebot in Deutschland wurde jedoch durch die Abschaltung der Kernkraftwerke und das Überführen von Kohlekraftwerken in die Reserve verknappt, schon bevor Erneuerbare in Kombination mit leistungsfähigen Netzen und Speichern den Mehrbedarf decken können. Auch die geplanten zu den Erneuerbaren komplementären Gaskraftwerke sind noch nicht gebaut. Mit dem in Folge des russischen Angriffs auf die Ukraine verknappten Gasangebot und durch die höheren Kosten für Flüssig- als für Pipelinegas steigen nicht nur die Gaspreise, sondern ebenso die Strompreise, die den Energieträgerwechsel in Richtung Strom nun zusätzlich unattraktiv machen. Die Ampel-Koalition hat darauf mit einem Strompreispaket reagiert, welches allerdings nicht allen stromintensiven Unternehmen kurzfristig zu wettbewerbsfähigen Strompreisen verhilft.

Für 2030 plant die Bundesregierung 10 Gigawatt Elektrolysekapazität in Deutschland. Im Jahr 2022 waren lediglich 60 Megawatt vorhanden, also gerade einmal 0,6 Prozent des Ziels erreicht. Eine weitaus größere Menge des Wasserstoffs wird importiert werden müssen. Das ist insofern sinnvoll, als die hiesige Wasserstoffproduktion in unmittelbarer Konkurrenz zur Verwendung des hierzulande knappen erneuerbar erzeugten Stroms in der Direktelektrifizierung steht, die in aller Regel effizienter und auch kostengünstiger ist. Wasserstoff lässt sich zudem besser über größere Strecken transportieren als Strom. Deshalb arbeitet die Bundesregierung an Energiepartnerschaften mit potenziellen Produzenten Grünen Wasserstoffs wie beispielsweise Chile, Namibia oder Marokko. In all diesen Ländern müssen aber zunächst neue Erzeugungsanlagen für Strom gebaut werden. Schließlich soll die Wasserstofferzeugung nicht zulasten des vor Ort eingesetzten klimafreundlichen Stroms gehen. Hinzu kommen dort aufzubauende Elektrolysekapazitäten und geeignete Schiffe für den Transport, die es bislang nur im Pilotmaßstab gibt (Egenolf-Jonkmans et al. 2021). All dies deutet darauf hin, dass 2030 nur überschaubare Mengen an Grünem Wasserstoff zur Verfügung stehen werden.

Durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien sollen bis 2030 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs abgedeckt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, hat die aktuelle Bundesregierung ein ganzes Bündel an Maßnahmen getroffen, um beispielsweise im Rahmen des Osterpakets aus dem Jahr 2022 den Ausbau von Erzeugungsanlagen für Wind- und Sonnenenergie voranzutreiben.

Abb. 2: EE-Ziel 2030: 80 Prozent am Bruttostromverbrauch



Quelle: AGEE-Stat.

Dass dies dringend nötig ist, zeigt nicht nur der Blick auf die Treibhausgasminderungsziele, sondern auch auf den Erneuerbaren-Anteil am Stromverbrauch (Abbildung 2). Hier ist in den verbleibenden Jahren bis 2030 ein deutlich höheres Tempo als in der Vergangenheit erforderlich. Gleichzeitig wächst auch die Herausforderung, geeignete Flächen für neue Windkraftanlagen bereitzustellen. Deshalb muss unter anderem das Potenzial des Repowerings, also das Ersetzen älterer Windkraftanlagen durch neue wesentlich leistungsfähigere Anlagen an bewährten Standorten genutzt werden. Diese bedürfen zwar einer Genehmigung, aber keiner gänzlich neuen Planung. Grundsätzlich sind die Planungs- und Genehmigungsverfahren im Laufe der Zeit immer aufwendiger und langwieriger geworden. Angesichts von Personalengpässen in den Genehmigungsbehörden müssen standardisierte Verfahren, die Bündelung von ähnlich gelagerten Verfahren, sowie Orientierung durch Leitfäden den zuständigen Beamtinnen und Beamten die Arbeit erleichtern und dadurch die Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöhen. Ein entscheidender Schlüssel dafür ist die Digitalisierung, die nicht länger durch unterschiedliche Handhabung je nach Bundesland ausgebremst wer-

den darf. An konstruktiven Vorschlägen mangelt es nicht, vielmehr an einem bundesländerübergreifenden politischen Schulterschluss zur Durchsetzung (Bogumil et al. 2022).

Dabei reicht es bei weitem nicht aus, die Windkraftanlagen auf See und an Land sowie die Photovoltaikanlagen im angestrebten Tempo auszubauen – was an sich bereits recht ambitioniert erscheint. Damit Strom aus regenerativen Quellen tatsächlich fossile Erzeugung ersetzen kann, werden darüber hinaus leistungsfähige Netze und Stromspeicher benötigt. Ein weiterer wichtiger Baustein ist die Regulierung, die nicht zu einem System mit vielen dezentralen volatilen Erzeugungsquellen passt. Die Netzentgeltsystematik beispielsweise setzt nicht die notwendigen Anreize für eine flexible Netznutzung, die auf die dargebotsabhängigen Schwankungen der Stromerzeugung reagiert. Auch wenn viele Großverbraucher auf verlässliche Grundlast im Dauerbetrieb angewiesen sind, gibt es doch häufig Möglichkeiten zur flexiblen Anpassung der Produktionsintensität auf die kurzfristigen Preissignale, die an der Strombörse angezeigt werden.

3. Herausforderungen der Industrietransformation

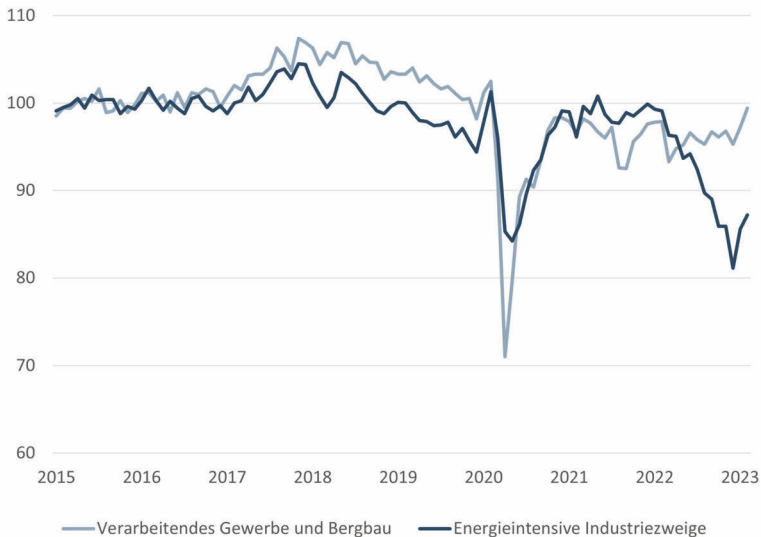
Viele industrielle Produktionsverfahren müssen zum Einsatz erneuerbar erzeugter Energie angepasst werden, was in vielen Betrieben umfangreiche Investitionen voraussetzt, die über den Rahmen üblicher Erneuerungszyklen hinausgehen. Wo dies nicht möglich ist, wie beispielsweise in der Stahlerzeugung, kann der Einsatz von Grünem Wasserstoff für eine klimafreundliche Produktion sorgen, zumal die Prozessemissionen der Primärstahlerzeugung mithilfe von Koks kohle im Hochofen dadurch vermieden werden können.

Die nächsten Jahre sind angesichts der Herausforderungen des Umbaus unter den genannten erschwerten Bedingungen demnach mit großen Kostenbelastungen und Kostennachteilen verbunden, die von Unternehmen zu tragen sind. Diese haben nach Coronakrise, Lieferengpässen und deutlich gestiegenen Kosten für den Energieeinsatz, aber auch für andere Vorprodukte deutlich weniger Spielraum für die notwendigen umfangreichen Investitionen als zuvor. Da der Staat die Beschleunigung der Transformation in Richtung Klimaneutralität forciert, lässt sich eine Abfederung der dadurch entstehenden Risiken und Belastungen durch den Staat in Form einer neu konzipierten Industriepolitik auch ordnungsökonomisch rechtfertigen (Hüther et al. 2023). Das darf gleichwohl nicht zu umfangreichen Dauersubventionen führen, son-

dern vielmehr zu intelligenten Förderprogrammen, die die entstandenen zusätzlichen Risiken gezielt adressieren beziehungsweise die Förderung auf den Klimaschutzbedingten Mehraufwand beschränken. Einen solchen Ansatz verfolgen die vom BMWK konzipierten Klimaschutzverträge, die allerdings angesichts der umfangreichen Nachweispflichten zu bürokratischen Monstern zu geraten drohen. Hinzu kommt nun noch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom 15.11.2023, das eine Umwidmung der nicht abgerufenen Corona-Mittel in den Klima- und Transformationsfonds (KTF), aus dem derartige Maßnahmen finanziert werden sollten, untersagt.

Die Industrieproduktion hat nach den multiplen Krisen der letzten Jahre noch nicht wieder das Niveau vor dem Ausbruch der Corona-Pandemie erreicht, sondern befindet sich in einer Seitwärtsbewegung, was sich auch in schwachen bis zuletzt sogar negativen Wachstumszahlen niederschlägt. Der Fokus auf die energieintensiven Industrien, deren Kapitalstock (Bardt/Bakalis 2023) bereits in den letzten Jahren geschrumpft ist, zeigt, dass in den fraglichen Branchen die Produktion jüngst massiv eingebrochen ist (Abbildung 3).

Abb. 3: *Energieintensive Industrie: deutlicher Einbruch*



Quelle: Statistisches Bundesamt.

Prominente Beispiele wie die Produktion von Primäraluminium und Ammoniak bebildern diesen Einbruch, der darauf zurückzuführen ist, dass die Produktion an hiesigen Standorten angesichts der derzeitigen Kostensituation nicht mehr wettbewerbsfähig möglich ist. Weitere Unternehmen werden die bestehenden Kostennachteile gegenüber ihren Konkurrenten auf globalen Märkten nicht über längere Zeit durchhalten können. Deshalb ist neben kurzfristigen Hilfen auch eine mittelfristige Perspektive notwendig, insbesondere im Hinblick auf die Energiepreise. Prinzipiell sind die Gestehungskosten der Erneuerbaren vergleichsweise günstig und können bei erfolgreichem Ausbau von Anlagen, Netzen und Speichern zu rückläufigen Strompreisen beitragen. Angesichts der Notwendigkeit, weitere Strommarktprodukte für die Zeiten geringer Einspeisung aus Wind- und Sonnenenergie zu erwerben, um grundlastfähigen Strom zu beziehen, bleibt selbst bei einem Erreichen der oben genannten Erneuerbaren-Ziele bis 2030 unsicher, ob die Industriestrompreise wieder das Niveau der letzten Dekade erreichen können. Vielmehr droht ein Kostenunterschied zu verbleiben, zumal auch Alternativstandorte ihre Stromerzeugung verstärkt auf klimafreundliche Quellen umstellen – und das oftmals mit besseren Bedingungen für Wind- oder Solarenergie. So kann zunehmend die Produktion an anderen Standorten nicht nur günstiger, sondern auch klimafreundlicher erfolgen. Dieser sogenannte Renewables-Pull-Effekt ist aus klimapolitischer Sicht – anders als die reine Verlagerung von Emissionen (Carbon Leakage) – nicht als nachteilig zu bewerten, bedroht aber dennoch die Attraktivität deutscher und europäischer Standorte (Samadi/Fischer/Lechtenböhrer 2023).

Zu befürchten ist deshalb, dass Standortnachteile im Hinblick auf die Energiekostenunterschiede dauerhaft bestehen bleiben und mittelfristige Standortentscheidungen von Unternehmen zulasten Deutschlands beeinflussen können (Bähr et al. 2023). Wenn hinzukommt, dass auch klimapolitisch die Standortsicherung angesichts des Renewables Pull Effekts nur bedingt gerechtfertigt werden kann, sind industriepolitische Maßnahmen eher aus Resilienzerwägungen zu begründen. Für den Umbau der Energieversorgung sind umfangreiche neue Leitungsinfrastrukturen vonnöten, nicht nur für Strom und Wasserstoff, sondern auch für den Transport von CO₂ im Sinne der von der Bundesregierung angekündigten Carbon Management Strategie.

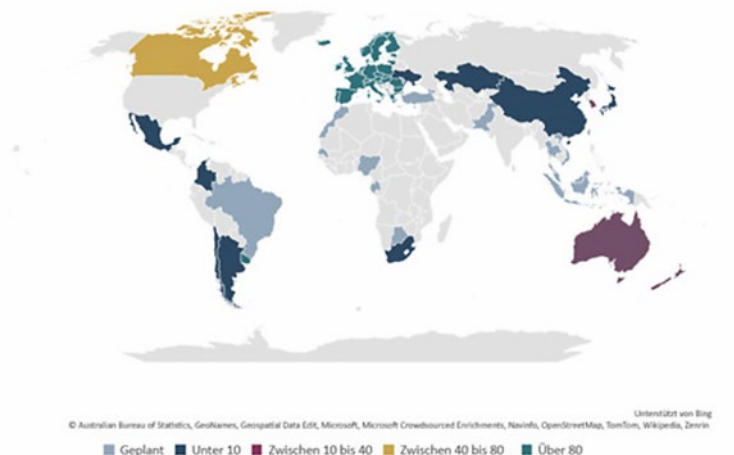
Dazu sind politische Weichenstellungen auf allen föderalen Ebenen erforderlich, denn die Umsetzung muss letztlich vor Ort erfolgen, Wohn- und Mobilitätskonzepte in den Städten und Kommunen können Synergien heben und klimafreundliches Wohnen und Fortbewegen ermöglichen. Wichtig ist dabei

die Einbindung der Unternehmen vor Ort, die beispielsweise als Wärmeproduzenten einen Beitrag zum Gelingen des Umbaus der Wärmenetze liefern können. Dabei ist zu beachten, dass bei einem Wechsel des Energieträgers zur effizienteren emissionsreduzierten Wärmeerzeugung auch die Potenziale zur Erzeugung von Fern- und Nahwärme sinken können.

4. Internationale Perspektive: Chancen für Koordination oder verstärkter Protektionismus?

Selbst wenn all dies gelingt und deutsche sowie europäische Klimaziele erreicht werden können, verpuffen diese Erfolge, wenn andernorts die Treibhausgasemissionen nicht in gleichem Maße sinken oder sogar steigen. Die größten Emittenten weltweit müssen ebenfalls ihren Ausstoß von Treibhausgasen reduzieren, um die in Paris im Jahr 2015 vereinbarten globalen Klimaschutzziele zu erreichen. Die im Nachgang des Klimaabkommens zugesagten nationalen Beiträge zur Emissionsreduktion reichen dazu jedoch bei Weitem nicht aus (United Nations Environment Programme 2023). Immerhin ist weltweit eine Zunahme an Bepreisungsmechanismen für CO₂-Emissionen zu beobachten, sei es in Form von CO₂-Steuern oder Emissionshandelsystemen (Abbildung 4). 23 Prozent der weltweiten Emissionen unterliegen inzwischen einer Bepreisung (Weltbank 2023).

Die CO₂-Preise divergieren zwischen den unterschiedlichen Regionen jedoch deutlich. Während im hiesigen EU-ETS Preise von umgerechnet bis zu 100 Dollar pro Tonne CO₂ anfallen, werden in China nur einstellige Beträge fällig. Dort sind auch deutlich weniger Industrieanlagen zertifikatspflichtig. In den USA gibt es kein flächendeckendes Bepreisungssystem; auf Bundesstaatenebene gibt es aber – wie zum Beispiel in Kalifornien – durchaus CO₂-Preise.

Abb. 4: Wettbewerbsverzerrung durch ungleiche CO₂-Bepreisung

Quelle: Weltbank, 2023. Einige Länder wie etwa die USA bepreisen CO₂ in einzelnen Regionen, dies wird an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

Die Emissionen mit einem Preis zu versehen, sind nicht der einzige Ansatz, um Emissionen zu reduzieren und klimafreundlichen Technologien zum Durchbruch zu verhelfen. Auch in Europa geht die Verteuerung des Einsatzes fossiler Energie und Prozesse mit Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung der klimafreundlichen Alternativen Hand in Hand. Dazu gehören auf europäischer Ebene beispielsweise die IPCEIs (*Important Project of Common European Interest*) zur Förderung von Klimaschutzmaßnahmen oder im nationalen Kontext die schon angesprochenen Klimaschutzverträge. Die Europäer haben ihre Klimapolitik spätestens seit dem *Green Deal* als besonders ambitioniert wahrgenommen, schließlich hat Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen bei dessen Vorstellung angekündigt, dass der europäische Kontinent der erste sein solle, der bis 2050 die Klimaneutralität erreicht. Gleichzeitig müssen die in Europa ansässigen Unternehmen nicht nur bei den Investitionen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen unterstützt, sondern auch vor einem durch die ambitionierten Ziele und Maßnahmen der europäischen Klimapolitik herbeigeführten Verlust an internationaler Wettbewerbsfähigkeit geschützt werden.

Dafür sorgte bislang die freie Zuteilung von Emissionszertifikaten an energieintensive Industrieunternehmen, die im internationalen Wettbewerb mit außereuropäischen Konkurrenten stehen. Angesichts einer Verschärfung des linearen Reduktionsfaktors, durch den die Menge der insgesamt zulässigen Emissionen im EU-ETS (Cap) jährlich sinkt, stehen zukünftig auch für die freie Zuteilung weniger Emissionszertifikate zur Verfügung. Deshalb plant die Kommission diese Regelung schrittweise durch einen Grenzausgleichsmechanismus (*Carbon border adjustment mechanism*, kurz CBAM) abzulösen, durch den importierte Grundstoffe zukünftig auch einer Zertifikatspflicht unterliegen. Dies ist geeignet, bei den Unternehmen, deren Produkte dem CBAM unterfallen, die Importkonkurrenz zu vergleichbaren Wettbewerbsbedingungen zu gestalten. Für deren Kunden werden diese Produkte in Europa jedoch in der Konsequenz teurer, sei es durch die Kürzung der freien Zuteilung oder durch die Zertifikatspflicht bei Importen (Fritsch et al. 2022). Die Kommission plant zwar eine Erweiterung des Geltungsbereichs, der Verlagerungsdruck steigt jedoch bei den nachgelagerten Branchen. Auch das Problem, dass Unternehmen, die nennenswerte Anteile ihrer Produktion auf außereuropäischen Märkten verkaufen, dann zu höheren Kosten anbieten müssen, möchte die Kommission noch mit einer Exportrabattierung adressieren, deren konkrete Ausgestaltung noch unklar ist.

Der CBAM wird im außereuropäischen Ausland nicht nur als Einladung, möglichst klimafreundlich zu produzieren, empfunden, um diese Waren dann auf dem europäischen Markt anbieten zu können. Vielmehr wird die Einführung der Zertifikatspflicht auf Importe als Handelsbeschränkung wahrgenommen, so dass Vergeltungsmaßnahmen drohen. Die EU-Kommission rechnet zusätzlich mit Umgehungsmaßnahmen, mit denen außereuropäische Unternehmen versuchen könnten, sich der Zertifikatspflicht zu entziehen. Im Endeffekt ist es kaum vorstellbar, dass der CBAM funktionsfähig in Kraft tritt, ohne dass grundlegende Standards der Verifikation und Bemessung von Emissionen mit den wichtigsten Handelspartnern der EU-Mitgliedstaaten vereinbart werden. Hierin liegt eine Chance, denn wenn ohnehin ein gemeinsames Verständnis über die Abgrenzung von Emissionen in unterschiedlichen Sektoren herbeigeführt werden muss, kann dies gleichzeitig eine Basis für Handelsvereinbarungen darstellen, mit deren Hilfe die Konkurrenz zwischen klimafreundlichen und emissionsintensiven Produkten abgemildert werden könnte. Inwieweit dies realistisch ist, werden die aktuellen Verhandlungen zwischen den USA und der EU über die Stahl- und Aluminiumzölle zei-

gen. Prinzipiell wäre hier eine bilaterale Vereinbarung auf sektoraler Ebene möglich (Kerstens/Lehne 2023).

Die US-Administration von Präsident Joe Biden hat einen anderen Weg gewählt als die Europäer. Sein *Inflation Reduction Act* dient bestenfalls mittelbar einer Senkung der Inflation in den USA. Vielmehr sollen dadurch einheimische Branchen stark unterstützt werden, wenn sie auf klimafreundliche Technologien setzen. Dazu wird die Batteriefertigung gefördert und grüner Wasserstoff verbilligt – und zwar für US- und teilweise nordamerikanische Unternehmen. Als Instrument sind vorrangig unbürokratische Steuererleichterungen vorgesehen. Auf diese Weise bringt die US-Regierung ein umfangreiches Klimaschutzprogramm mit dem Schutz der eigenen Unternehmen vor Nachteilen im Wettbewerb in Einklang. Für Unternehmen außerhalb Nordamerikas ist der Zugang beschränkt. Es gibt aber die Möglichkeit einer Teilhabe durch entsprechende Vereinbarungen in Handelsabkommen.

Dies hat nun die Europäer in Zugzwang gebracht: Hatten die US-Amerikaner sich bislang nicht gerade durch ambitionierte Klimaschutzpolitik hervorgetan, droht nun ernstzunehmende Konkurrenz um klimafreundliche Zukunftstechnologien, bei denen chinesische Unternehmen dank umfangreicher Subventionen längst stark im Rennen sind. Als Reaktion darauf hat die EU-Kommission den *Net Zero Industry Act* verabschiedet, der Beihilferegeln lockert und Förderprogramme stärkt.

Ob hieraus nun ein konstruktiver Wettbewerb um die Vorreiterrolle bei klimafreundlichen Technologien entsteht oder eher ein mit protektionistischen Handelsbeschränkungen geführter Konflikt, ist völlig offen. Angesichts der aktuellen geopolitischen Verwerfungen setzen viele Staaten verstärkt auf Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz und versuchen Importabhängigkeiten zu reduzieren. Darunter leiden internationaler Handel und internationale Arbeitsteilung. Aktive internationale Klimaschutzpolitik wird deshalb wichtiger denn je. Auch wenn der von Nordhaus nobelpreiswürdig ersonnene Klimaclub in einer schlagkräftigen Form derzeit kaum erreichbar zu sein scheint, haben bilaterale Vereinbarungen und Allianzen auf sektoraler Ebene bessere Chancen, denn sie können auch positiv auf die Resilienz der beteiligten Staaten einzahlen (Kolev/Bardt 2021).

Literatur

- Bähr, Cornelius/Bothe, David/Brändle, Gregor/Klink, Hilmar/Lichtblau, Karl/Sonnen, Lino/Zink, Benita (2023): Die Zukunft energieintensiver Industrien in Deutschland. Eine Studie von IW Consult und Frontier Economics im Auftrag des Dezernat Zukunft, Köln.
- Bardt, Hubertus/Bakalis, Dennis (2023): Anhaltende Schwächung energieintensiver Branchen, in: IW-Kurzbericht, Nr. 76, Köln.
- Bogumil, Jörg/Gerber, Sascha/Vogel, Hans-Josef (2022): Verwaltung besser machen. Vorschläge aus Wissenschaft und Praxis, ZEFIR-Materialien, 19. Bd., Bochum.
- Doré, Larissa/Fischedick, Manfred/Fischer, Andreas/Hanke, Thomas/Holtz, Georg/Krüger, Christine/Lechtenböhmer, Stefan/Samadi, Sascha/Saurat, Mathieu/Schneider, Clemens/Tönjes, Annika (2023): Treibhausgasneutralität bis 2045. Ein Szenario aus dem Projekt SCI4climate.NRW, Köln.
- Egenolf-Jonkmanns, Bärbel/Glasner, Christoph/Seifert, Ulrich/Küper, Malte/Schaefer, Thilo/Merten, Frank/Scholz, Alexander/Taubitz, Ansgar (2023): Wasserstoffimporte. Bewertung der Realisierbarkeit von Wasserstoffimporten gemäß den Zielvorgaben der Nationalen Wasserstoffstrategie bis zum Jahr 2030. Ergebnis der Themenfelder 1 (Technologien und Infrastrukturen) und 4 (Rahmenbedingungen und Geschäftsmodelle) des Forschungsprojektes SCI4climate.NRW, Köln.
- Fritsch, Manuel/Neligan, Adriana/Schaefer, Thilo/Zink, Benita (2022): Nachhaltigkeit im internationalen Vergleich. Studie im Auftrag der Wirtschaftsvereinigung Stahl, Berlin/Köln.
- Hüther, Michael/Bardt, Hubertus/Bähr, Cornelius/Matthes, Jürgen/Röhl, Klaus-Heiner/Rusche, Christian/Schaefer, Thilo (2023): Industriepolitik in der Zeitenwende, in: IW-Policy Paper, Nr. 7, Köln/Berlin.
- Kerstens, Emilie/Lehne, Johanna (2023): Re-Greening the Global Steel Arrangement. Short Term Ambitions for Long Term Success, Website E3G Blog, [online] <https://www.e3g.org/news/re-greening-the-global-steel-arrangement-short-term-ambitions-for-long-term-success/> [abgerufen am 29.11.2023].
- Kolev, Galina/Bardt, Hubertus (2021): Trade Club for Climate, in: IW-Policy Paper, Nr. 8, Köln.
- Samadi, Sascha/Fischer, Andreas/Lechtenböhmer, Stefan (2023): The renewables pull effect. How regional differences in renewable energy costs could

influence where industrial production is located in the future, in: *Energy Research & Social Science*, Volume 104.

United Nations Environment Programme (2023): *Emissions Gap Report 2023. Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again)*, Nairobi.

Weltbank (2023): *Carbon Pricing Dashboard*, Website Weltbank, [online] <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/> [abgerufen am 29.11.2023].

