

Integrierte Klima-Industriepolitik als Kernstück des europäischen Green Deal

*Prof. Dr. Stefan Lechtenböhrer, Abteilungsleiter Zukünftige Energie- und Industriesysteme, Wuppertal Institut
Prof. Dr.-Ing. Manfred Fishedick, Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Wuppertal Instituts*

Hintergrund

Die Europäische Union (EU) hat erkannt, dass das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 ein zentraler Innovations- und Wachstumsmotor für Industrie- und Wirtschaft in der EU sein kann¹. Neben großen Chancen stellt dies die europäische Wirtschaft und überwiegend die besonders emissionsintensiven sowie im international starken Wettbewerb stehenden Grundstoffindustrien auch vor erhebliche Herausforderungen.

Eine integrierte Klima- und Industriestrategie ist für den Klimaschutz von zentraler Bedeutung, da auf die Produktion von Stahl, Zement, Grundstoffchemikalien, Glas, Papier und anderen Materialien in der EU und weltweit rund 20 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen entfallen. Auch in einer treibhausgasneutralen Zukunft kann auf diese Materialien nicht verzichtet werden. Zugleich ist die emissionsfreie Herstellung der Materialien technologisch sowie mit Blick auf die dafür erforderlichen Infrastrukturen besonders herausfordernd. Dies gilt vor allem für die Frage woher die hohen benötigten Mengen an grüner Energie – insbesondere Strom und Wasserstoff – zu wettbewerbsfähigen Preisen kommen sollen. Analysen zeigen, dass trotz erheblicher Kosten bei der Prozessumstellung die Kosten der Transformation der Grundstoffindustrie für die Gesellschaft insgesamt tragbar sind. Denn bezogen auf die Endprodukte betragen die Mehrkosten meist nur wenige Prozentpunkte; die Preise von Rohstahl oder Zement dagegen würden sich zwischen einem Drittel und 100 Prozent verteuern. Da fast alle Grundstoffhersteller in starker Weltmarktkonkurrenz stehen, können sie die **Investitionen in eine klimaneutrale Produktion und die benötigten Energieinfrastrukturen aber nicht ohne Unterstützung** tragen.

Im Folgenden skizziert dieser In Brief ein integriertes Klima-Industriepolitikpaket, welches der EU ermöglichen kann, die bestehende technologische Führung in vielen dieser Industrien zielgerichtet zum Aufbau einer treibhausgasneutralen Grundstoffindustrie zu nutzen.



1. Klimaneutrale und zirkuläre Grundstoffwertschöpfungsketten als Kernelement

Die zentrale technologische Herausforderung in der Transformation der Grundstoffindustrien liegt in der gemeinsamen stofflichen und energetischen Optimierung. Es gilt **Kreislaufführung und weitgehende Treibhausgasminde rung** in geeigneter Form **miteinander zu verknüpfen** und dabei die ökologischen Wirkungen sowohl in der Produktion und Wiedergewinnung von Grundstoffen und Gütern („Fußabdruck“) als auch während der Nutzungsphase von Gütern („Handabdruck“) für eine ganzheitliche Bewertung im Blick zu behalten.²

Eine weitgehende Treibhausgasminde rung in den Grundstoffindustrien ist dabei neben einer weiteren Verbesserung der Energieeffizienz im Wesentlichen über drei Strategien möglich³:

- **Material- und Produktnutzungseffizienz:** Erstens ermöglicht eine zunehmende **Dematerialisierung** der Gesellschaft, wie über Sharing-Konzepte sowie eine vermehrte Kreislaufführung wichtiger Rohstoffe, große Energie-Einsparungen, da weniger Rohstoffe gebraucht werden. Sekundärrohstoffe benötigen vor allem im Metallbereich vielfach deutlich weniger Energie bei ihrer Herstellung.
- **Emissionseffizienz (1):** Zweitens kann die – **direkte und indirekte – Elektrifizierung** auf der Basis von erneuerbarem Strom einen zentralen Beitrag leisten. Viele der dafür nötigen Technologien, vor allem im Bereich der Hochtemperatur-Stromanwendungen (Elektrolichtbogen, Mikrowellen, Induktionsöfen etc.) sind derzeit unter anderem aufgrund der höheren Strompreise gegenüber Erdgas kaum entwickelt. Indirekte Elektrifizierung wird derzeit vor allem im Bereich der Stahlindustrie diskutiert. Hierbei setzen die Unternehmen auf einen Ersatz der kokskohlebasierten Hochofenroute durch wasserstoffbetriebene Eisen-Direktreduktionsverfahren. Notwendig ist dabei, dass der Wasserstoff langfristig per Elektrolyse aus grünem Strom gewonnen wird.⁴
- **Emissionseffizienz (2):** Drittens können die **CO₂-Abtrennung, -Nutzung und Speicherung** sowie nachhaltige Biomasse einen Beitrag leisten. Die beiden zuvor genannten Verfahren stoßen in einigen Bereichen an ihre Grenzen. So ist es vor allem in der Zementindustrie nicht möglich, die Treibhausgasemissionen vollständig zu vermeiden. Dort kann es allerdings sinnvoll sein CO₂ abzuspalten, aufzubereiten und langzeitstabil zu lagern oder beispielsweise in Produkte einzubinden und zu nutzen. Die dabei abzutrennenden CO₂-Mengen sind deutlich geringer als die in der Vergangenheit im Kontext der CO₂-Abscheidung aus Kraftwerksabgasen diskutierten Volumina. Für die Akzeptanz der Technologie dürfte dies von entscheidender Bedeutung sein, insbesondere wenn einzugestehen ist, dass für bestimmte Branchen wie die Zementindustrie kurz- bis mittelfristig keine anderen (technischen) Optionen zur Verfügung stehen.⁵

¹ Europäische Kommission (Hrsg.). (2019). A European Green Deal : Stirring to be the first climate-neutral continent. Abgerufen von https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

² siehe Kapitel 17 in Schneidewind, U. (2018). Die Große Transformation : Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main

³ z. B.: AGORA Energiewende & Wuppertal Institut (2019): Klimaneutrale Industrie : Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Berlin. Fishedick, M., Roy, J., Abdel-Aziz, A., Acquaye, A., Allwood, J. M., Ceron, J.P., ... Tanaka, K. (2014). Industry. In IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. Geneva. Material Economics (2019). Industrial Transformation 2050 : Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry.

⁴ Lechtenböhrer, S., Nilsson, L.J., Åhman, M. & Schneider, C. (2016). Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification – implications for future EU electricity demand. Energy, 115, 1623 – 1631. doi: 10.1016/j.energy.2016.07.110

⁵ Lechtenböhrer, S., Schneider, C., Yetano Roche, M. & Höller, S. (2015). Re-Industrialisation and Low-Carbon Economy—Can They Go Together? Results from Stakeholder-Based Scenarios for Energy-Intensive Industries in the German State of North Rhine-Westphalia. Energies, 8, 11404 – 11429. doi: 10.3390/en81011404

2. Richtungssicherheit für umfangreiche Technologie- und Infrastrukturinvestitionen

Die Übersicht der Treibhausgasminderungsoptionen zeigt, dass in den Grundstoffindustrien langfristig mehr als schrittweise Veränderungen notwendig sind, um eine weitgehende Treibhausgasminderung zu erreichen. Zentral ist, dass – aufgrund der langen Lebensdauern industrieller Prozesstechnologien und entsprechend langer Reinvestitionszyklen respektive anstehender Ertüchtigungs- und Erneuerungsinvestitionen – Entscheidungen schon jetzt „klimaneutralitätsgerecht“ sein müssen. Dies ist entscheidend, um nicht Gefahr zu laufen, sogenannte „Stranded Investments“ zu erzeugen und in nicht nachhaltige Technologien zu investieren oder notwendige Reinvestitionen in Produktionskapazitäten aufgrund bestehender Unsicherheiten darüber, ob klimaneutral erzeugte Grundstoffe konkurrenzfähig vermarktet werden können, lange zu verzögern. Das kann gegebenenfalls sogar dazu führen, dass solche Investitionen in Ländern erfolgen, in denen eine weniger strikte Klimapolitik erwartet wird.

Eine weitgehende Treibhausgasminderung in der Grundstoffindustrie ist aber nicht nur eine technische und ökonomische Herausforderung. Darüber hinaus sind infrastrukturelle⁶, politische oder institutionelle Herausforderungen zu beachten. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund, dass die erforderlichen Veränderungsprozesse teilweise einen „radikalen“ Charakter haben, wie etwa die Umstellung auf wasserstoffbasierte Stahlwerke, welche neue Anlagen und große Mengen an Wasserstoff oder vorgelagert erneuerbaren Strom zu konkurrenzfähigen Preisen benötigen. Zusätzlich ist die Implementierung aufgrund der besonderen Charakteristik gerade der energieintensiven Industrie eine standort- und wirtschaftspolitische Herausforderung. Produktionsanlagen in der Grundstoffindustrie sind häufig sehr groß, an Standorten integriert und langlebig. Das heißt, schon Demonstrationsanlagen für neue Technologien benötigen häufig Investitionssummen im zwei- und sogar dreistelligen Millionenbereich – ohne, dass sie technisch und kommerziell schon ausgereift wären.

Außerdem stehen fast alle Unternehmen der Grundstoffindustrie in einem immensen globalen Preiswettbewerb. Zwar sind die Mehrkosten CO₂-frei hergestellter Grundstoffe des Endprodukts für die meisten Kundinnen und Kunden ohne große Probleme tragbar und oft sogar vernachlässigbar; hier macht das für einen Pkw einige hundert Euro oder einige Cent für eine Shampoo-Flasche aus. Dennoch konkurrieren die Grundstoffhersteller etwa von Stahl oder Plastik auf der Basis von Weltmarktpreisen, die es erschweren mithilfe der Emissionsminderung begründete Preiserhöhungen durchzusetzen.

Viele Optionen, die einen weitgehenden Treibhausgasminderungsbeitrag leisten können, benötigen auch umfassende systemische Veränderungen. Dies gilt für assoziierte Infrastrukturanforderungen, wie Wasserstoffpipelines, Stromtrassen, Erzeugungskapazitäten erneuerbarer Energien, ebenso wie für Maßnahmen, die eine Dematerialisierung und vermehrte Kreislaufführung anstreben. Diese Veränderungen lassen sich aber nicht umsetzen, wenn keine hinreichende gesellschaftliche Akzeptanz dafür besteht. Dies gilt zum Beispiel für die Kohlenstoffabscheidung mit anschließender Speicherung aber auch für den weiteren Ausbau der Stromtrassen und Windparks für die Entwicklung von Wasserstoffpipelines oder anderer neuer großer Energieinfrastrukturen. Das Beispiel zeigt, dass die weitgehende Treibhausgasminderung in der Grundstoffindustrie auch eine hohe gesellschaftliche Gestaltungsaufgabe ist, die weit über Aspekte der klassischen Technologie- und Investitionsförderung hinausgeht.

Gerade aufgrund der Langlebigkeit industrieller Prozesse bedarf es frühzeitiger und klarer Richtungsentscheidungen, die in ein konsistentes Zielbild für die klimaverträgliche Transformation der energieintensiven Industrien eingebunden sind.

⁶ siehe z. B. Projekt INFRA-NEEDS: <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/818/>

3. Kombinierte Politikstrategien entlang der Stufen der Wertschöpfungskette

Die dargestellten Herausforderungen, die mit der Umsetzung einer weitestgehenden Treibhausgasminderung in der Grundstoffindustrie verbunden sind, machen unmittelbar klar, dass diese nicht allein von den Unternehmen geleistet werden kann. Hier ist eine breite, gesellschaftliche Unterstützung und eine aktive und integrierte Politik erforderlich. Für die Formulierung der notwendigen Maßnahmen erscheint eine Orientierung am Produktions- und Lebenszyklus der (Grundstoff-)Produktion sinnvoll zu sein (siehe Abbildung 1). Aus einem derartigen, ganzheitlichen Ansatz lassen sich **fünf zentrale Aspekte für eine integrierte Klima- und Industriepolitik** ableiten:

- **1.** Sie muss den **Aufbau einer Energieversorgung mit erneuerbaren Energien in für die Grundstoffindustrie relevanten Mengen unterstützen**, mit dem Ziel, emissionsfreie Energie zu konkurrenzfähigen Preisen und mit hoher Versorgungssicherheit bereitzustellen. Dies erfordert im Vergleich zum heute vorherrschenden Selbstverständnis der Energie- und Industriepolitik eine weitaus aktivere Unterstützung für Planung und Errichtung der dafür relevanten Infrastrukturen. Dies gilt für den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien wie für die Weiterentwicklung des Stromtransport- und Verteilsystems ebenso wie für den Aufbau von Wasserstoffinfrastrukturen. Ein dafür geeignetes Instrument sind die von der EU-definierten „Integrated Projects of Common European Interest“.
- **2.** Aus übergreifender Perspektive braucht es für **Energiewirtschaft** und Industrie im Sinne eines lernenden Systems, beispielsweise bezogen auf die Wirkung der Marktstabilitätsreserve, **eine Weiterentwicklung und ggf. Anpassung des europäischen Emissionshandelssystems** mit der Zielsetzung, klare und langfristig wirkende ökonomische Anreize zu setzen. Hierzu kann grenzübergreifend auch die Einführung eines CO₂-Mindestpreises beitragen. Entscheidend ist, dies zusammenzudenken mit entsprechenden Ausgleichsmechanismen, wie etwa die kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten für klimaneutrale Investitionen, für die im internationalen Wettbewerb stehenden Unternehmen.
- **3.** Mit Blick auf Minderungsmaßnahmen in der Produktion selbst gilt es, die **Entwicklung und insbesondere die darauf folgende Markteinführung neuer Technologien wirksam zu fördern**. Dies betrifft nicht nur die Umsetzung schrittweiser Verbesserungen, sondern auch und gerade von Sprunginnovationen. Um Mehrinvestitionen für Pilot- und Demonstrationsanlagen sowie die Markteinführung im kommerziellen Maßstab für die Investoren tragbar zu gestalten, bedarf es ebenso adäquater Maßnahmen wie für die Etablierung „grüner Produktmärkte“, die dauerhaft Anreize setzen. Neben der Forschungs- und Innovationspolitik, die noch strategischer (emissionsbasierter) ausgerichtet werden sollte, sind hier Instrumente wie der aus dem Emissionshandelssystem gespeiste Innovationsfonds auf EU-Ebene sowie projektbezogene „Contracts for Difference“ als Maßnahmen denkbar (siehe Abbildung 1).
- **4.** Gleichzeitig ist es notwendig, entsprechende **Märkte für treibhausgasneutral hergestellte Grundstoffe** (z. B. CO₂-freier Stahl) **und Produkte zu schaffen** um marktwirtschaftliche Dynamiken in der Industrie anzureizen. Hierfür könnten Quoten oder Standards für den Anteil „grüner“ Materialien, zum Beispiel in Autos, Verpackungen oder (öffentlichen) Bauvorhaben geeignete Instrumente sein. Hinzu kommen Bonussysteme, produktbezogene Abgaben und die öffentliche Auftragsvergabe (Public Procurement), die helfen, Märkte für treibhausgasneutral hergestellte Grundstoffe zu schaffen. Gerade die öffentliche Beschaffung kann ein wichtiger Hebel sein, nicht zuletzt, weil Infrastrukturinvestitionen der öffentlichen Hand ein wichtiger Markt für Stahl und Zement sind. Aber auch die Industrie selbst kann hierbei eine große Rolle spielen. So ist die Ankündigung von Volkswagen, künftig emissionsfreie Fahrzeuge bauen zu wollen, ein wichtiger Schritt, der sich über die umfangreichen Vorlieferketten in vielen Branchen der gesamten Zulieferindustrie bis hin zur Stahlindustrie auswirken wird. Über die große Marktmacht des Unternehmens werden viele andere Unternehmen dazu gebracht, aktiv an einer Treibhausgasneutralität der eigenen Produktion zu arbeiten. Welches der zuvor genannten Instrumente sich für die Etablierung grüner Produktmärkte am besten eignet, muss über einen systematischen Vergleich und einen umfassenden Diskurs mit den Beteiligten herausgestellt werden.

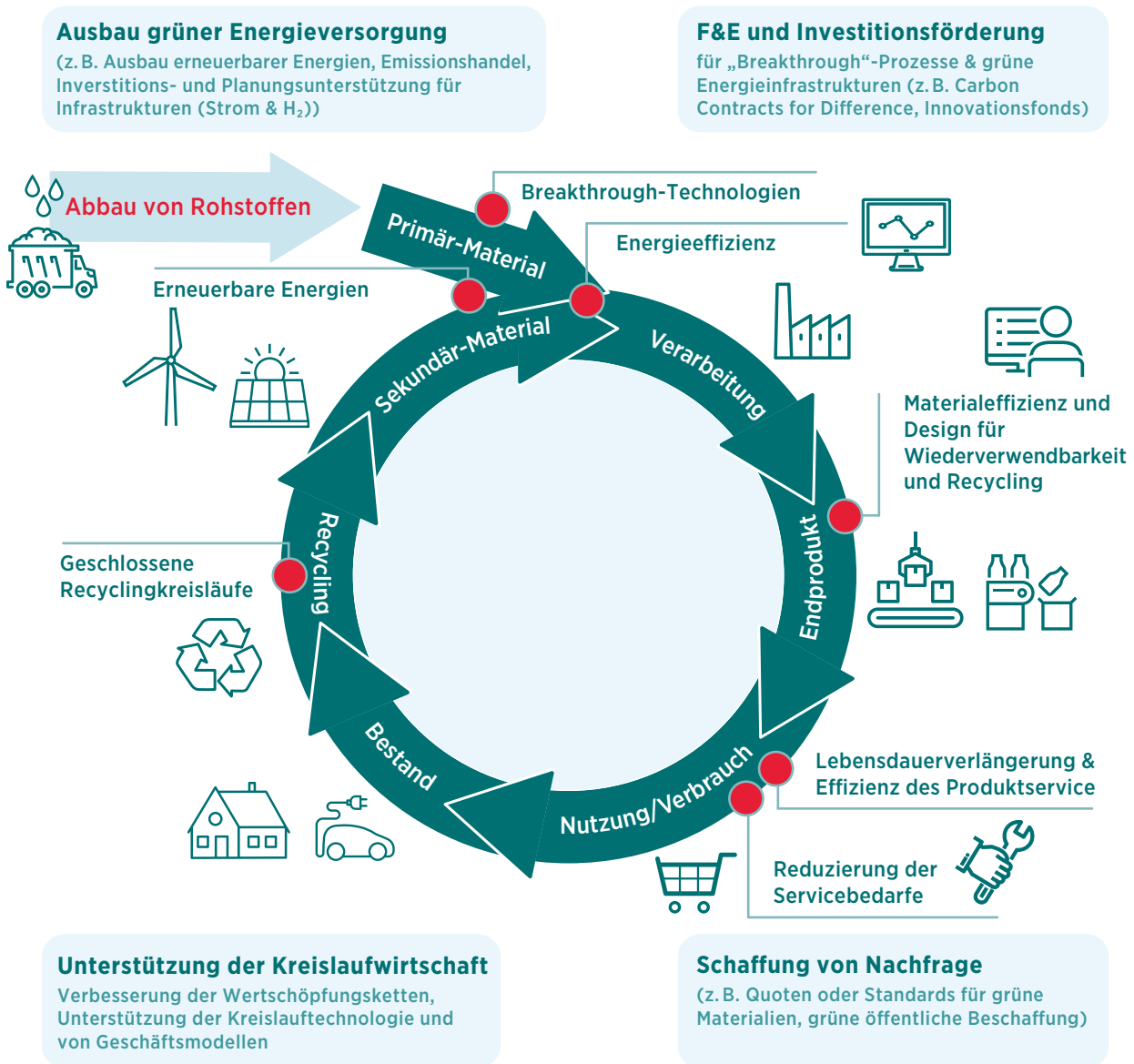


Abb. 1: . Strategische Instrumentenbündel für klimaneutrale Produkte entlang der Wertschöpfungsketten schaffen

Quelle: Wuppertal Institut

- **5.** Schließlich ist parallel zusätzlich wichtig **innovative Konzepte und Instrumente** zu entwickeln, um Dematerialisierung und verstärkte Kreislaufführung von Stoffen zu fördern. Gerade in diesem Bereich sind langfristig Veränderungen in den Wertschöpfungsketten und entsprechende, neue Geschäftsmodelle denkbar, die sowohl zu einer geringeren Umweltbelastung als auch zur Erschließung neuer ökonomischer Potenziale und Geschäftsmöglichkeiten für die Industrie beitragen können.

4. Integrierte Klima-Industriepolitik als zentraler Baustein des europäischen Green Deal

Um ein entsprechendes **integriertes und umsetzungsstarkes Politikpaket** zu schnüren, erscheint es notwendig, ein gesellschaftlich breit getragenes Bild einer nachhaltigen **Industrie** zu entwickeln, in der diese nicht wie bisher oft als Teil des Problems, sondern **als wichtiger Teil der Lösung** wahrgenommen wird. Dies gilt auch und gerade vor dem Hintergrund, dass viele Produkte der energieintensiven Industrie, wie etwa Wärmedämm-, Leichtbaumaterialien, an anderer Stelle der Wertschöpfungskette zur Energieeinsparung und damit auch Emissionsminderung beitragen.

Für die Beteiligten in den Unternehmen heißt das, sich intensiv damit auseinanderzusetzen, welchen gesellschaftlichen Mehrwert sie leisten und wie sie ihre Fähigkeiten zur Bewältigung der zentralen globalen Probleme am besten einsetzen können. Eine glaubhafte Ausrichtung der Industrieunternehmen am gesellschaftlichen Mehrwert, die nicht zu Lasten des betriebswirtschaftlichen Erfolgs gehen muss, kann durch die Politik gezielt unterstützt werden. Initiativen wie *IN4climate.NRW*⁷, die von Landesregierung, Industrie und Wissenschaft in Nordrhein-Westfalen getragen werden, machen dies beispielhaft deutlich. Erforderlich ist eine wesentlich größere Öffnung der Unternehmen hin zu den gesellschaftlichen Akteurinnen und Akteuren, von Gewerkschaften über Verbraucherinnen und Verbraucher bis zu Umweltverbänden⁸. Denn nur wenn es gelingt, ein breit getragenes gesellschaftliches Narrativ zu entwickeln, kann die Industrie ihre Produktion entsprechend treibhausgasneutral umbauen und unter anderem zum Lösungsexporteur werden.

Gerade der letzte Punkt verweist auf die großen ökonomischen Chancen, die eine solche grundlegende Veränderung sowohl des Selbstbilds als auch der Produktionsprozesse und Wertschöpfungsketten der Industrie haben kann. Letztlich stehen alle Länder weltweit vor ähnlichen Herausforderungen und gehen sie vielfach auch an. Beispielhaft hierfür steht der dynamische Ausbau der Elektromobilität in China: Das Volksrepublik hat längst erkannt, dass in grünen Produkten und einer nachhaltigeren Produktion die Zukunft liegt. Setzt sich dieser Trend fort, spricht Analysen zufolge viel dafür, dass die zentralen Transformationsprozesse in der Zukunft anders als bislang primär durch chinesische oder amerikanische Technologie geprägt sein werden.⁹

Vor diesem Hintergrund hat der von der EU angestoßene europäische Green Deal eine extrem hohe Bedeutung. Wenn es gelingt, die in diesem In Brief skizzierte integrierte Klima-Industriepolitik als zentralen Baustein des Green Deal umzusetzen, **hat die EU die Chance, ihre führende Rolle im Bereich sauberer und klimaschonender Technologien zu halten** und kann damit gleichzeitig einen zentralen Beitrag sowohl zum globalen Klima- und Ressourcenschutz als auch zur Wettbewerbsfähigkeit ihrer Industrie und damit Wohlstand und Beschäftigungsmöglichkeiten in ihren Industrieregionen sichern. Das Jahr 2020 bietet hierfür die (vielleicht letzte) große Chance. Mit der Entwicklung einer europäischen Industriestrategie im Kontext des Green Deal und der Diskussion um die Anpassung (Erhöhung) der Klimaschutzziele auf EU-Ebene werden in 2020 langfristige Weichen gestellt. Im Bereich des sogenannten Mehrjährigen Finanzrahmens (Multiannual Financial Framework) werden wichtige Rahmenbedingungen und Kriterien für die Ausgestaltung des zukünftigen europäischen Förderregimes getroffen – und damit die Basis geschaffen für Investitionsentscheidungen wie etwa in für Europa strategische Infrastrukturen und Projekte.

5. Fazit

Trotz des jüngst stark gewachsenen Bewusstseins für die Notwendigkeit einer strategischeren Ausrichtung der Industriepolitik, greifen die bestehenden Ansätze und Überlegungen immer noch zu kurz und übersehen die Notwendigkeit der integrativeren Verbindung zwischen Industrie- und Klimapolitik. Sie verkennen damit aber auch die hiermit verbundenen Chancen. **Denn der Klimawandel ist neben der Digitalisierung der zentrale Innovationstreiber für die europäische Industrie und somit nicht nur eine zentrale Herausforderung, sondern vor allem auch eine Chance.** Dieses integrierte Klima-Industriepolitikpaket kann es der EU ermöglichen die bestehende technologische Führung in vielen dieser Industrien zielgerichtet zum Aufbau einer treibhausgasneutralen Grundstoffindustrie zu nutzen. Dieses Paket sollte ein Kernelement bei der Umsetzung des europäischen *Green Deal* werden. Denn es trägt dank der Weiterentwicklung nachhaltiger und ressourcenschonender Wertschöpfungsketten maßgeblich nicht nur zur Treibhausgasneutralität und Wettbewerbsfähigkeit bei, sondern eröffnet auch Chancen sich erfolgreich auf den wachsenden globalen Klimaschutzmärkten zu etablieren. Zusätzlich schafft das Paket Ansatzpunkte, um den Transformationsprozess auf regionaler Ebene gerecht zu gestalten.

⁷ Initiative IN4climate.NRW: www.in4climate.nrw

⁸ Entsprechende Konzepte werden unter dem Stichwort Business Sustainability 3.0 diskutiert. Siehe Schneidewind, U. (2018). Die Große Transformation: Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main

⁹ Goldthau, A.; Westphal, K.; Bazilian, M. & Bradshaw, M. (2019). How the energy transition will reshape geopolitics. *Nature*, 569, 29 – 31

Daher schlägt dieser In Brief dafür folgende **vier Kernpunkte** vor:

- **Klimaneutrale und zirkuläre Grundstoffwertschöpfungsketten** als Kernelement
- **Richtungssicherheit** für umfangreiche Technologie- und Infrastrukturinvestitionen
- **Kombinierte Politikstrategien** entlang der Stufen der Wertschöpfungskette
- **Integrierte Klima-Industriepolitik** als zentraler Baustein des europäischen Green Deal

Vertiefende Quellen

*Die Industrietransformation ist ein Schlüsselthema des Wuppertal Instituts.
Hier einige ausgewählte Projekte zum Thema:*

- *CCIRIT – Operation of the Secretariat of the Platform for Coal and Carbon-intensive Regions in Transition*
- *INFRA-NEEDS – Infrastructure Needs of an EU Industrial Transformation towards Deep Decarbonisation*
- *SCI4climate.NRW – Wissenschaftliches Kompetenzzentrum NRW für eine klimaneutrale und zukunftsfähige Industrie*
- *KoVI SGW – Kompetenzzentrum Virtuelles Institut Strom zu Gas zu Wärme*
- *InComp2030 – Industrielle Wettbewerbsfähigkeit in Zeiten des Klimawandels – Wie die Transformation zu einer emissionsarmen Wirtschaft gelingen kann*
- *Re-Industrialise – Unterstützung der Transformation von emissionsintensiven Regionen zu Zentren für kohlenstoffarme Innovationen*
- *FlexTherm – Thermische Flexibilisierung der Aluminium-Elektrolyse*
- *Low-Carbon Infrastructure NRW – Deep Decarbonisation of Energy-Intensive Industries*
- *PoR Transport – Possible Future Developments in the European Transport Sector and their Implications for Transport and Business Activities in the Port of Rotterdam Area until 2050*
- *Klimaschutzinnovationen in der Industrie – Erfolgsfaktoren für die Industrieinnovationen zur Erreichung der Ziele einer CO₂-armen Wirtschaft und der Energiewende*
- *REINVENT – Realising Innovation in Transition for Decarbonisation*
- *Transformationsprozesse für nachhaltige und wettbewerbsfähige Wirtschafts- und Industriestrukturen in NRW im Kontext der Energiewende*
- *Potenziale regionaler Industrieinnovationen zur Erreichung der Ziele einer CO₂-armen Wirtschaft und der Energiewende*
- *Klimaschutzszenarien für die Hafenregion Rotterdam*

Ausgewählte Publikationen zum Thema

- *Schneider, C., Lechtenböhrer, S. & Samadi, S. (2019). Risks and opportunities associated with decarbonising Rotterdam's industrial cluster. Environmental Innovation and Societal Transitions. doi: 10.1016/j.eist.2019.05.004*
- *Bataille, C., Åhman C., Neuhoff, K., Nilsson, L.J., Fishedick, M., Lechtenböhrer, S., Solano-Rodriquez, B., ... Rahbar, S. (2018). A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy-intensive industry production consistent with the Paris Agreement. Journal of Cleaner Production, 187, 960 – 973. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.107*
- *Wesseling, J.H., Lechtenböhrer, S., Åhman, M., Nilsson, L.J., Worrell, E. & Coenen, L. (2017). The transition of energy intensive processing industries towards deep decarbonization : Characteristics and implications for future research. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 79, 1303–1313. doi: 10.1016/j.rser.2017.05.156*
- *Lechtenböhrer S., Nilsson L.J., Åhman, M. & Schneider, C. (2016). Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification : implications for future EU electricity demand. Energy. doi: 10.1016/j.energy.2016.07.110*
- *WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. (2019). Unsere digitale Zukunft. Zusammenfassung. Berlin: WBGU*
- *Wilts, C. H., & Berg, H. (2017). Digitale Kreislaufwirtschaft: die digitale Transformation als Wegbereiter ressourcenschonender Stoffkreisläufe. Wuppertal Institut. In Brief (04/2017). Wuppertal*

Der Text dieser Publikation steht unter der Lizenz „Creative Commons Namensnennung 4.0 International“ (CC BY 4.0). | <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Christin Hasken
Leitung Kommunikation
Döppersberg 19
42103 Wuppertal · Deutschland
Tel +49 202 2492-187 · Fax -108
pr@wupperinst.org

Büro Berlin
im ProjektZentrum Berlin der Stiftung Mercator
Neue Promenade 6
10178 Berlin · Deutschland
Tel +49 30 28 87 458-10 · Fax -40
buero.berlin@wupperinst.org

wupperinst.org