

*Ariadne-Analyse
Kurzfassung*

Leitmärkte für die Industriewende

Umsetzungsvorschläge für
Instrumente zur Steigerung der
Nachfrage nach klimafreundlichen
Grundstoffen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Autorinnen und Autoren



» Dr. Meta Thurid Lotz
Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung



» Jannis Speckmann
Guidehouse



» Simon Lukas Bussmann
Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung



» Tobias Sach
Guidehouse



» Dr. Tobias Fleiter
Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung



» Dr. Niccolò Manych
Guidehouse



» John Niedergesäss
Guidehouse



» Robin Blömer
Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung



» Dr. Falko Ueckerdt
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung



» Dr. Jakob Wachsmuth
Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung

Die Autorinnen und Autoren danken Darius Sultani, Dr. Michael Pahle und Katja Dinges für die Durchsicht. Für den konstruktiven Austausch und die hilfreichen Hinweise danken die Autorinnen und Autoren außerdem den folgenden Branchenverbänden: Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V., PlasticsEurope Deutschland e.V., Verband der Chemischen Industrie e.V., Verein Deutscher Zementwerke e.V., Wirtschaftsvereinigung Stahl. Die dargestellten Ergebnisse spiegeln nicht deren Positionen oder Meinungen wider.

Dieses Papier zitieren:

Meta Thurid Lotz, Jannis Speckmann, Simon Lukas Bussmann, Tobias Sach, Tobias Fleiter, Niccolò Manych, John Niedergesäss, Robin Blömer, Falko Ueckerdt, Jakob Wachsmuth (2025): Leitmärkte für die Industriewende – Umsetzungsvorschläge für Instrumente zur Steigerung der Nachfrage nach klimafreundlichen Grundstoffen (Kurzfassung). Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam.

<https://10.48485/pik.2025.29>

Herausgegeben von

Kopernikus-Projekt Ariadne
Potsdam-Institut für Klimafolgen-
forschung (PIK)
Telegrafenberg A 31
14473 Potsdam

Dezember 2025

Kontakt zu den Autorinnen und Autoren: Dr. Meta Thurid Lotz
meta.thurid.lotz@isi.fraunhofer.de

Die vorliegende Ariadne-Analyse wurde von den oben genannten Autorinnen und Autoren des Ariadne-Konsortiums ausgearbeitet. Die Analyse spiegelt nicht zwangsläufig die Meinung des gesamten Ariadne-Konsortiums oder des Fördermittelgebers wider. Die Inhalte der Ariadne-Publikationen werden im Projekt unabhängig vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt erstellt.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Kernbotschaften | 1 |
| 1. Einleitung | 3 |
| 2. Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe | 5 |
| 3. Ausgestaltung von Leitmarkt-Instrumenten | 7 |
| 3.1. Ansatzpunkt..... | 7 |
| 3.2. Ambitionsniveau..... | 8 |
| 3.3. Zeitlicher Verlauf..... | 10 |
| 4. Umsetzungsvorschläge für Leitmarkt-Instrumente..... | 11 |
| 4.1. Mindestanforderungen für spezifische Produktgruppen..... | 11 |
| 4.2. Vorgaben in der öffentlichen Beschaffung | 12 |
| 4.3. Marktbasierte Hochlaufsicherung auf europäischer Ebene..... | 13 |
| 5. Potenziale der Umsetzungsvorschläge am Beispiel Deutschland..... | 15 |
| 5.1. Mindestanteilen für Verpackungen | 15 |
| 5.2. Öffentliche Beschaffung für Zement..... | 16 |
| 5.3 Marktbasierte Hochlaufsicherung für Flach- und Langprodukte | 17 |
| 6. Schlussfolgerungen | 18 |
| Literaturverzeichnis | 20 |

Kernbotschaften

- Leitmärkte, in denen klimafreundliche Grundstoffe aufgrund ihrer Produkteigen-schaft trotz höherer Kosten Abnehmer finden, können den bisherigen Instrumenten-mix für eine wettbewerbsfähige und klimaneutrale Industrie ergänzen. Es gibt jedoch weiterhin viele offene Fragen hinsichtlich der Ausgestaltung und Umsetzung der kon-kreten Instrumente für die Steigerung der Nachfrage nach klimafreundlichen Grund-stoffen.
- Leitmärkte, beziehungsweise entsprechende nachfrageseitige Instrumente, sollten branchenspezifisch für besonders emissionsintensive Grundstoffe wie Zement, Stahl und Ethylen ausgestaltet werden, um effektiv am Bedarf der jeweiligen Branche anzu-setzen (siehe Übersicht).

| | | Zement | Stahl | Ethylen |
|---|--|---|--|--|
|  | Wer? Wertschöpfungskette | Geringe Komplexität Abnehmer von Gebäuden und Infrastruktur | Höhere Komplexität Inverkehrbringer von Flach- und Langprodukten | Substituierbarkeit und Recycling Inverkehrbringer von Endprodukten |
|  | Was? Ambitionsniveau | Anreiz für CCS „near zero“ Zement | Übergangstechnologien emissionsreduzierter bis „near zero“ Stahl | Feedstockwechsel „near zero“ Ethylen |
|  | Wann? Zeitlicher Verlauf | Verfügbarkeit und Zielszenario geringe, aber ansteigende Mengen | Verfügbarkeit und Zielszenario höhere und ansteigende Mengen | Verfügbarkeit und Zielszenario geringe, aber ansteigende Mengen |
|  | Wie? Mindestanforderungen | Ambitionsniveau nicht ausreichend Eher ungeeignet | Unterstützend für Endprodukte Eher ungeeignet | Mindestanteile in Verpackungen und Kennzeichnung |
|  | Wie? Öffentliche Beschaffung | Vorgaben für öffentliche Bauprojekte (CCC-Label) | Unterstützend für Pilotprojekte Eher ungeeignet | Öffentliche Beschaffung nicht relevant Ungeeignet |
|  | Wie? Hochlaufsicherung | Abnehmerstruktur von Zwischen- und Endprodukten Eher ungeeignet | Marktbasierte Hochlaufsicherung (LESS-Label), unterstützend Pilotprojekte und Mindestanteile | Komplexe Wertschöpfungskette Ungeeignet |

- Für Zement bieten sich aufgrund der homogenen Wertschöpfungskettenstruktur Vor-gaben für öffentliche Bauprojekte aufbauend auf dem CCC-Label der Branche an. Das Sondervermögen für Infrastruktur und Klimaneutralität der Bundesregierung könnte die Finanzierung der öffentlichen Bauprojekte sicherstellen.
- Für Stahl ist eine marktbasierte Hochlaufsicherung auf europäischer Ebene für Inver-kehrbringer von Flach- und Langprodukten sinnvoll, während die öffentliche Beschaf-fung kurzfristig durch Mindestanteile und Pilotprojekte unterstützend wirken kann.

- Aufgrund diverser Herausforderungen eignen sich für Ethylen insbesondere niedrige, aber ansteigende Mindestanteile von klimafreundlichem Ethylen in Verpackungen – Voraussetzung hierfür ist die Etablierung einer Kennzeichnung für klimafreundliches Ethylen.
- Diskussionen auf nationaler Ebene, aber auch auf EU-Ebene, sollten basierend auf diesen branchenspezifischen Erkenntnissen weitergeführt werden, damit Leitmärkte die vorgesehene Rolle im Instrumentenmix erfüllen können.

1. Einleitung

Leitmärkte – im Sinne von Instrumenten zur Steigerung der Nachfrage nach klimafreundlichen Grundstoffen – können komplementär zum CO₂-Preis wirken, Fördermittelbedarfe verringern und die Wettbewerbsfähigkeit stärken, indem die Weitergabe von Mehrkosten an die Abnehmer sichergestellt wird, ohne zu erheblichen Belastungen bei diesen zu führen (siehe Infobox *Mehrkosten auf Ebene der Endprodukte*). Außerdem können Leitmärkte die Schaffung der Rahmenbedingungen für die Industriewende unterstützen, da durch die Steigerung der Nachfrage Planungssicherheit und Investitionsanreize geschaffen werden. Außerdem adressieren Leitmärkte informationsbezogene Externalitäten (Martini et al. 2024), da durch eine Kennzeichnung die Unterscheidung klimafreundlicher von klimaschädlichen Grundstoffen ermöglicht wird (BMWK 2022). Wie in untenstehender Abbildung dargestellt, können Leitmärkte somit als nachfrageseitige Ergänzung zu einem ausgewogenen Instrumentenmix beitragen (Rogge und Schleich 2018; Peters et al. 2012).

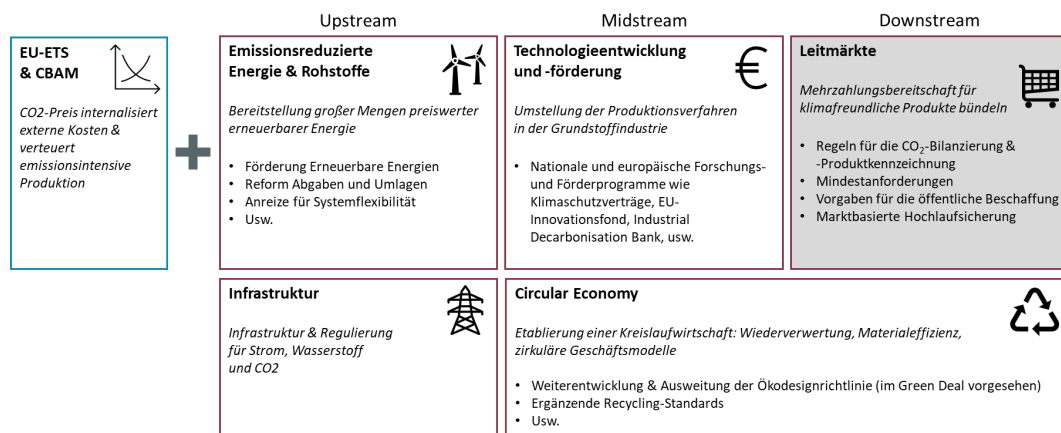


Abbildung 1: Bestehende und neue Instrumente für die Industriewende. Quelle: eigene Abbildung

Wenngleich erste Schritte auf nationaler und EU-Ebene getan sind, gibt es weiterhin viele offene Fragen hinsichtlich der Umsetzung in konkreten Instrumenten. In der nachfolgenden Analyse werden diese Fragen adressiert, indem für die besonders emissionsintensiven Grundstoffe Zement, Stahl und Ethylen, basierend auf einer Bewertung von Ausgestaltungsparametern, konkrete Umsetzungsvorschläge für Leitmarkt-Instrumente als Ergänzung des bestehenden Instrumentenmix aufgezeigt werden.

Infobox: Mehrkosten auf Ebene der Endprodukte

Die Herstellung klimafreundlicher Grundstoffe ist mit Mehrkosten gegenüber den herkömmlichen Herstellungsverfahren verbunden. Diese unterscheiden sich in der Literatur in Abhängigkeit, unter anderem aufgrund der berücksichtigten Energiepreise. Untenstehende Abbildung stellt eine literaturbasierte Abschätzung dieser Mehrkosten auf Ebene der Endprodukte unter der Annahme der vollständigen Kostenüberwälzung beispielhaft für Deutschland gegenüber. Während die dargestellten Mehrkosten auf Ebene der Grundstoffe erheblich sind, ist ihr Anteil an den Kosten der Endprodukte gering. Können Mehrkosten also entlang der Wertschöpfungskette an die Endprodukte weitergegeben werden, ist die Kostensteigerung je Produkt gering und liegt in der Regel bei rund 1 %.

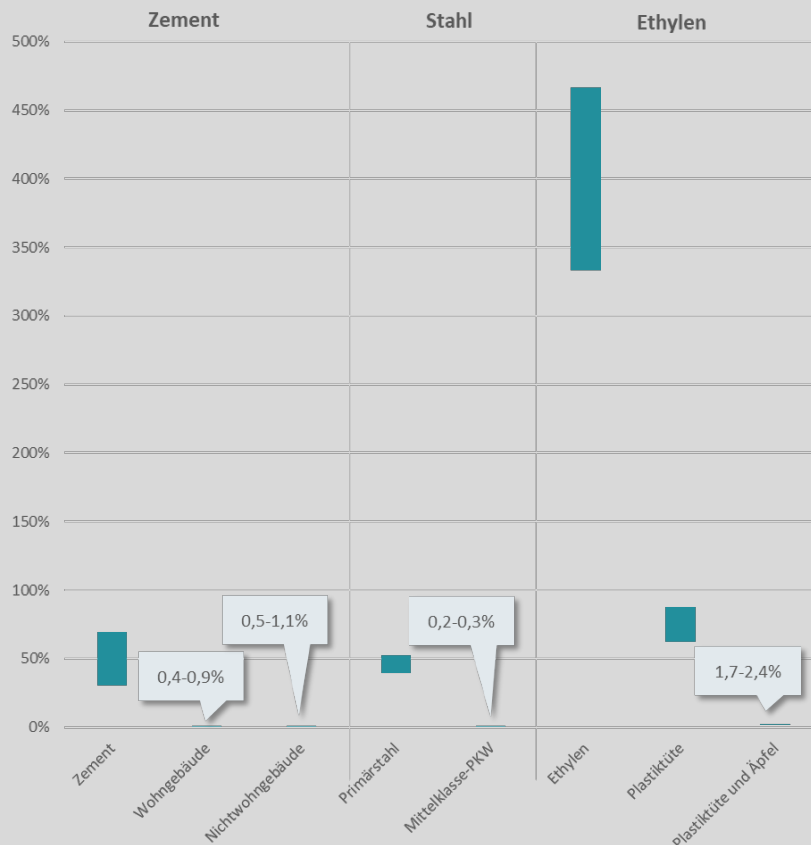


Abbildung 2: Mehrkosten auf der Ebene der Grundstoffe und Endprodukte, eigene Abschätzung basierend auf Agora Industrie et al. 2021; Agora Industrie et al. 2022; Diesing et al. 2025; Fischer und Küper 2021; Moya und Boulamanti 2016; Gruhler und Deilmann 2017; Maurer 2013; Zottler 2014; Wurzer 2016. Quelle: eigene Abbildung basierend auf den zuvor genannten Quellen

2. Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe

Die Schaffung von Leitmärkten kann nicht durch ein einzelnes Instrument erfolgen, sondern es bedarf eines Instrumentenbündels (siehe Abbildung 3). Die wesentliche Grundlage ist eine einheitliche Erfassung klimafreundlicher Grundstoffe, wie beispielsweise vom Deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Juni 2024 im Konzept „Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe“ vorgeschlagen (BMWK 2024). Darauf aufbauend gibt es vier wesentliche Instrumente für die Schaffung von Leitmärkten für klimafreundliche Grundstoffe (Hannon et al. 2015). Diese sind komplementär und schließen sich nicht gegenseitig aus.





| | Was wird benötigt? | Wie wird es umgesetzt? | Was sind Herausforderungen? |
|--|--|---|---|
|  Kennzeichnungen | Definition für „klimafreundliche“ Produkte inkl. Methodik und Schwellenwerte | Nationale Typ 1 Kennzeichnung/ Branchen-Label | Bereits in Umsetzung, reichen nicht aus, da keine Sicherung der Nachfrage |
|  Mindestanforderungen | | Ansteigende Mindeststandards oder ambitionierte Mindestanteile | Begrenzter Marktanteil, da Festlegung für spezifische Produkte |
|  Öffentliche Beschaffung | | CO ₂ -Schattenpreis oder Vorgaben für ausgewählte Beschaffungsbereiche | Begrenzter Marktanteil, daher Vorbildfunktion und erste Märkte |
|  Hochlaufsicherung | | Ansteigende Vorgaben für Inverkehrbringer | Gesamter Markt, aber Umsetzung und Monitoring komplex |

Abbildung 3: Instrumente zur Schaffung von Leitmärkten für klimafreundliche Grundstoffe. Quelle: eigene Abbildung

Zunächst gibt es die Möglichkeit klimafreundliche Grundstoffe durch **Zertifikate oder Labels** zu kennzeichnen. Beispiele für Typ 1 Produktkennzeichnungen sind die für klimafreundlichen Stahl und Zement von den Branchenverbänden in Deutschland etablierten Label *LESS* (Low Emission Steel Standard) und *CCC* (Cement Carbon Class) (WV Stahl 2024; VDZ o.J.).

Mindestanforderungen können einerseits als ansteigende Mindeststandards umgesetzt werden, wie zum Beispiel durch die Verordnung für die Energieverbrauchskennzeichnung (2017/1369). Andererseits können ambitionierte Mindestanteile für ausgewählte Produkte etabliert werden, wie beispielsweise verpflichtende Rezyklatanteile im Zuge der Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfälle (2025/40, kurz: PPWR).

Die **öffentliche Beschaffung** kann durch die Berücksichtigung eines sogenannten CO₂-Schattenpreises oder von Vorgaben für ausgewählte Beschaffungsbereiche, beispielsweise sogenannte Nicht-Preiskriterien wie im Clean Industrial Deal vorgeschlagen, die Nachfrage nach klimafreundlichen Grundstoffen stärken.

Eine **marktbasierte Hochlaufsicherung** kann durch (im Zeitverlauf ansteigende) Vorgaben zu klimafreundlichen Anteilen in Grundstoffen, welche durch alle Inverkehrbringer erfüllt werden müssen, umgesetzt werden. Vergleichbare Ansätze und Quoten werden aktuell beispielsweise für die Etablierung von sogenannten Sustainable Aviation Fuels (SAF) auf dem europäischen Markt genutzt (2023/2405).

Insbesondere auf europäischer Ebene bieten bestehende Regulierungen Anknüpfungspunkte zur Schaffung von Leitmärkten bzw. zielen sie in Teilen konkret darauf ab. Die Möglichkeit der Nutzung der bestehenden Regulierung als Anknüpfungspunkt für Leitmarkt-Instrumente gestaltet sich je nach Instrument unterschiedlich. Während es Anknüpfungspunkte etwa für Mindestanforderungen oder die öffentliche Beschaffung gibt, bedarf es jedoch auch Neuregelungen, um etwa eine marktbasierte Hochlaufsicherung auf Europäischer Ebene unter Berücksichtigung von Aspekten wie Handelbarkeit, Local-Content-Kriterien, Sanktionierung und Flexibilisierungsoptionen einführen zu können.

| Regulierungen als Anknüpfungspunkt | | |
|---|-------------------------|---|
|  | Mindestanforderungen | Industrial Decarbonisation Accelerator Act, Ecodesign for Sustainable Products Regulation, Construction Products Regulation, Energy Performance of Buildings Directive, Single-Use Plastics Directive, Packaging and Packaging Waste Regulation |
|  | Öffentliche Beschaffung | Clean Industrial Deal, Ecodesign for Sustainable Products Regulation, Construction Products Regulation, Energy Performance of Buildings Directive |
|  | Hochlaufsicherung | Renewable Energy Directive III und RFNBO-Industriequoten, ReFuelEU Aviation und SAF-Quoten, CO ₂ -Flottengrenzwerte |

Abbildung 4: Bestehende Regulierungen als Anknüpfungspunkt für Leitmarkt-Instrumente. Quelle: eigene Abbildung

3. Ausgestaltung von Leitmarkt-Instrumenten

Ausgehend von den Leitmarkt-Instrumenten, gibt es drei Ausgestaltungsparameter (siehe untenstehende Tabelle), die für Zement, Stahl und Ethylen detailliert betrachtet werden.

| | |
|---------------------------|--|
| Ansatzpunkt | Legt fest, auf welcher Produktebene/Wertschöpfungsstufe (Grundstoff, Zwischenprodukt oder Endprodukt) Anforderungen definiert werden; auf Ebene der Grundstoffe und Zwischenprodukte können sowohl Hersteller als auch Inverkehrbringer, bei den Endprodukten Inverkehrbringer oder Abnehmer verpflichtet werden |
| Ambitionsniveau | Setzt sich aus der anerkannten Eigenschaft und dem adressierten Mengenanteil zusammen; kann durch die einzuhaltende Produkthanforderung, sprich die maximalen Treibhausgasemissionen je Mengeneinheit, und andererseits durch den Mengenanteil, welcher diese Vorgabe erfüllen muss, angepasst werden |
| Zeitlicher Verlauf | Legt fest, bis zu welchem Zeitpunkt bzw. in welchem Zeitraum das Ambitionsniveau greift; nicht nur der Zeitpunkt der Festlegung, sondern auch die Anpassung der Produkthanforderung und des Mengenanteils im zeitlichen Verlauf entscheidend |

Tabelle 1: Ausgestaltungsparameter für Leitmarkt-Instrumente

3.1. Ansatzpunkt

Während Anforderungen für Grundstoffe einen gezielten Anreiz für die Transformation der Branchen darstellt, kann auf den Folgeebenen die Weitergabe der Mehrkosten an die Abnehmer sichergestellt werden. Auch ist es denkbar weitere Vermeidungsoptionen für die Reduktion der Emissionsintensität von Zwischen- und Endprodukten anzureizen, zum Beispiel über den höheren Einsatz von Sekundärprodukten. Die Regulierung von Zwischen- und Endprodukten birgt jedoch das Risiko, dass nur ausgewählte Produkte reguliert werden.

Bei detaillierter Betrachtung der ausgewählten Grundstoffe kann keine einheitliche Aussage getroffen werden, welche Ebene der Wertschöpfungskette sich für die Regulierung anbietet. Hierfür spielen unterschiedliche Branchencharakteristika, wie die Diversität von Produkten und Abnehmermärkten, aber auch Substitution eine wesentliche Rolle.

Für Zement sind Leitmarkt-Instrumente aufgrund der geringeren Produktdiversität und homogenen Abnehmermärkte sowohl für Inverkehrbringer des Zwischenprodukts Beton und Inverkehrbringer oder Abnehmer der Endprodukte Gebäude und Infrastruktur denkbar. Die Regulierung von Abnehmern ist jedoch aufgrund ihrer hohen Diversität herausfordernd.

Aufgrund der vielfältigen Endprodukte von Stahl scheint eher die Regulierung der Inverkehrbringer von Zwischenprodukten vielversprechend sowie unterstützende Regulierungen für Inverkehrbringer oder Abnehmer besonders relevanter Produkte, wie beispielsweise Gebäude oder PKW. Eine Ausdifferenzierung der Zwischenprodukte aufgrund von Qualitätsunterschieden wäre sinnhaft.

Im Gegensatz zu Zement und Stahl ist die Herstellung von Ethylen mit diversen Substitutionsmöglichkeiten und Wechselwirkungen verknüpft. Am ehesten scheinen Anforderungen für Inverkehrbringer von ausgewählten Endprodukten, insbesondere Verpackungen als größtes Produktsegment, trotz der hohen Komplexität der Abnehmermärkte zielführend.

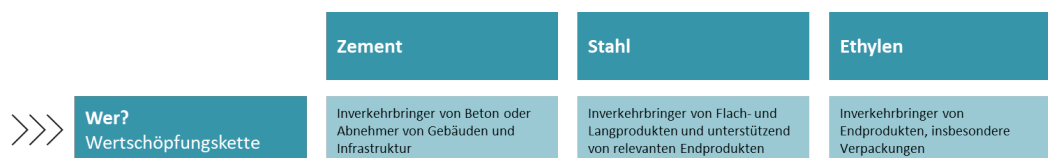


Abbildung 5: Ansatzpunkt je Branche. Quelle: eigene Abbildung

3.2. Ambitionsniveau

Für die Definition von Produktanforderungen ist es sinnvoll, sich an vorhandenen Vorschlägen für klimafreundliche Grundstoffe zu orientieren – wie beispielsweise das Konzept „Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), welches auf dem Vorschlag der International Energy Agency (IEA) aufbaut (BMWK 2024; IEA 2022). Dementsprechend können Anforderungen für emissionsärmere und „near zero“-Grundstoffe festgelegt werden. Anforderungen an emissionsärmere Grundstoffe würden Anreize für Übergangstechnologien hin zu einer klimafreundlichen Grundstoffindustrie abdecken und es stehen früher größere Mengen Grundstoffe zur Verfügung. Demgegenüber stehen Anforderungen für „near zero“-

Grundstoffe, welche die Nachfrage für die frühe Umstellung auf teurere klimafreundliche Produktionsverfahren absichert – es stehen aber auch nur geringere Grundstoffmengen zur Verfügung. Folglich muss bei emissionsärmeren Grundstoffen ein höherer Mengenanteil berücksichtigt werden, um ein vergleichbares Ambitionsniveau zu „near zero“-Grundstoffen mit geringerem Mengen zu erreichen.

Bei beiden Optionen ist es das Ziel die notwendige Transformation der Produktionsrouten und Wertschöpfungsketten anzureizen. Bei Betrachtung der drei Branchen zeigt sich, dass es wiederum kein einheitliches Fazit gibt, da sich die notwendige Transformation der Branchen grundlegend unterscheidet.

Da für die Zielerreichung bei der Zementherstellung die Etablierung von CO₂-Abscheidung und Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) notwendig ist, erscheint die „near zero“-Definition sinnvoll für die Festlegung von Produktanforderungen. Daraus ergibt sich, dass der adressierte Mengenanteil zwar ambitioniert, aber nicht zu hoch sein darf, um eine Erfüllung der Anforderungen sicherzustellen.

Dies steht im Gegensatz zur Stahlindustrie, wo auch durch die Definition von emissionsärmerem Stahl eine Umstellung auf neue Stahlherstellungsverfahren – insbesondere Direktreduktion mit Erdgas – angereizt werden kann. In diesem Fall kann die geforderte Menge höher sein und im zeitlichen Verlauf kann durch eine Verschärfung der berücksichtigten Emissionsintensität eine Erhöhung des Ambitionsniveaus erreicht werden.

Für Ethylen wiederum scheint die „near zero“-Definition zielführend, um neue Produktionsprozesse zu etablieren, welche auch die End-of-life-Emissionen vermeiden. Jedoch ist eine ganzheitliche Betrachtung der petrochemischen Produktion unter Berücksichtigung von Neben- und Vorprodukten notwendig, um eine einseitige Maximierung der Produktion von klimafreundlichem Ethylen entgegenzuwirken.



Abbildung 6: Ambitionsniveau je Branche. Quelle: eigene Abbildung

3.3. Zeitlicher Verlauf

Kurzfristig ist die Verfügbarkeit emissionsarmer Grundstoffe durch bestehende bzw. geplante Produktionskapazitäten sowie die Verfügbarkeit der hierfür notwendigen Infrastruktur bestimmt. Insbesondere neue Produktionsprozesse, welche subventioniert werden, können die Verfügbarkeit solcher Grundstoffe erhöhen. Mittelfristig müssen Produktanforderungen jedoch darüber hinausgehen, um die vorgesehene Rolle im Instrumentenmix zu erfüllen. Eine Möglichkeit ist die Orientierung an kosteneffizienten Technologiefaden, wie bspw. das Technologiemix-Szenario des Ariadne-Szenarienreports für Deutschland (Luderer et al. 2025).

Auch hier wird deutlich, dass es kein einheitliches Fazit für die betrachteten Branchen gibt. Zusätzlich herausfordernd ist die inhärente Unsicherheit zukünftiger Technologiefade. So ist das Technologiemix-Szenario eher optimistisch und sieht kurzfristig klimafreundliche Produktionsmengen vor, die über den derzeitigen Projektankündigungen liegen.

In Abhängigkeit vom Ambitionsniveau kann bis 2030 nur ein niedriger Mengenanteil für „near zero“-Zement berücksichtigt werden, da die Abscheidung von CO₂ notwendig und bisher nicht etabliert ist. Mittelfristig muss dieser Mengenanteil jedoch deutlich ansteigen, um die Zielerreichung bis 2045 sicherzustellen.

Für Stahl kann auch vor 2030 aufgrund der möglichen Berücksichtigung emissionsärmerer Stähle ein höherer Mengenanteil adressiert werden. Hier muss das Ambitionsniveau jedoch bis 2045 angepasst werden, indem sowohl die Produktanforderung als auch der adressierte Mengenanteil verschärft werden.

Für Ethylen erscheint analog zu Zement ab 2030 ein relativ geringer Mengenanteil „near zero“ zielführend, da die Herstellungsanlagen zurzeit noch nicht zur Verfügung stehen und eine hohe Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom und Wasserstoff erfordern. Dieser Mengenanteil muss jedoch bis 2045 deutlich ansteigen.



Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf je Branche. Quelle: eigene Abbildung

4. Umsetzungsvorschläge für Leitmarkt-Instrumente

Den Leitmarkt-Instrumenten kommen im zeitlichen Verlauf unterschiedliche Rollen zu (siehe untenstehende Abbildung). Als Grundlage ist eine Kennzeichnung notwendig, die den CO₂-Fußabdruck sichtbar macht. Einigungen auf freiwilliger Basis bedeuten einen ersten Schritt – jedoch müssen diese verpflichtend werden. Mindestanforderungen auf europäischer Ebene können kurzfristig absichern, bieten jedoch nur einen Anreiz für spezifische Produktgruppen. Darüber hinaus kann die öffentliche Beschaffung kurzfristig erste Absatzmärkte schaffen, welche jedoch in ihrem Umfang limitiert sind und deren relative Bedeutung im zeitlichen Verlauf abnimmt. Mittelfristig ist vor allem die marktba-sierte Hochlaufsicherung auf europäischer Ebene eine Möglichkeit, um eine umfangreiche Nachfrage zu generieren. Aufgrund der Komplementarität können Mindestanforde-rungen und öffentliche Beschaffung parallel, aber früher als die marktba-sierte Hochlauf-sicherung etabliert werden.

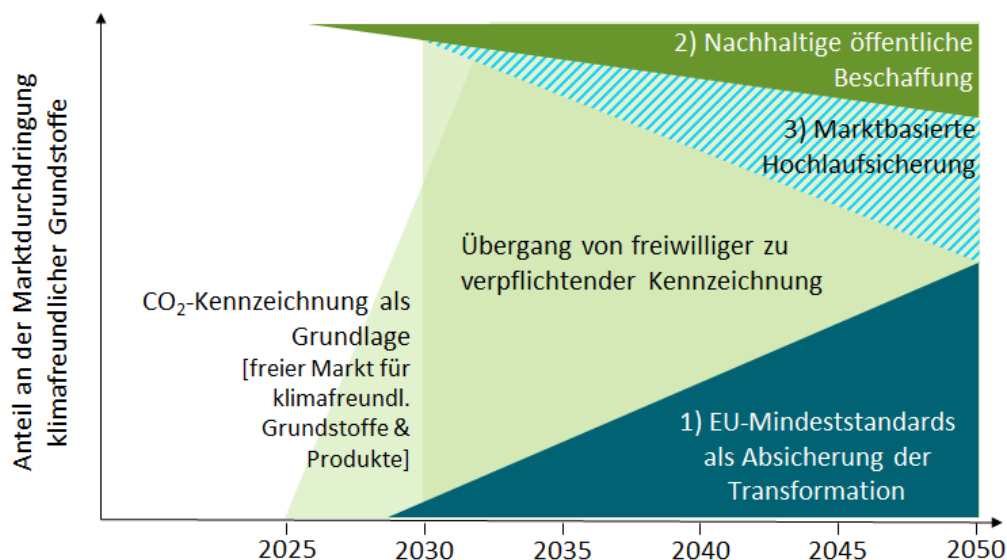


Abbildung 8: Rolle der unterschiedlichen Leitmarkt-Instrumente im zeitlichen Verlauf. Quelle: eigene Abbildung

4.1. Mindestanforderungen für spezifische Produktgruppen

Mindestanforderungen können entweder durch Vorgaben zur Emissionsintensität (Mindeststandards) oder Vorgaben zu Verwendung bestimmter Materialien (Mindestanteile) umgesetzt werden. Während Ersteres lösungsoffen ist, hat Letzteres eine direktere Wirkung auf die jeweilige Grundstoffindustrie. Mindestanforderungen können vor allem bei

Grundstoffen mit einer komplexen Struktur der Endsektoren und Produkte eine wichtige Rolle spielen.

Für Zement ist es fraglich, ob Mindestanforderungen ausreichend Anreiz für die Transformation der Branche bieten, da keine ambitionierten Mindestanteile anknüpfend an bestehende Regulierungen (Construction Products Regulation, Energy Performance of Buildings Directive) festgelegt werden können.

Mindestanforderungen für Endprodukte aus Stahl können eine kurzfristig unterstützende Funktion haben. Während eine Festlegung ambitionierter Mindestanteile im Rahmen der Ecodesign for Sustainable Products Regulation möglich ist, ist die Regelung von Produkten kleinteilig und langwierig.

Durch Mindestanforderungen könnte schon kurzfristig ein Anreiz für die Umstellung der verwendeten fossilen Feedstocks für die Ethylen-Herstellung geschaffen werden. Da Verpackungen bereits reguliert werden, erscheint die Festlegung ansteigender „near zero“-Mindestanteile anknüpfend an die Packaging and Packaging Waste Regulation vielversprechend.

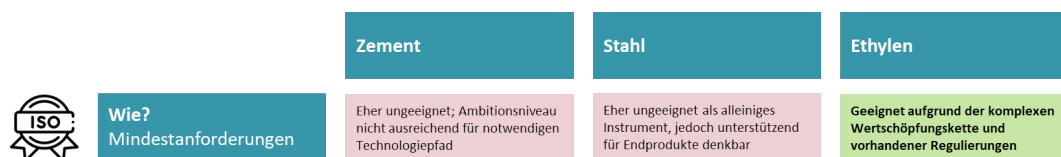


Abbildung 9: Eignung von Mindestanforderungen je Branche. Quelle: eigene Abbildung

4.2. Vorgaben in der öffentlichen Beschaffung

Öffentliche Beschaffung kann einerseits über einen CO₂-Schattenpreis und andererseits über Vorgaben für ausgewählte Beschaffungsbereiche erfolgen. Während Ersteres lösungsoffen ist, hat Letzteres eine direktere Wirkung auf die jeweilige Grundstoffindustrie. Sie kann bei der Etablierung von Leitmärkten eine entscheidende Rolle spielen, da getroffene Vorgaben zunächst getestet werden können, bevor sie breite Anwendung finden.

Die öffentliche Beschaffung ist insbesondere für Zement über die Pilotphase hinaus von Relevanz, da die öffentliche Hand wesentliche Mengen Zement abnimmt. So können kurzfristig Vorgaben zur Verwendung von „near zero“-Zement bei öffentlichen Bauprojekten definiert werden, die im zeitlichen Verlauf ansteigen.

Die öffentliche Beschaffung kann für Stahl kurzfristig eine unterstützende Rolle spielen (beispielsweise Gebäude oder PKW). Der Baubereich ist nur in Zusammenspiel mit Zement geeignet, da im Wesentlichen Sekundärstahl eingesetzt wird, während der Fahrzeugbereich aufgrund geringer Nachfrage nur eine schwache Signalwirkung hat.

Die Vorteile und Möglichkeiten der öffentlichen Beschaffung können nicht zielführend für Ethylen genutzt werden, da die öffentliche Hand von geringer Relevanz für Kunststoffverpackungen ist. Direkte Kunststoffnachfrage durch die öffentliche Hand besteht im Baubereich, jedoch werden dort nur zu geringen Teilen Ethylen eingesetzt.

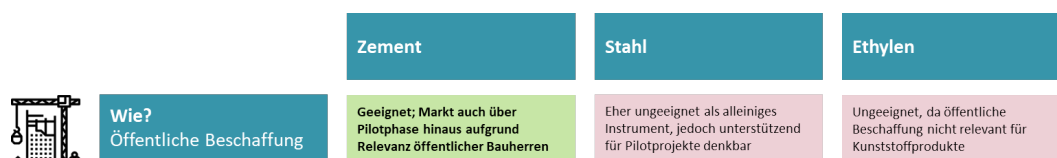


Abbildung 10: Eignung der öffentlichen Beschaffung je Branche. Quelle: eigene Abbildung

4.3. Marktbasierte Hochlaufsicherung auf europäischer Ebene

Die marktbasierte Hochlaufsicherung ist das Instrument mit dem größten Potenzial zur Schaffung eines Leitmarktes, obwohl es Risiken wie zum Beispiel Materialsubstitution gibt. Zudem sind ein komplexes Monitoring und eine entsprechende Zertifizierung notwendig. Da das Instrument (möglichst) den gesamten Markt adressiert, bietet es sich jedoch ausschließlich für Grundstoffe an, wo die notwendigen Prozesse in der Breite verfügbar sind.

Die Vorteile der marktbasierten Hochlaufsicherung hinsichtlich der Festlegung eines planbaren Hochlaufpfades können nicht sinnvoll für Zement genutzt werden, da das notwendige Ambitionsniveaus für die Transformation der Branche kaum in der Breite durchsetzbar wäre.

Eine marktbasierte Hochlaufsicherung für Inverkehrbringer unterschieden nach Flach- und Langstahl beziehungsweise Qualitäts- und Baustahl ein geeignetes Leitmarkt-Instrument, da die notwendigen Prozesse für die emissionsreduzierte Herstellung grundsätzlich verfügbar sind.

Die Vorteile der marktbasierten Hochlaufsicherung können für Ethylen aufgrund der hohen Komplexität der Wertschöpfungskette, dem notwendigen Ambitionsniveau sowie möglichen Ausweichbewegungen nur schwer genutzt werden.

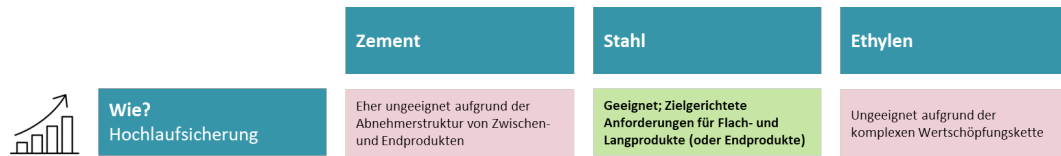


Abbildung 11: Eignung der marktbasierten Hochlaufsicherung je Branche. Quelle: eigene Abbildung

5. Potenziale der Umsetzungsvorschläge am Beispiel Deutschland

Nachfolgend werden die Potenziale der Umsetzungsvorschläge beispielhaft für Deutschland bewertet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die gesamte Herstellung der Grundstoffe entsprechend des Ariadne-Technologiemix-Szenarios transformiert wird (Luderer et al. 2025). Folglich werden die Anteile der Instrumente an dieser Umstellung abgeschätzt.

5.1. Mindestanteilen für Verpackungen

Untenstehende Abbildung vergleicht zwei Optionen. Option A ist weniger ambitioniert, während sich Option B am Ariadne-Technologiemix-Szenario orientiert. Deutlich wird, dass trotz eines relevanten Anreizes für die notwendige Umstellung auf nicht-fossile Feedstocks weitere Instrumente notwendig sind.



Abbildung 12 Anteil des nachgefragten Ethylens, der abgedeckte Mehrkosten und der angereizten Emissionsminderung der MTO-Route gegenüber der konventionellen Herstellung durch Mindestanteile für Verpackungen, Option A entspricht der Hälfte von Option B, Option B bildet den Hochlauf von 25 % (2035) über 50 % (2040) bis 100 % (2045) „near zero“-Ethylen in ab, restliche Emissionsminderung und verbleibende Mehrkosten ergeben sich aus dem Ariadne-Technologiemix-Szenario, eigene Berechnung basierend auf Luderer et al. 2025; Plastics Europe 2022; BMWK 2024; Fischer und Küper 2021. Quelle: eigene Darstellung basierend auf den zuvor genannten Quellen

5.2. Öffentliche Beschaffung für Zement

Untenstehende Abbildung vergleicht zwei Optionen. Option A geht von einem nicht-linearen Anstieg aus, während der Anteil „near zero“ Zement bei Option B linear bis 2045 steigt. Deutlich wird, dass die öffentliche Beschaffung einen relevanten Anteil an der Transformation der Zementindustrie haben kann, obwohl weitere Instrumente notwendig sind.



Abbildung 13 Anteil des nachgefragten Zements, der abgedeckten Mehrkosten und der angereizten Emissionsminderung von CCS-Zement gegenüber dem aktuellen Durchschnitt durch öffentliche Beschaffung, Option A entspricht einem zunächst langsam steigenden Anteil nachgefragten „near zero“-Zement und Option B einer linearen Zunahme, restliche Emissionsminderung und verbleibende Mehrkosten ergeben sich aus dem Ariadne-Technologiemix-Szenario, eigene Berechnung basierend auf Luderer et al. 2025; VDZ 2021; Statistisches Bundesamt 2023, 2025; BMWK 2024; Agora Industrie et al. 2022. Quelle: eigene Darstellung basierend auf den zuvor genannten Quellen

5.3 Marktbasierte Hochlaufsicherung für Flach- und Langprodukte

Untenstehende Abbildung zeigt zwei Optionen. Option A entspricht bildet Prozessanteile leicht unterhalb des Ariadne-Technologiemix-Szenarios ab, während Option B diesem Szenario entspricht. Deutlich wird, dass die marktbasierte Hochlaufsicherung einen großen Beitrag zur Transformation der Stahlindustrie haben kann.



Abbildung 14: Anteil des angereizten Stahls, der abgedeckten Mehrkosten und der angereizten Emissionsminderung durch eine marktbasierte Hochlaufsicherung für Flachstahl (oben) und Langstahl (unten), Option A folgt einem Pfad leicht unterhalb der Prozessanteile aus der Ariadne-Technologiemix-Szenario und Option B entspricht diesem Szenario, restliche Emissionsminderung und verbleibende Mehrkosten ergeben sich aus dem Ariadne-Technologiemix-Szenario, eigene Berechnung basierend auf World Steel Association 2022; BMWK 2024; Agora Industrie et al. 2021; Luderer et al. 2025. Quelle: eigene Darstellung basierend auf den zuvor genannten Quellen

6. Schlussfolgerungen

Leitmärkte können den bisherigen Instrumentenmix für die Transformation hin zu einer wettbewerbsfähigen und klimaneutralen Industrie ergänzen, jedoch gibt es noch viele offene Fragen hinsichtlich der Ausgestaltung und Umsetzung der konkreten Instrumente. Bei einer Betrachtung der besonders emissionsintensiven Grundstoffe Zement, Stahl und Ethylen wird deutlich, dass die Ausgestaltung von Leitmarkt-Instrumenten komplex ist und Umsetzungsvorschläge branchenspezifisch erarbeitet werden sollten.

Für Zement zeigt sich, dass aufgrund der Struktur der Wertschöpfungskette insbesondere Inverkehrbringer von Beton und Abnehmer von Gebäuden sowie Infrastruktur für Leitmarkt-Instrumente geeignet sind. Da der Einsatz von CCS notwendig ist, sollte das Ambitionsniveau zu Beginn niedrige, aber ansteigende Mengen „near zero“-Zement verlangen. Die öffentliche Beschaffung bietet sich als Leitmarkt-Instrument für Zement an, da die öffentliche Hand relevante Mengen Zement in Bauprojekten nachfragt. Offen bleibt, wie darüber hinaus private Bauherren verpflichtet werden können.

Leitmarkt-Instrumente für klimafreundlichen Stahl können insbesondere für Flach- und Langprodukte sowie kurzfristig unterstützend für Gebäude und PKW festgelegt werden. Für Stahl können auch emissionsärmere Herstellungsverfahren angereizt werden. Die adressierten Mengen müssen kurzfristig höher sein. Ausgehend hiervon ist eine markt-basierte Hochlaufsicherung sinnvoll, welche eine neue Regulierung auf europäischer Ebene erfordert. Für die Festlegung eines angemessenen Hochlaufpfads sind detaillierte Daten notwendig. Zudem müssen weitere Aspekte wie beispielsweise Handelbarkeit und Sanktionierung auf europäischer Ebene geprüft werden.

Insbesondere bei Ethylen zeigen sich Herausforderungen, da die hohe Komplexität der Wertschöpfungskette die Fokussierung auf Endprodukte und die Zielerreichung einen Rohstoffwechsel erfordert. Hiervon ausgehend bieten sich insbesondere Mindestanteile für Ethylen in Plastikverpackungen an. Voraussetzung hierfür ist die Etablierung einer Kennzeichnung für klimafreundliches Ethylen. Offen bleibt, wie darüber hinaus für weitere Produkte der Ethylen-Wertschöpfungskette Leitmarkt-Instrumente etabliert werden können.

Während sowohl auf nationaler Ebene, aber auch auf Ebene der EU, bereits Grundlagen für die Etablierung von Leitmärkten als Bestandteil des Instrumentenmix gesetzt worden sind, sollten diese basierend auf den hier beschriebenen Vorschlägen weitergeführt werden.

Literaturverzeichnis

- Agora Industrie; FutureCamp; Wuppertal Institut (2022): Klimaschutzverträge für die Industrietransformation: Rechner für die Abschätzung der Transformationskosten einer klimafreundlichen Zementproduktion. Version Modellversion 1.1. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.agora-industrie.de/daten-tools/transformationskostenrechner-zement>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.
- Agora Industrie; FutureCamp; Wuppertal Institut; Ecologic Institut (Hg.) (2021): Klimaschutzverträge für die Industrietransformation. Aktualisierte Analyse zur Stahlbranche. Online verfügbar unter <https://www.agora-industrie.de/publikationen/klimaschutzvertraege-fuer-die-industrietransformation-stahl>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.
- BMWK (Hg.) (2022): Transformation zu einer klimaneutralen Industrie: Grüne Leitmärkte und Klimaschutzverträge. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Berlin. Online verfügbar unter https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/transformation-zu-einer-klimaneutralen-industrie.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 21.10.2025.
- BMWK (Hg.) (2024): Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/leitmaerkte-fuer-klimafreundliche-grundstoffe.pdf?__blob=publicationFile&v=23, zuletzt geprüft am 29.07.2025.
- Diesing, Philipp; Lopez, Gabriel; Blechinger, Philipp; Breyer, Christian (2025): From knowledge gaps to technological maturity: A comparative review of pathways to deep emission reduction for energy-intensive industries. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 208, S. 115023. DOI: 10.1016/j.rser.2024.115023.
- Fischer, Andreas; Küper, Malte (2021): Green Public Procurement: Potenziale einer nachhaltigen Beschaffung. Emissionsvermeidungspotenziale einer nachhaltigen öffentlichen Beschaffung am Beispiel klimafreundlicher Baumaterialien auf Basis von grünem Wasserstoff. Hg. v. Institut der Deutschen Wirtschaft. Köln. Online verfügbar unter <https://www.iwkoeln.de/studien/andreas-fischer-malte-kueper-potenziale-einer-nachhaltigen-beschaffung.html>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.
- Gruhler, Karin; Deilmann, Clemens (2017): Materialaufwand von Nichtwohngebäuden. Methodisches Vorgehen, Berechnungsverfahren, Gebäudedokumentation. Teil II. Hg. v. Fraunhofer IRB Verlag. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung. Dresden.
- Hannon, Matthew J.; Foxon, Timothy J.; Gale, William F. (2015): 'Demand pull' government policies to support Product-Service System activity: the case of Energy Service Companies (ESCo) in the UK. In: *Journal of Cleaner Production* 108, S. 900–915. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.05.082.
- IEA (Hg.) (2022): Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members. Online verfügbar unter <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c4d96342-f626-4aea-8dac-df1d1e567135/AchievingNetZeroHeavyIndustrySectorsinG7Members.pdf>, zuletzt geprüft am 13.11.2025.
- Luderer, Gunnar; Bartels, Frederike; Brown, Tom; Aulich, Clara; Benke, Falk; Fleiter, Tobias et al. (2025): Die Energiewende kosteneffizient gestalten: Szenarien zur Klimaneutralität 2045. Kopernikus-Projekt Ariadne. Hg. v. Gunnar Luderer, Frederike Bartels und Tom Brown. Potsdam. Online verfügbar unter <https://ariadneprojekt.de/publikation/report-szenarien-zur-klimaneutralitaet-2045/>, zuletzt geprüft am 10.03.2025.

- Martini, Leon; Görlach, Benjamin; Kittel, Lena; Sultani, Darius; Kögel, Nora (2024): Between climate action and competitiveness: towards a coherent industrial policy in the EU. Hg. v. Ecologic Institute. Online verfügbar unter <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2024/30021-Ariadne-EU-Industrial-Policy.pdf>, zuletzt geprüft am 27.02.2025.
- Maurer, Philipp (2013): Life Cycle-Analyse von Antriebsstrangkomponenten für den Verkehrssektor. Diplomarbeit. TU Graz, Graz. Online verfügbar unter <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=576a826e727b3&location=browse>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.
- Moya, J.; Boulamanti, A. (2016). Production costs from energy-intensive industries in the EU and third countries. Hg. v. JRC (Publications Office of the European Union). Online verfügbar unter <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC100101>, zuletzt geprüft am 30.07.2025.
- Peters, Michael; Schneider, Malte; Griesshaber, Tobias; Hoffmann, Volker H. (2012): The impact of technology-push and demand-pull policies on technical change – Does the locus of policies matter? In: *Research Policy* 41 (8), S. 1296–1308. DOI: 10.1016/j.respol.2012.02.004.
- Plastics Europe (Hg.) (2022): Plastics - the Facts.
- Rogge, Karoline S.; Schleich, Joachim (2018): Do policy mix characteristics matter for low-carbon innovation? A survey-based exploration of renewable power generation technologies in Germany. In: *Research Policy* 47 (9), S. 1639–1654. DOI: 10.1016/j.respol.2018.05.011.
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2023): Ausgewählte Zahlen für die Bauwirtschaft. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Querschnitt/bauwirtschaft-1020210221124.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 04.08.2025.
- Statistisches Bundesamt (Hg.) (2025): Auftragseingang, Geleistete Arbeitsstunden, Baugewerblicher Umsatz im Bauhauptgewerbe (Betriebe mit 20 u.m. tätigen Personen): Bundesländer, Monate, Bauarten. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/url/0ad07d3e>, zuletzt aktualisiert am 25.07.2025, zuletzt geprüft am 04.08.2025.
- VDZ (Hg.) (o.J.): CO2-Label für Zement. Online verfügbar unter <https://www.vdz-online.de/leistungen/zertifizierung/co2-label-fuer-zement-ccc-zertifizierung>, zuletzt geprüft am 30.07.2025.
- VDZ (Hg.) (2021): Zementindustrie im Überblick 2021/2022. Online verfügbar unter <https://vdz.info/ziue21>, zuletzt geprüft am 12.11.2024.
- World Steel Association (Hg.) (2022): Steel Statistical Yearbook 1978-2019. Online verfügbar unter <https://worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook/>, zuletzt geprüft am 22.02.2022.
- Wurzer, Andreas (2016): Bewertung möglicher gesetzlicher Lenkungseffekte auf Basis gesamtheitlicher Lebenszyklusanalysen im Verkehrssektor. Masterarbeit. TU Graz. Online verfügbar unter <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=5891c8377cd82&location=browse>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.
- WV Stahl (Hg.) (2024): Introduction of a Low Emission Steel Standard (LESS) to support the transformation of the steel industry. Online verfügbar unter https://www.wvstahl.de/wp-content/uploads/2024/04/22_concept-paper_LESS_final.pdf, zuletzt geprüft am 30.07.2025.
- Zottler, Michael (2014): Life-Cycle Analyse von Leichtbaukonzepten für den Automobilbau. Diplomarbeit. TU Graz, Graz. Online verfügbar unter <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=576a7fd6970b7&location=browse>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.



Der rote Faden durch die Energiewende: Das Kopernikus-Projekt Ariadne führt durch einen gemeinsamen Lernprozess mit Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, um Optionen zur Gestaltung der Energiewende zu erforschen und politischen Entscheidern wichtiges Orientierungswissen auf dem Weg zu einem klimaneutralen Deutschland bereitzustellen.

Folgen Sie dem Ariadnefaden:



@ariadneprojekt.bsky.social



Kopernikus-Projekt Ariadne



ariadneprojekt.de

Mehr zu den Kopernikus-Projekten des BMFTR auf kopernikus-projekte.de

Wer ist Ariadne? In der griechischen Mythologie gelang Theseus durch den Faden der Ariadne die sichere Navigation durch das Labyrinth des Minotaurus. Dies ist die Leitidee für das Energiewende-Projekt Ariadne im Konsortium von 26 wissenschaftlichen Partnern. Wir sind Ariadne:

adelphi | Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) | Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) | Ecologic Institute | Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit – Helmholtz-Zentrum Potsdam (RIFS) | Fraunhofer Cluster of Excellence Integrated Energy Systems (CINES) | Hertie School | ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München | Institut der deutschen Wirtschaft Köln | Julius-Maximilian-Universität Würzburg | Öko-Institut | Potsdam-Institut für Klima-folgenforschung (PIK) | RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | Stiftung Umweltenergie recht | Stiftung Wissenschaft und Politik | Technische Universität Berlin | Technische Universität Darmstadt | Technische Universität München | Technische Universität Nürnberg | Universität Duisburg-Essen | Universität Greifswald | Universität Hamburg | Universität Potsdam | Universität Stuttgart – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) | ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung