

DIE WAHREN KOSTEN DER ZEMENT-, STAHL- UND CHEMIEINDUSTRIE

Abschlussbericht
Juli 2021



DIE GRÜNEN/EFA
im Europäischen Parlament

DIE WAHREN KOSTEN DER ZEMENT-, STAHL- UND CHEMIEINDUSTRIE

Abschlussbericht
Juli 2021

Verfasst von



VERTRAULICHKEIT UND HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen, Daten und Zeichnungen sind vertraulich und werden mit der freundlichen Bitte zur Verfügung gestellt, sie vertraulich zu behandeln und nicht ohne die vorherige schriftliche Zustimmung von True Price an Dritte weiterzugeben.

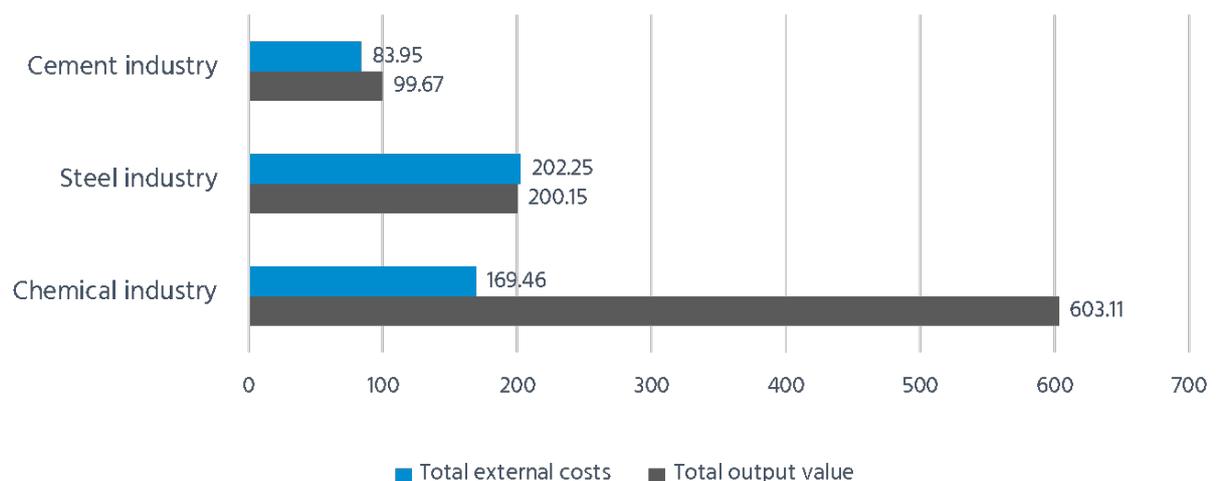
INHALTSÜBERSICHT

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	EINLEITUNG	6
3	METHODE	9
	3.1 HERANGEHENSWEISE	9
	3.2 ANWENDUNGSBEREICH, GRUNDANNAHMEN, EINSCHRÄNKUNGEN UND DATEN	11
	3.2.1 ANWENDUNGSBEREICH	11
	3.2.2 GRUNDANNAHMEN UND EINSCHRÄNKUNGEN	16
	3.2.3 WICHTIGE DATENQUELLEN	18
	3.3 METHODIK UND KALKULATION	19
	3.3.1 TRUE PRICE-METHODE	19
	3.3.2 KALKULATION	21
4	ERGEBNISSE	23
	4.1 ERGEBNISSE DER BEWERTUNG DER WAHREN KOSTEN DURCH DIE INDUSTRIE	23
	4.1.1 GESAMTSCHADEN IM JAHR 2019	23
	4.1.2 AUSWIRKUNGEN NACH INDUSTRIEN	25
	4.1.3 LUFTVERSCHMUTZUNG NACH LÄNDERN	25
	4.1.4 INDIKATOREN FÜR LUFTVERSCHMUTZUNG	27
	4.1.5 AUSWIRKUNGEN DER ZEMENTINDUSTRIE	28
	4.1.6 DIREKTE AUSWIRKUNGEN DER ZEMENTINDUSTRIE	28
	4.2 ERGEBNISSE DER VERTIEFUNGSTUDIEN (DEEP DIVES)	29
	4.2.1 ZEMENTINDUSTRIE	29
	4.2.2 STAHLINDUSTRIE	31
	4.2.3 CHEMIEINDUSTRIE	32
	4.2.4 SCHÄTZUNGEN DER WAHREN KOSTEN FÜR ZEMENT, STAHL UND CHEMISCHE ERZEUGNISSE	34
5	EMPFEHLUNGEN	38
	5.1 ÜBERGANG ZU DEN KLIMAZIELEN	38
	5.2 EXTERNE KOSTEN DER ZEMENT-, STAHL- UND CHEMIEINDUSTRIE DER EU IM JAHR 2019	39
	5.2.1 DIE ZEMENTINDUSTRIE	39
	5.2.2 DIE STAHLINDUSTRIE	39
	5.2.3 DIE CHEMIEINDUSTRIE	40
	5.3 VERBESSERUNGSPOTENZIAL	41
6	ANHANG	42
	6.1 EXTERNE KOSTEN NACH INDUSTRIEN	42
	6.2 AUFSCHLÜSSELUNG DER LUFTVERSCHMUTZUNGSINDIKATOREN NACH INDUSTRIEN IM JAHR 2019	46
	6.3 ALTERNATIVE ROHSTOFFE FÜR DIE CHEMIEINDUSTRIE	48
7	QUELLENVERZEICHNIS	49

1. ZUSAMMENFASSUNG

Im derzeitigen Wirtschaftssystem liefern die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU27 viele Produkte für die Wirtschaft der EU27, wie z. B. Materialien, die im Bauwesen und im Automobilssektor verwendet werden. Gleichzeitig verursacht die energieintensive Zement-, Stahl- und Chemieindustrie große Schäden für die Menschen und unseren Planeten. Entgegen dem Verursacherprinzip werden die Kosten für diese sozialen und ökologischen Schäden nicht von der Industrie getragen (CE Delft, 2021). Vielmehr werden die von der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU verursachten sozialen und ökologischen Kosten von der Allgemeinheit und künftigen Generationen getragen.

In diesem Bericht, der von der Fraktion der Grünen/EFA im Europäischen Parlament (Grüne/EFA) in Auftrag gegeben wurde, nimmt True Price eine Bewertung der wahren Kosten der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU27 für das Jahr 2019 vor. Der Bericht befasst sich sowohl mit der Industrie als Ganzes als auch mit ihren direkten und vorgelagerten Auswirkungen. Darüber hinaus geht dieser Bericht auf die wichtigsten umweltbelastenden Stufen der Wertschöpfungskette der einzelnen Industrien ein, um die externen Kosten der Industrien für die Gesellschaft und die Umwelt im derzeitigen Wirtschaftssystem besser zu verstehen.



**Gesamte externe Kosten und Gesamtproduktionswert der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU27 im Jahr 2019
(in Milliarden Euro)**

True Price kommt zu dem Ergebnis, dass die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU im Jahr 2019 84, 202 bzw. 169 Milliarden Euro Schaden für die Gesellschaft verursacht haben ¹. Der Beitrag der Industrie zum Klimawandel, zur Erschöpfung der fossilen Brennstoffe und zur Luftverschmutzung macht einen großen Teil dieser externen Kosten aus. Im Vergleich dazu trägt die Stahlindustrie am meisten zum Schaden der Gesellschaft bei, vor allem durch Luftverschmutzung. Die externen Kosten der Luftverschmutzung sind von Land zu Land unterschiedlich, wobei die bevölkerungsreichsten Länder – Deutschland, Frankreich, Italien und Spanien – am meisten dazu beitragen. Im Durchschnitt belaufen sich die externen Kosten der EU27-Länder und ihrer Zement-, Stahl- und Chemieindustrie auf 0,84 €, 2,01 € bzw. 2,52 € je Euro Produkt. Externe Kosten sind Schäden für die Menschen und den Planeten, z. B. durch negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und den Verlust der Biodiversität.

Ein vertiefender Blick in die Wertschöpfungsketten der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU verdeutlicht die unfairen Vorteile, die umweltverschmutzende Unternehmen in diesen Industrien genießen². Umweltfreundliche Zementhersteller in Italien könnten bis zu 400 Euro pro Tonne Zement verlangen und trotzdem ein billigeres Produkt anbieten als konventionelle Zementhersteller (bei einem Marktpreis von 109 Euro pro Tonne Zement im Jahr 2019), wenn die externen Kosten der Zementherstellung einbezogen würden. Ebenso können Hersteller von grünem Stahl bis zu 1.900 € für eine Tonne Stahl verlangen und trotzdem billiger sein als konventioneller Stahl mit einem Marktpreis von 470 €/Tonne Stahl, wenn man die externen Kosten der Stahlerzeugung einbezieht. Für die Chemieindustrie könnten umweltfreundliche Kunststoffe bis zu 50 % mehr kosten und trotzdem billiger sein, wenn man die Umweltkosten einbezieht.

Die Ergebnisse dieses Berichts verdeutlichen, dass unser derzeitiges Wirtschaftssystem nicht in der Lage ist, die Bedürfnisse der Gesellschaft zu erfüllen. Sie konzentriert sich auf finanzielle und wirtschaftliche Gewinne und versäumt es, den Menschenrechten, der Umwelt und dem Wohlergehen Vorrang vor den Gewinnen einzuräumen. In diesem Bericht wird betont, dass wir uns die Frage stellen müssen: Wie können wir unser Wirtschaftssystem so anpassen, dass für die Menschen und den Planeten ein Mehrwert geschaffen wird? Was ist nötig, um von den umweltschädlichen Praktiken in unserem derzeitigen System Abstand zu nehmen? Und wie werden wir die Wertschöpfung für die Menschen und den Planeten in der neuen Wirtschaft der EU27 verinnerlichen?

Die Ergebnisse dieses Berichts zeigen, dass es für die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU jede Menge Verbesserungspotenzial gibt, um den Übergang zu einer sozial gerechten und umweltfreundlichen Industrie zu schaffen. Erstens sollte die Industrie ihren Energieverbrauch durch Verbesserung der Produktionseffizienz senken. Zweitens sollten sie die auf fossilen Brennstoffen basierende Energienutzung durch grüne Energie ersetzen. Drittens muss die Industrie die Verwendung von Recyclingmaterial optimieren, um den Einsatz von Neumaterial zu minimieren. Viertens sollten sie auf die Verwendung fossiler Brennstoffe als Ausgangsmaterial verzichten. Fünftens sollten die Unternehmen der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie ihre externen Kosten in die Entscheidungszyklen einbeziehen, um sowohl finanzielle als auch nicht-finanzielle Gewinne und Verluste zu berücksichtigen und zu steuern.

Um die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU zur Umstellung auf Industrien anzuregen, die die EU-Klimaziele einhalten, ist darüber hinaus ein Systemwechsel erforderlich. So muss beispielsweise das EU-EHS-System aktualisiert werden, um den Übergang zu umweltfreundlichen Industrien zu unterstützen. Die für einen solchen Wandel aufgestellten Regeln müssen regelmäßig evaluiert werden, um sicherzustellen, dass sie ihren Zweck erfüllen. In seiner Rolle als Kontrollorgan kann das Europäische Parlament die Industrie zur Rechenschaft über die von ihr verursachten externen Kosten ziehen. Indem es die externen Kosten transparent macht und die Industrie für die von ihr verursachten externen Kosten zahlen lässt, wird das Europäische Parlament den sozial-ökologischen Wandel seiner energieintensiven Industrien fördern.

1 Den Anwendungsbereich, die Annahmen und die Grenzen der Studie finden Sie in Kapitel 3 „Methode“.

2 Das Preisniveau wird für das Jahr 2019 beibehalten, wobei davon ausgegangen wird, dass die externen Produktionskosten der umweltfreundlichen oder grünen Erzeuger vernachlässigbar sind. Gleichzeitig werden in diesen Vertiefungsstudien nur die externen Kosten der Luftverschmutzung und der Beitrag zum Klimawandel berücksichtigt. Bezieht man darüber hinaus weitere Auswirkungen (wie die Verknappung fossiler Brennstoffe) mit ein, wird der Abstand noch größer.

2. EINLEITUNG

Dieser Bericht bewertet die ökologischen und sozialen Kosten der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU27³. Ziel dieser Bewertung ist es, die ökologischen und sozialen Kosten dieser Industrien zu untersuchen. Darüber hinaus soll der Bericht Aufschluss darüber geben, ob Unternehmen in diesen Industrien, die umweltschädliche Praktiken anwenden, gegenüber Unternehmen, die sozial gerechte und ökologisch nachhaltige Zement-, Stahl- und Chemieprodukte herstellen wollen, einen unfairen Vorteil haben.

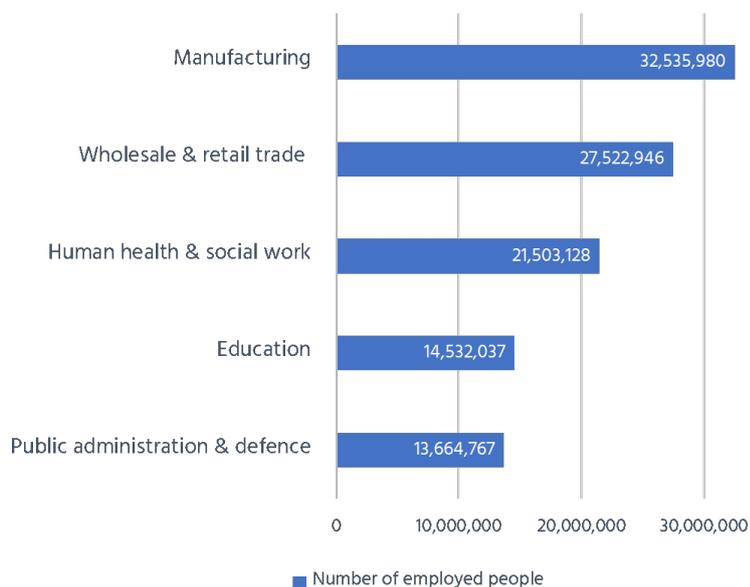


Abbildung 1: Zahl der erwerbstätigen EU-Bürger in den 5 Sektoren mit den höchsten Beschäftigtenzahlen (Eurostat 2021)

Auf die europäische Zementproduktion entfallen schätzungsweise 61.000 direkte Arbeitsplätze (Europäische Kommission, n.d.-a), auf die europäische Stahlindustrie schätzungsweise 330.000 direkte Arbeitsplätze im Jahr 2019 (EUROFER, 2020). Die Chemieindustrie (einschließlich Pharmazeutika, Gummi und Kunststoffe)

3 Sofern nicht ausdrücklich anders angegeben, bezieht sich EU auf die EU27.

der EU28 (EU27 plus Vereinigtes Königreich) hatte im Jahr 2015 schätzungsweise 3,3 Millionen direkte Beschäftigte (CEFIC, 2020-b). Demgegenüber waren im Jahr 2019 fast 200 Millionen Europäerinnen und Europäer erwerbstätig (Eurostat, 2020). Schätzungsweise 55 % von ihnen waren im verarbeitenden Gewerbe (16 %), im Groß- und Einzelhandel (14 %), im Gesundheits- und Sozialwesen (11 %), im Bildungswesen (7 %) oder in der öffentlichen Verwaltung und Verteidigung (7 %) beschäftigt (Eurostat, 2021).

Die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU ist zwar in den direkten Beschäftigungszahlen weniger stark vertreten, ist jedoch eng mit anderen Industrien verflochten, was sie zu einem wertvollen Bestandteil der Wirtschaft der EU27 macht. So ist der Bausektor derzeit stark auf die Zement- und Stahlindustrie angewiesen, da 35% des in der EU verbrauchten Stahls für den Bau verwendet werden. Darüber hinaus macht die Stahlnachfrage des Automobilsektors, der für 7 % des BIP der EU verantwortlich ist (Europäische Kommission, n.d.-b), 19% des EU-Stahlverbrauchs aus (EUROFER, 2020). Die Chemieindustrie stellt mehr als 70.000 verschiedene Produkte für alle möglichen Sektoren her, z. B. für das Gesundheitswesen und die Landwirtschaft (CEFIC, 2020). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU in vielerlei Hinsicht direkt oder indirekt zur EU-Wirtschaft beiträgt.

Gleichzeitig stehen diese energieintensiven Industrien wegen ihrer negativen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt auf dem Prüfstand. Diese Kosten sind nicht nur erheblich, sondern werden entgegen dem Verursacherprinzip auch von der Allgemeinheit und den künftigen Generationen getragen und nicht von der Industrie selbst. Ein Beispiel für solche Kosten für die Gesellschaft ist der Beitrag zum Klimawandel (z. B. aufgrund der CO₂-Emissionen, die durch den hohen Energieverbrauch der Industrie und die Verwendung fossiler Brennstoffe verursacht werden). Eine Forschungsstudie von CE Delft zeigt, dass das EU-ETS-System, das zur Regulierung von Treibhausgasemissionen eingesetzt wird, energieintensive Industrien nicht dazu anregt, ihren ökologischen Fußabdruck zu verringern (CE Delft, 2021). Damit die EU ihre Klimaziele erreichen kann (Europäische Kommission, n.d.-c), müssen sich die derzeitigen Praktiken der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU ändern. Um die EU-Klimaziele zu erreichen, müssen die gesellschaftlichen Bedürfnisse durch ein Angebot an Waren und Dienstleistungen gedeckt werden, das von Unternehmen und Organisationen bereitgestellt wird, die eine risikobasierte Sorgfaltsprüfung durchführen, um nachteilige Auswirkungen auf den wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Fortschritt im Zusammenhang mit ihren Tätigkeiten, Lieferketten und anderen Geschäftsbeziehungen zu vermeiden und zu beheben (OECD, 2018).

Die Fraktion der Grünen/EFA im Europäischen Parlament (Grüne/EFA) möchte die Schäden verstehen, die energieintensive Industrien den Menschen und dem Planeten zufügen, und ihren Übergang zu sozial verantwortlichen und ökologisch nachhaltigen Industrien beschleunigen. Die Grünen/EFA wollen dem Argument entgegentreten, dass die nachhaltige Produktion teurer ist als die konventionelle Produktion. Sobald negative externe Effekte berücksichtigt werden, zeigen die Ergebnisse eindeutig, dass diese Aussage falsch ist. Im Hinblick auf die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sind nachhaltige Technologien kostengünstiger als herkömmliche umweltschädliche Verfahren. Dieser Bericht enthält eine Bewertung der von der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU verursachten sozialen und ökologischen Auswirkungen, um dieses Argument zu unterstreichen. Um die Auswirkungen der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie auf die Menschen und den Planeten zu erfassen, hat True Price für jede dieser EU-Industrien eine Bewertung der wahren Kosten vorgenommen. Darüber hinaus wurden Vertiefungsstudien über die umweltschädlichsten Stufen der Wertschöpfungskette für ausgewählte Produkte der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie durchgeführt, um das Verständnis der Grünen/EFA für die Umgestaltung der EU-Wirtschaft zu unterstützen.

True Pricing trägt zu diesem Übergang bei, da es eine einzigartige Methode zur Quantifizierung und Darstellung der externen Kosten der Produktion darstellt. Die True-Pricing-Methode gibt einen mengenmäßigen Einblick in die direkten externen Kosten, die nicht in den Kaufpreis eines Produkts einfließen, aber dennoch von der Gesellschaft getragen werden – zum Beispiel von lokalen Gemeinschaften (Luft- und Wasserverschmutzung), von künftigen Generationen (Klimawandel) oder von Arbeitnehmer:innen (Gesundheits- und Sicherheitsrisiken). Das Ziel von True Pricing ist es, die externen Kosten der Produkte zu minimieren. Dies kann erreicht werden, indem Transparenz über die externen Kosten geschaffen wird und aufgezeigt wird, wie Industrien umgestaltet werden können, um ihre gesellschaftlichen Auswirkungen zu verbessern. Ergänzend dazu können staatliche Stellen die Senkung der externen Kosten durch Anreize (wie Steuern und Subventionen) erleichtern und beschleunigen.

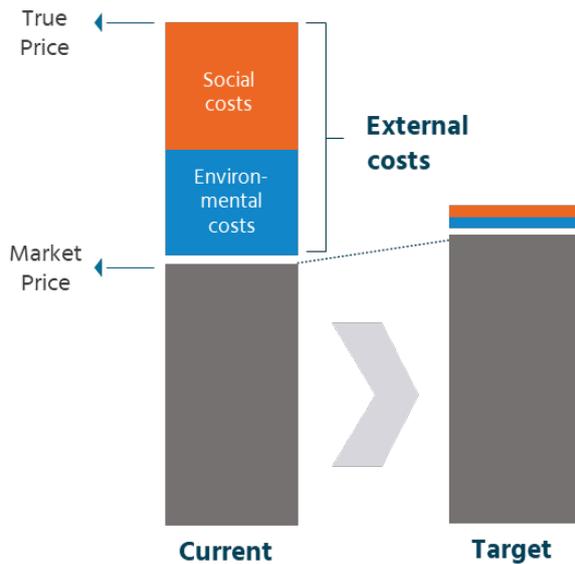


Abbildung 2: Erläuterung der externen Kosten



Abbildung 3: Veröffentlichungen zu den wahren Kosten

Diese Informationen können wie folgt verwendet werden:

- Ermittlung der größten externen Kosten der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie und der Hebel zur Verbesserung der Situation in den einzelnen Industrien;
- Erarbeitung eines Fahrplans für die Umstellung der energieintensiven Industrien der EU auf eine grüne und nachhaltige Zukunft;
- Stärkung der Interessenvertretung grüner Alternativen durch Bereitstellung faktenbasierter und greifbarer Argumente;
- Politische Entscheidungsträger und Regulierungsbehörden über die Vorteile einer Internalisierung der externen Kosten informieren.

Dieser Bericht ermöglicht es den Grünen/EFA, den Übergang der energieintensiven Industrien der EU zu grünen Industrien zu beschleunigen. Zunächst wird die Methode der Studie beschrieben, einschließlich des Studienansatzes, des Umfangs, der Annahmen und Einschränkungen, der Daten und der Methodik. Zweitens werden die Ergebnisse der Bewertungen in Kapitel 4 vorgestellt. Ergebnisse. Dieses Kapitel besteht aus zwei Unterkapiteln: Einem mit den Ergebnissen der Basisstudie und einem mit den Ergebnissen der Vertiefungsstudien. Schließlich, Kapitel 5. In den Empfehlungen werden Empfehlungen für den Aufbau nachhaltiger Industrien auf der Grundlage der Ergebnisse dieses Berichts erörtert.

3. METHODE

Das Ziel von Kapitel 3. Die Methode besteht in der Erörterung des Ansatzes, des Umfangs, der Annahmen und Einschränkungen, der wichtigsten Datenquellen, der Gesamtmethodik und der Kostenberechnung (oder: der Monetarisierung des ökologischen und sozialen Fußabdrucks), die für die Grundlagenstudie und die drei Vertiefungsstudien relevant sind. Das Kapitel besteht aus drei Unterkapiteln:

- **3.1 Herangehensweise:** Beschreibung der Schritte, die bei der Durchführung der vier in diesem Dokument behandelten Untersuchungen unternommen wurden.
- **3.2 Anwendungsbereich, Annahmen und Einschränkungen sowie Daten:** Skizzierung des Anwendungsbereichs und der Annahmen, die den einzelnen Studien zugrunde liegen, sowie der Einschränkungen, die sie darstellen. Darüber hinaus werden die wichtigsten Datenquellen erörtert.
- **3.3 Methodik und Kalkulation:** Übersicht über die in den Studien angewandte Methodik, einschließlich eines Überblicks darüber, wie soziale und ökologische Fußabdrücke monetarisiert werden können.

3.1 HERANGEHENSWEISE

Die Bewertung der tatsächlichen Kosten in diesem Bericht umfasst vier ergänzende Studien, nämlich eine Grundlagenstudie und drei Vertiefungsstudien (eine für jede Industrie). Ziel der Grundlagenstudie ist es, die Auswirkungen der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU in vollem Umfang zu erfassen (sowohl ihre direkten Auswirkungen innerhalb der EU als auch ihre vorgelagerten Auswirkungen, die sowohl innerhalb als auch außerhalb der EU auftreten können).

Ergänzend dazu beleuchten die Vertiefungsstudien ausgewählte Aspekte der Industriezweige, die sowohl häufig vorkommende als auch stark umweltbelastende Schritte in der Wertschöpfungskette darstellen. Darüber hinaus werden in den Vertiefungsstudien mögliche umweltfreundliche Alternativen zu diesen umweltbelastenden Schritten der Wertschöpfungskette bewertet. Alle Studien wurden in fünf Schritten durchgeführt: Scoping, Modellerstellung, Datenerhebung, Analyse und Validierung sowie Berichterstattung:

Schritt 1: Scoping

Die Bewertung beginnt mit dem Abstecken der Projektgrenzen. Diese Grenzen wurden zusammen mit den Grünen/EFA in einer Scoping-Sitzung festgelegt.

Schritt 2: Erstellung eines Modells

Für jede der vier Studien hat True Price ein Modell entwickelt. Die Vertiefungsstudien werden mit dem True Price-Tool durchgeführt. Dieses Instrument liefert die tatsächlichen Kosten eines Produkts und ermöglicht die Umwandlung externer Effekte in monetäre Werte unter Verwendung von Monetarisierungsfaktoren¹. True Price nutzte Branchenliteratur, um eine klare Wertschöpfungskette abzubilden und das True Price-Tool an die für jede Vertiefungsstudie gewählte Stufe der Wertschöpfungskette anzupassen.

Die Grundlagenstudie erfordert eine andere Art von Modell. Die Daten, die zur Ermittlung der Ergebnisse der Grundlagenstudie verwendet wurden, stammen aus der Global Impact Database (GID) Version 2.4.12. Die GID ist eine von True Price entwickelte Datenbank, die Daten zu einer Vielzahl von Auswirkungen, Sektoren und Ländern enthält. True Price hat das Modell der Grundlagenstudie an die GID-Daten angepasst.

Schritt 3: Datenerhebung

Der dritte Schritt ist die Datenerhebung. Für alle Studien (die Grundlagenstudie und die drei Vertiefungsstudien) wurden Sekundärdaten und Literatur zur Bewertung ihrer Auswirkungen herangezogen. Zu diesen sekundären Datenquellen gehören zum Beispiel Branchenberichte, nationale Statistiken, ReCiPe 2016/2008 und Ecoinvent 3.6 (2016) LCA-Daten⁴.

Schritt 4: Analyse und Bewertung der Daten

Für jedes der vier Modelle wurde von True Price eine eingehende Analyse durchgeführt. In der Grundlagenstudie wurden die GID-Daten aus einer Vielzahl von Blickwinkeln ausgewertet, um u. a. Erkenntnisse über die tatsächliche Gesamtkostenlücke der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU, die zugrunde liegenden Ursachen und Indikatoren sowie die externen Kosten pro Euro-Produkt zu gewinnen. Bei den Vertiefungsstudien wurden die Modelle bewertet, um die tatsächliche Kostenlücke zu ermitteln und einen Vergleich zwischen der konventionellen Produktion und der grünen Alternative anzustellen. Die Analysen geben Aufschluss über die Ursachen der externen Kosten der Zement-, Stahl- und Chemieproduktion in der EU. Die Modelle und Analysen wurden von Qualitätsexperten von True Price validiert, um sicherzustellen, dass sie präzise und fehlerfrei sind.

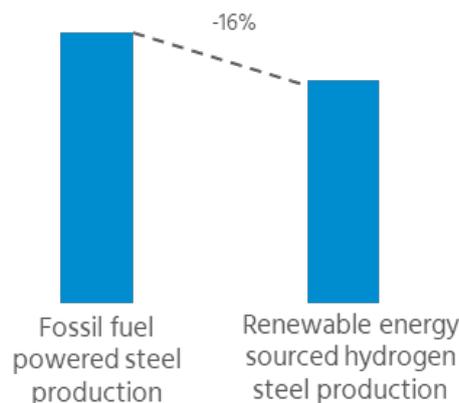


Abbildung 4: Externe Kosten des Beitrags zum Klimawandel der derzeitigen Produktion im Vergleich zu einer grünen Alternative - Dummy-Diagramm (die dargestellten Werte stellen keine bewerteten Ergebnisse dar)

⁴ Ausführlichere Informationen zu den wichtigsten Datenquellen, die für die einzelnen Studien verwendet wurden, finden Sie in Abschnitt 3.2.3 „Wichtige Datenquellen“.

Schritt 5: Berichterstattung

In der Berichterstattung werden alle Ergebnisse, Methoden, Annahmen und Einschränkungen dokumentiert. Der Bericht enthält die externen Kosten ausgewählter Stufen der Wertschöpfungskette für ausgewählte Produkte der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie sowie eine grüne Alternative für jede Branche. Darüber hinaus enthält der Bericht Einblicke in die Hebel für Veränderungen in der Wertschöpfungskette und entsprechende Empfehlungen.

3.2 ANWENDUNGSBEREICH, GRUNDANNAHMEN, EINSCHRÄNKUNGEN UND DATEN

3.2.1 ANWENDUNGSBEREICH

Die vier Studien, die in diesem Dokument erörtert werden, sind als komplementäre Studien konzipiert: eine Grundlagenstudie und drei industriespezifische Vertiefungsstudien. In diesem Abschnitt werden der Anwendungsbereich der verschiedenen Studien sowie die wichtigsten Annahmen und Einschränkungen dargelegt. Für alle Studien ist das Jahr 2019 das maßgebliche Jahr. Dieses Jahr wurde ausgewählt, da es das letzte abgeschlossene Jahr vor dem Einfluss der COVID-19-Pandemie darstellt. Die Untersuchung der externen Kosten für das Jahr 2019 ermöglicht es uns, die „Business as usual“-Situation zu untersuchen.

Grundlagenstudie

Die Anwendungsbereiche der Grundlagenstudie sind die Zement-, Stahl- und chemische Industrie in der EU27. Genauer gesagt werden diese Sektoren als innerhalb der geografischen Grenzen der EU27 liegend definiert. Das bedeutet, dass z. B. ein in Deutschland ansässiges Zementunternehmen in den Anwendungsbereich einbezogen wird. Die externen Kosten der vorgelagerten Wertschöpfungsketten dieser Sektoren werden in dieser Studie ebenfalls berücksichtigt. Um das Beispiel eines Zementherstellers mit Sitz in Deutschland (oder einem anderen Land in der EU27) zu veranschaulichen: Dieses Unternehmen kann seine Vorprodukte (z. B. Rohstoffe oder Energie) aus Regionen außerhalb der EU27 beziehen. Diese Teile der Wertschöpfungskette, die außerhalb der EU27 angesiedelt sein können, werden ebenfalls in den Anwendungsbereich der Grundlagenstudie einbezogen. Darüber hinaus beschränkt sich der Anwendungsbereich der Studie auf die Produktion von Gütern in der Zement-, Stahl- und chemischen Industrie, d. h. Auswirkungen, die durch den Verbrauch von Gütern und Dienstleistungen durch die Verbraucher verursacht werden, sind nicht Gegenstand der Studie. Die Anwendungsbereiche für die Grundlagenstudie sind in Tabelle 1 aufgeführt und definiert.

Tabelle 1. Überblick über die Auswirkungen, die im Rahmen des Anwendungsbereichs der Grundlagenstudie berücksichtigt wurden⁵

Umweltauswirkungen	Beschreibung
Beitrag zum Klimawandel	Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur durch erhöhte Emissionen von Treibhausgasen (THG) aufgrund menschlicher Aktivitäten
Nutzung von knappen Wasserressourcen	Die Nutzung von Oberflächen- oder Grundwasser (blaues Wasser) in einer Weise, dass das Wasser in Gebieten mit Wasserknappheit verdunstet, in Produkte eingeht, in andere Wassereinzugsbereiche geleitet oder ins Meer entsorgt wird.
Wasserverschmutzung	Die Auswirkungen von Abwasser auf das Wasser, die zur Ökotoxizität und Humantoxizität sowie zur Eutrophierung von Meeres- und Süßwasser beitragen.
Verknappung von Rohstoffen	Verringerung künftiger Verfügbarkeit nicht erneuerbarer Materialien als Folge der primären Gewinnung knapper, nicht erneuerbarer Rohstoffressourcen (mit Ausnahme fossiler Brennstoffe) wie Gold, Zink, Kupfer und vieler anderer

⁵ In Abschnitt 3.3.2 Kalkulation werden diese Auswirkungen und ihre Kalkulation (oder warum und wie sie Schaden anrichten) ausführlicher erörtert.

Landnutzung und biologische Vielfalt	Die verringerte Verfügbarkeit von Land für verschiedene andere Zwecke als die gegenwärtigen, durch Landnutzung (Flächeninanspruchnahme) und die Auswirkung auf Ökosystemleistungen und das Klimasystem durch Veränderungen der Landfläche (Landumwandlung).
Luftverschmutzung	Emissionen in die Luft, abgesehen von Klimaveränderungen, unter anderem Abbau der Ozonschicht, Versauerung, Bildung photochemischer Oxidantien, Bildung von Feinstaub, Stickstoffablagerung durch Emissionen in die Luft, Ökotoxizität im Land- und Wasserbereich und Humantoxizität durch toxische Emissionen in die Luft.
Verknappung fossiler Brennstoffe	Die Verringerung der künftigen Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe, die durch die primäre Gewinnung fossiler Brennstoffe in Verbindung mit der Nutzung von Brennstoffen, Energie und anderen Produktionsmitteln verursacht wird
Soziale Auswirkungen	Beschreibung
Unterbezahlung	Die Lücke zwischen den Löhnen der Arbeitnehmer:innen, dem lokalen Mindestlohn und dem lokalen existenzsichernden Lohn
Zwangsarbeit	Zwangsarbeit im Betrieb und in der Wertschöpfungskette
Kinderarbeit	Kinderarbeit im Betrieb und in der Wertschöpfungskette
Negative Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter	Auftreten von Unfällen in der Wertschöpfungskette und die Kosten für Arbeitnehmer, die unter unsicheren Bedingungen arbeiten
Gleichstellung der Geschlechter	Der Wert des Lohngefälles zwischen weiblichen und männlichen Beschäftigten entlang der Wertschöpfungskette

VERTIEFUNGSTUDIE NACH INDUSTRIEN

Die Vertiefungsstudien konzentrieren sich auf die wichtigsten Schritte der Wertschöpfungskette in der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU27. Die Studie führt für jede Industrie individuelle Vertiefungsstudien durch. Für jede Industrie wurden die externen Kosten der Luftverschmutzung und des Beitrags zum Klimawandel (siehe Tabelle 2) bewertet, die durch die am stärksten verschmutzende Stufe der Wertschöpfungskette verursacht werden. Der nächste Schritt war die Erforschung umweltfreundlicher Alternativen zu diesen umweltbelastenden Schritten in der Wertschöpfungskette und die Bewertung der externen Kosten der Luftverschmutzung und des Beitrags zum Klimawandel, den diese grünen Alternativen leisten. Zur Veranschaulichung: Eine grüne Alternative kann nicht-erneuerbare Energie durch grüne Energie ersetzen. In dieser Studie wird grüne Energie als Energie definiert, die aus erneuerbaren Energiequellen stammt (Windkraft, Solarenergie, Wasserkraft, Meeresenergie, geothermische Energie, Biomasse oder Biokraftstoffe) (Europäisches Parlament, 2020).

Die Bewertung sowohl der externen Kosten der konventionellen Produktion als auch der externen Kosten der umweltfreundlichen Alternative ermöglicht einen Vergleich zwischen dem derzeit vorherrschenden (und umweltbelastenden) Schritt der Wertschöpfungskette und einer umweltfreundlicheren Alternative. Der Anwendungsbereich der einzelnen Vertiefungsstudien ist in Tabelle 3 zusammengefasst und wird im Folgenden näher erläutert und visuell dargestellt.

Tabelle 2. Auswirkungen im Rahmen des Anwendungsbereichs der Vertiefungsstudien

Auswirkungen auf die Umwelt	Beschreibung
Beitrag zum Klimawandel	Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur durch erhöhte Emissionen von Treibhausgasen (THG) aufgrund menschlicher Aktivitäten
Luftverschmutzung	Emissionen in die Luft, abgesehen von Klimaveränderungen, unter anderem Abbau der Ozonschicht, Versauerung, Bildung photochemischer Oxidantien, Bildung von Feinstaub, Stickstoffablagerung durch Emissionen in die Luft, Ökotoxizität im Land- und Wasserbereich und Humantoxizität durch toxische Emissionen in die Luft.

Tabelle 3. Zusammenfassung des Anwendungsbereichs für jede Vertiefungsstudie

Zementindustrie		Land, Jahr
Wertschöpfungsstufe	Kalzinierung (Erhitzung der Ausgangsstoffe zur Herstellung von Klinker) bei der Herstellung von gewöhnlichem Portlandzement in Italien im Jahr 2019	Italien, 2019
Grüne Alternative	Geopolymer-Zement, bestehend aus Flugasche und einer Alkalilösung	
Stahlindustrie		
Wertschöpfungsstufe(n)	Herstellung von warmgewalzten Spulen (einem Flachstahlerzeugnis) nach dem Sauerstoff-Basis-Ofen-Verfahren in Deutschland im Jahr 2019	Deutschland, 2019
Grüne Alternative	Stahlerzeugung mittels Elektrolichtbogenofen unter Verwendung von reduziertem Eisen, das mit Wasserstoffgas gewonnen wurde (auf der Grundlage einer schwedischen Pilotstudie).	
Chemische Industrie		
Wertschöpfungsstufe	Dampfkracken auf fossiler Basis bei der Herstellung von HDPE (einer Art von Kunststoff) in Frankreich im Jahr 2019;	Frankreich, 2019
Grüne Alternative	Elektrischer Dampfkracker, der nur Ökostrom verbraucht.	

VERTIEFUNGSTUDIÜBER DIE ZEMENTINDUSTRIE

Die wichtigsten zementproduzierenden Länder in der EU27 sind Deutschland, Italien, Spanien, Frankreich und Polen (Europäische Kommission, 2018). In enger Absprache mit den Grünen/EFA wurde Italien als geografischer Anwendungsbereich für die Vertiefungsstudie über die Zementindustrie ausgewählt. Als zweitgrößter Zementhersteller ist das Unternehmen ein wichtiger Akteur in der Zementindustrie der EU. Für die Vertiefungsstudie über die Zementindustrie wurde Italien gegenüber Deutschland bevorzugt, um die Vielfalt der Länder im Anwendungsbereich der Vertiefungsstudien zu optimieren (so wie Deutschland für die Vertiefungsstudie über die Stahlindustrie ausgewählt wurde).

Die häufigste Zementart, die in der EU27 hergestellt wird, ist gewöhnlicher Portlandzement (OPC), der größtenteils aus Klinker besteht (Europäische Kommission, 2018). Klinker ist das Ergebnis des Zerkleinerns, Mischens und Mahlens von Kalkstein und anderen steinigen Materialien (wie Ton) und des anschließenden Erhitzens dieser Mischung bei hoher Temperatur (Europäische Kommission, 2018). Dieser Erhitzungsschritt wird als „Kalzinierung“ bezeichnet und erfordert eine Erhitzung der Einsatzprodukte auf 1.400 bis 1.500 Grad Celsius (Europäische Umweltagentur, 2019). Aufgrund des hohen Energiebedarfs (für Heizzwecke) und der Menge an fossilen Brennstoffen, die für diesen Prozess verwendet werden, wird der Kalzinierungsschritt für die Vertiefungsstudie über die Zementindustrie ausgewählt. Abbildung 5 zeigt die Wertschöpfungskette von OPC⁶.

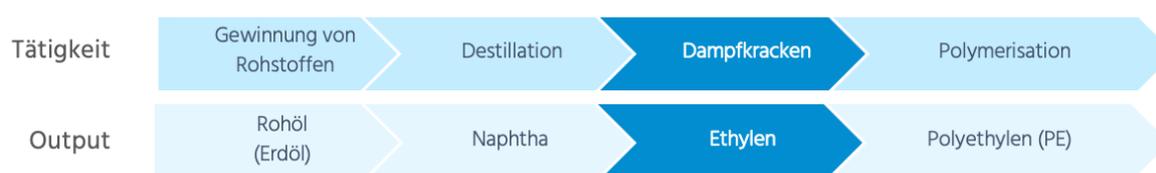


Abbildung 5. Vereinfachte Wertschöpfungskette der OPC-Produktion

⁶ Bitte beachten Sie, dass die Visualisierung der Wertschöpfungskette vereinfacht wurde, um sie für alle Leser verständlich zu machen. Ausführlichere Informationen über die Wertschöpfungskette von gewöhnlichem Portlandzement finden Sie über die Europäische Umweltagentur (2019).

Nach der Auswahl des Wertschöpfungsschritts, der hinsichtlich der Luftverschmutzung und des Beitrags zum Klimawandel bewertet werden sollte, wurde in der Studie eine umweltfreundliche Alternative zum Kalzinierungsschritt in der OPC-Wertschöpfungskette gesucht. Nachforschungen über mögliche Alternativen führten zur Auswahl eines Geopolymer-Zements, der größtenteils aus Flugasche, einem Nebenprodukt der Industrie, besteht. Es wird in Verbindung mit einer Alkalilösung zur Herstellung von Zement verwendet. Vor allem Sekundärliteratur und Daten zu alternativen Zementarten sind nicht ohne weiteres in konstruktiver und schlüssiger Weise verfügbar. Viele Alternativen zu OPC wurden oder werden von Wissenschaftlern erforscht. Aufgrund der unzureichenden Verwendung der Terminologie und der widersprüchlichen Ergebnisse der Studien war es jedoch schwierig, eine grüne Alternative zur Wertschöpfungskette von OPC zu finden.

Zur Klarstellung: Dies ist nicht auf einen Mangel an grünen Alternativen zu OPC zurückzuführen, sondern vielmehr auf die unklare Klassifizierung und Definition von Alternativen zu OPC. Wie bereits erwähnt, enthält die grüne Alternative zu OPC ein industrielles Nebenprodukt (Flugasche), d. h. dieses Produkt wird in den derzeit bestehenden Produktionsprozessen hergestellt und nicht (oder nicht vollständig) verwendet. Nebenprodukte aus der Industrie bieten daher eine umweltfreundliche Alternative zu neuen Produkten, wie z. B. der für OPC verwendete Kalkstein. Ein weiterer wichtiger Vorteil des für diese Studie ausgewählten grünen Alternativzements besteht darin, dass er nicht bei hohen Temperaturen verarbeitet werden muss, was den Energieverbrauch erheblich reduziert.

VERTIEFUNGSTUDIE ÜBER DIE STAHLINDUSTRIE

Deutschland ist das führende stahlerzeugende Land in der EU27 (Eurofer, 2020). Der geografische Geltungsbereich der Vertiefungsstudie über Stahl bezieht sich daher auf die Stahlproduktion in Deutschland. Es gibt zwei Hauptmethoden der Stahlerzeugung: Die Verwendung eines Hochofens oder eines Lichtbogenofens. Da die Hochofenmethode in der EU27 (Eurofer, 2020) am häufigsten verwendet wird, wurde diese Methode für die Vertiefungsstudie über die Stahlindustrie ausgewählt. Der Anwendungsbereich der Vertiefungsstudie wurde geringfügig von einem Wertschöpfungsschritt auf eine Sammlung von Wertschöpfungsschritten ausgeweitet, um eine praktikable grüne Alternative (mit dem Titel „Hybrit“-Methode (HYBRIT, o. D.)) zu dieser Methode zu finden. Die Schritte im Anwendungsbereich sind in Abbildung 6 dargestellt. Wie in der Abbildung dargestellt, gehen beide Verfahren von Eisenerz als Eingangsprodukt aus und verarbeiten es zu (flüssigem) Rohstahl. Dieser Rohstahl kann fortan zu Stahlerzeugnissen wie warmgewalzten Produkten verarbeitet werden, die im Bau- und Automobilsektor verwendet werden (Eurofer, 2020).

Abbildung 6 zeigt die erforderlichen Einsatzprodukte (neben Eisenerz) sowohl für das Hochofenverfahren als auch für das Hybrit-Verfahren. Die Hybrit⁷-Methode ist ein Versuch schwedischer Unternehmen, fossilfreien Stahl zu produzieren (Hybrit, o. D.). Während bei der Hochofenmethode große Mengen fossiler Brennstoffe zum Erhitzen und Verarbeiten von Eisenerz zu Rohstahl verwendet werden, werden bei der Hybrit-Methode fossile Brennstoffe weitgehend durch erneuerbare und umweltfreundliche Alternativen ersetzt. Wichtig ist, dass die Hybrit-Methode Wasserstoff (der mit Hilfe von Ökostrom aus Wasser gewonnen wird) verwendet, um das Eisenerz in einem Prozess namens Direktreduktion zu behandeln und dadurch den Einsatz von fossilen Brennstoffen zu ersetzen.

7 HYBRIT ist eine Abkürzung für Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology (Hybrit, o. D.).

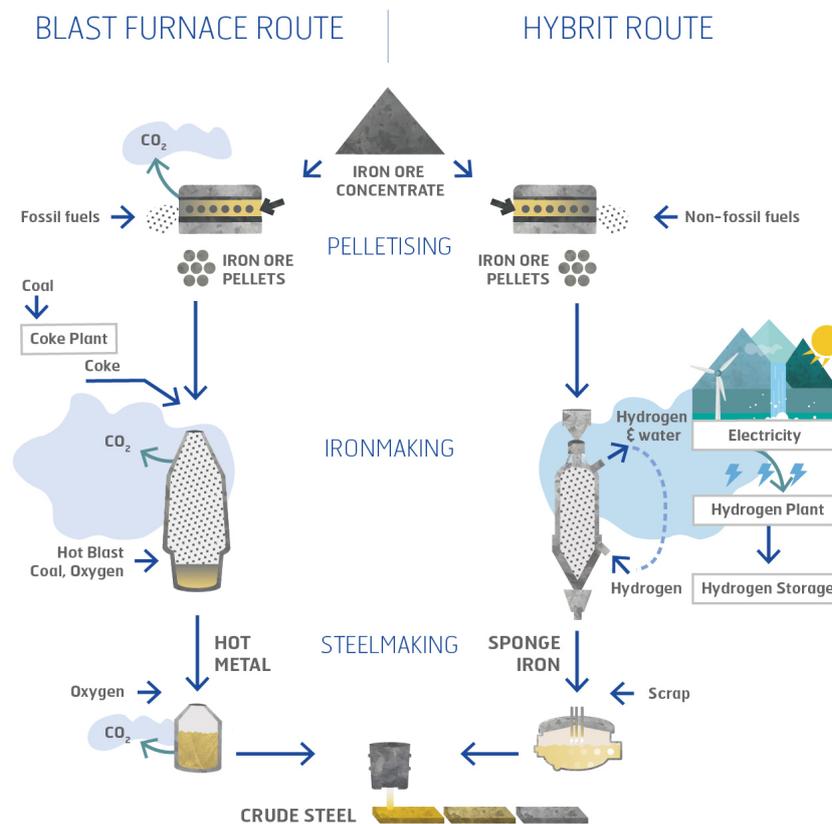


Abbildung 6. Ausgewählte Schritte der Wertschöpfungskette der Stahlherzeugung nach der Hochofenmethode und der grünen alternativen Hybrit-Methode (Bild von Hybrit (o. D.))

Der Geltungsbereich dieser Vertiefungsstudie ist Deutschland. Daher geht die Vertiefungsstudie davon aus, dass sowohl die Hochofen-Methode als auch die Hybrit-Methode in Deutschland angesiedelt sind. Bei der in dieser Vertiefungsstudie untersuchten Hybrit-Methode wird davon ausgegangen, dass Wasserstoff ohne Verwendung fossiler Brennstoffe (wie in Schweden) gewonnen wird. Dies ist jedoch ein Szenario, das derzeit unrealistisch ist, da 95 % des Wasserstoffs in Europa derzeit aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird (Hydrogen Europe, 2021). Mit Blick auf die Zukunft ist es wahrscheinlich, dass Wasserstoff umweltfreundlicher werden wird (d. h., dass man dazu übergehen wird, Wasserstoff ausschließlich aus grünen Energiequellen zu beziehen) (Hydrogen Europe, 2021). Daher ist das Szenario für die vorliegende Vertiefungsstudie gültig.

VERTIEFUNGSTUDIE ÜBER DIE CHEMISCHE INDUSTRIE

Die chemische Industrie ist eine umfangreiche Industrie, die eine Vielzahl von Produkten herstellt. Kunststoffe werden ebenfalls in der chemischen Industrie hergestellt und machen einen bedeutenden Teil der Kategorie Basischemikalien aus, auf die im Jahr 2018 60 % der Chemieverkäufe in der EU entfielen (CEFIC, 2020-b; Plastics Europe, 2020). Die Vertiefungsstudie über die chemische Industrie bewertet daher einen Schritt der Wertschöpfungskette bei der Herstellung von Kunststoffen. Im Jahr 2019 waren die wichtigsten kunststoffherzeugenden Länder in der EU27 Deutschland, Italien und Frankreich (Plastics Europe, 2020). Der geografische Geltungsbereich dieser Vertiefungsstudie ist auf Frankreich beschränkt.

Es gibt verschiedene Arten von Kunststoffen, die für unterschiedliche Zwecke verwendet werden. Beispiele dafür sind Plastikflaschen für Getränke (die im Allgemeinen aus PET bestehen), Plastiktüten für Supermärkte (die aus HDPE (Polyethylen hoher Dichte) hergestellt werden können) und Plastikbehälter für Waren (zum Beispiel aus PP (Polypropylen)) (Plastics Europe, 2020). PP, PE und PET machten 2019 zusammen 57 % der EU-Nachfrage nach Kunststoffen aus (Plastics Europe, 2020). Diese Studie befasst sich mit der Wertschöpfungskette von Polyethylen (PE) (das wiederum zur Herstellung von HDPE oder anderen PE-Produkten verwendet werden kann). Das wichtigste Ausgangsprodukt für die Herstellung von Kunststoffen ist Rohöl (Petroleum) (Plastics Europe, 2020). Die Vertiefungsstudie bewertet den Wertschöpfungsschritt „Dampfcracken“ der Wertschöpfungskette eines PE-Produkts auf Rohölbasis (siehe Abbildung 7). Das

Dampfcracken ist ein gängiger Schritt in der Wertschöpfungskette vieler Kunststoffprodukte⁸, der aufgrund des hohen Temperaturbedarfs des Verfahrens gleichzeitig große Mengen fossiler Brennstoffe erfordert. Ähnlich wie bei der Vertiefungsstudie zur Zementindustrie sollte die grüne Alternative zum herkömmlichen Dampfcracken-Verfahren eine sein, bei der keine fossilen Brennstoffe verbrannt werden müssen, um extrem hohe Temperaturen für die Verarbeitung von Materialien zu erzeugen. Es liegen nur wenige Fälle vor, aber einige Akteure experimentieren mit strombasiertem Dampfcracken (Amghizar et al., 2020). Dies würde die Möglichkeit bieten, fossile Brennstoffe durch erneuerbare Energien zu ersetzen, da der Strom aus erneuerbaren Energiequellen bezogen werden kann.



Abbildung 7. Vereinfachte Wertschöpfungskette der Produktion von Polyethylen hoher Dichte (HDPE)

Um die Auswirkungen des Ersatzes des konventionellen Dampfcrackens durch ein umweltfreundliches, strombasiertes Dampfcracken zu bewerten, wurde die noch zu entwickelnde Technologie des elektrischen Dampfcrackens (Amghizar et al., 2020) als grüne Alternative für die Vertiefungsstudie zur chemischen Industrie modelliert.

3.2.2. GRUNDANNAHMEN UND EINSCHRÄNKUNGEN

Im Rahmen der Studien wurden Annahmen zur Durchführbarkeit, Vergleichbarkeit und Anwendbarkeit getroffen. Zusammen mit der zugrundeliegenden Methodik (wie in Abschnitt 3.3 Methodik und Kalkulation dargelegt) stellen dies Einschränkungen der Studien dar, die bei der Bewertung der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Tabelle 4. Überblick über die wichtigsten Annahmen und Einschränkungen der Studien

Schwerpunkt der Studie	Annahme
Alle	Sowohl historische Auswirkungs- als auch Handelsdaten (ausgewählt nach Vollständigkeit, Granularität und Ursprungsjahr) können als repräsentativer Proxy verwendet werden und werden bei Bedarf auf das Niveau von 2019 hochgerechnet. Zur Veranschaulichung: Wenn nur Emissionsraten pro Tonne Produkt für das Jahr 2017 zur Verfügung standen, verglich True Price verschiedene Quellen, um eine bestmögliche Schätzung der für 2019 geltenden Emissionsraten vorzunehmen.
Grundlagenstudie	Die Wirkungsindikatoren der Luftverschmutzung (Feinstaubbildung und andere) führen nicht nur zu einer Luftverschmutzung, sondern beispielsweise auch zu einer Wasserverschmutzung. In der Global Impact Database (GID) wird nicht zwischen den Auswirkungen auf die Luftverschmutzung und anderen Formen der Verschmutzung unterschieden. Es wird davon ausgegangen, dass alles zur Luftverschmutzung führt, da wahrscheinlich der größte Teil der Auswirkungen auf die Luftverschmutzung zurückzuführen ist.
Vertiefungsstudie Stahl	In diesem Bericht wird davon ausgegangen, dass kein Stahlschrott als Vorprodukt für die Stahlproduktion verwendet wird. Vielmehr wird nur Rohmaterial (Eisenerz) verwendet. Der Ersatz von Rohmaterial durch Schrott könnte weniger Energie für die Verarbeitung der Einsatzstoffe zu flüssigem Stahl erfordern und somit zu geringeren Emissionen pro Tonne Produkt führen.

Vertiefungsstudie Chemie	Die Technologie, die von der grünen Alternative in der Vertiefungsstudie der chemischen Industrie eingesetzt wird, steckt noch in den Kinderschuhen. Daher liegen noch keine Daten über ihren Energiebedarf und ihre Emissionsraten vor. In diesem Bericht wird davon ausgegangen, dass die grüne Alternative (elektrisches Dampfcracken unter ausschließlicher Verwendung von Ökostrom) die gleiche Energiemenge (in MJ) benötigt wie der herkömmliche Naphtha-Dampfcracker.
Schwerpunkt der Studie	Einschränkung
Grundlagenstudie	Die Grundlagenstudie stützt sich auf Daten aus der Global Impact Database (GID) von True Price (Version 2.4.12). Sie verwendet Daten von Exiobase, Eora26, ILOSTAT und WageIndicator und schätzt die Auswirkungen für 49 Länder und 163 Sektoren der Weltwirtschaft. Das bedeutet, dass die GID bei der Bewertung der ökologischen und sozialen Fußabdrücke von Sektoren und Ländern einen Top-down-Ansatz verfolgt. Dies ist eine Einschränkung, denn wenn zuverlässige Primärdaten (z. B. zu den Fußabdrücken bestimmter Unternehmen, Sektoren und Länder) verfügbar sind, würde die Verwendung solcher Primärdaten einen Bottom-up-Ansatz darstellen und ein genaueres Bild der jeweiligen Situation vermitteln.
Grundlagenstudie	Mangels verfügbarer Handelsdaten für das Jahr 2019 stammen die Handelsdaten, auf denen die Grundlagenstudie basiert, aus dem Jahr 2015. Sie sind auf das Niveau von 2019 hochgerechnet, um die Handelsdaten für das Jahr 2019 widerzuspiegeln.
Vertiefungsstudien	Da keine verlässlichen Daten über die durch die einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette verursachten Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe verfügbar sind, werden zur Schätzung der Emissionen die Daten der Lebenszyklusanalyse (LCA) von Ecoinvent 3.6 verwendet. Ecoinvent 3.6 enthält belastbare Daten zu den Emissionen der gesamten Wertschöpfungsketten. Anhand der geschätzten Zurechnungsfaktoren für die einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette konnte der ökologische Fußabdruck der einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette berechnet werden.
Vertiefungsstudien	Bei den für die Vertiefungsstudien verwendeten Ecoinvent 3.6 LCA-Daten handelt es sich um Daten, die auf europäischer Ebene spezifisch sind, im Gegensatz zu länderspezifischen Daten.
Vertiefungsstudien	Um die Prozesse und Ergebnisse der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, werden in diesem Bericht gelegentlich die Terminologien vereinfacht oder die Wertschöpfungsketten in vereinfachter Form dargestellt. Dies soll nicht bedeuten, dass die Ergebnisse nicht genau sind.
Vertiefungsstudie Zement	Es gibt nur wenige Daten über umweltfreundliche Alternativen zu OPC, da die meiste Literatur forschungsorientiert ist und die Terminologie in diesem Bereich kaum geregelt ist. Dies macht es für Unternehmen und Nichtakademiker schwierig, ihre Daten und Erkenntnisse zu nutzen. Zur Veranschaulichung: Es gibt viele Studien, die sich mit unterschiedlichen Zementarten befassen (z. B. mit unterschiedlichen Anteilen von Nebenprodukten der Industrie), die weder einen Namen noch eine Liste der wichtigsten Merkmale haben, so dass sich die Studien nicht ausreichend ergänzen, damit ihre Erkenntnisse von den Unternehmen genutzt werden können.

3.2.3. WICHTIGE DATENQUELLEN

Es gibt fünf Hauptdatenquellen, die in den Studien verwendet werden. Die erste ist ReCiPe (Huijbregts et al., 2017), die für die True Price-Methode verwendet wird. Die wichtigsten Quellen für die Grundlagenstudie sind die Global Impact Database (v2.4.12) und EXIOBASE (2016 und 2008). Die Vertiefungsstudien beruhen weitgehend auf Ecoinvent 3.6 (2016). Hybrit (o. D.) wird speziell für die Vertiefungsstudie über die Stahlindustrie verwendet.

Tabelle 5. Überblick über die wichtigsten Datenquellen

Source	Description
ReCiPe (2016)	ReCiPe lifecycle assessment methodology was developed by Huijbregts et al. (2017). The ReCiPe methodology is an important aspect of the True Price methodology.
Global Impact Database 2.4.12	<p>The Global Impact Database (GID) is a database of impact-related information collected, analysed and maintained by Impact Institute. It allows us to quickly estimate the impact of an activity by quantitatively describing the global economy, estimating economic, social and environmental impacts for 49 countries with 163 sectors, making a total of 7,987 country sector combinations (version 2.4.12).</p> <p>The GID estimates this impact based on data on the interconnectedness of industries in various countries and their economic, environmental and social performance from global databases (mainly EXIOBASE). The output of the GID model can be used for top-down impact estimates of value chain impacts.</p>
EXIOBASE (2016 and 2008)	EXIOBASE is a global, detailed database which was developed by harmonising and detailing supply-use tables for many countries, estimating emissions and resource extractions by industry. It is used for the analysis of environmental impacts associated with final consumption of product groups.
Ecoinvent 3.6 (2016)	The Ecoinvent database is a lifecycle inventory database which contains (LCA) data on environmental footprints of thousands of products and value chain on a European level. Ecoinvent data is used for all three deep-dive studies.
Hybrit (n.d.)	Specific to the deep-dive on the steel industry, researchers of the HYBRIT-pilot set in Sweden assessed the quantities of input and output products for both the conventional (Blast Furnace) and the green alternative (Hybrit) method. This data was used to evaluate the environmental footprint and monetized impact of the two methods.

3.3 METHODIK UND KALKULATION

Die Kalkulationen der wahren Kosten der Zement-, Stahl- und chemischen Industrien in der EU werden nach der True Price-Methode durchgeführt. Diese Methodik erfordert unter anderem Daten über den ökologischen Fußabdruck (z. B. einschließlich der emittierten Kilogramm CO₂-Äquivalente) in allen Teilen der bewerteten Wertschöpfungsketten. In diesem Abschnitt wird erläutert, was die True Price-Methode beinhaltet und wie man von ökologischen und sozialen Fußabdrücken zu monetarisierten ökologischen und sozialen Kosten gelangt.

3.3.1 TRUE PRICE-METHODE

Die Kalkulationen der wahren Kosten der Zement-, Stahl- und chemischen Industrien in der EU werden nach der True Price-Methode durchgeführt.

Wie hoch sind die tatsächlichen Kosten?

Die tatsächlichen Kosten sind eine Möglichkeit, die externen Kosten für die Produktion und den Konsum eines Produkts darzustellen. Externe Kosten sind die Kosten, die mit negativen externen Effekten verbunden sind. Dabei handelt es sich um die negativen Auswirkungen auf externe Beteiligte, die nicht an der Herstellung oder dem Verbrauch des Produkts beteiligt waren (oder, falls sie es waren, dies nicht freiwillig getan haben). Zu den externen Effekten gehören die Auswirkungen auf die Umwelt, wie Klimawandel und Wasserverschmutzung, und auf den Menschen, wie Verstöße im Bereich Gesundheit, Sicherheit und Kinderarbeit. True Price verdeutlicht die externen Kosten, indem diese pro Einheit bewertet und in Geldwert ausgedrückt werden (z. B. in Euro oder US-Dollar), genau wie bei den herkömmlichen Kosten.

Wie lassen sich die externen Kosten beziffern und in Geldwert ausdrücken?

Für alle relevanten Auswirkungen in der vorliegenden Untersuchung kann die Größe der Auswirkung in natürlichen Einheiten (Fußabdruck) gemessen oder anhand primärer oder sekundärer Quellen geschätzt werden. Beispiele für Fußabdrücke sind die Emissionsmengen von Treibhausgasen pro Produkteinheit (zur Ermittlung des Beitrags zum Klimawandel) und die Anzahl der Stunden Kinderarbeit pro Produkteinheit. Um den entsprechenden Geldwert einer Auswirkung zu ermitteln, kann die in ihren natürlichen Einheiten (oder Fußabdruckindikatoren) ausgedrückte Auswirkung mit ihrem Geldwertfaktor multipliziert werden.

Wie bestimmt man Geldwertfaktoren?

Nach den Principles for True Pricing wird das Prinzip der Behebung definiert, auf dem die Bewertung basiert. Dieses Prinzip wurde unter anderem von den UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte abgeleitet und steht in direktem Zusammenhang mit dem auf Rechten basierenden Ansatz (weitere Einzelheiten siehe [Principles for True Pricing](#)).

Die Prinzipien für die Behebung von Auswirkungen werden umgesetzt, indem die vier Kostenarten identifiziert werden, die bei entsprechender Kombination die Behebungskosten für eine Auswirkung bilden: Wiederherstellungskosten, Entschädigungskosten, Kosten für die Vermeidung erneuten Auftretens bzw. Präventionskosten und Kosten für die Wiedergutmachung.

Um Geldwertfaktoren für eine bestimmte Auswirkung abzuleiten, wird folgender Ansatz verwendet:

1. Zunächst werden die mit der Auswirkung verbundenen Schadensarten anhand der vorliegenden Unterlagen bestimmt. Bei den Schäden kann es sich um Schäden an Menschen oder an der Umwelt handeln. In einigen Fällen ist der Schaden bereits eingetreten (d. h. ein Schaden in der Vergangenheit; er ist irreversibel). In anderen Fällen kann der Schaden in der Zukunft eintreten, wenn er nicht verhindert wird (reversibler zukünftiger Schaden), oder es ist sicher, dass er eintritt (irreversibler zukünftiger Schaden).

2. Der Schaden kann auch als schwerwiegend oder nicht schwerwiegend eingestuft werden. Wir beurteilen, welche der vier Arten von Behebungskosten anzusetzen sind (siehe auch Geldwertfaktoren für True Pricing für weitere Einzelheiten). Dabei kann mehr als eine Kostenart relevant sein (z. B. sowohl Entschädigungskosten als auch Kosten zur Vermeidung erneuten Auftretens). In einigen Fällen kann die Wahl der Kosten je nach Land oder Region, in der die Auswirkungen stattfinden, variieren, was zu unterschiedlichen Geldwertfaktoren in verschiedenen Gebieten führt.

3. Zweitens werden die relevanten Kosten auf der Grundlage von Wirtschaftsmodellen und in der Literatur verfügbaren Daten so quantifiziert, dass sie linear einer Einheit von Auswirkungen, wie sie durch die Fußabdruckindikatoren gemessen werden, zugeordnet werden können.

4. Schließlich werden die quantifizierten Kosten summiert, um Geldwertfaktoren zu bilden. Für Auswirkungen, die nur einen Fußabdruckindikator haben, ist dies ein einziger Geldwertfaktor. Bei Auswirkungen, die eine Reihe verschiedener Fußabdruckindikatoren aufweisen, gibt es für jeden einzelnen einen Geldwertfaktor.

KASTEN 1: DIE VIER ARTEN DER BEHEBUNGSKOSTEN

Wiederherstellungskosten

Wiederherstellungskosten sind die Kosten, die anfallen, um die Gesundheit, den Wohlstand, die Lebensumstände, die Leistungsfähigkeit oder die Umweltressourcen und -qualitäten der Menschen in den Zustand zu versetzen, in dem sie sich ohne die mit einer Auswirkung verbundenen sozialen und ökologischen Schäden befunden hätten (z. B. die Kosten für die Wiederherstellung von Ökosystemen). Die Wiederherstellungskosten werden für Auswirkungen angewendet, für die eine Wiederherstellung durchführbar ist oder wenn eine Wiederherstellung durchführbar und wirtschaftlich effizienter ist als eine Entschädigung, wenn der Schaden für Menschen oder Gemeinwesen nicht schwerwiegend ist.

Entschädigungskosten

Entschädigungskosten sind die Kosten für die Entschädigung der Betroffenen für wirtschaftliche und/oder nichtwirtschaftliche Schäden, die durch die sozialen und ökologischen Auswirkungen der Herstellung oder des Konsums eines Produkts verursacht werden. In der Fachliteratur wird dies auch als Schadenskosten bezeichnet (z. B. die Entschädigung für entgangenes Einkommen oder der Wert der verlorenen menschlichen Gesundheit). Nichtwirtschaftliche Schäden können unter Verwendung der besten verfügbaren angegebenen oder offengelegten Präferenzmethoden bewertet werden. Die Entschädigungskosten sind Teil der Behebungskosten für Auswirkungen, bei denen eine Wiederherstellung nicht als machbar angesehen wird.

Vermeidung von Kosten für erneutes Auftreten

Die Kosten für die Vermeidung des erneuten Auftretens stehen für den Aufwand, der in der Zukunft entstehen würde, um das erneute Auftreten der festgestellten sozialen und ökologischen Auswirkungen eines Produkts zu vermeiden, abzuwenden oder zu verhindern (z. B. die Kosten für die Einführung von Menschenrechtsaudits in einer Lieferkette). Die Kosten für die Vermeidung eines erneuten Auftretens sind Teil der Behebungskosten, zusätzlich zu den Kosten für die Wiederherstellung oder Entschädigung, wenn der Schaden als schwerwiegend und irreversibel angesehen wird. Während sich die anderen Kostenarten auf bereits eingetretene Schäden beziehen, geht es bei diesen Kosten um die Vermeidung künftiger Schäden. Sie haben ihre Grundlage u. a. in den bereits erwähnten UN-Leitprinzipien, die die Verpflichtung anerkennen, das erneute Auftreten von Menschenrechtsverletzungen zu verhindern.

Wiedergutmachungskosten

Wiedergutmachungskosten sind Aufwendungen im Zusammenhang mit Geldbußen, Sanktionen oder Strafen, die von Regierungen für bestimmte Verstöße gegen gesetzliche oder allgemein anerkannte Verpflichtungen verhängt werden. Sie stehen für den Schaden, der der Gesellschaft durch Gesetzesverstöße entsteht. Bei Auswirkungen, die auf die Verletzung einer gesetzlichen oder allgemein anerkannten Pflicht zurückzuführen sind, sind die Wiedergutmachungskosten Teil der Behebungskosten, die über die Kosten für Wiederherstellung, Entschädigung und/oder Verhinderung eines erneuten Auftretens hinausgehen.

3.3.2 KALKULATION

Für jede Auswirkung gibt es eine Kalkulation, die beschreibt, wie sich die Behebungskosten der Auswirkung zusammensetzen⁹. Diese Kalkulationen sind in Tabelle 6 dargestellt. Da die Kalkulation der Luftverschmutzung viele Fachbegriffe enthält, finden Sie in Tabelle 7 weitere Informationen zu dieser Auswirkung und ihrer Kalkulation.

Tabelle 6. Überblick über die Anwendungsbereiche der Grundlagenstudie und deren Kalkulation

Umweltauswirkungen	Kalkulation
Beitrag zum Klimawandel	Kosten im Zusammenhang mit der Wiederherstellung und der Vermeidung der Entstehung erhöhter Treibhausgas-Emissionen (THG), die die Kosten von Maßnahmen zur Vermeidung zusätzlicher THG-Emissionen (Grenzvermeidungskosten) wiedergeben
Wassermangel und -nutzung	Die Wiederherstellungskosten für die Entnahme von Wasser aus Süßwasserökosystemen in Gebieten, in denen das Wasser knapp ist, ausgedrückt durch die jährlichen Gesamtkosten der Entsalzung
Wasserverschmutzung	Die Entschädigungskosten für toxische Emissionen, die die gesundheitlichen, sozialen und wirtschaftlichen Verluste aufgrund der Verschmutzung ausdrücken UND die Kosten für die Wiederherstellung und Vermeidung der Überdüngung von Meeres- und Süßwasser, die die durchschnittlichen Grenzkosten von Maßnahmen zur Wiederherstellung des Nährstoffgehalts ausdrücken (Grenzvermeidungskosten)
Verknappung von Rohstoffen	Die Entschädigungskosten für die Gewinnung nicht erneuerbarer Rohstoffe, die den künftigen Verlust an wirtschaftlichem Wohlstand in der Gesellschaft aufgrund erhöhter Gewinnungskosten in der Zukunft (erhöhte Knappheit) ausdrücken
Landnutzung und Biodiversität	Die Entschädigungskosten der Landnutzung, die die Opportunitätskosten der Landnutzung und die Verdrängung von Ökosystemleistungen ausdrücken UND die Wiederherstellungskosten der Landumwandlung, die die Kosten von Projekten zur Wiederherstellung von Ökosystemen ausdrücken
Luftverschmutzung	Die Entschädigungskosten für toxische Emissionen, die Entstehung von Feinstaub, die Bildung photochemischer Oxidantien, die Versauerung und den Abbau der Ozonschicht, die den gesundheitlichen, sozialen und wirtschaftlichen Verlust durch die Verschmutzung widerspiegeln
Verknappung fossiler Brennstoffe	Die Entschädigungskosten für die Gewinnung nicht erneuerbarer Rohstoffe, die den künftigen Verlust an wirtschaftlichem Wohlstand in der Gesellschaft aufgrund erhöhter Gewinnungskosten in der Zukunft (erhöhte Knappheit) ausdrücken
Soziale Auswirkungen	Kalkulation
Unterbezahlung in der Wertschöpfungskette	Die Kosten für die Beseitigung von Lohnunterschieden, Präventionskosten zur Vermeidung künftiger Verstöße und Entschädigungskosten in Abhängigkeit von der Höhe der Lohnunterschiede
Zwangsarbeit	Wiederherstellungskosten für bestehende Schulden und Zinsen, Behandlungskosten bei Missbrauch und Kosten für die Wiedereingliederung, Entschädigungskosten je nach Schwere des Verstoßes und Präventionskosten zur Vermeidung künftiger Verstöße
Kinderarbeit	Wiederherstellungskosten für versäumte Bildung, Entschädigungskosten für den Verlust künftiger Einkünfte und Präventionskosten zur Vermeidung künftiger Kinderarbeit

Negative Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeiter	Kosten für medizinische Aufwendungen, Entschädigungskosten für tödliche und nicht-tödliche Vorfälle und Präventionskosten zur Vermeidung künftiger Verstöße gegen Gesundheit und Sicherheit
Gleichstellung der Geschlechter	Wiederherstellungskosten des geschlechtsspezifischen Lohngefälles und Entschädigungskosten im Verhältnis zum geschlechtsspezifischen Lohngefälle

Tabelle 7. Detaillierte Informationen zu ausgewählten Luftverschmutzungsindikatoren und deren Folgen für die menschliche Gesundheit

Indikator	Kalkulation
Bildung von Feinstaub (Particulate Matter – PM)	Feinstaub mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 µm ist ein Gemisch aus organischen und anorganischen Stoffen, das beim Einatmen in den oberen Teil der Atemwege und der Lunge gelangt und gesundheitliche Probleme verursacht (Huijbregts et al., 2017).
Versauerung der Böden	Die Versauerung ist eine Folge der Emission von versauernden Schadstoffen in die Luft. Dies führt zu saurem Niederschlag, der den Säuregehalt des Bodens erhöht, was wiederum zu Veränderungen im Vorkommen einer Art führt (Huijbregts et al., 2017).
Photochemische Oxidantienbildung	<p>Photochemische Oxidationsmittelbildung oder Smogbildung ist die Bildung von Ozon durch photochemische Reaktionen von NO_x und flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOCs). Ozon wird nicht direkt in die Atmosphäre freigesetzt, stellt aber eine Gesundheitsgefahr für den Menschen dar, da es die Atemwege entzündet und die Lungen schädigen kann.</p> <p>Ozonkonzentrationen führen beim Menschen zu einer erhöhten Häufigkeit und Schwere von Atemwegsbeschwerden wie Asthma und chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen (COPD). Ozon kann sich auch negativ auf die Vegetation auswirken, u. a. durch eine Verringerung des Wachstums und der Samenproduktion, eine Beschleunigung der Blattseneszenz und eine geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber Stressfaktoren (Huijbregts et al., 2017).</p>
Zerstörung der Ozonschicht	Emissionen, die zum Abbau der Ozonschicht führen, schädigen die stratosphärische Ozonschicht und führen zu einer erhöhten UVB-Strahlung auf der Erdoberfläche. Dies führt zu einem erhöhten Hautkrebs- und Katarakt-Risiko. (Huijbregts et al., 2017).

4. ERGEBNISSE

In diesem Kapitel des Berichts werden die Ergebnisse der Grundlagenstudie erörtert. In diesem Kapitel werden zunächst die Gesamtergebnisse nach Industrien für alle in den Anwendungsbereich fallenden Auswirkungen erörtert. Da der Bericht feststellt, dass die Luftverschmutzung für jeden Anwendungsbereich externe Kosten verursacht, werden in einem nächsten Schritt diese Auswirkungen näher untersucht. Im Einzelnen werden die externen Kosten der Luftverschmutzung der einzelnen Industrien in den einzelnen Ländern und die Ursachen für diese Luftverschmutzung erörtert. Schließlich beleuchtet der Bericht die externen Kosten für alle Auswirkungen im Anwendungsbereich für eine Industrie (die Zementindustrie)¹⁰ auf Produktebene (und nicht die gesamten externen Kosten im Jahr 2019), um die Unterschiede zwischen den Ergebnissen des gewichteten Durchschnitts der EU27, Deutschlands und Frankreichs richtig zu verstehen.

Ergänzend dazu werden in Unterkapitel 4.2 Vertiefungsstudien zu den Zement-, Stahl- und Chemieindustrien durchgeführt. Darin werden die Ergebnisse der Vertiefungsstudien zu diesen Industrien erörtert. Zusammengenommen werden diese Ergebnisse den EU-Bürgern ein besseres Verständnis der sozialen und ökologischen Schäden vermitteln, die von der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU verursacht werden.

4.1 ERGEBNISSE DER BEWERTUNG DER WAHREN KOSTEN DURCH DIE INDUSTRIE

4.1.1 GESAMTSCHADEN IM JAHR 2019

Der von der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU verursachte Schaden wird für 2019 auf über 455 Milliarden Euro geschätzt¹¹. Mit anderen Worten: Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die von der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU im Jahr 2019 verursachten externen Kosten durch soziale und ökologische Schäden (z. B. Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung) 455 Milliarden Euro für

¹⁰ Die Ergebnisse der beiden anderen Industrien finden Sie in Anhang 6.1.

¹¹ Der genaue Betrag beläuft sich auf 455.664.830.091 € an externen Kosten im Jahr 2019.

deren Behebung erfordern würden. Diese Industrien müssen derzeit nicht für die Schäden aufkommen, die sie u. a. der Gesundheit der Menschen zufügen. Die 455 Milliarden Euro Schaden im Jahr 2019 stehen beispielsweise für die von diesen Industrien verursachte Luftverschmutzung, den Beitrag zum Klimawandel, die Wasserverschmutzung und den Verlust der Biodiversität durch die Landnutzung.

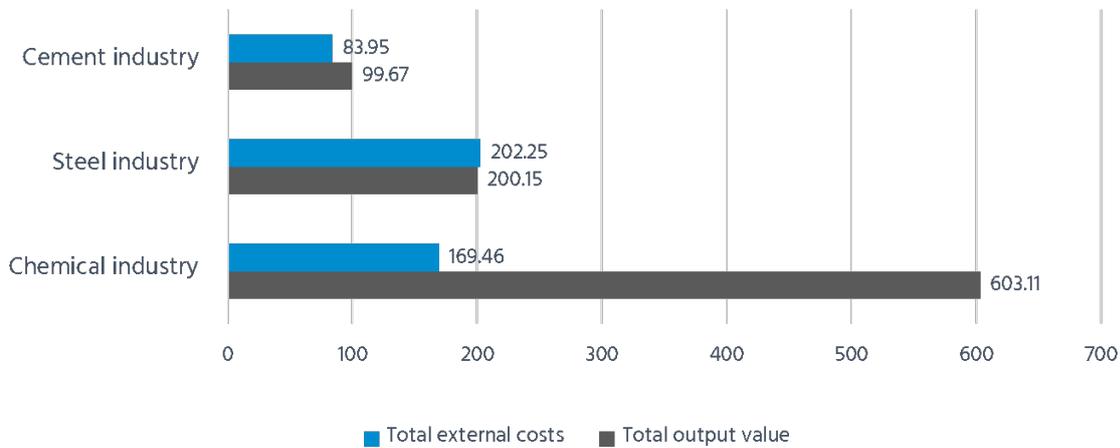


Abbildung 8: Gesamte externe Kosten und Produktionswert pro Industrie in der EU27 im Jahr 2019 (in Mrd. Euro)

Abbildung 8 zeigt, dass die Stahlindustrie in der EU mit 202 Milliarden Euro den größten Anteil an den sozialen und ökologischen Schäden hat, die 2019 von den bewerteten Industrien verursacht wurden. Die Chemie- und Zementindustrie der EU verursachten 169 bzw. 84 Milliarden Euro an Schäden für Mensch und Umwelt.

Um diese Zahlen greifbarer zu machen, sollten Sie ihre Auswirkungen bedenken. Die 202 Milliarden Euro, die die Stahlunternehmen im Jahr 2019 an Schäden für Mensch und Umwelt verursachen, entsprechen dem Betrag, der nötig wäre, um Auswirkungen wie die Umweltverschmutzung und die negativen gesundheitlichen Folgen für die Gemeinden in der Nähe der umweltverschmutzenden Unternehmen zu beheben. Zur Veranschaulichung: Abhilfe für solche negativen gesundheitlichen Auswirkungen bedeutet, eine weitere Verschlechterung des Gesundheitszustands zu verhindern, den gegenwärtigen oder zukünftigen Zustand zu behandeln und die Person für die aufgrund dieses Zustands verlorenen Lebensjahre zu entschädigen. Die Unternehmen kommen nicht für solche Kosten der Wiederherstellung, Entschädigung oder Vorbeugung negativer Gesundheitsauswirkungen auf. Sie zahlen auch nicht für den Verlust der Biodiversität oder die Erschöpfung der fossilen Brennstoffe, die sich aus ihren Geschäftsmodellen ergeben. Die Gesellschaft (und künftige Generationen) müssen für die von diesen umweltverschmutzenden Industrien verursachten sozialen und ökologischen Kosten aufkommen.

True Price hat diese Schäden gemessen, indem es sowohl die direkten Auswirkungen der einzelnen Industrien als auch ihre vorgelagerten Auswirkungen im Jahr 2019 betrachtet hat. Die direkten Auswirkungen einer Industrie beziehen sich auf die Auswirkungen, die durch die Wertschöpfungsketten der Industrie selbst verursacht werden, während sich die vorgelagerten Auswirkungen¹² auf die Auswirkungen beziehen, die durch die Herstellung der in der Industrie verwendeten Vorprodukte verursacht werden. Durch die Einbeziehung beider Aspekte stellt der Bericht sicher, dass die gemessenen externen Kosten die Gewinnung von Rohstoffen einschließen und bis zur Verkaufsreife der Produkte reichen. Wenn nicht explizit angegeben, bezieht sich der Begriff „Auswirkung“ in diesem Kapitel auf die Summe der direkten und vorgelagerten Auswirkungen.

¹² Vorgelagerte Aktivitäten beziehen sich auf Geschäftstätigkeiten in der Nähe der Exploration von natürlichen Ressourcen und Rohstoffen (Singer & Donoso, 2008).

4.1.2 AUSWIRKUNGEN NACH INDUSTRIEN

Abbildung 9 zeigt die externen Kosten aller Auswirkungen im Anwendungsbereich pro Industrie für das Jahr 2019. In jeder Industrie überschatten die Umweltauswirkungen (die 7 unteren) die sozialen Auswirkungen (die 5 oberen). Unter den Umweltauswirkungen stechen die Luftverschmutzung, die Erschöpfung fossiler Brennstoffe und der Beitrag zum Klimawandel als relativ schwerwiegend hervor. Die externen Kosten der Luftverschmutzung in der Stahlindustrie sind dreimal so hoch wie die der Chemieindustrie und der Zementindustrie (die ähnliche Werte aufweisen). Darüber hinaus sind die externen Kosten der Bodennutzung für die Chemieindustrie erheblich. Im Vergleich zu den anderen Industrien hat die Chemieindustrie auch die höchsten externen Kosten für soziale Auswirkungen. In allen drei Industrien sind die Bodennutzung und die sozialen Auswirkungen hauptsächlich auf die vorgelagerten Auswirkungen zurückzuführen. Im Allgemeinen hat die Zementindustrie relativ niedrige externe Kosten für alle Auswirkungen. Wie in Abschnitt 4.2.1 Zementindustrie erörtert, sind die Auswirkungen der Zementindustrie je Euro Produkt im Vergleich zu den anderen Industrien relativ gering.

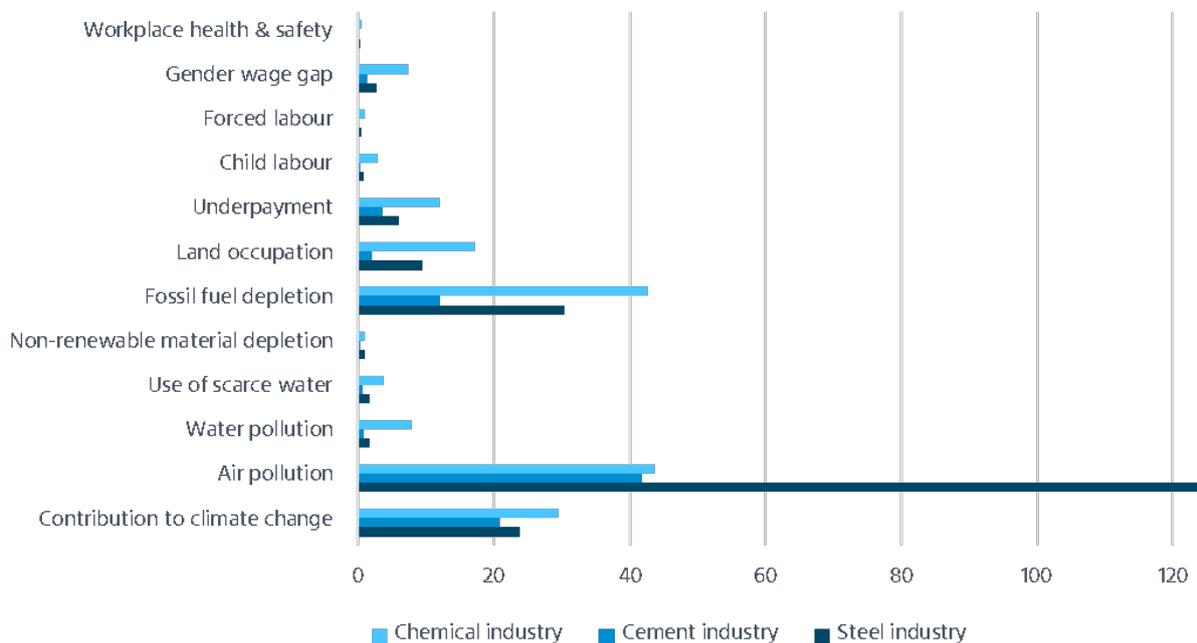


Abbildung 9: Externe Kosten der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU27 pro Auswirkung im Jahr 2019 (in Milliarden Euro)

4.1.3 LUFTVERSCHMUTZUNG NACH LÄNDERN

Angesichts der Bedeutung der Luftverschmutzung in diesen Industrien wird in diesem Bericht näher auf sie eingegangen. Abbildung 9 zeigt, dass die Luftverschmutzung den größten Anteil an den externen Kosten der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie im Jahr 2019 ausmacht. Die Stahlindustrie trug wesentlich zu diesen Schäden bei. Ergänzend dazu zeigt Abbildung 10, dass die externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung für alle drei Industrien durch die Produktion in Deutschland, Italien und Frankreich verursacht wurden. Die durchschnittlichen externen Kosten der EU für die verursachte Luftverschmutzung sind ebenfalls in Abbildung 10 dargestellt (als „EU-27-Durchschnitt“). Sie stellen einen (ungewichteten) Durchschnitt der externen Kosten aller EU27-Länder aufgrund von Luftverschmutzung dar. Die meisten EU-Länder haben durch Luftverschmutzung bedingte externe Kosten, die unter dem EU-Durchschnitt liegen. Die Länder, die in allen drei Industrien den Durchschnitt anheben, sind Deutschland, Frankreich, Italien und Spanien. Diese vier Länder haben große Volkswirtschaften und sind die bevölkerungsreichsten EU-Länder, auf die im Jahr 2019 58 % der Bevölkerung der EU27 entfielen (Eurostat, 2019).

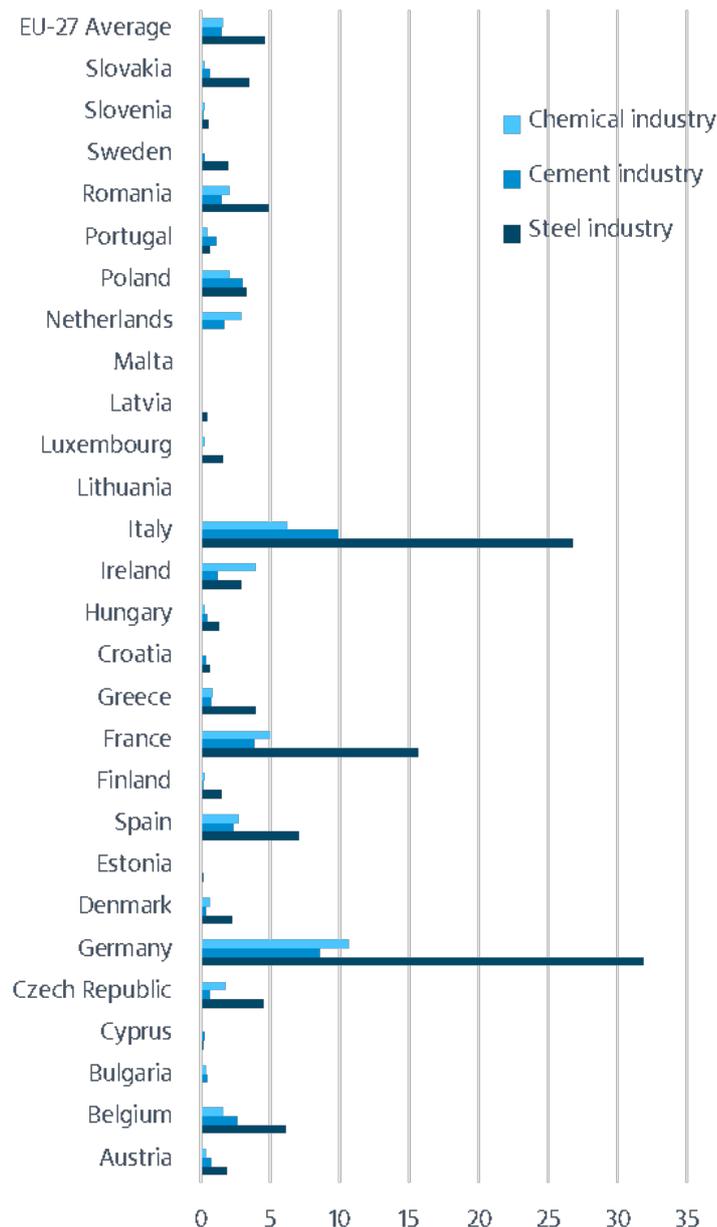


Abbildung 10: Externe Kosten aufgrund von Luftverschmutzung pro Land im Jahr 2019 (in Milliarden Euro)

Wie Abbildung 10 zeigt, unterscheiden sich die externen Gesamtkosten der Luftverschmutzung je nach Land, und auch die Verschmutzungsraten je erzeugtem Produkt sind unterschiedlich. Diese Raten hängen davon ab, wie effizient die Produktionsprozesse sind und welche Arten von fossilen Brennstoffen in diesen Prozessen verwendet werden.

Im nächsten Abschnitt wird erörtert, wie und warum sich die Luftverschmutzung in der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU unterscheidet. Dazu werden die Auswirkungen je Euro Produkt¹³ und die Beiträge der Luftverschmutzungsindikatoren der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU dargestellt. Die Indikatoren für Luftverschmutzung sind Feinstaubbildung, Humantoxizität (krebserregend und nicht krebserregend), terrestrische Ökotoxizität, Versauerung des Bodens, photochemische Oxidantienbildung, Süßwasserökotoxizität und Meeresökotoxizität¹⁴. Diese entstehen zum Beispiel durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe und haben negative Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit der Menschen.

¹³ Die Auswirkungen pro Euro Produkt beziehen sich auf die gesamten externen Kosten einer gesamten Industrie (auf der Grundlage der ausgewählten Auswirkungen) geteilt durch den Gesamtwert (in Euro) der Produkte der Industrie.

¹⁴ Die Definitionen der einzelnen Luftverschmutzungsindikatoren sind in Anhang 6.5 zu finden.

4.1.4 INDIKATOREN FÜR LUFTVERSCHMUTZUNG

Abbildung 11 zeigt die Zusammensetzung der Luftverschmutzung nach den Indikatoren des EU-Länderdurchschnitts für jede Industrie im Anwendungsbereich im Jahr 2019¹⁵. Die Maßeinheit ist die Auswirkung je Euro Produkt (d. h. jeder in ein Industrieprodukt investierte Euro führt zu dieser Auswirkung). Die Abbildung zeigt ähnliche Trends für die Zement- und die Chemieindustrie. Die Auswirkungen der Luftverschmutzung werden hauptsächlich durch die Bildung von Feinstaub und die Versauerung des Bodens verursacht, die beide hauptsächlich auf die Verbrennung zurückzuführen sind. Wie in Abschnitt 3.3.2 „Kalkulation“ erwähnt, verursacht die Feinstaubbildung Probleme für die menschliche Gesundheit, und die Versauerung schadet dem Boden und der Biodiversität.

Die Luftverschmutzung in der Zementindustrie verursachte 2019 eine Belastung von 0,49 € je Euro Produkt). Auf die Feinstaubbildung entfielen 0,42 € und auf die Versauerung des Bodens 0,03 €. Zum Vergleich: Die Luftverschmutzung in der Chemieindustrie verursachte im Jahr 2019 eine Belastung von 3,00 € je Euro Produkt). Auf die Feinstaubbildung entfielen 2,45 € und auf die Versauerung des Bodens 0,46 €. Angesichts des großen Anteils an der Feinstaubbildung zeigen diese Ergebnisse, dass unter anderem die Zement- und die Chemieindustrie in der EU im Jahr 2019 die menschliche Gesundheit besonders stark belastet haben.

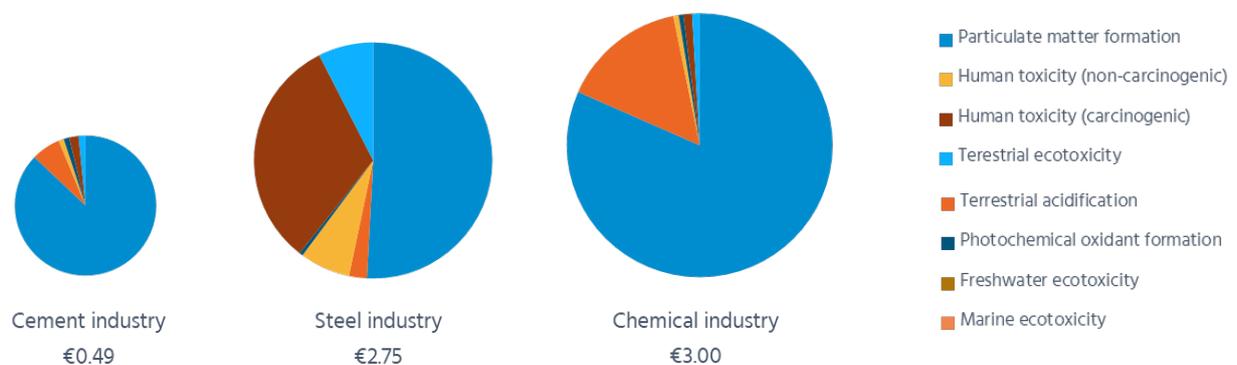


Abbildung 11: Externe Kosten aufgrund von Luftverschmutzung pro Industrie im Jahr 2019 (ungewichteter Länderdurchschnitt) (je Euro Produkt)

Abbildung 11 zeigt, dass die Stahlindustrie der EU nicht dem Trend folgt, der in der Zement- und Chemieindustrie zu beobachten ist. Die von der Stahlindustrie verursachte Luftverschmutzung ist nach wie vor hauptsächlich auf die Bildung von Feinstaub zurückzuführen, aber auch auf die (krebserregende) Humantoxizität. Die Bildung von Feinstaub in der Stahlindustrie wird zu 60 % durch Agglomerationsprozesse verursacht (bei denen das Eisenerz zu feinem Material verarbeitet wird, das sich leicht in einem Hochofen verwenden lässt (Küttner, o. D.)). Krebserregende Humantoxizität wird vor allem durch (Cr- und As-)Emissionen verursacht, die in Öfen freigesetzt werden. Sowohl die Bildung von Feinstaub als auch die (krebserregende) Humantoxizität haben negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Die Luftverschmutzung in der Stahlindustrie verursachte 2019 eine Belastung von 2,75 € je Euro Produkt). Auf die Feinstaubbildung entfielen 1,40 € und auf die (krebserregende) Humantoxizität 0,88 €. Auf den nächsten beiden Seiten zoomt der Bericht heraus, um die Auswirkungen im Anwendungsbereich neben der Luftverschmutzung mit einzubeziehen.

15 Siehe Anhang 6.2 für eine Aufschlüsselung nach EU-Ländern.

4.1.5 AUSWIRKUNGEN DER ZEMENTINDUSTRIE

Abbildung 12 zeigt die Auswirkungen je Euro Produkt der Zementindustrie für alle Umwelt- und Sozialauswirkungen, die in der Grundlagenstudie berücksichtigt wurden. Die hervorgehobenen Regionen sind der Durchschnitt der EU27, Frankreich und Deutschland (zwei große Beitragende). Die externen Kosten der Zementindustrie in der EU belaufen sich auf 0,84 € je Euro Produkt. Dies ist hauptsächlich auf die Auswirkungen auf die Umwelt zurückzuführen (was 0,79 € ausmacht).

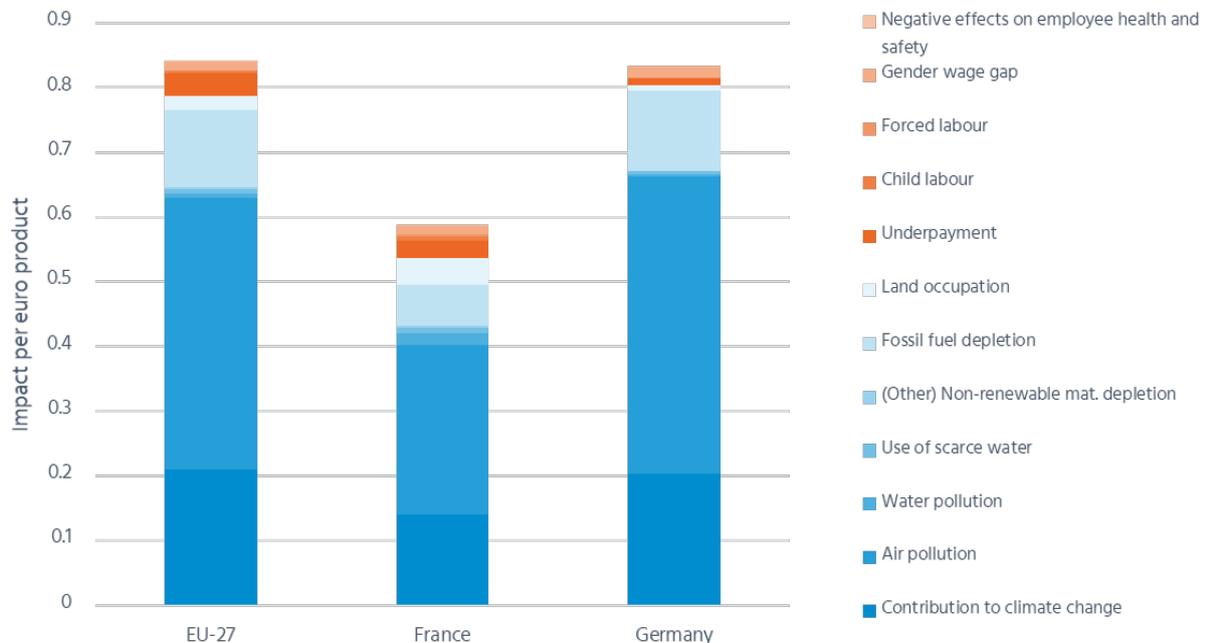


Abbildung 12: Externe Kosten der Zementindustrie im Jahr 2019 (Auswirkungen je Euro Produkt)

Die Umweltauswirkungen bestimmen auch weitgehend die externen Kosten von Frankreich und Deutschland. Die externen Kosten der Zementindustrie belaufen sich in Frankreich auf 0,59 € je Euro Produkt und in Deutschland auf 0,83 € je Euro Produkt (wovon 0,54 € bzw. 0,80 € auf Umweltauswirkungen zurückzuführen sind). Diese Kosten werden durch die Luftverschmutzung und den Beitrag zum Klimawandel verursacht. Die regionalen Unterschiede sind wahrscheinlich auf unterschiedliche Energiemixe, Effizienzunterschiede und die in den einzelnen Ländern eingesetzten Techniken zurückzuführen. Im Durchschnitt verursachen die EU-Länder externe Kosten in Höhe von 2,01 €/Euro für Stahlprodukte und 2,52 €/Euro für chemische Produkte¹⁶. In allen drei Industrien werden die externen Kosten durch die Luftverschmutzung, die Erschöpfung fossiler Brennstoffe und den Beitrag zum Klimawandel bestimmt.

4.1.6 DIREKTE AUSWIRKUNGEN DER ZEMENTINDUSTRIE

Abbildung 13 ist mit Abbildung 12 vergleichbar. In Abbildung 13 sind jedoch die vorgelagerten Auswirkungen der Zementindustrie nicht berücksichtigt. Das bedeutet, dass in Abbildung 13 nur die externen Kosten der direkten Auswirkungen der Zementindustrie im Jahr 2019 dargestellt sind. Die Untersuchung der direkten Auswirkungen einer Industrie zeigt, was innerhalb der EU-Grenzen geschieht, da die vorgelagerten Auswirkungen oft auch außerhalb der EU-Grenzen auftreten.

Die externen Kosten aufgrund der sozialen Auswirkungen sind relativ gering. In allen drei Industrien tragen die Luftverschmutzung und der Beitrag zum Klimawandel am meisten zu den Auswirkungen je Euro Produkt

¹⁶ Die Ergebnisse für die Stahl- und Chemieindustrie (sowohl in Bezug auf die Gesamtauswirkungen als auch auf die direkten Auswirkungen) sind in Anhang 6.1 aufgeführt.

bei. Zur Veranschaulichung: Die externen Kosten der Zementindustrie in der EU betragen 0,45 €, wovon 0,28 € auf die Luftverschmutzung und 0,15 € auf den Beitrag zum Klimawandel zurückzuführen sind. Die Hauptemissionen der Zementherstellung in Europa werden durch chemische Reaktionen und die Verbrennung von (fossilen) Brennstoffen in Öfen verursacht (Europäische Umweltagentur, 2019).

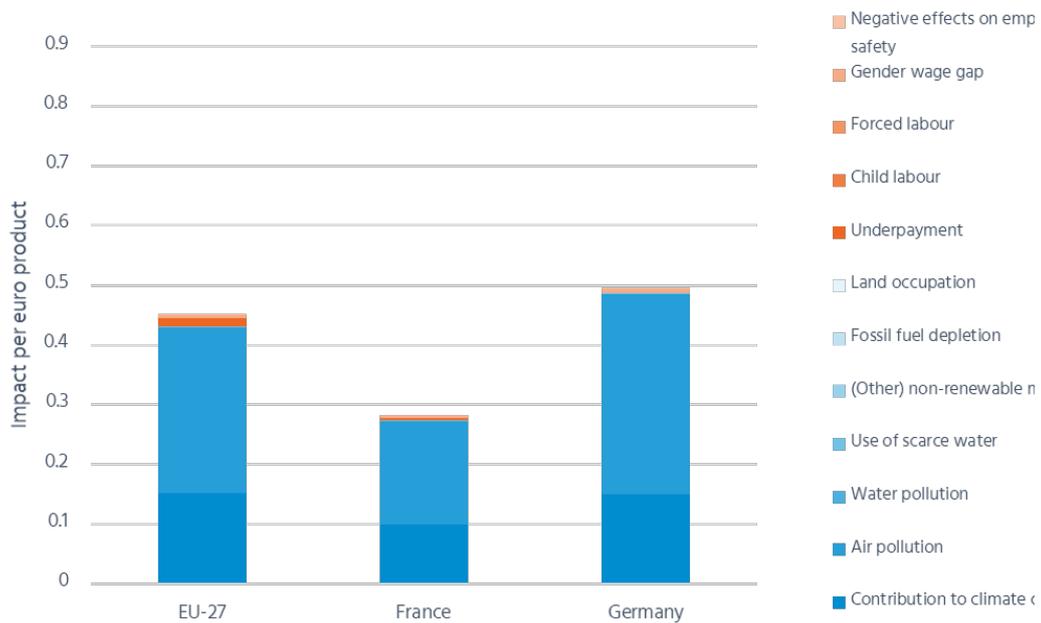


Abbildung 13: Externe Kosten (ohne Auswirkungen auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette) in der Zementindustrie im Jahr 2019 (Auswirkungen je Euro Produkt)

4.2 ERGEBNISSE DER VERTIEFUNGSTUDIEN (DEEP DIVES)

4.2.1 ZEMENTINDUSTRIE

Konventionelle Produktion

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Grundlagenstudie führte True Price eine Vertiefungsstudie über den umweltschädlichsten Schritt in der Wertschöpfungskette der Zementherstellung durch: der Kalzinierungsschritt. Der Kalzinierungsschritt ist Teil der Wertschöpfungskette von gewöhnlichem Portlandzement (OPC). Im Jahr 2016 entfielen rund 83 % des in der EU28 hergestellten Zements auf OPC (Europäische Kommission, o. D.). OPC ist in der Zementindustrie der EU das vorherrschende Produkt und besteht aus Klinker (kleine Gesteinspartikel) und Gips. Bei der Kalzinierung von OPC wird Kalkstein in einem Ofen großer Hitze ausgesetzt, wobei Kalziumoxid (ein wichtiger Bestandteil von Klinker) und CO₂ entstehen. Insbesondere entsteht bei der Kalzinierung CO₂ auf zweierlei Weise: durch die Verbrennung des fossilen Brennstoffs und durch die chemische Reaktion im Ofen. OPC hat sowohl Umwelt- als auch Haltbarkeitsprobleme (Gevaudan et al., 2019). Obwohl OPC daher intensiv erforscht wird, ist es aufgrund unklarer und sich ändernder Definitionen von Zementarten und fehlender Informationen über solche Alternativen, die sich an die Endnutzer richten, schwierig, sich in den Alternativen zu OPC zurechtzufinden, die wertvolle Möglichkeiten für klare Leitlinien bieten könnten.

Grüne Alternative

Bei dem in dieser Vertiefungsstudie untersuchten alternativen Zement handelt es sich um eine Art Geopolymer-Zement. Ein Geopolymer-Zement stellt eine Alternative zu OPC für Infrastruktur-, Bau- und

Offshore-Anwendungen dar und kann aus Nebenprodukten der Industrie wie Hochofenschlacke¹⁷ oder Kohleflugasche¹⁸, alkalischem Reagenz (einer chemischen Substanz) und Wasser bestehen (Davidovits, 2013). Der in dieser Vertiefungsstudie untersuchte Geopolymer-Zement besteht aus Flugasche, die in der Industrie als Nebenprodukt anfällt, und einer Alkali-Silikat-Lösung. Da Flugasche Kalziumoxid enthält (Fauzi et al., 2016), ist es nicht erforderlich, dieses Einsatzprodukt zu kalzinieren. Die Verwendung von Flugasche im Gegensatz zu Kalkstein (der in OPC verwendet wird) erfordert daher weniger Energie und bietet eine umweltfreundliche Alternative zu OPC. Insbesondere wird OPC-Klinker manchmal mit Flugasche gemischt, um seinen ökologischen Fußabdruck zu verringern (Zulaiha Razi et al., 2020).

Ergebnisse

Der Kalzinierungsschritt bei der Herstellung von OPC verursachte 2019 in Italien 222,08 € pro Tonne OPC an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 83,03 € pro Tonne OPC an externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung. Um diese Zahlen in die richtige Perspektive zu rücken: Der Marktpreis für OPC in den Vereinigten Staaten lag 2019 bei etwa 109 € pro Tonne (Statista, 2021). Dies bedeutet, dass die externen Kosten von OPC aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und der Luftverschmutzung bei der Kalzinierung (ohne Berücksichtigung anderer ökologischer oder sozialer Kosten) das 2,8-fache des Marktpreises von OPC betragen. Unter Berücksichtigung der durch Zementprodukte verursachten Umweltschäden wäre eine umweltfreundliche Alternative zu OPC, deren Marktpreis unter 400 € pro Tonne Zement liegt, immer noch billiger als OPC (vorausgesetzt, die externen Kosten dieser umweltfreundlichen Alternative sind vernachlässigbar).

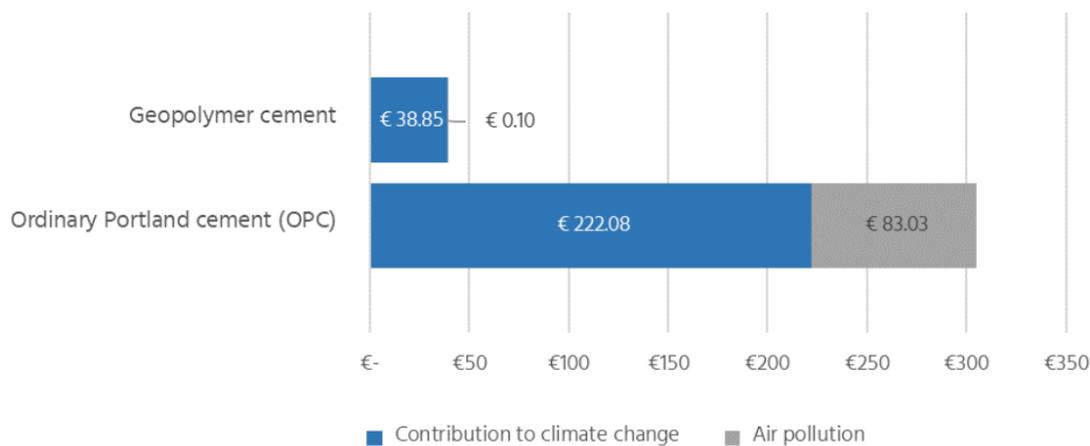


Abbildung 14: Externe Kosten des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung durch die Kalzinierung bei der Zementherstellung in Italien im Jahr 2019 (EUR/Tonne Produkt)

Die externen Kosten des Kalzinierungsschritts bei der OPC-Herstellung aufgrund des Beitrags zum Klimawandel werden hauptsächlich durch zwei Prozesse verursacht, die während der Kalzinierung stattfinden: Der erste ist die stattfindende chemische Reaktion (bei der CO₂ ein Nebenprodukt ist), die 66 % des Beitrags zum Klimawandel verursacht. Der zweite ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe, die 27 % des Beitrags zum Klimawandel verursacht. Ein relativ kleiner Teil der externen Kosten des Beitrags zum Klimawandel (7 %) ist auf die Nutzung von Graustrom zurückzuführen.

Die externen Kosten des Kalzinierungsschritts bei der OPC-Herstellung aufgrund von Luftverschmutzung werden größtenteils durch die Bildung von Feinstaub (75 %), die Bildung von photochemischen Oxidantien (15 %) und die Versauerung (8 %) verursacht (größtenteils aufgrund von NO_x-Emissionen und zu einem kleineren Teil aufgrund des Graustromverbrauchs).

Die grüne Alternative zu OPC ist ein Geopolymer-Zement, der aus Flugasche, die als Nebenprodukt in der Industrie anfällt, Wasser und einem alkalischen Reagenz besteht. Flugasche entsteht bei der Verbrennung von

17 Der Rückstand, der bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Hochöfen zurückbleibt.

18 Dies sind feine Staub- oder Aschepartikel, die bei der Verbrennung von Brennstoffen wie Kohle oder Öl entstehen.

Kohle und wird daher in großem Umfang produziert (Basham et al., 2007). Es kann entweder OPC zugesetzt werden, um Klinker teilweise zu ersetzen, oder es kann zur Herstellung von Geopolymer-Zement verwendet werden. Die externen Kosten von Geopolymer-Zement belaufen sich auf 38,85 € pro Tonne Zement für den Beitrag zum Klimawandel (verursacht durch die Herstellung des Alkali-Reagens) und auf 0,10 € pro Tonne Zement für die Luftverschmutzung (verursacht durch den (grünen) Stromverbrauch).

Obwohl in dieser Studie nicht berücksichtigt, müssen Zementhersteller, die ihren ökologischen Fußabdruck durch die Substitution von Klinker durch Nebenprodukte der Industrie, wie z. B. Flugasche, verringern wollen, auch die Auswirkungen des Transports von Flugasche zum Produktionsstandort berücksichtigen (für den Fall, dass der Standort nicht die erforderliche Menge an Flugasche produziert (McLellan et al., 2011)).

4.2.2 STAHLINDUSTRIE

Konventionelle Produktion

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Grundlagenstudie konzentriert sich der Bericht auf den umweltschädlichsten Teil der Wertschöpfungskette (in Bezug auf den Beitrag zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung) eines Stahlprodukts, nämlich warmgewalzte Spulen. Der Teil der Wertschöpfungskette wird im Folgenden als Hochofenroute dargestellt. Die Hochofenroute wird an ca. 60 % der Stahlproduktionsstandorte in der EU eingesetzt (Eurofer, 2020). Sie umfasst eine Sinteranlage, einen Hochofen und einen Sauerstoffblasofen und beinhaltet die Erhitzung von Eisenerz zu Pellets, die erhitzt und mit Sauerstoff behandelt werden, um flüssigen Rohstahl zu erhalten. In diesem Teil der Wertschöpfungskette wurde erwartet, dass die Verbrennung fossiler Brennstoffe und die erforderliche Hochtemperaturerwärmung in hohem Maße zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung beitragen.

Grüne Alternative

Auf der Suche nach einer Verringerung der Umweltauswirkungen wird die Hochofenroute mit der HYBRIT-Route verglichen (HYBRIT, o. D.). Bei der HYBRIT-Route handelt es sich um eine Pilotstudie in Schweden, bei der ein Teil der in der Stahlproduktion verwendeten fossilen Brennstoffe durch Ökostrom ersetzt und das Eisenerz mit Wasserstoffgas behandelt wird, wodurch die erforderliche Wärmeenergie reduziert wird. Mit diesem Verfahren kann aus Eisenerzkonzentrat der gleiche Rohstahl erzeugt werden wie mit dem Hochofenverfahren. Im HYBRIT-Pilotprojekt wird der Wasserstoff aus erneuerbaren Energien gewonnen, um Emissionen zu vermeiden.

Konventionelle Produktion

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass – während in der vorliegenden Studie davon ausgegangen wird, dass der Wasserstoff tatsächlich aus erneuerbaren Energien gewonnen wird – dies ein unwahrscheinliches Szenario darstellt, da 95 % des Wasserstoffs in der EU derzeit aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird (Hydrogen Europe, 2021). Auch wenn die HYBRIT-Methode geringere Auswirkungen auf die Umwelt haben könnte als die Hochofen-Route, basieren beide Methoden auf der Verwendung von Eisenerz (einer nicht erneuerbaren Ressource), so dass keine von ihnen wirklich umweltfreundlich ist.

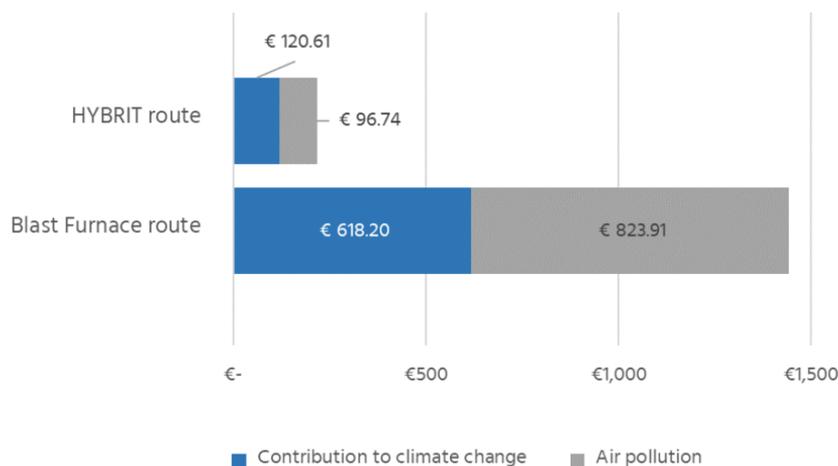


Abbildung 15: Externe Kosten des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung der Teilwertschöpfungskette von warmgewalzten Spulen in Deutschland im Jahr 2019 (EUR/Tonne Produkt)

Ergebnisse

Die Herstellung von Stahl in Deutschland über die Hochofenroute verursachte im Jahr 2019 pro Tonne Stahlprodukt 618,20 € an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 823,91 € an externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung. Zum Vergleich: Der europäische Preis für warmgewalzte Stahlspulen lag 2019 bei etwa 470 € pro Tonne (World Steel Prices, 2020). Die externen Kosten der Hochofenroute der Stahlproduktion allein aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung (ohne andere ökologische oder soziale Kosten) entsprechen somit dem 3,1-fachen des Marktpreises für warmgewalzte Stahlspulen. Unter Berücksichtigung der durch Stahlerzeugnisse verursachten Umweltschäden wäre eine umweltfreundliche Alternative, deren Marktpreis unter 1.900 € pro Tonne Stahlerzeugnis liegt, immer noch billiger als Stahl, der über die Hochofenroute hergestellt wird (vorausgesetzt, die externen Kosten dieser umweltfreundlichen Alternative sind vernachlässigbar).

Sowohl der Beitrag zum Klimawandel als auch die Luftverschmutzung bei der konventionellen Stahlerzeugung werden weitgehend durch Emissionen verursacht, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen. Ein kleiner Teil des Beitrags zum Klimawandel wird durch den Verbrauch von grauem Strom verursacht. In Deutschland wird der Strom zu einem großen Teil aus Kohle und anderen fossilen Brennstoffen gewonnen, wodurch die Stromnutzung im Vergleich zur Nutzung von Ökostrom relativ umweltbelastend ist. Was die externen Kosten der Luftverschmutzung betrifft, so sind 63 % auf die Bildung von Feinstaub und 29 % auf die Humantoxizität zurückzuführen, die beide negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen haben.

Im Vergleich dazu verursachte die Herstellung von warmgewalzten Stahlspulen in Deutschland über die HYBRIT-Route im Jahr 2019 pro Tonne Stahlprodukt 120,61 € an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 96,74 € an externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung. Zwar wird auf diesem Weg deutlich mehr Strom benötigt, doch handelt es sich dabei nur um grünen Strom, der deutlich weniger zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung beiträgt als grauer Strom. Darüber hinaus erfordert die HYBRIT-Route weniger fossile Brennstoffe für die Verbrennung, was im Vergleich zur Hochofen-Route sowohl die Luftverschmutzung als auch den Beitrag zum Klimawandel reduziert. Um die Umweltkosten der Stahlproduktion weiter zu minimieren, muss sich die Industrie bemühen, den Einsatz fossiler Brennstoffe zu vermeiden und die Verwendung nicht erneuerbarer Ressourcen wie Eisenerz zu minimieren.

4.2.3 CHEMIEINDUSTRIE

Konventionelle Produktion

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Grundlagenstudie wird in der Vertiefungsstudie der umweltschädlichste Schritt der Wertschöpfungskette bei der Herstellung von HDPE bewertet: das konventionelle Dampfcracken. HDPE, oder Polyethylen hoher Dichte, ist ein häufig verwendeter Kunststoff¹. Ein Beispiel für ein Produkt, für das es verwendet wird, sind Installationsrohre aus HDPE.

Kunststoffe werden in der Chemieindustrie hergestellt und machen einen bedeutenden Teil der Kategorie Basischemikalien aus, auf die im Jahr 2018 60 % der Chemieverkäufe in der EU entfielen (CEFIC, 2020-b). Der in dieser Vertiefungsstudie untersuchte Schritt der Wertschöpfungskette wird als „Dampfcracken“ bezeichnet. Viele chemische Produkte erfordern diesen Schritt in der Wertschöpfungskette. Vereinfacht gesagt, werden beim Dampfcrackverfahren Einsatzprodukte wie Naphtha oder Ethan (große Kohlenwasserstoffe¹⁹) zugeführt und erhitzt (oder „gecrackt“), um Ethylen und andere kleinere Kohlenwasserstoffe zu erhalten. Ethylen ist einer der weltweit am meisten produzierten Rohstoffe in der petrochemischen Industrie (gemessen am Volumen)²⁰.

19 Kohlenwasserstoffe sind Verbindungen, die aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen.

20 Im Jahr 2014 wurden weltweit 167 Millionen Tonnen Ethylen produziert (van Gijzel, 2017).

Grüne Alternative

Der Prozess des Dampfkrackens ist aufgrund seines hohen Bedarfs an thermischer Energie ein energieintensiver Prozess. Derzeit wird die Wärme für diesen Prozess durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen erzeugt. Um die CO₂-Emissionen zu reduzieren, suchen Unternehmen der Chemieindustrie nach Möglichkeiten, ihre Umweltauswirkungen zu verringern. Eine Möglichkeit dazu ist die Entwicklung von Dampfkrackern, die ausschließlich mit (grünem) Strom betrieben werden. Während diese Technologie noch in den Kinderschuhen steckt (Amghizar et al., 2020), werden in der aktuellen Vertiefungsstudie die externen Kosten eines solchen elektrischen Dampfkrackers geschätzt.

In der Studie wird davon ausgegangen, dass die benötigte Energiemenge für den konventionellen und den elektrischen Dampfkracker gleich groß ist. Bei letzteren wird der für die Verbrennung verwendete fossile Brennstoff durch Ökostrom ersetzt. Die Ergebnisse werden ein besseres Verständnis der Umweltauswirkungen des herkömmlichen Dampfkrackverfahrens ermöglichen.

Dekarbonisierung der Chemieindustrie

Versuche, die Umweltauswirkungen von Wertschöpfungsketten in der Chemieindustrie zu reduzieren, ohne sich mit den Auswirkungen ihrer Ausgangsstoffe (hauptsächlich fossile Brennstoffe) zu befassen, können nicht als realistischer und ernsthafter Versuch einer Dekarbonisierung der Industrie angesehen werden. Die Chemieindustrie stellt eine Vielzahl von Produkten sowohl für andere Industrien als auch für die Verbraucher her und wird daher als integraler Bestandteil der Gesellschaft angesehen. Wenn sich die Industrie jedoch auf dem Weg zur Klimaneutralität im Jahr 2050 bewegen soll, muss die Gesellschaft ihren Blickwinkel erweitern und sowohl die Umweltauswirkungen ihrer Produktionsprozesse als auch die Dekarbonisierung ihrer Rohstoffe in Betracht ziehen. Während die Chemieindustrie derzeit große Mengen an fossilen Brennstoffen als Ausgangsmaterial für Produkte wie Kunststoffe verwendet, kann das fossile Ausgangsmaterial der in der aktuellen Studie betrachteten Installationsrohre aus HDPE durch eine umweltfreundlichere Alternative ersetzt werden. In der Tat gibt es für viele andere chemische Produkte alternative Rohstoffe wie Algen und Mais²¹.

„Die Chemieindustrie ist einzigartig, was die Nutzung fossiler Brennstoffe angeht. Während die meisten Industrien fossile Brennstoffe als Energiequelle nutzen, verbraucht die Chemieindustrie etwa die Hälfte des Bedarfs des Sektors als Rohstoff: Die fossilen Ressourcen werden als Rohstoff für eine Vielzahl von weit verbreiteten Produkten wie Kunststoffe, Düngemittel, Waschmittel oder Reifen verwendet“.

- DENA, 2019 (Deutsche Energie-Agentur)

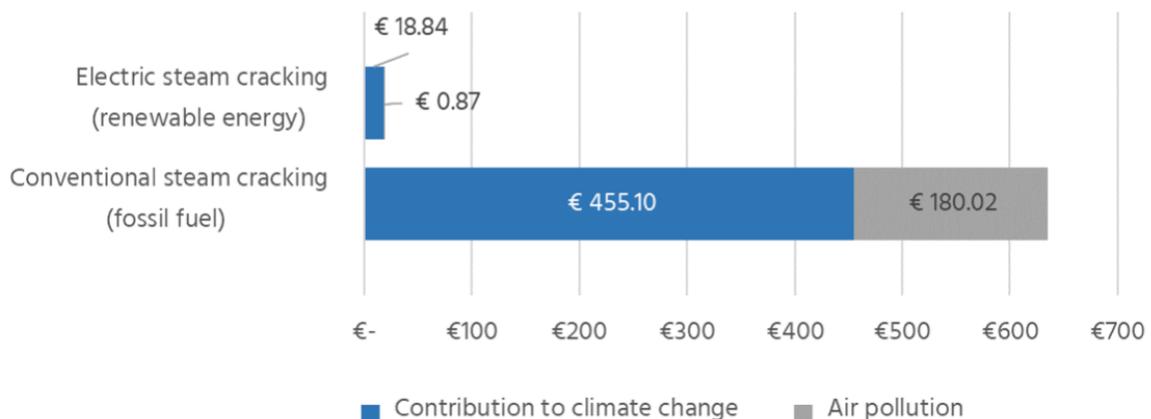


Abbildung 16: Externe Kalkulation des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung durch Dampfkracken bei HDPE in Frankreich im Jahr 2019 (EUR/Tonne Produkt)

21 Weitere Einzelheiten zu grünen Alternativen zu fossilen Rohstoffen finden Sie in Anhang 6.³

Diese alternativen Rohstoffe können unter anderem zur Herstellung von Polypropylen (PP) (Hauptbestandteil von Lebensmittelverpackungen, Behältern, Banknoten usw.), Polyethylen (PE) (für Einkaufstaschen, Spielzeug usw.) und PET (z. B. für Wasser- und Softdrinkflaschen) verwendet werden. Da für den Anbau von erneuerbaren Rohstoffen in der Regel Land benötigt wird, führt ihre Verwendung zu Umweltbelastungen durch den Verlust der biologischen Vielfalt aufgrund der Landnutzung. Alternative Rohstoffe bieten jedoch eine sinnvolle Möglichkeit, den ökologischen Fußabdruck der Chemieindustrie zu verringern.

Ergebnisse

Der Schritt des Dampfkrackens bei der Herstellung von Installationsrohren aus HDPE verursachte 2019 in Frankreich pro Tonne HDPE 455,10 € an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 180,02 € an externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung. Um diese Zahlen ins rechte Licht zu rücken: Im Jahr 2019 lag der durchschnittliche europäische Marktpreis für HDPE bei rund 1.260 € pro Tonne HDPE-Rohr (PlasticPortal, 2019). Daraus ergibt sich, dass die externen Kosten der HDPE-Produktion allein aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung (ohne Berücksichtigung anderer ökologischer oder sozialer Kosten) etwa die Hälfte des Marktpreises für ein Installationsrohr aus HDPE ausmachen. Unter Berücksichtigung der durch HDPE-Produkte verursachten Umweltschäden wäre eine umweltfreundliche Alternative, deren Marktpreis unter 1.890 € pro Tonne HDPE-Produkt liegt, billiger als HDPE, das mit dem herkömmlichen Dampfcracker hergestellt wird (unter der Annahme, dass die externen Kosten der grünen Alternative vernachlässigbar sind).

Beim Dampfcracken muss das Ausgangsprodukt unter hohem Energieaufwand auf hohe Temperaturen erhitzt werden. Die externen Kalkulationen des Dampfcrackens bei der HDPE-Herstellung aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung werden daher durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe und die damit verbundenen Emissionen in die Luft verursacht. Der Stromverbrauch macht einen relativ kleinen Teil der externen Kosten aus. Der Fußabdruck des Stromverbrauchs hängt von der Menge des verbrauchten Stroms und der Art der Quellen ab, die zur Stromerzeugung genutzt werden. In Frankreich wird der größte Teil des Stroms durch Kernenergie erzeugt (World Nuclear Association, 2021). Im Vergleich zu Kohle, Gas und Öl setzt die Kernkraft nur geringe CO₂-Emissionen frei. Die externen Kosten des Dampfcrackens in Ländern, in denen mehr Kohle, Gas oder Öl zur Stromerzeugung verwendet wird, werden daher höhere externe Kosten des Dampfcrackens aufweisen als in Frankreich.

In dem alternativen Szenario wird das Dampfcracken mit Strom betrieben. Diese Technologie steckt zwar noch in den Kinderschuhen, aber die Unternehmen forschen derzeit so, dass sie ein praktikables Alternativszenario darstellt (Amghizar et al., 2020). In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass der gesamte Strom aus erneuerbaren Ressourcen erzeugt wird. Wäre die mit (grünem) Strom betriebene Dampfcrackanlage im Jahr 2019 in Frankreich verfügbar gewesen, wäre ihr Beitrag zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung wesentlich geringer gewesen als der der konventionellen Dampfcrackanlage: Die alternative Dampfcrackanlage hätte in Frankreich im Jahr 2019 pro Tonne HDPE 18,84 € an Kosten für den Beitrag zum Klimawandel und 0,87 € an Kosten für die Luftverschmutzung verursacht.

4.2.4 SCHÄTZUNGEN DER WAHREN KOSTEN FÜR ZEMENT, STAHL UND CHEMISCHE ERZEUGNISSE

Nach Schätzungen der Energy Transitions Commission (ETC) wird der Anstieg der Produktkosten für dekarbonisierte Kunststoff-, Stahl- und Zementprodukte im Jahr 2018 gering sein (bis zu 3 %). Aus Tabelle 8 geht hervor, dass die Produktkosten (ohne externe Kosten) eines Kunststoffprodukts nach Schätzungen der ETC weniger als 1 % höher sind als die Produktkosten einer Kunststoffflasche, die mit herkömmlichen (umweltschädlichen) Techniken hergestellt wird. Für Zementprodukte werden die Produktkosten um 3 % höher geschätzt, für Stahlprodukte um 1 %.

Tabelle 8. Auswirkungen auf die Produktkosten einer dekarbonisierten Produktion (Energy Transitions Commission, 2018)

Industrie	Produkt	Zusätzliche Kosten für das Endprodukt (absolut)	Zusätzliche Kosten für das Endprodukt (relativ)
Zement	Haus (im Wert von 500.000 USD)	+ 15.000 USD	+ 3 %
Stahl	Auto	+ 180 USD	+ 1 %
Kunststoffe	Flasche Limonade	+ 0,01 USD	< 1 %

Um die tatsächlichen Kosten von Zement, Stahl und chemischen Produkten zu schätzen, kombiniert dieser Bericht die Schlussfolgerungen der Energy Transitions Commission (2018) mit ihren aktuellen Erkenntnissen. Konkret vergleicht der Bericht den Marktpreis, die externen Kosten des Beitrags zum Klimawandel und die externen Kosten der Luftverschmutzung²² von konventionellen Zement-, Stahl- und Chemieprodukten mit ihren grünen Alternativen²³.

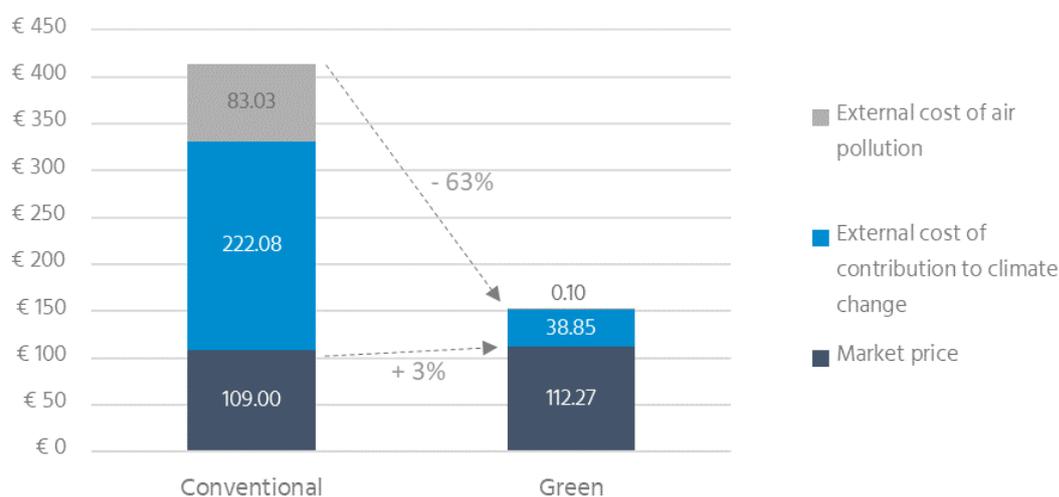


Abbildung 17: Kalkulation der tatsächlichen Kosten eines Zementprodukts im Jahr 2019 (EUR/Tonne Produkt)

22 Bitte beachten Sie, dass sich diese Kalkulationen der externen Kosten nur auf die externen Kosten des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung ausgewählter Stufen der Wertschöpfungskette beziehen. Bei der Bewertung der gesamten Wertschöpfungskette der Zement-, Stahl- und Chemieproduktion werden die externen Kosten wahrscheinlich höher sein (es sei denn, die außerhalb des Anwendungsbereichs liegenden Stufen der Wertschöpfungskette verursachen keine externen Kosten). Darüber hinaus sind der Beitrag zum Klimawandel und die Luftverschmutzung nicht die einzige Art und Weise, in der die Zement-, Stahl- und Chemieproduktion negative Auswirkungen auf die Menschen und den Planeten haben kann. Beispiele darüber hinaus sind der Verlust der Biodiversität durch Landnutzung, Boden- und Wasserverschmutzung. Für diese aktuellen Ergebnisse sind diese Auswirkungen nicht relevant. Werden darüber hinaus diese zusätzlichen Arten der Schädigung von Mensch und Umwelt in die Studie einbezogen, dürften die externen Kalkulationen der Zement-, Stahl- und Chemieproduktion noch höher sein.

23 Laut Energy Transitions Commission (2018) liegen die relativen zusätzlichen Kosten für das Endprodukt von Kunststoff bei < 1 %. Da der genaue relative Kostenanstieg nicht bekannt ist, wurde bei den Berechnungen 1 % für die zusätzlichen Kosten des Endprodukts aus Kunststoff zugrunde gelegt.

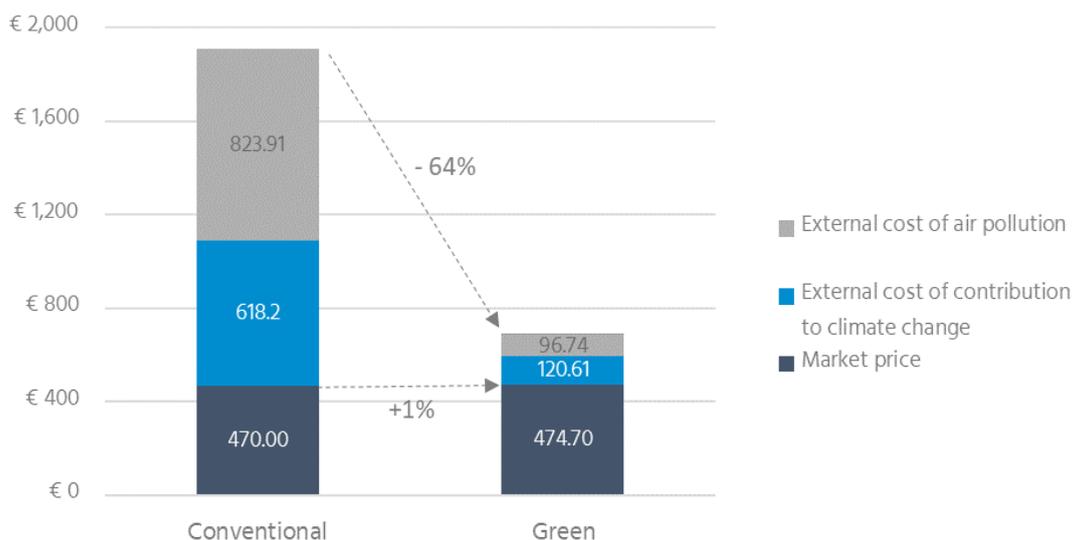


Abbildung 18: Schätzung der tatsächlichen Kosten für ein Stahlprodukt im Jahr 2019 (EUR/Tonne Produkt)

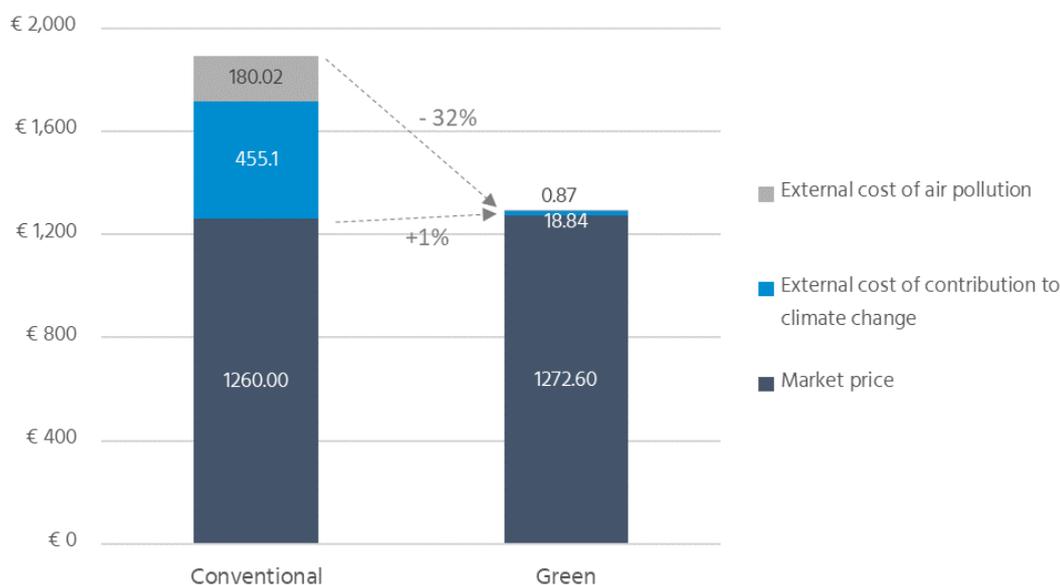


Abbildung 19: Schätzung der tatsächlichen Kosten eines Kunststoffprodukts im Jahr 2019 (EUR/Tonne Produkt)

Die Abbildungen 17, 18 und 19 zeigen die tatsächlichen Kosten, wie sie auf der Grundlage der Ergebnisse dieses Berichts geschätzt werden, sowie den geschätzten Anstieg der Produktkosten für umweltfreundliche Alternativen zu konventionell hergestellten Zement-, Stahl- und Chemieprodukten²⁴. Die Zahlen zeigen, dass in allen drei Sektoren die Schätzung der tatsächlichen Kosten für das konventionell hergestellte Produkt höher ist als die Schätzung der tatsächlichen Kosten für die grüne Alternative.

In der Zementindustrie sinken die geschätzten tatsächlichen Kosten eines Zementprodukts um 63 %, wenn die konventionellen Produktionsmethoden durch eine umweltfreundliche Alternative ersetzt werden. Bei Stahlerzeugnissen sinken die geschätzten tatsächlichen Kosten um 64 %, wenn die konventionelle Produktion durch eine grüne Alternative ersetzt wird. Bei Kunststoffprodukten schließlich (die einen erheblichen Anteil an der Chemieindustrie der EU ausmachen) sinken die geschätzten tatsächlichen Kosten um 32 %, wenn die konventionelle Produktion durch eine grüne Alternative ersetzt wird.

²⁴ Laut Energy Transitions Commission (2018) liegen die relativen zusätzlichen Kosten für das Endprodukt von Kunststoff bei < 1%. Da der genaue relative Kostenanstieg nicht bekannt ist, wurde bei den Berechnungen 1% für die zusätzlichen Kosten des Endprodukts aus Kunststoff zugrunde gelegt.

KASTEN 2: BEISPIEL FÜR DIE INTERPRETATION DER SCHÄTZUNG DER TATSÄCHLICHEN KOSTEN

Die tatsächlichen Kosten eines Autos

Die tatsächlichen Kalkulationen von Produkten (wie z. B. Autos) werden den Verbrauchern oft nicht klar mitgeteilt. Diese Studie zeigt, dass der Kauf eines Autos aus umweltschädlichem Stahl im Vergleich zu einem Fahrzeug aus umweltfreundlichem Stahl in Bezug auf die tatsächlichen Kosten teurer sein kann. Ein Beispiel: Wenn die Verbraucher den Kauf eines neuen Autos in Erwägung ziehen, möchten sie vielleicht wissen, wie schädlich die Produktion dieses Autos für Mensch und Umwelt war. Ein durchschnittliches Auto enthält etwa 900 kg Stahl (WorldSteel, 2021). In diesem Beispiel gehen wir davon aus, dass der im Auto verwendete Stahl aus neuem (nicht recyceltem) Material besteht.

Die externen Kosten für den Beitrag zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung würden den Preis des Autos um $(0,900 \cdot 618,20 \text{ €} + 0,900 \cdot 823,91 \text{ €} =) 1.297,90 \text{ €}$ erhöhen, wenn es mit konventionellen Techniken hergestellt würde. Hätte der Stahlhersteller in umweltfreundliche Techniken investiert und seinen Stahl umweltverträglicher produziert, würden die externen Kosten für den Beitrag zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung die tatsächlichen Kosten eines Autos wesentlich weniger stark erhöhen: Die zusätzlichen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung würden sich auf $(0,900 \cdot 120,61 \text{ €} + 0,900 \cdot 96,74 \text{ €} =) 195,62 \text{ €}$ der tatsächlichen Kosten des Autos belaufen.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 ÜBERGANG ZU DEN KLIMAZIELEN

Die Zement-, Stahl- und Chemieindustrien der EU liefern viele Produkte, die in der heutigen Gesellschaft häufig verwendet werden, z. B. Materialien für das Baugewerbe und den Automobilssektor. Die derzeitigen Produktionsmethoden sind jedoch mit Kosten verbunden. Vor allem die energieintensive Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU schaden den Menschen und unserem Planeten. Diese externen Kosten werden nicht von den Industrien getragen. Vielmehr werden sie von der Gesellschaft und den künftigen Generationen getragen.

Wahrscheinlich sind sich viele EU-Bürger der Tragweite dieses Problems nicht bewusst. Externe Kosten, insbesondere Umweltkosten, sind oft nicht sichtbar und können schwer zu erfassen sein. Umweltaspekte werden in der Regel nicht ausdrücklich auf dem Preisschild der Produkte angegeben. Im derzeitigen Wirtschaftssystem sind diese Kosten von der Kalkulation ausgeschlossen.

In seiner Rolle als Kontrollorgan kann das Europäische Parlament die Industrie zur Rechenschaft über die von ihr verursachten externen Kosten ziehen. Indem es die externen Kosten transparent macht und die Industrie für die von ihr verursachten externen Kosten zahlen lässt, wird das Europäische Parlament den sozial-ökologischen Wandel seiner energieintensiven Industrien fördern. Untersuchungen haben gezeigt, dass das derzeitige ETS-System (das auf eine Verringerung der Emissionen abzielt) nicht nur nicht zu einer Verringerung der Emissionen, sondern auch zu finanziellen Gewinnen der umweltverschmutzenden Unternehmen beigetragen hat (CE Delft, 2021). Das derzeitige ETS-System unterstützt also diese Unternehmen und ihre umweltschädlichen Praktiken. Wenn das Europäische Parlament seine Zement-, Stahl- und Chemieindustrien zu einem Übergang zu sozial gerechten und ökologisch nachhaltigen Industrien anregen und seine Klimaziele erreichen will, muss es das System ändern.

5.2 EXTERNE KOSTEN DER ZEMENT-, STAHL- UND CHEMIEINDUSTRIE DER EU IM JAHR 2019

Dieser Bericht kommt zu dem Ergebnis, dass die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie in der EU im Jahr 2019 84, 202 bzw. 169 Milliarden Euro Schaden für die Gesellschaft verursacht haben. Der Beitrag der Industrie zum Klimawandel, zur Erschöpfung der fossilen Brennstoffe und zur Luftverschmutzung macht einen großen Teil dieser externen Kosten aus. Im Vergleich dazu trägt die Stahlindustrie am meisten zum Schaden der Gesellschaft bei, vor allem durch die von ihr verursachte Luftverschmutzung. Die Luftverschmutzung wird durch die Bildung von Feinstaub und (krebserregende) Humantoxizität verursacht. Die externen Kosten der Luftverschmutzung sind von Land zu Land unterschiedlich, wobei die bevölkerungsreichsten Länder – Deutschland, Frankreich, Italien und Spanien – am meisten dazu beitragen. Im Durchschnitt belaufen sich die externen Kosten der EU27-Länder und ihrer Zement-, Stahl- und Chemieindustrie auf 0,84 €, 2,01 € bzw. 2,52 € je Euro Produkt. In allen drei Industrien werden die externen Kosten durch die Luftverschmutzung, die Erschöpfung fossiler Brennstoffe und den Beitrag zum Klimawandel bestimmt.

5.2.1 DIE ZEMENTINDUSTRIE

Die Zementindustrie zeichnet sich durch eine Vor-Ort-Produktion aufgrund von sperrigen, schweren Materialien aus. Zement wird hauptsächlich im Bauwesen verwendet. Die Zementindustrie sucht seit geraumer Zeit nach Möglichkeiten, den vorherrschenden Zementtyp (gewöhnlicher Portlandzement, OPC) zu ersetzen oder dessen Produktion zu verbessern, um sowohl die Qualität des Produkts als auch seinen ökologischen Fußabdruck zu verbessern. In dem Bericht wird festgestellt, dass es verschiedene Alternativen oder Teilsubstitute zu OPC gibt, die einen geringeren ökologischen Fußabdruck hinterlassen. Bei der Studie wurde festgestellt, dass der Kalzinierungsschritt bei der Herstellung von OPC 2019 in Italien 222,08 € pro Tonne OPC an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 83,03 € pro Tonne OPC an externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung verursachte. Um diese Zahlen in die richtige Perspektive zu rücken: Der Marktpreis für OPC in den Vereinigten Staaten lag 2019 bei etwa 109 € pro Tonne (Statista, 2021).

Unter Berücksichtigung der durch Zementprodukte verursachten Umweltschäden wäre eine umweltfreundliche Alternative zu OPC, deren Marktpreis unter 400 € pro Tonne Zement liegt, immer noch billiger als OPC (vorausgesetzt, die externen Kosten dieser umweltfreundlichen Alternative sind vernachlässigbar). Die in der Vertiefungsstudie über die Zementindustrie bewertete grüne Alternative ist ein Geopolymer-Zement, der Flugasche (ein Nebenprodukt der Industrie) enthält. Zum Vergleich: Die externen Kosten von Geopolymer-Zement betragen 38,85 € pro Tonne Zement für den Beitrag zum Klimawandel und 0,10 € pro Tonne Zement für die Luftverschmutzung. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Optimierung der Nutzung von Nebenprodukten der Industrie, die Senkung des Energieverbrauchs durch Verbesserung der Produktionseffizienz und die Umstellung auf umweltfreundliche Energienutzung ein großes Potenzial zur Senkung der externen Kosten der Zementindustrie bieten.

5.2.2 DIE STAHLINDUSTRIE

Dieser Bericht kommt zu dem Ergebnis, dass die Stahlproduktion in Deutschland über die Hochofenroute im Jahr 2019 pro Tonne Stahlprodukt 618,20 € an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 823,91 € an externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung verursacht hat. Zum Vergleich: Der europäische Preis für warmgewalzte Stahlspulen lag 2019 bei etwa 470 € pro Tonne (World Steel Prices, 2020). Unter Berücksichtigung der durch Stahlerzeugnisse verursachten Umweltschäden wäre eine umweltfreundliche Alternative, deren Marktpreis unter 1.900 € pro Tonne Stahlerzeugnis liegt, immer noch billiger als Stahl, der über die Hochofenroute hergestellt wird (vorausgesetzt, die externen Kosten dieser umweltfreundlichen Alternative sind vernachlässigbar).

Einige Unternehmen der Stahlindustrie suchen bereits nach Möglichkeiten, die Prozesse in ihren Wertschöpfungsketten nachhaltiger zu gestalten, indem sie sich ehrgeizige Ziele setzen. Sie können zum Beispiel

grünes Wasserstoffgas (das ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird) verwenden, um den Eisenerzanteil zu reduzieren und das herkömmliche und umweltschädliche Hochofenverfahren zur Stahlherstellung abzuschaffen. Auch wenn es noch ein weiter Weg ist, so ist es doch ein positives Zeichen, dass Unternehmen – wie die am HYBRIT-Pilotprojekt beteiligten – auf diesem Gebiet experimentieren.

Der Bericht kommt zu dem Ergebnis, dass die alternative Art der Stahlerzeugung (modelliert nach dem HYBRIT-Pilotprojekt) im Jahr 2019 in Deutschland pro Tonne Stahlprodukt 120,61 € an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 96,74 € an externen Kosten aufgrund der Luftverschmutzung verursachte. Angesichts der großen Schäden, die die Stahlindustrie der Gesellschaft zufügt, trägt die EU-Stahlindustrie eine große Verantwortung für die Verringerung ihres ökologischen Fußabdrucks. Sowohl in Bezug auf die Luftverschmutzung und den Beitrag zum Klimawandel als auch in Bezug auf die Verwendung von Rohstoffen (Eisenerz). Um die Nachfrage der Gesellschaft nach Anwendungen zu befriedigen, die derzeit mit konventionell hergestelltem Stahl abgedeckt werden, benötigt die Wirtschaft nachhaltigere Alternativen.

5.2.3 DIE CHEMIEINDUSTRIE

Die Nachfrage nach chemischen Produkten ist allgegenwärtig. Die Chemieindustrie stellt sowohl Produkte für Verbraucher als auch für viele andere Industrien her. Kunststoffe sind eines der wichtigsten Produkte der Chemieindustrie in der EU. Die herkömmliche Art der Kunststoffherstellung ist jedoch schädlich für Mensch und Umwelt, da sie große Mengen an fossilen Brennstoffen erfordert. Diesem Bericht zufolge verursachte das herkömmliche Dampfkracken bei der Herstellung von Installationsrohren aus HDPE im Jahr 2019 in Frankreich pro Tonne HDPE 455,10 € an externen Kosten aufgrund des Beitrags zum Klimawandel und 180,02 € an externen Kosten aufgrund von Luftverschmutzung. Im Gegensatz dazu hätte das elektrische Dampfkracken (unter ausschließlicher Verwendung von Ökostrom) in Frankreich im Jahr 2019 nur 18,84 € an Kosten für den Beitrag zum Klimawandel und 0,87 € an Kosten für die Luftverschmutzung pro Tonne HDPE verursacht. Um diese Zahlen ins rechte Licht zu rücken: Im Jahr 2019 lag der durchschnittliche europäische Marktpreis für HDPE bei rund 1.260 € pro Tonne HDPE-Rohr (PlasticPortal, 2019). Unter Berücksichtigung der durch HDPE-Produkte verursachten Umweltschäden wäre eine umweltfreundliche Alternative, deren Marktpreis unter 1.890 € pro Tonne HDPE-Produkt liegt, billiger als HDPE, das mit dem herkömmlichen Dampfkracker hergestellt wird (unter der Annahme, dass die externen Kosten der grünen Alternative vernachlässigbar sind).

Fossile Brennstoffe werden in der Kunststoffproduktion auf zwei Arten verwendet: Als Ausgangsmaterial und als Brennstoff (z. B. zum Heizen). Sowohl für Roh- als auch für Brennstoffe gibt es Alternativen. Die Chemieindustrie hat also zahlreiche Möglichkeiten, ihre externen Kosten zu senken. Die derzeitigen Versuche, elektrische Dampfkracker einzuführen, haben das Potenzial, den Beitrag zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung erheblich zu verringern. Damit die Chemieindustrie jedoch die Klimaziele der EU erreichen kann, muss die Verwendung von fossilen Rohstoffen in der Industrie berücksichtigt werden. Die Industrie muss sich umstellen, um alternative Rohstoffe und nachhaltige Praktiken einzuführen.

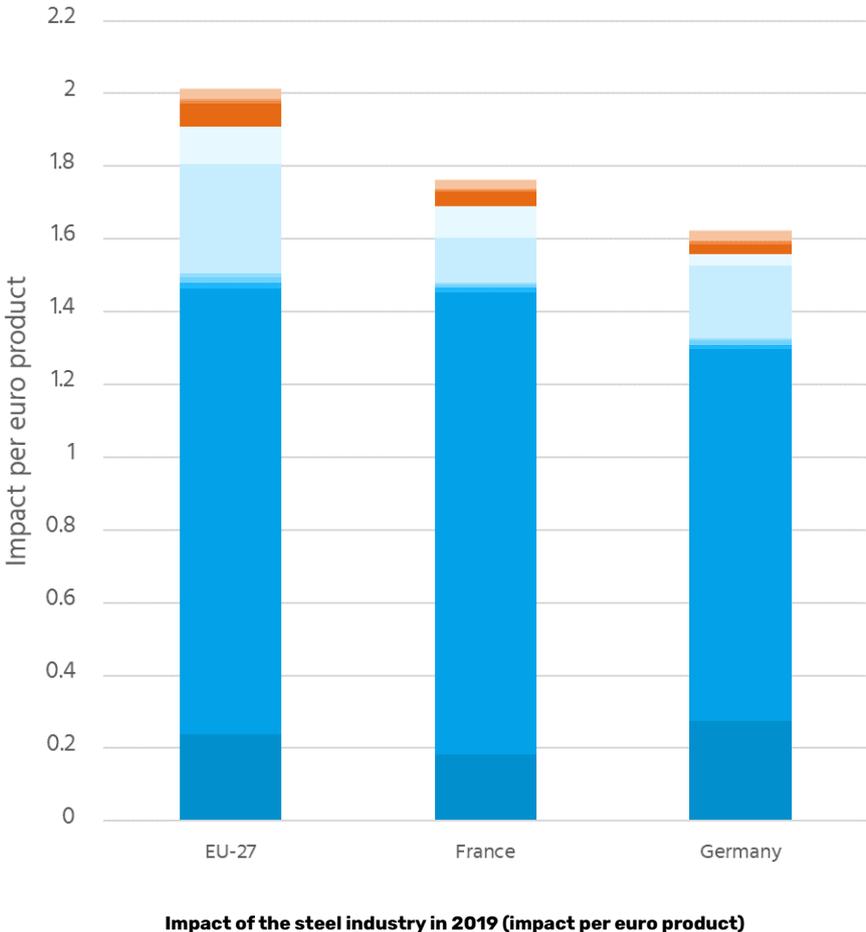
5.3 MÖGLICHKEITEN FÜR VERBESSERUNGEN

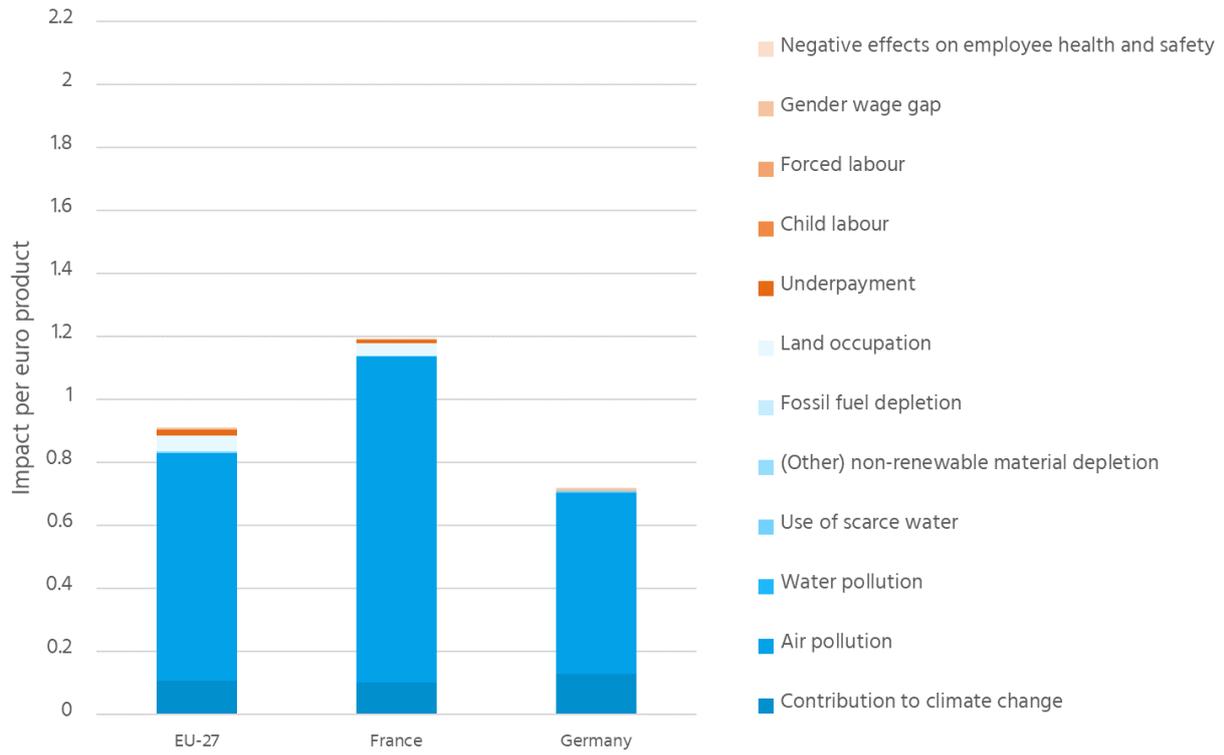
Die Ergebnisse dieses Berichts zeigen, dass es für die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU zahlreiche Verbesserungsmöglichkeiten gibt, um den Übergang zu einer sozial gerechten und umweltfreundlichen Industrie zu schaffen. Erstens sollte die Industrie ihren Energieverbrauch durch Verbesserung der Produktionseffizienz senken. Zweitens sollten sie die auf fossilen Brennstoffen basierende Energienutzung durch grüne Energie ersetzen. Drittens muss die Industrie die Verwendung von Recyclingmaterial optimieren, um den Einsatz von Neumaterial zu minimieren. Viertens sollten sie auf die Verwendung fossiler Brennstoffe als Ausgangsmaterial verzichten. Fünftens sollten die Unternehmen der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie ihre externen Kosten in die Entscheidungszyklen einbeziehen, um sowohl finanzielle als auch nicht-finanzielle Gewinne und Verluste zu berücksichtigen und zu steuern.

Um die Zement-, Stahl- und Chemieindustrie der EU zur Umstellung auf Industrien anzuregen, die die EU-Klimaziele einhalten, ist außerdem ein Systemwechsel erforderlich. So muss beispielsweise das EU-EHS-System aktualisiert werden, um den Übergang zu umweltfreundlichen Industrien zu unterstützen. Die für einen solchen Wandel aufgestellten Regeln müssen regelmäßig evaluiert werden, um sicherzustellen, dass sie ihren Zweck erfüllen. In seiner Rolle als Kontrollorgan kann das Europäische Parlament die Industrie zur Rechenschaft über die von ihr verursachten externen Kosten ziehen. Indem es die externen Kosten transparent macht und die Industrie für die von ihr verursachten externen Kosten zahlen lässt, wird das Europäische Parlament den sozial-ökologischen Wandel der energieintensiven Industrien der EU fördern.

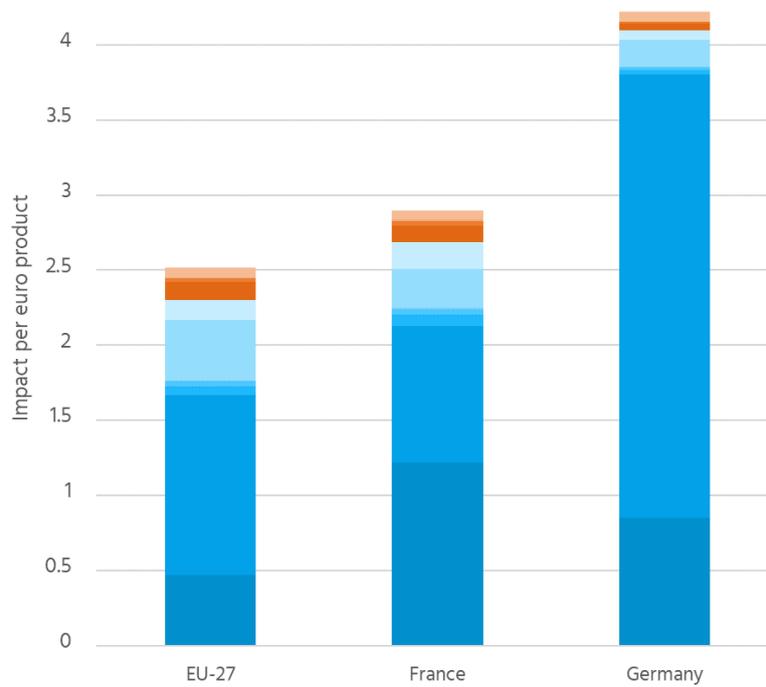
6. ANHANG

6.1 EXTERNE KOSTEN NACH INDUSTRIEN

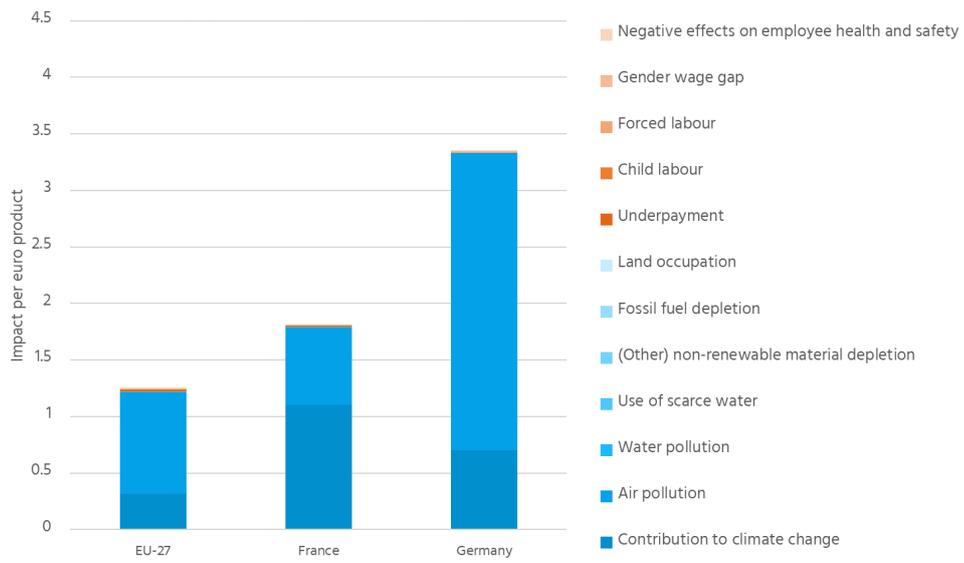




Direct impact (excl. upstream value chain impact) of the steel industry in 2019 (impact per euro product)



Impact of the chemical industry in 2019 (impact per euro product)

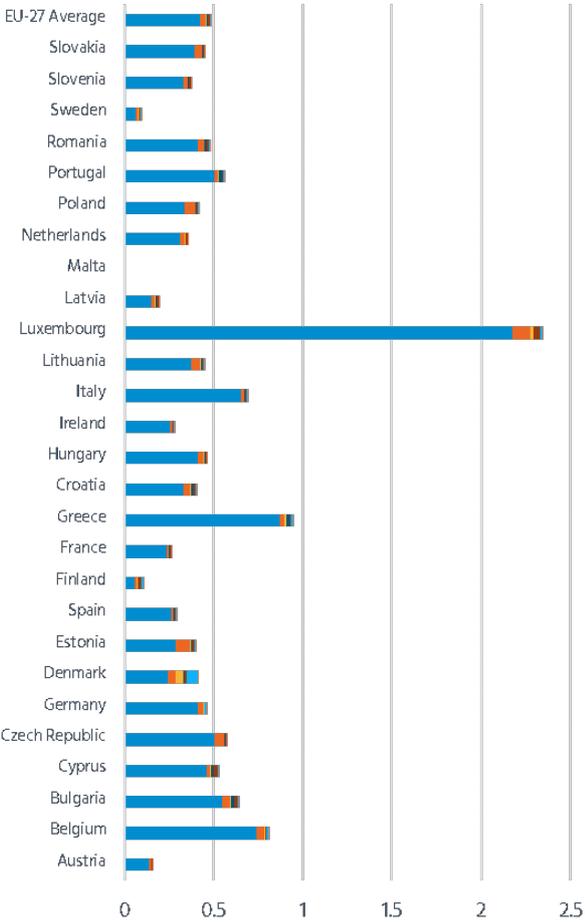


Direct impact (excl. upstream value chain impact) of the chemical industry in 2019 (impact per euro product)

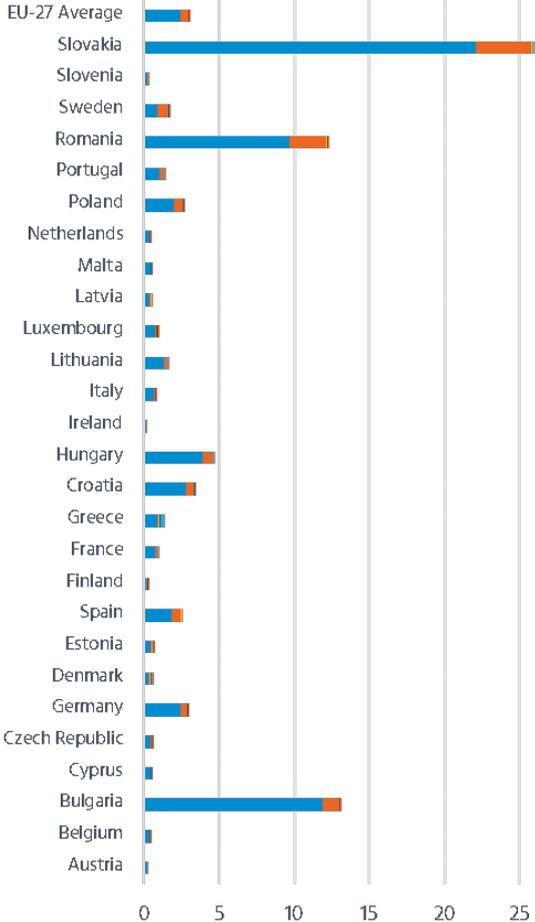
	Zementindustrie			Stahlindustrie			Chemieindustrie		
Externe Kosten (Einheit: Auswirkungen pro Euro Produkt)									
	EU27*	Frankreich	Deutschland	EU27*	Frankreich	Deutschland	EU27*	Frankreich	Deutschland
Gesamtauswirkungen	0,84	0,59	0,83	2,01	1,76	1,62	2,52	2,89	4,22
Gesellschaftliche Auswirkungen	0,06	0,05	0,03	0,10	0,07	0,07	0,22	0,21	0,12
Auswirkungen auf die Umwelt	0,79	0,54	0,80	1,91	1,69	1,56	2,30	2,69	4,10
Direkte Auswirkungen (ohne vorgelagerte Auswirkungen)	0,45	0,28	0,49	0,91	1,19	0,72	1,25	1,81	3,35
Gesellschaftliche Auswirkungen	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01
Auswirkungen auf die Umwelt	0,43	0,27	0,49	0,88	1,18	0,71	1,22	1,79	3,33
Externe Kosten (Einheit: Gesamtauswirkungen in Milliarden Euro, 2019)									
	EU27	Frankreich	Deutschland	EU27	Frankreich	Deutschland	EU27	Frankreich	Deutschland
Gesamtauswirkungen	83,95	8,71	15,62	202,25	21,58	49,97	169,46	27,55	26,65
Gesellschaftliche Auswirkungen	5,49	0,75	0,53	10,28	0,88	2,06	23,93	4,84	2,77
Auswirkungen auf die Umwelt	78,46	7,96	15,09	191,97	20,71	47,91	145,53	22,71	23,89
Direkte Auswirkungen (ohne vorgelagerte Auswirkungen)	52,28	0,57	2,51	154,45	2,71	67,87	40,57	0,29	7,95
Gesellschaftliche Auswirkungen	3,34	0,02	0,11	5,24	0,04	0,90	9,93	0,04	0,60
Auswirkungen auf die Umwelt	48,94	0,55	2,40	149,20	2,67	66,97	30,64	0,25	7,35

* Ländergewichteter Durchschnitt

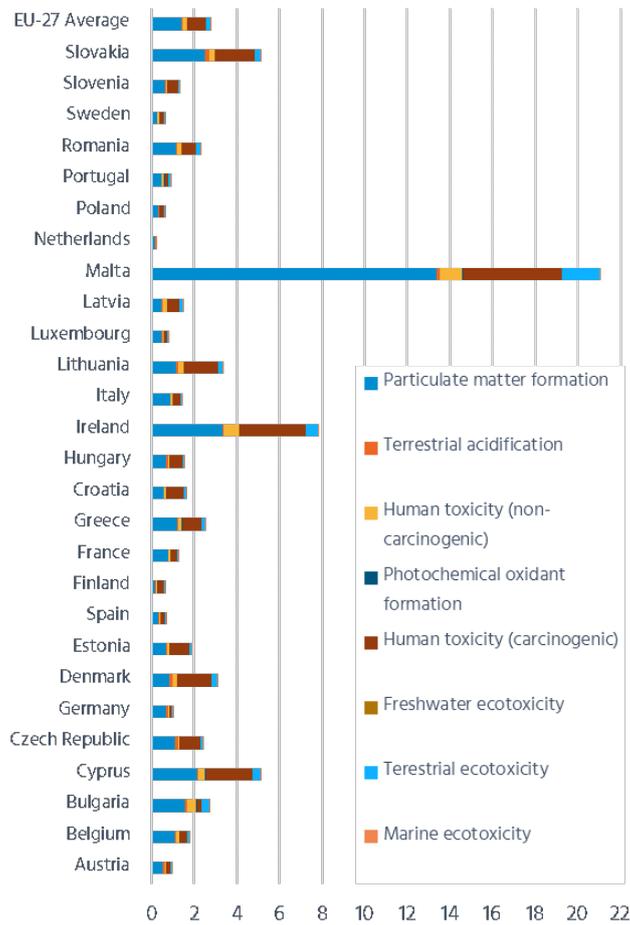
6.2 AUFSCHLÜSSELUNG DER LUFTVERSCHMUTZUNGSINDIKATOREN NACH INDUSTRIEN IM JAHR 2019



Cement industry (impact per euro product)



Chemical industry (impact per euro product)



Steel industry (impact per euro product)

7. QUELLENANGABEN

Amghizar, I., Dedeyne, J., Brown, D. & Marin, G.B. (2020). „Sustainable innovations in steam cracking: CO2 neutral olefin production“ (Nachhaltige Innovationen beim Dampfkracken: CO2-neutrale Olefinproduktion). Reaction Chemistry & Engineering, 5(5) (Reaktionschemie und -technik, 5 (5)): S. 1-49.

Basham, K.D., Clark, M., France, T. & Harrison, P. (2007). „What is fly ash?“ (Was ist Flugasche). Concrete Construction. Abgerufen von https://www.concreteconstruction.net/how-to/materials/what-is-fly-ash_o

CE Delft (2021). Additional profits of sectors and firms from the EU ETS (2008-2019) (Zusätzliche Gewinne von Sektoren und Unternehmen durch das EU-EHS (2008-2019)). Abgerufen von https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2021/06/CE_Delft_Additional_Profits_ETS.pdf

CEFIC (2020-a). „Landscape of the European Chemical Industry 2020“ (Die Landschaft der europäischen Chemieindustrie 2020). Abgerufen von <https://www.chemlandscape.cefic.org/country/eu/>

CEFIC (2020-b). „Our contribution to EU industry“ (Unser Beitrag zur EU-Industrie). Abgerufen von <https://cefic.org/a-pillar-of-the-european-economy/facts-and-figures-of-the-european-chemical-industry/our-contribution-to-eu-industry/#h-the-chemicals-sector-contributes-12-of-eu27-uk-manufacturing-employment>

CEMBUREAU (o. D.). „Key Facts & Figures“ (Wichtige Fakten und Zahlen). Abgerufen von <https://cembureau.eu/about-our-industry/key-facts-figures/>

Davidovits, J. (2013). „Geopolymer cement: A review“ (Geopolymer-Zement: Ein Überblick). Abgerufen von <https://www.geopolymer.org/wp-content/uploads/GPCement2013.pdf>

DENA (2019). „Feedstocks for the chemical industry“ (Ausgangsstoffe für die Chemieindustrie). Abgerufen von https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/Feedstocks_for_the_chemical_industry.pdf

Energy Transitions Commission (2018). Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors (Mission Possible: Erreichen von Netto-Null-Emissionen in Sektoren, in denen eine Reduzierung schwerer zu erreichen ist). Abgerufen von https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2020/08/ETC_MissionPossible_FullReport.pdf

- EUROFER (2020). „European Steel in Figures“ (Europäischer Stahl in Zahlen). Abgerufen von <https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/European-Steel-in-Figures-2020.pdf>
- Europäische Kommission (2018). „Competitiveness of the European Cement and Lime Sectors“ (Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Zement- und Kalksektors), Abschlussbericht Abgerufen von http://publications.europa.eu/resource/cellar/07d18924-07ce-11e8-b8f5-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1
- Europäische Kommission (o. D.-a) „Cement and lime“ (Zement und Kalk). Abgerufen von https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/non-metals/cement-lime_en
- Europäische Kommission (o. D.-b) „Automotive industry“ (Automobilindustrie). Abgerufen von https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive_en
- Europäische Kommission (o. D.-c). „2030 Climate & energy framework“ (Klima- und energiepolitischer Rahmen bis 2030). Abgerufen von https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en
- Europäische Kommission (o. D.-d). „Cement and Lime“ (Zement und Kalk). Abgerufen von https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/non-metals/cement-lime_en
- Europäische Umweltagentur (2019). „Cement production“ (Zementherstellung). Abgerufen von https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiKyIS615L-vAhXCwKQKHcceCZsQFjABegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fwww.eea.europa.eu%2Fds_resol-veuid%2F8GQ4I0BVOF&usg=AOvVaw35wTioGvRBE-eIPL__QCij
- Europäisches Parlament (2020). „Renewable Energy“ (Erneuerbare Energien). Abgerufen von <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/70/renewable-energy>
- Eurostat (2021). „Employed population by occupation and sector“ (Erwerbstätige Bevölkerung nach Beruf und Sektor). Arbeitskräfteerhebung der Europäischen Union (EU AKE). Abgerufen von <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lfs/data/database>
- Eurostat (2020). „Labour market statistics - professional status“ (Arbeitsmarktstatistik - Berufsstatus). Abgerufen von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Labour_market_statistics_-_professional_status
- Eurostat (2019). „EU population up to over 513 million on 1 January 2019“ (EU-Bevölkerung steigt zum 1. Januar 2019 auf über 513 Millionen). Abgerufen von <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9967985/3-10072019-BP-EN.pdf/e152399b-cb9e-4a42-a155-c5de6dfe25d1>
- Fauzi, A., Nuruddin, M.F., Abdullah, M.M.A.B. & Malkawi, A. (2017). „Effect of alkaline solution to fly ash ratio on geopolymers mortar properties“ (Auswirkung des Verhältnisses von Lauge zu Flugasche auf die Eigenschaften von Geopolymer-Mörtel). Key Engineering Materials (Wichtige technische Materialien), 733: S. 85-88.
- Gevaudan, J.P., Osio-Norgaard, J. & Srubar III, W.V. (2019). „Alternative cements: Recent development and future directions“ (Alternative Zemente: Jüngste und zukünftige Entwicklungen). AEI 2019.
- Gijzel, R.A. (2017). „Energy analysis and plant design for ethylene production from naphtha and natural gas“ (Energieanalyse und Anlagenplanung für die Ethylenproduktion aus Naphtha und Erdgas), (Masterarbeit). Abgerufen von https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/118582087/Rhea_van_Gijzel.pdf
- Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., ... & van Zelm, R. (2017). Re-CiPe2016: „A harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level“ (Eine harmonisierte Methode zur Bewertung der Auswirkungen auf den Lebenszyklus auf der Ebene der Zwischen- und Endpunkte). The International Journal of Life Cycle Assessment, 22(2), 138-147.
- HYBRIT (o. D.). „Fossil-free steel – A mutual opportunity“ (Stahl ohne fossile Brennstoffe – eine gemeinsame

Chance) Abgerufen von <https://www.hybritdevelopment.se/en/>

Hydrogen Europe (2021). „Hydrogen Basics“ (Grundlagen des Wasserstoffs). Abgerufen von <https://hydrogeneurope.eu/index.php/hydrogen-basics-0>

Küttner (o. D.). „Agglomeration“. Abgerufen von <https://www.kuettner.com/en/iron-and-steel/agglomeration>

McLellan, B.C., Williams, R.P., Lay, J., van Riessen, A. & Corder, G.D. (2011). „Costs and carbon emissions for geopolymers in comparison to ordinary Portland cement“ (Kosten und Kohlenstoffemissionen von Geopolymer-Zementen im Vergleich zu gewöhnlichem Portlandzement). Journal of Cleaner Production, 19(9-10): S. 1080-1090.

OECD (2018). Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct (Due-Diligence-Leitfaden für verantwortungsvolles unternehmerisches Handeln). Abgerufen von <https://www.oecd.org/corporate/mne/due-diligence-guidance-for-responsible-business-conduct.htm>

PlasticPortal.eu (2019). „Weekly commodity price report“ (Wöchentlicher Rohstoffpreisbericht). Abgerufen von <https://www.plasticportal.eu/en/cenove-reporty?year=2019&week=30>

Plastics Europe (2020). „Plastics – the Facts 2020“ (Kunststoffe – die Fakten 2020). Abgerufen von <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>

Singer, M. & Donoso, P. (2008). „Upstream or downstream in the value chain?“ (In der Wertschöpfungskette vor- oder nachgelagert?). Journal of Business Research, 61(6): S. 669-677.

Statista (2021). „Cement prices in the United States from 2007 to 2020“ (Zementpreise in den Vereinigten Staaten von 2007 bis 2020). Abgerufen von <https://www.statista.com/statistics/219339/us-prices-of-cement/>

True Price (2020). Monetarisierungsfaktoren für True Pricing. Abgerufen von <https://trueprice.org/monetisation-factors-for-true-pricing/>

World Nuclear Association „Nuclear power in France“ (Kernenergie in Frankreich). Abgerufen von <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>

World Steel Prices (2020). „European steel prices“ (Europäische Stahlpreise). Abgerufen von <https://worldsteelprices.com/european-steel-prices/>

World Steel (2021). Steel in automotive (Stahl in der Automobilindustrie). Abgerufen von <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/steel-markets/automotive.html>

Zulaiha Razi, P., Khalid, N.H.A. & Razak, H.A. (2016). „Sustainability, eco-point and engineering performance of different workability OPC fly-ash mortar mixes“ (Nachhaltigkeit, Ökopunkt und technische Leistung von OPC-Flugasche-Mörtelmischungen mit unterschiedlicher Verarbeitbarkeit). Materials, 9(341): S. 1-28.

Abgerufen von <https://www.eea.europa.eu/de/press-releases/2016/06/20160620-01>

Europäisches Parlament (2020). „Renewable Energy“ (Erneuerbare Energien). Abgerufen von <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/70/renewable-energy>

Eurostat (2021). „Employed population by occupation and sector“ (Erwerbstätige Bevölkerung nach Beruf und Sektor). Arbeitskräfteerhebung der Europäischen Union (EU AKE). Abgerufen von <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lfs/data/database>

Eurostat (2020). „Labour market statistics – professional status“ (Arbeitsmarktstatistik – Berufsstatus). Abgerufen von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Labour_market_statistics_-_professional_status

Eurostat (2019). „EU population up to over 513 million on 1 January 2019“ (EU-Bevölkerung steigt zum 1. Januar 2019 auf über 513 Millionen). Abgerufen von <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9967985/3-10072019-BP-EN.pdf/e152399b-cb9e-4a42-a155-c5de6dfe25d1>

Fauzi, A., Nuruddin, M.F., Abdullah, M.M.A.B. & Malkawi, A. (2017). „Effect of alkaline solution to fly ash ratio on geopolymer mortar properties“ (Auswirkung des Verhältnisses von Lauge zu Flugasche auf die Eigenschaften von Geopolymer-Mörtel). Key Engineering Materials (Wichtige technische Materialien), 733: S. 85-88.

Gevaudan, J.P., Osio-Norgaard, J. & Srubar III, W.V. (2019). „Alternative cements: Recent development and future directions“ (Alternative Zemente: Jüngste und zukünftige Entwicklungen). AEI 2019.

Gijzel, R.A. (2017). „Energy analysis and plant design for ethylene production from naphtha and natural gas“ (Energieanalyse und Anlagenplanung für die Ethylenproduktion aus Naphtha und Erdgas), (Masterarbeit). Abgerufen von https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/118582087/Rhea_van_Gijzel.pdf

Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., ... & van Zelm, R. (2017). Re-CiPe2016: „A harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level“ (Eine harmonisierte Methode zur Bewertung der Auswirkungen auf den Lebenszyklus auf der Ebene der Zwischen- und Endpunkte). The International Journal of Life Cycle Assessment, 22(2), 138-147.

HYBRIT (o. D.). „Fossil-free steel – A mutual opportunity“ (Stahl ohne fossile Brennstoffe – eine gemeinsame Chance) Abgerufen von <https://www.hybritdevelopment.se/en/>

Hydrogen Europe (2021). „Hydrogen Basics“ (Grundlagen des Wasserstoffs). Abgerufen von <https://hydrogeneurope.eu/index.php/hydrogen-basics-0>

Küttner (o. D.). „Agglomeration“. Abgerufen von <https://www.kuettner.com/en/iron-and-steel/agglomeration>

McLellan, B.C., Williams, R.P., Lay, J., van Riessen, A. & Corder, G.D. (2011). „Costs and carbon emissions for geopolymer pastes in comparison to ordinary Portland cement“ (Kosten und Kohlenstoffemissionen von Geopolymer-Zementen im Vergleich zu gewöhnlichem Portlandzement). Journal of Cleaner Production, 19(9-10): S. 1080-1090.

OECD (2018). Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct (Due-Diligence-Leitfaden für verantwortungsvolles unternehmerisches Handeln). Abgerufen von <https://www.oecd.org/corporate/mne/due-diligence-guidance-for-responsible-business-conduct.htm>

PlasticPortal.eu (2019). „Weekly commodity price report“ (Wöchentlicher Rohstoffpreisbericht). Abgerufen von <https://www.plasticportal.eu/en/cenove-report?year=2019&week=30>

Plastics Europe (2020). „Plastics – the Facts 2020“ (Kunststoffe – die Fakten 2020). Abgerufen von <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>

Singer, M. & Donoso, P. (2008). „Upstream or downstream in the value chain?“ (In der Wertschöpfungskette vor- oder nachgelagert?). Journal of Business Research, 61(6): S. 669-677.

Statista (2021). „Cement prices in the United States from 2007 to 2020“ (Zementpreise in den Vereinigten Staaten von 2007 bis 2020). Abgerufen von <https://www.statista.com/statistics/219339/us-prices-of-cement/>

True Price (2020). Monetarisierungsfaktoren für True Pricing. Abgerufen von <https://trueprice.org/monetisation-factors-for-true-pricing/>

World Nuclear Association „Nuclear power in France“ (Kernenergie in Frankreich). Abgerufen von <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>

World Steel Prices (2020). „European steel prices“ (Europäische Stahlpreise). Abgerufen von <https://worldsteelprices.com/european-steel-prices/>

World Steel (2021). Steel in automotive (Stahl in der Automobilindustrie). Abgerufen von <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/steel-markets/automotive.html>

Zulaiha Razi, P., Khalid, N.H.A. & Razak, H.A. (2016). „Sustainability, eco-point and engineering performance of different workability OPC fly-ash mortar mixes“ (Nachhaltigkeit, Ökopunkt und technische Leistung von OPC-Flugasche-Mörtelmischungen mit unterschiedlicher Verarbeitbarkeit). Materials, 9(341): S. 1-28.



60 rue Wiertz/Wiertzstraat 60
1047 Brussels, Belgium
www.greens-efa.eu
contactgreens@ep.europa.eu