

# CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in Lieferketten

Studie für den Verein ECLASS

31.10.2022



Studie

## **Impressum**

© 2022  
ECLASS e.V.  
Postfach 10 19 42  
50459 Köln

Verantwortlich:

IW Consult GmbH  
Konrad-Adenauer-Ufer 21  
50668 Köln  
Tel.: +49 221 49 81-758  
[www.iwconsult.de](http://www.iwconsult.de)

Autoren  
Manuel Fritsch  
Benita Zink

Bildnachweise  
Titelseite: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Executive Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Nachhaltigkeit von Lieferketten</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Berichtsanforderungen für Unternehmen</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Messung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks</b> .....	<b>20</b>
4.1	Bestimmung der direkten CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	20
4.2	Berechnung des CO <sub>2</sub> -Fußabdrucks auf Basis amtlicher Daten .....	22
4.3	Analyse der CO <sub>2</sub> -Emissionen in den internationalen Wertschöpfungsketten .....	24
4.4	Berechnung der CO <sub>2</sub> -Intensitäten für das Jahr 2020 .....	26
4.5	CO <sub>2</sub> -Intensitäten 2020 im internationalen Vergleich .....	27
4.6	Berücksichtigung der Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette 2020 .....	29
4.7	Adaption der CO <sub>2</sub> -Intensitäten auf Produktebene .....	32
4.8	Chancen und Restriktionen der Nutzung amtlicher Branchendaten.....	34
<b>5</b>	<b>Potenziale digitaler Produktbeschreibungen</b> .....	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>41</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Product Carbon Footprint (PCF) und Organization Carbon Footprint (OCF) .....	16
Abbildung 3-2: Product Carbon Footprint (PCF) der Nutzungsphase eines Autos.....	17
Abbildung 4-1: CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Kraftstoffverbrennung (OECD- und Nicht-OECD-Länder).....	25
Abbildung 4-2: Entwicklung der nationalen energetischen CO <sub>2</sub> -Emissionen 2020 zu 2018 .....	28
Abbildung 4-3: Entwicklung der branchenspezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen 2020 zu 2018 .....	29
Abbildung 4-4: Direkte und indirekte Emissionen ausgewählter deutscher Branchen .....	30
Abbildung 4-5: Vergleich der produktions- und konsumbasierten Emissionen Deutschlands.....	31
Abbildung 4-6: Bedingte Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette – Beispiel .....	33
Abbildung 4-7: Relative Bedeutung der Treibhausgase in Deutschland .....	35
Abbildung 5-1: Bestehende Vorteile des ECLASS-Standards im Einkauf.....	38
Abbildung 5-2: Potenziale digitaler Produktstandards in der Nachhaltigkeitsmessung.....	39



# 1 Executive Summary

Im Jahr 2020 wurden nach Angaben der Europäischen Kommission (Crippa et al., 2022) weltweit CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von rund 36.000 Megatonnen emittiert. Nach Angaben der IEA (2022) entfielen davon rund 31.700 Megatonnen auf energetische Nutzung fossiler Energieträger. Die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen haben sich dabei im Vergleich zum Jahr 2018 zwar um rund 5 Prozent reduziert, sind aber weiterhin weit von den Mengen entfernt, die zur Erreichung des Ziels des Pariser Klimaabkommens zur Begrenzung der Erderwärmung auf höchstens 1,5 Grad nötig wären. Um die Ziele noch zu erreichen, müssten nach den Angaben eines Sonderberichtes des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2018) die Anstrengungen zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit deutlich erhöht werden. Die Europäische Kommission hat mit der Definition des Green Deals und der Strategie „Fit for 55“ auf diese Herausforderungen reagiert. Bis zum Jahr 2030 sollen die EU-Mitgliedsstaaten ihre Emissionen um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 senken.

Ein Instrument, welches auch bei der Erreichung der Klimaziele unterstützen soll, ist die EU-Taxonomie-Verordnung, die Kapitalflüsse in ökologisch nachhaltige, wirtschaftliche Aktivitäten lenken soll. Ein weiteres zentrales Element ist das europäische Lieferkettengesetz. Da Emissionen ein globales Problem darstellen, spielen auch die in den Vorleistungen eingekauften Emissionen bei der Erreichung der Klimaziele eine wichtige Rolle. Der Scope der Taxonomie-Verordnung und des Lieferkettengesetzes ist dabei nicht auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen beschränkt, sondern umfasst alle Nachhaltigkeitskriterien der Vereinten Nationen.

Die Betrachtung von Nachhaltigkeitskennziffern der wirtschaftlichen Aktivität von Unternehmen ist in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus der politischen Akteure auf nationaler und europäischer Ebene gerückt. In Deutschland wurde hierzu im Sommer 2021 das Lieferkettengesetz verabschiedet, das ab dem Jahr 2023 in Kraft tritt. Die im Gesetz verankerten Pflichten der Unternehmen, in ihren Lieferketten menschenrechtlichen und umweltbezogenen Sorgfaltspflichten nachzukommen, beziehen sich dabei sowohl auf die eigene Geschäftstätigkeit als auch auf ihre direkten Zulieferer. Die geplante EU-Richtlinie ist in ihren Forderungen noch umfangreicher, da sie die Sorgfaltspflicht der Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette einfordert. Bezüglich der Erfassung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks eines Unternehmens definierte die EU-Kommission 2021 die Empfehlung, die CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Produkts „Cradle to Cradle“, also entlang der gesamten Wertschöpfungskette inklusive des Lebenszyklus eines Produkts zu erfassen.

Schon die Berichtsansforderungen der EU-Taxonomie und die Einhaltung des deutschen Lieferkettengesetzes stellen die Unternehmen vor Herausforderungen und bergen finanzielle Belastungen. Die geplante europäische Regelung dürfte den Aufwand für die Unternehmen noch einmal erhöhen. Die

Erfassung der vollständigen Umweltbilanz eines Produkts setzt valide Informationen zu den Umweltwirkungen über alle Produktionsstufen des Produktes voraus. Da diese Informationen meist nicht vorliegen, müssen fehlende Daten durch Durchschnittswerte und annahmebasierte Modelle ergänzt werden.

Auf volkswirtschaftlicher Ebene können mithilfe von Informationen der amtlichen Statistik und etablierter Modelle die CO<sub>2</sub>-Emissionen entlang der vorgelagerten Wertschöpfungskette einzelner Länder und Branchen ohne Probleme berechnet werden. Die direkten und indirekten Emissionen einer Branche werden dabei mithilfe von sektor- und länderspezifischen CO<sub>2</sub>-Kennzahlen der International Energy Agency (IEA) in Kombination mit Informationen aus Input-Output-Tabellen (IOT) bestimmt. Mithilfe dieser Methodik kann beispielsweise die Nachhaltigkeit der Wertschöpfungsketten der wichtigsten deutschen Branchen untersucht werden.

Insbesondere in den Branchen des Verarbeitenden Gewerbes, die Investitionsgüter wie Maschinen und Fahrzeuge herstellen, entfällt ein großer Teil der bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette, insbesondere im Ausland. Von den 45 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>, die durch die Produktion des deutschen Maschinenbaus bedingt werden, entstehen nur 2,6 Millionen Tonnen direkt in der Branche selbst, während 42,4 Millionen Tonnen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette anfallen, davon 69 Prozent im Ausland.

Dass Deutschland einen Großteil der energieintensiven Vorleistungsprodukte aus dem Ausland bezieht, wird auch bei der Analyse der durch den deutschen Endkonsum bedingten Emissionen ersichtlich. Neben der produktionsbasierten Betrachtung kann der ökologische Fußabdruck eines Landes auch an der CO<sub>2</sub>-Bilanz derjenigen Produkte und Dienstleistungen gemessen werden, die ein Land direkt und indirekt verbraucht. Die so berechneten konsumbasierten CO<sub>2</sub>-Emissionen belaufen sich auf 546 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> und sind damit um 108 Millionen Tonnen höher als die produktionsbasierten deutschen CO<sub>2</sub>-Ausstöße. Damit ist Deutschland ein Nettoimporteur von Emissionen.

Das volkswirtschaftliche Modell zur Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einzelner Länder und Branchen kann auch dabei helfen, die Umweltbilanz einzelner Produkte und Unternehmen auf der Mikroebene zu erfassen, wenn die produktspezifischen Informationen der einzelnen Produktionsstufen nicht vorliegen. Eine individuell erstellte Analyse der Produkte, welche die hohe Komplexität von Prozessen und Lieferketten berücksichtigt, erfasst die Nachhaltigkeit jedoch im Durchschnitt genauer.

Der Aufbau eines individuellen Monitorings für die Nachhaltigkeit der eigenen Produkte ist für die Unternehmen potenziell mit hohem Aufwand verbunden. Mehr als 40 Prozent der Unternehmen in Deutschland und rund 56 Prozent der Industrieunternehmen erwarten zusätzlichen Kosten und Belastungen bereits durch das deutsche Lieferkettengesetz. Insbesondere wenn das System zur Messung der Nachhaltigkeit neu aufgebaut werden muss und nicht in ein bestehendes, standardisiertes und digitales Produktklassifizierungssystem eingebunden werden kann, ist mit hohen Kosten für die Unternehmen zu rechnen.

Digitale Produktbeschreibungen und Standards, die die Struktur des Einkaufsportfolios und das Management von Lieferanten erleichtern, besitzen auch im Bereich der Nachhaltigkeitsmessung das Potenzial, den Aufwand und die Kosten der Unternehmen deutlich zu reduzieren. Die Einbindung der durch das deutsche und das geplante europäische Lieferkettengesetz definierten Nachhaltigkeitskriterien wird entsprechend eine zentrale Anforderung an Produktstandards in den nächsten Jahren werden.

Die Nutzung etablierter, digitaler Produktstandards zur Beschreibung der Nachhaltigkeitskennzahlen bietet verschiedene mikro- und makroökonomische Vorteile:

- ▶ Der Aufwand und die Kosten für die Erfassung der Nachhaltigkeitskennziffern reduzieren sich gegenüber analogen Lösungen erheblich. Die Unternehmen und der Standort Deutschland gewinnen an Wettbewerbsfähigkeit.
- ▶ Informationen über angepasste Nachhaltigkeitswerte bei Zulieferern und Vorleistungsprodukten können direkt über bestehende Systeme in die eigene Nachhaltigkeitsberichterstattung übernommen werden. Informationsverluste bei der Überführung aus nicht standardisierten Informationsquellen werden vermieden. Die Anpassung der Nachhaltigkeitsziffern erfolgt zeitnah und effizient.
- ▶ Verletzungen von Berichtspflichten und damit verbundene mögliche Strafen werden vermieden. Damit werden die finanziellen Risiken der Unternehmen reduziert.
- ▶ Durch die einfache Erfassung der Nachhaltigkeitskennziffern werden kostenbasierte Anreize der Unternehmen zur Konzentration auf möglichst wenige Zulieferer aus möglichst entwickelten Ländern beschränkt. Eine Schwächung der Resilienz der Lieferketten wird vermieden. Die entwicklungsfördernde Einbindung der Unternehmen aus ärmeren Ländern in die internationalen Wertschöpfungsnetzwerke bleibt erhalten.
- ▶ Unternehmen hätten durch die erhöhte Transparenz der Nachhaltigkeit vergleichbarer Produkte zudem die Möglichkeit, die Nachhaltigkeit ihres Einkaufsportfolios gezielt zu steuern. Im Wettbewerb mit anderen Unternehmen könnten sie verstärkt dazu motiviert werden, die Nachhaltigkeit ihrer eigenen Prozesse zu verbessern.
- ▶ Eine standardisierte digitale Nachhaltigkeitsbeschreibung von Produkten brächte zu guter Letzt die Chance mit sich, abweichende Erfassungsmethoden einzelner Unternehmen durch die Erkennung von stark abweichenden Kennzahlen zu identifizieren und diese im Nachgang anzugleichen. Dies könnte zu einer schnelleren Normierung und Vereinheitlichung der Methodik zur Erfassung der CO<sub>2</sub>-Kennzahlen von Produkten und Unternehmen führen.

Der insbesondere in industriellen Wertschöpfungsketten weltweit verbreitete Referenz-Datenstandard ECLASS bietet als ISO- und IEC-konformer Datenstandard für die Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen optimale Voraussetzungen, um die Unternehmen bei der Erfüllung ihrer Berichtspflichten hinsichtlich der geforderten Nachhaltigkeitsmerkmale ihrer Produkte zu unterstützen. Schon heute können Unternehmen bei der Nutzung ihre Sachkosten im Einkauf um 8,5 Prozent reduzieren. ECLASS-Nutzer nennen als weitere Vorteile insbesondere eine optimierte Struktur des Einkaufsportfolios und eine klarere Strukturierung des Einkaufsmanagements.

ECLASS ist ein wichtiger Enabler für das Nachhaltigkeitsmanagement und die Digitalisierung der Unternehmen. Die Plattform Industrie 4.0 (2021) empfiehlt den ECLASS-Standard explizit für die semantische Asset Administration und die Definition Zwillinge. Durch die Nutzung von nach ECLASS-Standard definierten digitalen Zwillingen lässt sich nicht nur die Nachhaltigkeit der eigenen Produkte effektiv messen, sondern auch die Durchlaufzeiten und den der Ressourceneinsatz bei physischen Produkten und Prozessen reduzieren. Somit ermöglicht ECLASS gleich doppelt Effizienzgewinne und damit Kosteneinsparungen.



## 2 Nachhaltigkeit von Lieferketten

Sowohl auf internationaler als auch nationaler Ebene wachsen die Anforderungen an die Nachhaltigkeit von Unternehmen und ihrer Lieferkette. Insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die mit der Herstellung eines Produktes verbunden sind, spielen für die Erreichung der Klimaziele eine zentrale Rolle. Gerade für die Produzenten von Konsum-, Investitionsgütern und Dienstleistungen gilt: Ein Großteil der Kohlenstoffwerte wird oft von Lieferanten emittiert, die weit vor dem eigentlichen Herstellungsprozess der Produkte agieren.

Die meisten Produkte, die Endkonsumenten erwerben können, bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten, die an unterschiedlichen Produktionsstandorten hergestellt worden sind. Die globalen Wertschöpfungsketten sind komplex und können eine Vielzahl von Tier-Ebenen enthalten, die durch den Produzenten des finalen Gutes nur schwer zu erfassen sind. Daimler (2021) spricht in seinem Nachhaltigkeitsbericht etwa von einer maximalen Tiefe der eigenen Wertschöpfungskette von sieben Tier-Stufen. Werden bei der Berechnung der Tier-Ebenen auch Zwischenhändler mitberücksichtigt, kann die Anzahl der Stufen der Wertschöpfungskette noch einmal deutlich höher liegen. Der Verband der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI, 2020) kommt hier in einer beispielhaften Berechnung einer Lieferkette der Elektroindustrie auf zwölf Stufen.

Die deutsche Industrie ist dabei verstärkt auf komplexe, wissensintensive Produkte konzentriert. Der Economic Complexity (ECI) Index der Harvard University (2022) listet Deutschland als Land mit dem drittkomplexesten Produktportfolio weltweit. Mit einem ECI-Wert von 1,96 für das Jahr 2020 sind in Deutschland produzierte Güter rund zwei Standardabweichungen komplexer als Güter anderer Volkswirtschaften.<sup>1</sup> Insbesondere die Produkte der deutschen Industrie weisen einen hohen Komplexitätsgrad auf. Zu den komplexesten Gütern, die 2020 klassifiziert wurden, gehören verschiedene Maschinen und elektronische Bauteile sowie spezielle chemische Produkte. Die Produkte der Metall- und

---

<sup>1</sup> Der ECI ist ein auf den Erwartungswert 0 und die Standardabweichung 1 normierter Index zur Komplexität und Wissensintensität von Volkswirtschaften und Gütern. Mittels mathematischer Verfahren wird auf Basis von Handelsdaten für jede Volkswirtschaft (Economic Complexity Index – ECI) und jede Güterklasse (Product Complexity Index – PCI) eine Kennzahl zur Komplexität berechnet. Die Grundannahme des Modells ist, dass komplexe Güter nur von wenigen Volkswirtschaften produziert werden, die auch eine hohe Zahl anderer komplexer Güter erzeugen. Durch rollierende Berechnung wird für jedes Gut und jedes Land ein Wert ermittelt. Der durchschnittliche Wert aller Güter und Volkswirtschaften beträgt 0, ein Wert von 1 entspricht gemäß der Standardverteilung dem Topwert 68 Prozent.

Elektroindustrie in Deutschland werden etwa als besonders komplex durch den Index bewertet (IW Consult, 2022). Auch die wirtschaftlichen Kennzahlen der deutschen Industrie zeigen die hohe Konzentration auf komplexe Hochtechnologie-Produkte in Deutschland. 386 Milliarden Euro und damit rund 61 Prozent der Wertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland wurden im Jahr 2020 nach Definition der amtlichen Statistik durch Branchen erwirtschaftet, die High-Technology- oder Medium-High-Technology-Produkte herstellen.

Komplexe Produkte bestehen regelmäßig aus einer Vielzahl verschiedener Materialien und Vorprodukte. Da die deutsche Industrie vielfach komplexe Produkte mit verschiedenen Zulieferer-Komponenten erstellt, kann die Summe aller beteiligten Unternehmen der Tier-Ebenen im vier- oder sogar fünfstelligen Bereich liegen.

Liegen die Informationen zu den eingekauften Vorleistungen und den damit verbundenen Wertschöpfungsketten nicht in standardisierter Form vor, können diese nur mit hohem Aufwand von den Unternehmen erfasst werden. Für die Betrachtung der Nachhaltigkeitskennziffern eines Produktes beziehungsweise eines Unternehmens sind die Informationen zu den vorgelagerten Wertschöpfungsketten ein essenzieller Bestandteil der Berichterstattung. Die standardisierte Abbildung der Lieferketten ist für Unternehmen, die sich mit dem Thema Nachhaltigkeit beschäftigen müssen, deshalb von hoher strategischer Bedeutung.

Die nachfolgende Untersuchung beschäftigt sich entsprechend mit den verschiedenen Aspekten der Nachhaltigkeitsmessung von Unternehmen. Kapitel 3 stellt die beschlossenen und geplanten Berichtsanforderungen auf nationaler und europäischer Ebene für die Unternehmen in Deutschland vor. Dabei werden die Dimensionen und Abgrenzungen der deutschen Richtlinie beschrieben sowie der aktuelle Stand der geplanten, künftigen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck-Berichtsanforderung der Unternehmen in Europa dargestellt. Die Studie konzentriert sich dabei insbesondere auf die Analyse des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks der Unternehmen. Kapitel 4 untersucht, ob und inwieweit hier Daten zur Beschreibung nachhaltiger Prozesse in pauschalierter Form vorliegen und ob diese die Anforderungen an die Erfassung der unterschiedlichen Komplexität von Prozessen und Lieferketten ausreichend berücksichtigen können. Kapitel 5 zeigt abschließend die Potenziale, die eine standardisierte digitale Produktbeschreibung zur Erfassung der Nachhaltigkeitskennziffern entlang der Wertschöpfungskette bietet.

## 3 Berichtsansforderungen für Unternehmen

Die Betrachtung von Nachhaltigkeitskennziffern der wirtschaftlichen Aktivität von Unternehmen ist in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus der politischen Akteure auf nationaler und europäischer Ebene gerückt. Ausgehend von den 2011 durch die Vereinten Nationen (UN) veröffentlichten Leitprinzipien zu Wirtschaft und Menschenrechten (UN, 2011) wurden diese in der im Jahr 2015 beschlossenen Agenda 2030 der Vereinten Nationen in 17 Zielen konkretisiert. Die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung stellen dabei einen umfassenden Orientierungspunkt als eine Art globalen Zielkanon dar (Nelligan/Eyerund, 2020). Auf europäischer Ebene hat die EU-Kommission ihre Mitgliedsstaaten 2011 in ihrer Mitteilung „Eine neue EU-Strategie (2011-14) für die soziale Verantwortung der Unternehmen (CSR)“ (EU-Kommission, 2011) aufgefordert, Aktionspläne zur Umsetzung der von den UN definierten Leitprinzipien zu erarbeiten. Die formulierte Strategie der EU-Kommission zielt dabei auf die Ermutigung der Unternehmen zur Schaffung von langfristigen Nachhaltigkeitskonzepten.

### EU-Taxonomie

Ein zentrales Nachhaltigkeitskonzept ist dabei die im Jahr 2020 von der Europäischen Kommission verabschiedete EU-Taxonomie-Verordnung, mit deren Hilfe Kapitalflüsse in ökologisch nachhaltige, wirtschaftliche Aktivitäten gelenkt werden sollen (EU-Kommission, 2020). Die Verordnung betrifft alle Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern, die Anbieter von Finanzmarktprodukten sind. Ab dem Jahr 2024 ist die Berichterstattung dann auch für Unternehmen ab 250 Beschäftigten Pflicht. In der EU-Taxonomie sind sechs sowohl ökologische wie auch soziale Umweltziele festgelegt, näher definierte Kriterien liegen bislang jedoch nur für die beiden Ziele „Klimaschutz“ und „Anpassung an den Klimawandel“ vor. Ein Unternehmen gilt als nachhaltig, wenn es zu mindestens einem der sechs Ziele nachweislich beiträgt, ohne die anderen Ziele zu beeinträchtigen. Zu diesem Zweck wurden für Unternehmen der verschiedensten Wirtschaftszweige technische Screening-Kriterien ausgearbeitet, mit deren Hilfe untersucht werden kann, ob ein Unternehmen taxonomiekonform ist. Unternehmen müssen insbesondere den EU-taxonomiekonformen Anteil des Umsatzes, der Investitionsausgaben und des Betriebsaufwands offenlegen. Da sich die wirtschaftliche Aktivität eines Unternehmens aus der Fertigung vieler verschiedener Produkte zusammensetzt, muss also die Nachhaltigkeit jedes einzelnen Produkts bewertet werden.

## Deutsches Lieferkettengesetz

Noch komplexer wird es, wenn nicht nur die Gesamtheit der produzierten Güter eines Unternehmens hinsichtlich der Nachhaltigkeit untersucht werden soll, sondern zusätzlich auch die gesamte Wertschöpfungskette dieser Produkte. Nach der von der EU-Kommission vorgelegten Nachhaltigkeitsstrategie sollen große Unternehmen „bestärkt werden, eine risikobasierte Sorgfaltsprüfung, auch auf der Ebene der Lieferketten, vorzunehmen“. In Deutschland wurde ein solches Konzept im „Nationalen Aktionsplan Umsetzung der VN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte“ (Auswärtiges Amt, 2017) verankert. Der Aktionsplan unterstreicht den wichtigen Beitrag zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zur Anhebung von Umwelt- und Sozialstandards der deutschen Unternehmen weltweit. Durch die starke wirtschaftliche Verflechtung der deutschen Wirtschaft stehen hierbei die globalen Liefer- und Wertschöpfungsketten der Unternehmen im Fokus. Insbesondere große Unternehmen sind dazu aufgefordert, auch die Qualität ihrer Vorleistungskette nachzuweisen.

Im Sommer 2021 wurde hierzu das „Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten“ (Lieferkettengesetz) vom Bundestag (2021) verabschiedet. Unternehmen in Deutschland, die im Inland mindestens 3.000 Arbeitnehmer beschäftigen, sind ab dem Jahr 2023 dazu verpflichtet, in ihren Lieferketten menschenrechtliche und umweltbezogene Sorgfaltspflichten in angemessener Weise zu beachten, Risiken vorzubeugen oder sie zu minimieren und Verletzungen zu beenden. Ab dem Jahr 2024 wird die Verpflichtung auf Unternehmen mit mindestens 1.000 Mitarbeitern ausgeweitet. Zu den Sorgfaltspflichten der Unternehmen zählen unter anderem die Einrichtung eines Risikomanagements, die Durchführung von Risikoanalysen, die Ergreifung von Präventionsmaßnahmen, die Einrichtung eines Beschwerdeverfahrens auch für mittelbare Zulieferer und eine Dokumentations- und Berichtspflicht. In einem jährlichen Bericht sind dabei die menschenrechtlichen und umweltbezogenen Risiken oder Verletzungen zu benennen, die das Unternehmen identifiziert hat. Die Pflichten der Unternehmen beziehen sich dabei sowohl auf die eigene Geschäftstätigkeit als auch auf die ihrer direkten Zulieferer.

Wird eine Verletzung von Rechten durch das Unternehmen identifiziert, muss es in seinem eigenen Geschäftsbereich sofort Maßnahmen ergreifen. Im Falle von direkten Zulieferern müssen diese einen Plan entwickeln, wie sie Verstöße in Zukunft minimieren und verhindern können. Bei indirekten Zulieferern gelten die Sorgfaltspflichten nur, wenn die Umstände dies rechtfertigen und sobald das Unternehmen von den möglichen Verstößen erfährt. In diesem Fall muss das Unternehmen sofort handeln, indem es eine Risikoanalyse durchführt, eine Strategie zur Minimierung und Vermeidung des Problems umsetzt und Präventionsmaßnahmen fest etabliert. Für indirekte Zulieferer gelten branchenweite Initiativen als geeignete Präventionsmaßnahmen.

Das Gesetz schafft dabei keine neuen zivilrechtlichen Haftungsvorschriften. Die zivilrechtliche Haftung aus Gründen außerhalb dieses Gesetzes bleibt unberührt. Allerdings erhalten Geschädigte mehr Rechte, denn Menschen, deren Menschenrechte verletzt wurden, können ihre Rechte vor den deutschen Gerichten durchsetzen oder sich an das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle wenden. Darüber hinaus können deutsche Gewerkschaften und Nichtregierungsorganisationen Geschädigte aus anderen Ländern repräsentativ unterstützen, indem sie ihre Rechte vor einem deutschen Gericht verteidigen (BMZ, 2021).

Nach Angaben des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ, 2021) sind in Deutschland ab 2023 direkt rund 600 Unternehmen betroffen. Ab dem Jahr 2024 erhöht sich die Zahl der direkt vom Gesetz betroffenen Unternehmen auf rund 2.900.

Bezogen auf die umwelttechnischen Risiken benennt das Gesetz die Herbeiführung einer schädlichen Bodenveränderung, Gewässerverunreinigung, Luftverunreinigung, schädlichen Lärmemission oder

eines übermäßigen Wasserverbrauchs. Das Monitoring der Lieferkette ist dabei auf die direkten Zulieferer des Unternehmens beschränkt.

### Geplante EU-Richtlinie zu Sorgfaltspflichten von Unternehmen

Auf europäischer Ebene wurde im Februar 2022 ein Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und Rates über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeit (EU-Kommission, 2022) veröffentlicht. Als zentraler Hintergrund wird hier neben den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen auch die Verwirklichung des europäischen Grünen Deals (EU-Kommission, 2019) genannt. Ziel der Richtlinie ist die Schaffung eines Rahmens „zur Achtung der Menschenrechte und der Umwelt in ihrer eigenen Geschäftstätigkeit und entlang ihrer Wertschöpfungsketten“ der in der EU tätigen Unternehmen. Durch die Erstellung einer europaweiten Regelung soll eine Fragmentierung der rechtlichen Rahmenbedingungen verhindert und durch Rechtssicherheit gleiche Wettbewerbsbedingungen in der Union geschaffen werden.

Als besonders relevant für das einheitliche rechtliche Vorgehen im EU-Binnenmarkt werden durch die Richtlinie dabei der Scope der erfassten Wertschöpfungskette sowie die Regelungen zur zivilrechtlichen Haftung genannt. Unternehmen werden in der EU-Richtlinie dazu verpflichtet, geeignete Schritte zur Erfüllung ihrer Sorgfaltspflicht sowohl bei direkten als auch indirekten Geschäftsbeziehungen entlang ihrer Wertschöpfungskette einzuführen. Damit geht der Entwurf der EU-Verordnung über die Regelungen des deutschen Lieferkettengesetzes hinaus, in dem nur die direkten Lieferbeziehungen erfasst werden.

Unternehmen sind nicht verpflichtet zu gewährleisten, dass überhaupt keine negativen Auswirkungen in den Lieferketten auftreten oder dass diese immer gestoppt werden. Gerade negative Auswirkungen, die auf staatliche Eingriffe zurückzuführen sind, werden potenziell als außerhalb des unternehmerischen Einflusses in der Lieferkette bewertet. Die Richtlinie spricht hier von „Mittelverpflichtungen“, bei denen Unternehmen in jedem Einzelfall Maßnahmen nach vernünftigem Ermessen durchführen sollen. Dabei werden die Besonderheiten der Wertschöpfungskette, der geografischen Verortung des Unternehmens und die Fähigkeit zur Beeinflussung der Lieferanten und Partner (also zum Beispiel der Marktmacht) miteinbezogen.

Die Sorgfaltspflichten sollen dabei den ganzen Lebenszyklus eines Produktes von der Produktion über die Verwendung bis hin zur Entsorgung erfassen. Die Analyse der Wertschöpfungskette umfasst damit sowohl vorgelagerte als auch nachgelagerte etablierte direkte und indirekte Geschäftsbeziehungen. Dabei werden nicht nur rein produktionsgetriebene Tätigkeiten wie die Gewinnung, Herstellung, Beförderung, Lagerung und Lieferung von Gütern oder Dienstleistungen erfasst, sondern auch Dienstleistungen wie der Entwurf und andere Aktivitäten, die für die Ausübung der Tätigkeiten des Unternehmens erforderlich sind. Auf nachgelagerter Ebene sollen Aktivitäten betrachtet werden, „in denen Produkte, Teile von Produkten oder Dienstleistungen vom Unternehmen bis zum Ende der Lebensdauer des Produkts verwendet oder erhalten werden“ (EU-Kommission, 2022, Seite 40). Hierzu zählen etwa der Vertrieb an Einzelhändler, Lagerung und Transport, aber auch Demontage des Produkts sowie dessen Recycling, Kompostierung oder Deponierung. Damit soll nach den Plänen der Verordnung eine Betrachtungsweise Cradle to Cradle erfolgen.

Der Entwurf der EU-Verordnung geht damit auch hier über die Regelung des deutschen Lieferkettengesetzes hinaus, welches sich auf die Effekte der vorgelagerten Wertschöpfungskette konzentriert. Der EU-Entwurf verweist hier auch auf die Nutzung und Entsorgung der Produkte. Hierbei werden der Vertrieb des Produkts an Einzelhändler, Transport und Lagerung des Produkts, Demontage des Produkts sowie dessen Recycling, Kompostierung oder Deponierung genannt. Dabei bezieht sich die

Verpflichtung auf etablierte Geschäftsbeziehungen. Im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Berichterstattung entspricht diese Regelung grob den Scope-3-Emissionen der nachgelagerten Wertschöpfungskette.

Bezüglich der zivilrechtlichen Haftung der EU-Richtlinie sieht der Entwurf die Erlassung von Vorschriften durch die Mitgliedsstaaten vor, die mögliche Entschädigungen der Opfer bei Nichteinhaltung der Sorgfaltspflichten der Unternehmen festlegen sollen. Ein Unternehmen soll bei Verletzung seiner Verpflichtungen zur Minderung oder Verhinderung potenzieller negativer Auswirkungen haftbar sein, wenn diese zu einem Schaden geführt hat. Schäden, die trotz der Erfüllung der spezifischen Maßnahmen des Unternehmens eintreten, sollen nicht der Haftung unterliegen. Dabei müssen die Maßnahmen „nach vernünftigem Ermessen“ geeignet sein, den Schaden zu vermeiden, zu mindern, abzustellen oder zu minimieren. Die Aktivitäten des Unternehmens bei getätigten Investitionen, der Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen der Wertschöpfungskette und die Kooperation mit den zuständigen nationalen Aufsichtsbehörden sollen bei Fragen zu Bestehen und Umfang möglicher Ansprüche berücksichtigt werden.

Direkt betroffen von den Regelungen zum Lieferkettengesetz sind dabei Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern und einem weltweiten Nettoumsatz von mindestens 150 Millionen Euro sowie Unternehmen mit mindestens 250 Mitarbeitern und 40 Millionen Euro Umsatz, bei denen mehr als die Hälfte der Umsätze auf Risikosektoren mit besonders hohem Schadenspotenzial entfallen. Zur Definition dieser Branchen wird auf bestehende Listen der OECD zurückgegriffen. Diese enthalten Wirtschaftszweige, für die bereits branchenspezifische Leitsätze der OECD bestehen. Hierzu zählen die Ölindustrie, Bergbauunternehmen, der Landwirtschaftssektor und der Textilsektor. Der Finanzsektor, für den ebenfalls OECD-Leitlinien bestehen, wird von der EU nicht als Branche mit hohem Schadenspotenzial angesehen. Zudem wird darauf verwiesen, dass die Nutzung von Finanzprodukten großer Unternehmen, etwa des Finanzsektors, die Nutzer dieser Produkte nicht zu Teilen deren Wertschöpfungskette macht.

Auch Unternehmen aus Drittstaaten, die in der EU die genannten Schwellenwerte für den Umsatz erreichen, sind von der Regelung betroffen. Nach Angaben des Unternehmensregisters des Statistischen Bundesamtes gab es im Jahr 2020 rund 14.760 Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten in Deutschland. Das entspricht rund 0,5 Prozent der nach EU-Definition tätigen Unternehmen in Deutschland.<sup>2</sup> In diesen Unternehmen waren mehr als 15 Millionen Beschäftigte tätig. Das entspricht rund 43,5 Prozent der im Unternehmensregister erfassten Beschäftigten.<sup>3</sup>

Indirekt ist die Anzahl der betroffenen Unternehmen jedoch deutlich größer als die rund 0,5 Prozent der direkt betroffenen Unternehmen, da auch Lieferanten und Geschäftspartner durch eine vertragliche Kaskade berücksichtigt werden. Nach einer Umfrage des Instituts der deutschen Wirtschaft aus dem Frühjahr 2022 (Kolev und Neligan, 2022) erwarten rund 41 Prozent der deutschen Unternehmen, direkt oder indirekt vom deutschen Lieferkettengesetz betroffen zu sein. Durch die größere Erfassungsspanne der EU-Verordnung ist zu erwarten, dass der Anteil der direkt oder indirekt betroffenen Unternehmen durch das EU-Lieferkettengesetz noch einmal deutlich höher liegt. Insbesondere

---

<sup>2</sup> Ein Unternehmen ist nach der EU-Unternehmensdefinition definiert als kleinste Kombination Rechtlicher Einheiten, die eine organisatorische Einheit zur Erzeugung von Waren und Dienstleistungen bilden, welche insbesondere in Bezug auf die Verwendung der ihr zufließenden Mittel über eine gewisse Entscheidungsfreiheit verfügt. Ein Unternehmen kann aus einer einzelnen Rechtlichen Einheit („einfaches Unternehmen“) oder aus mehreren Rechtlichen Einheiten („komplexes Unternehmen“) bestehen. Zum Vergleich: Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes gab es im Jahr 2020 rund 16.680 rechtliche Einheiten mit mindestens 250 Beschäftigten in Deutschland. Das sind etwa 2.000 mehr, als es einzelne Unternehmen dieser Größenklasse gibt.

<sup>3</sup> Nicht erfasst werden dabei die Beschäftigten in der Land- und Forstwirtschaft, der Fischerei, der öffentlichen Verwaltung und Verteidigung und Erwerbstätige in häuslichen Diensten.

Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und Zulieferer in industriellen Wertschöpfungsketten werden direkt oder indirekt von der Regelung betroffen sein.

### Methoden und Standards zur Erfassung des ökologischen Fußabdrucks

Der Richtlinienvorschlag der EU-Kommission zielt bei der Nachhaltigkeitsbetrachtung der Umweltauswirkungen auf die Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius im Einklang mit dem Übereinkommen von Paris. Damit zielt die Verordnung grundsätzlich auf den gesamten Fußabdruck eines Unternehmens, welcher sich aber aus der Summe der Produkte des Unternehmens ergibt. Die EU-Kommission hat bereits 2013 in ihrer „Empfehlung für die Anwendung gemeinsamer Methoden zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen“ (EU-Kommission, 2013) die Definition von einheitlichen Kriterien zur Berechnung eines Produktumweltfußabdrucks (Product Environmental Footprint, PEF) und eines Umweltfußabdrucks der Organisation (Organisation Environmental Footprint, OEF) angeregt. Diese wurden durch die Empfehlung der EU-Kommission (2021) „zur Anwendung der Methoden für die Berechnung des Umweltfußabdrucks zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen entlang ihres Lebenswegs“ konkretisiert. Die Empfehlung definiert dabei keine fixe Berechnungsmethode für den Produktumweltfußabdruck und den Umweltfußabdruck der Organisation, sondern legt Regeln fest, nach denen Fachkräfte zur Durchführung von OEF- und PEF-Analysen leichter reproduzierbare, kohärentere, robuste, überprüfbare und vergleichbare Analysen und Studien durchführen können. Die EU-Kommission empfiehlt als zentrale Grundsätze der Analyse

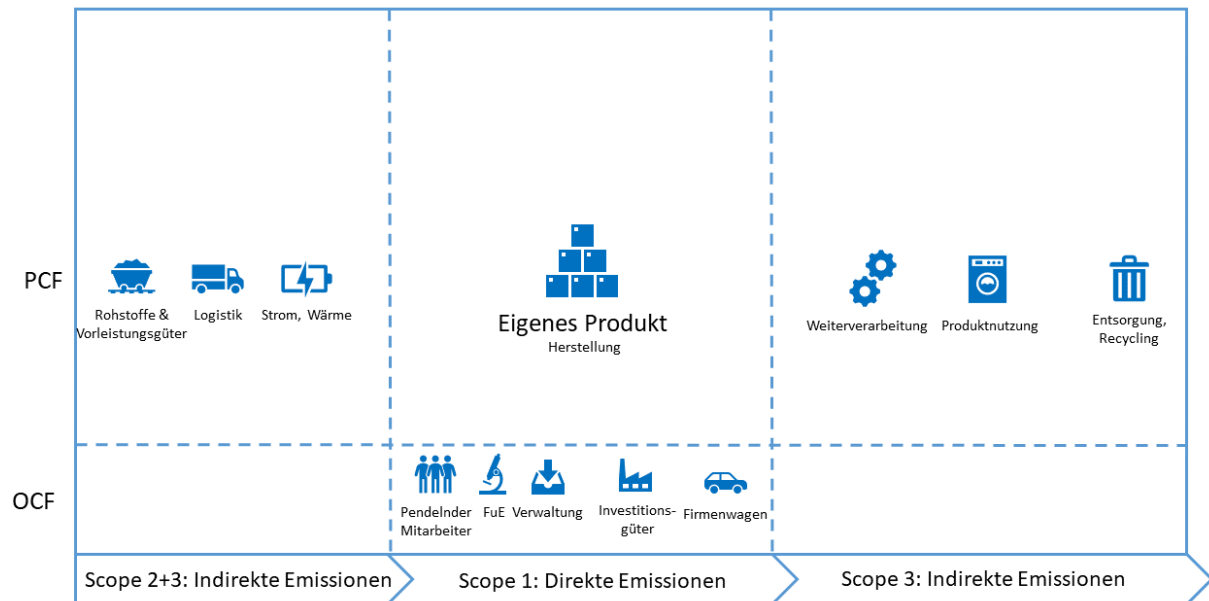
- ▶ die Relevanz von Methoden und Daten,
- ▶ die Vollständigkeit der Material- und Energieflüsse sowie anderer Umwelteingriffe,
- ▶ die Konsistenz und Vergleichbarkeit der genutzten Methoden,
- ▶ eine hohe Genauigkeit, um Unsicherheiten in der Modellierung des Produktsystems und bei der Ergebnisberichterstattung zu minimieren, sowie
- ▶ eine hohe Transparenz durch die Offenlegung der notwendigen Basisinformationen, welche eine Beurteilung hinsichtlich Robustheit und Zuverlässigkeit dieser Informationen zulassen.

Die Empfehlungen der EU-Kommission basieren dabei auf einer Reihe von allgemein anerkannten und vergleichbaren Methoden und Leitfäden für die Ökobilanzierung von Produkten. Zu nennen sind hier etwa die ISO-Normen 14040 und 14044 zur Erstellung von Ökobilanzen, die neben dem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eine Vielzahl weiterer ökologischer Wirkungen einbeziehen, sowie die ISO-Norm 14067 zur Berechnung des Carbon Footprints von Produkten. Insgesamt nennt die EU-Empfehlung 18 Quellen, welche bei der Erstellung des EU-Dokumentes berücksichtigt wurden.

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Unternehmens (OCF) lässt sich dabei als die gewichtete Summe der Produkt-CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke des Unternehmens beschreiben zuzüglich der Emissionen, die indirekt durch den Arbeitsweg der Mitarbeiter, Dienstreisen sowie weitere indirekte Emissionen aus materiellen (Maschinen und Anlagen) und immateriellen (Forschung und Entwicklung, Innovationen) Investitionsgütern und den Verwaltungsaktivitäten des Unternehmens entstehen (Abbildung 3-1).

**Abbildung 3-1: Product Carbon Footprint (PCF) und Organization Carbon Footprint (OCF)**

Die Summe aller PCFs plus die sonstigen Emissionen ergibt den OCF



Quelle: eigene Darstellung

Die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks eines Produktes erfolgt dabei entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Produktes. Neben den direkten Emissionen im eigenen Produktionsprozess (Scope 1) werden auch die gesamten Emissionen in Rohstoffgewinnung, Produktion und Transport der Vorleistungsprodukte der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Scope 3) sowie die bei der Produktion von eingekauftem Strom und Wärme anfallenden Emissionen (Scope 2) berücksichtigt. Hinzu kommen die nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette. Diese enthalten (bei Vorleistungsprodukten) die Weiterverarbeitung sowie die Emissionen in der Nutzung des Produktes und die, die bei der Produktion anfallen.

Nicht mit eingerechnet werden dürfen dagegen nach ISO-Norm 14067 Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Kompensation wie Energieeffizienzmaßnahmen oder Aufforstungsprojekte. In die CO<sub>2</sub>-Bilanz eines Produktes über dessen Lebenszyklus sollen entsprechend nur die Aktivitäten eingehen, die direkt mit der Wertschöpfungskette des Produktes zusammenhängen.

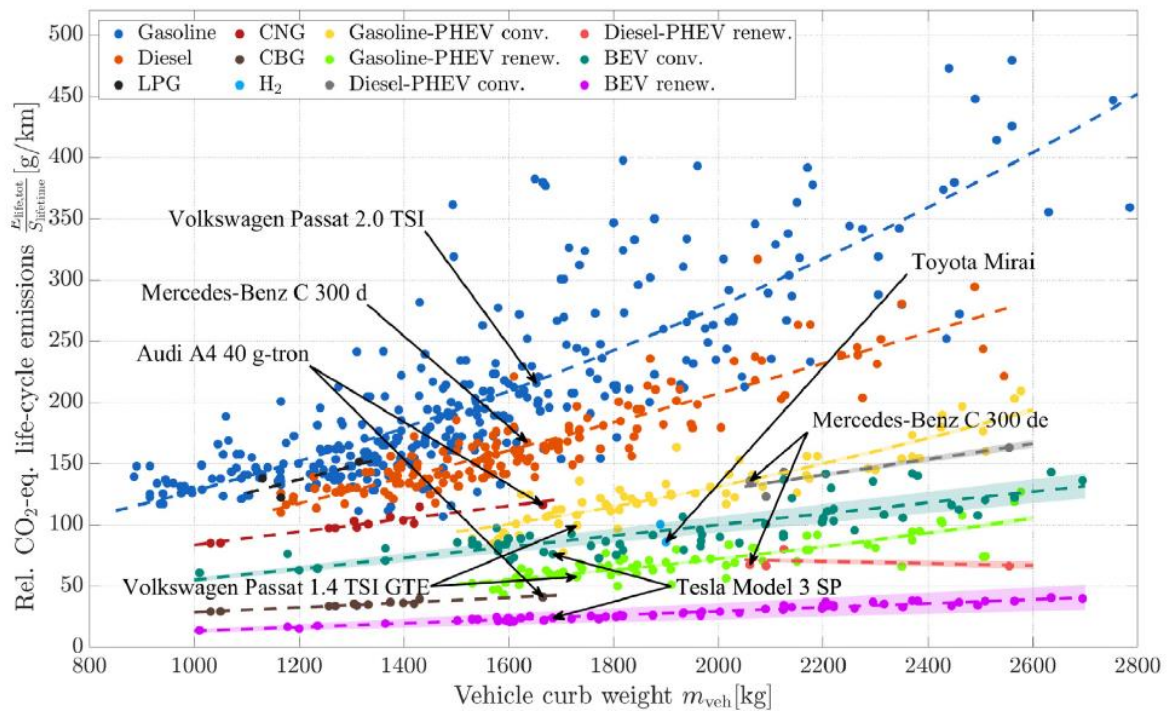
Daimler (2021) beziffert die durchschnittlichen bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen seiner Pkw für das Jahr 2020 auf 49,7 Tonnen CO<sub>2</sub> je Pkw. Dabei entfallen 9,1 Tonnen CO<sub>2</sub> auf den Einkauf von Vorleistungen und die Logistik (Scope 3). Nur rund 0,8 Tonnen CO<sub>2</sub> entfallen auf die Produktion bei Daimler selbst, inklusive der Stromnutzung (Scope 1 und 2). Mit 39,3 Tonnen CO<sub>2</sub> entfällt der Großteil der Emissionen auf die durchschnittliche Nutzungsphase, also vor allem den Kraftstoffverbrauch der Wagen bis zum Nutzungsende. Dies sind 1,3 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Pkw weniger als im Jahr 2019.

Da es sich bei der Betrachtung der Emissionen jedoch um einen Durchschnittswert handelt, können die eigentlichen Emissionen je Fahrzeug in der Nutzungsphase stark unterschiedlich ausfallen. Eine aktuelle Studie von Buberger et al. (2022) zeigt die berechneten Emissionen unterschiedlicher Fahrzeuge abhängig von deren Gewicht und Antriebstechnologie (Abbildung 3-2).



**Abbildung 3-2: Product Carbon Footprint (PCF) der Nutzungsphase eines Autos**

Je Kilometer abhängig von Antriebsart und Gewicht



Quelle: Buberger et al. (2022)

Da die Emissionen je Kilometer angegeben sind, erhöhen sich die Emissionen mit der Nutzungsdauer beziehungsweise der Nutzungsintensität des Autos. Um hier die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Nutzung berechnen zu können, müssen die Hersteller Annahmen zur Nutzungsdauer und den zu erwartenden gefahrenen Kilometern bis zum Ende der Nutzung berechnen. In der Realität kann dieser Wert stark schwanken. So liegt das durchschnittliche Alter der Personenkraftwagen in Deutschland nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes (2022) bei rund 10,1 Jahren. Entsprechend wird in Studien zur CO<sub>2</sub>-Intensität (vgl. zum Beispiel Wietschel et al., 2019 und Buchal et al., 2019) auch eine Nutzungsdauer von rund zehn Jahren angenommen. Die Zahlen des Kraftfahrtbundesamtes (2022) zeigen jedoch, dass ein signifikanter Anteil der Fahrzeuge in Deutschland deutlich länger genutzt wird. Rund 1,1 Prozent der Fahrzeuge sind etwa mindestens 40 Jahre alt. Rund 11 Prozent sind mindestens 20 Jahre alt. In anderen Ländern außerhalb Deutschlands ist das durchschnittliche Fahrzeugalter sogar noch deutlich höher (vgl. etwa Fritsch et al., 2021 und ACEA, 2022).

Neben der Nutzungsdauer und dem Kraftstoffverbrauch bei Verbrennern spielt bei Elektroautos auch der Strommix am Gebrauchsort eine große Rolle. Lassen sich die Scope-2-Emissionen des Energiebezugs bei der Produktion von Gütern noch gut berechnen, ist die bedingte CO<sub>2</sub>-Last durch Stromverbrauch während der Nutzungsdauer nur schwer zu prognostizieren. Dies gilt insbesondere für langlebige Güter wie Maschinen oder E-Autos. Bei Autos kommt hier noch die hohe Mobilität der Nutzung des Gutes in Kombination mit deutlich unterschiedlichen Anteilen erneuerbarer Energien im Strommix einzelner Länder, insbesondere in Europa, hinzu.

Diese exemplarisch dargestellten Probleme bei der Prognose der Scope-3-Emissionen der nachgelagerten Wertschöpfungskette gelten in unterschiedlicher Dimension auch für alle anderen Güter. Die zukünftigen Emissionen während der Nutzungsphase und des Recyclings können nur annahmebasiert

bestimmt werden. Gerade bei langlebigen Gütern können so die zukünftigen Emissionen stark von der beim Verkauf des Produktes kalkulierten Emissionsmenge abweichen.

Auch bei der Bestimmung der Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette können Probleme auftreten. Das Erstellen einer vollständigen Umweltbilanz eines Produkts setzt valides Zahlenmaterial zu den Umweltwirkungen über alle Produktionsstufen des Produktes voraus. Dieses Zahlenmaterial liegt vielfach nicht vor. Fehlende Daten müssen deshalb durch annahmebasierte Daten und Modelle ergänzt werden. Ein auf volkswirtschaftlicher Ebene etabliertes Modell zur Berechnung von CO<sub>2</sub>-Emissionen entlang der vorgelagerten Wertschöpfungskette wird in Kapitel 4 vorgestellt.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind dabei sowohl auf statistischer Ebene als auch auf Produktebene noch der am besten definierte Umweltindikator. Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen, als mengenmäßig größtes klimaschädliches Gas, müssen nach den aktuellen Bestimmungen des Kyoto-Protokolls auch die Emissionen von sechs anderen Gasen erfasst werden: Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>). Alle diese Emissionen müssen nach Angaben des Greenhouse Gas Protocols (2013) erfasst werden. Da die einzelnen Stoffe ein unterschiedlich starkes Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential – GWP) besitzen, kann die Klimawirkung der einzelnen Gase zur besseren Vergleichbarkeit in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgewiesen werden. Das Kyoto-Protokoll weist hier Treibhauspotenziale über einen Zeitraum von 100 Jahren aus. Der zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) gibt zusätzlich GWP-Werte für Zeithorizonte von 20 Jahren, 100 Jahren und 500 Jahren an. Ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent der anderen Treibhausgase entspricht dem Treibhausgaspotenzial einer emittierten Tonne Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) im betrachteten Zeitraum.

Die Messung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird zusätzlich dadurch erschwert, dass es nicht einen einzigen Standard zur Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gibt. Neben der weitverbreiteten ISO-Norm 14067 gibt es beispielsweise speziell für elektrische und elektronische Produkte den IEC-Standard 63372. Die Norm enthält dabei Grundlagen, Methoden und Leitlinien zur Quantifizierung und Kommunikation von Treibhausgasemissionen, Emissionssenkungen und vermiedenen Emissionen durch elektrische und elektronische Produkte sowie Dienstleistungen und Systeme. Anders als etwa die ISO-Norm werden in der IEC-Norm entsprechend auch Potenziale zur Treibhausgassenkung berücksichtigt, also sogenannte negative Emissionsfaktoren. Vermiedene Emissionen beziehen sich dabei auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen, die außerhalb der Grenzen des berichtenden Unternehmens als direkte Folge des Gebrauchs seiner Produkte stattfinden. So werden beispielsweise die bedingten Betriebsemissionen eines neuen elektrischen Produktes mit hoher Energieeffizienz mit den Emissionen des Gebrauchs eines hypothetischen herkömmlichen Elektrogeräts, welches mehr Strom verbraucht, verglichen. Die IEC-Norm lehnt sich zwar an andere Normen wie das Greenhouse Gas Protocol und die ISO-Norm 14067 an, die ermittelten Werte sind aber durch die berücksichtigten Emissionssenkungen und vermiedene Emissionen nicht identisch.

Auch innerhalb der ISO-Norm 14067 sind einzelne spezifische Quellen von emittierten und entzogenen Treibhausgasmengen aufgelistet, die bei der Berechnung des Product Carbon Footprints (PCF) einbezogen werden können, aber nicht müssen. So sollen Emissionen aus der Landnutzung einbezogen werden. Eine Verpflichtung besteht jedoch nicht. Emissionen als Ergebnis der indirekten Landnutzungsänderung sollen nach der Norm für die Aufnahme in Betracht gezogen werden. Hinzu kommt, dass eine Landnutzungsänderung sowohl eine Quelle als auch eine Senke von Treibhausgasen darstellen kann.

Die ISO-Norm definiert zudem Abschneidekriterien für die Berechnung des PCF. Einbezogen werden sollen alle emittierten und entzogenen Treibhausgasmengen, die einen relevanten Beitrag zum jeweiligen PCF leisten. Ähnlich wie in der Empfehlung der EU-Kommission nennt auch die ISO-Norm verschiedene Anforderungen an die Datenqualität, mit denen der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Produktes

berechnet werden soll. Hierzu zählen unter anderem die Aktualität der Daten, die geografische und technologische Relevanz, die Präzision der Datenerfassung, Repräsentativität, Konsistenz und Vergleichbarkeit der Daten. Eine genaue Methodik, wie der Grad der Erfüllung dieser Anforderungen gewährleistet werden kann, definiert die Norm dabei nicht. In Anbetracht der Ermangelung solcher festen Regeln sind die PCFs gleicher Produkte verschiedener Unternehmen aktuell noch nicht vollständig vergleichbar.

## 4 Messung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks

Zur Ermittlung der Emissionen eines Produktes oder Unternehmens entlang der gesamten Wertschöpfungskette wird eine Vielzahl von Daten benötigt, die den Unternehmen oft nicht vollständig vorliegen. Während die Berechnung der Scope-3-Emissionen der nachgelagerten Wertschöpfungskette zwangsläufig auf verschiedenen Annahmen und Berechnungen beruht, sind auch Daten zu den Scope-2- und Scope-3-Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette für die Unternehmen nicht in allen Details verfügbar. Eine Möglichkeit, diese Datenlücken zu füllen, stellt die Analyse über Daten der amtlichen Statistik dar.

Im folgenden Kapitel werden die bereits existierenden öffentlich verfügbaren Datenquellen analysiert, die Angaben zu CO<sub>2</sub>-Verbräuchen bei der Herstellung industrieller Produkte machen. Es wird exemplarisch untersucht, inwieweit mit den verfügbaren Datenquellen Aussagen zu den CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken einzelner Unternehmen oder Produkte getroffen werden können und wo die Grenzen dieser Berechnungen liegen.

### 4.1 Bestimmung der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die relevanteste öffentlich zugängliche Datenquelle für Zahlen zu weltweit vergleichbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen stammt von der International Energy Agency (IEA). Der Datensatz „CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion“ der IEA liefert jährlich differenzierte Angaben zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kraftstoffverbrennung für 38 verschiedene wirtschaftliche Aktivitäten und 46 verschiedene Kraftstoffe in 146 Ländern. Aktuell liegen die Daten der IEA für das Jahr 2020 vor, sie erscheinen also jeweils mit rund einem Jahr Verzögerung. Die Daten werden in Zusammenarbeit mit den nationalen statistischen Behörden erhoben und berechnen sich jeweils aus dem landes- und sektorspezifischen Kraftstoffverbrauch und einem kraftstoffspezifischen Emissionsfaktor. Mit der ausschließlichen Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Kraftstoffverbrennung wird ein Großteil aller Treibhausgasemissionen eines Landes

berücksichtigt. Andere Emissionsquellen und Treibhausgase, wie zum Beispiel der Methanausstoß in der Rinderhaltung oder auf Mülldeponien, werden jedoch außer Acht gelassen<sup>4</sup>.

Die Zahlen der IEA liegen für 38 sogenannte „Combustion Sectors“, also „Verbrennungssektoren“ vor. Um die CO<sub>2</sub>-Emissionen eines bestimmten Produkts beziehungsweise einer Branche entlang ihrer Wertschöpfungskette abschätzen zu können, muss diese Einteilung der IEA zunächst in eine statistisch besser verwertbare Klassifikation überführt werden, um die CO<sub>2</sub>-Zahlen mit anderen statistischen Kennzahlen, wie zum Beispiel dem Produktionswert, verknüpfen zu können. Zur Auswahl steht hier einerseits die güterbasierte „Classification of Products by Activity“ (CPA), die für die Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von einzelnen Produkten auf den ersten Blick gut geeignet wäre. Allerdings gibt es auf internationaler Ebene keine güterbasierten statistischen Daten zu Wertschöpfungsketten. Hinzu kommt, dass die Überführung der IEA-Einteilung in die CPA-Klassifizierung weniger präzise ist als die Überführung in die branchenbasierte „International Standard Industrial Classification“ (ISIC). Aus diesen Gründen ist die ISIC-Klassifikation für eine genauere Untersuchung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Wertschöpfungskette die beste Wahl. Auch die OECD verwendet diese Klassifizierung in ihrer Datenbank „Carbon dioxide emissions embodied in international trade“, in der sie regelmäßig (jedoch mit einer zeitlichen Verschiebung von drei Jahren) die CO<sub>2</sub>-Kennzahlen der IEA, in die Branchensicht überführt, veröffentlicht. Das genaue Vorgehen der Überführung der IEA-Daten in die ISIC-Klassifikation wird in einem Arbeitspapier der OECD (Yamano/Guilhoto, 2020) erläutert. Ein Großteil der Verbrennungssektoren der IEA kann dem Arbeitspapier zufolge eindeutig einem Wirtschaftszweig der ISIC-Klassifikation zugeordnet werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen von elf IEA-Strömen müssen jedoch auf verschiedene Industrien der ISIC-Klassifikation und auf einzelne Länder aufgeteilt werden:

- ▶ Zum einen sind hier die „Eigenproduzenten“ zu nennen. Im Gegensatz zu Unternehmen, die Energie und/oder Wärme als Hauptprodukt produzieren und verkaufen, entsteht in den Unternehmen der „Eigenproduzenten“ Energie und/oder Wärme als Nebeneffekt für eine andere hauptsächliche Produktion und die Energie und/oder Wärme wird nicht oder nur zu Teilen weiterverkauft. Da die hauptsächliche Tätigkeit der Eigenproduzenten nicht in der Energieerzeugung liegt, sind sie auch nicht diesem Wirtschaftszweig zugeordnet. Für eine Abschätzung, in welchen Wirtschaftszweigen wie viel Energie für den Eigengebrauch erzeugt wird, greift die OECD hierbei auf die kraftstoffspezifischen Kennzahlen der Eigenproduzenten zurück. Alle Emissionen, die bei der Verbrennung von Kohle entstehen, werden der Stahlindustrie zugeschrieben, da diese der mit Abstand häufigste Produzent von Fernwärme auf Basis von Kohle ist. Alle anderen Emissionen der Eigenproduzenten werden je nach Kraftstoffanteilen der übrigen Industrien verteilt.
- ▶ Ein weiterer, nicht spezifisch einem Wirtschaftszweig zuordenbarer Sektor in der IEA-Datenbank sind die Emissionen, die durch den Straßenverkehr entstehen. Anders als der Luft- oder der Schiffsverkehr, deren Emissionen beide eindeutig den jeweiligen Wirtschaftszweigen zugeordnet werden können, sind die Emissionen des Straßenverkehrs nicht vollständig der Logistik im „Landverkehr“ zuzuordnen, da auf der Straße auch viele Privatpersonen unterwegs sind und Güter anderer Wirtschaftszweige transportiert werden. Die Emissionen des Straßenverkehrs müssen also sowohl auf den Endverbrauch der privaten Konsumenten als auch auf die verschiedenen Wirtschaftszweige aufgeteilt werden. Einige wenige Länder veröffentlichen ausreichend detaillierte Input-Output-Tabellen (IOT), um daraus ablesen zu können, welche

---

<sup>4</sup> Eine alternative Datenquelle stellen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der „Emissions Database for Global Atmospheric Research“ (EDGAR)-Datenbank der Europäischen Kommission dar (Vergleiche Crippa et al., 2022). Die EDGAR-Datenbank enthält am aktuellen Rand neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der energetischen Nutzung auch Daten zu prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft. Die Daten der EDGAR-Datenbank liegen allerdings nur auf einer stärker aggregierten Ebene vor, sodass hiermit Analysen von einzelnen Wirtschaftszweigen oder Wertschöpfungsketten nicht ohne Weiteres möglich sind.

Industrien wie viel Diesel und Benzin verbrauchen. Für diese Länder können die Emissionen des Straßenverkehrs auf Grundlage der Verwendungstabellen der Input-Output-Tabellen verteilt werden. Für die meisten anderen Länder liegt in den Aufkommens- und Verwendungstabellen der OECD auf Industrieebene nur der jeweilige Verbrauch von generellen Erdölprodukten vor. Diese Zahlen werden mit industriespezifischen Benzin- und Dieselanteilen aus den Referenzländern, die mehr Informationen veröffentlichen, kombiniert. Auf diese Weise können die Emissionen des Straßenverkehrs auch für die übrigen Länder anhand des Benzin- und Dieserverbrauchs verteilt werden.

- ▶ Die Emissionen, die beim internationalen Luft- und Schiffsverkehr entstehen, können eindeutig den jeweiligen Wirtschaftszweigen zugewiesen werden (dem Luft- und dem Schiffsverkehr). Die Herausforderung bei diesen Posten ist die Zuordnung zu den einzelnen Ländern. In der IEA-Datenbank werden die Emissionen den einzelnen Ländern geografisch zugeordnet, in denen der Treibstoff für den Betrieb der Flugzeuge und Schiffe aufgetankt wurde. Für eine Untersuchung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von einzelnen Industrien wird jedoch eine produktionsbasierte Zuteilung benötigt. Die Emissionen sollten, wenn möglich, denjenigen Ländern zugeschrieben werden, die die jeweiligen Flug- und Schifflinien betreiben, da deren wirtschaftlicher Beitrag auch entsprechend der nationalen Zuordnung verbucht wird. Für eine Abschätzung der internationalen Flugemissionen kombiniert die OECD die Informationen aller vorhandenen Flugrouten mit den Nationalitäten der auf diesen Routen operierenden Fluglinien. Die Daten stammen aus der OpenFlights Database<sup>5</sup>. Für den internationalen Schiffsverkehr wird angenommen, dass 10 Prozent der Emissionen, die in der IEA-Datenbank geografisch einem Land zugeordnet werden, auch durch dort operierende Unternehmen zu verantworten sind. Die restlichen 90 Prozent der Emissionen werden anhand des Erdölverbrauchs des Schiffsverkehrs in den einzelnen Ländern verteilt, die aus den Aufkommens- und Verwendungstabellen der OECD abzulesen sind.

Nach der Überführung der IEA-CO<sub>2</sub>-Kennzahlen in eine geeignete Klassifikation kann im Datensatz abgelesen werden, wie viel CO<sub>2</sub> innerhalb eines Jahres durch die Verbrennung von Energieträgern in einer bestimmten Industrie in einem bestimmten Land ausgestoßen wird. Will man die CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmen, die durch die Herstellung eines bestimmten Produkts in einem Betrieb anfallen, können die IEA-Daten eine wertvolle Schätzung dazu liefern, wie viel CO<sub>2</sub> in der Branche des betrachteten Produkts durchschnittlich je Produktionswert ausgestoßen wird. Je nachdem, wie heterogen die Produkte der übergeordneten Branche sind, können auf diese Weise mehr oder weniger genaue Schätzwerte berechnet werden. Präzise Angaben zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen für ein spezifisches Produkt in einem spezifischen Betrieb, wie sie eine detaillierte Evaluation der Unternehmen der vorgelagerten Lieferkette generiert, können jedoch nicht mit Sicherheit ermittelt werden.

## 4.2 Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks auf Basis amtlicher Daten

Die IEA-Daten allein können dazu verwendet werden, die Scope-1-Emissionen zu schätzen, die direkt bei der Produktion eines Produkts anfallen, beispielsweise bei der Produktion eines Autos. Für die Berechnung des gesamten CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks (also inklusive Scope-2- und Scope-3-Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette) eines Produkts reichen diese Informationen jedoch nicht aus. In den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck sollen nicht nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen einbezogen werden, die bei der Produktion des Produkts im jeweiligen Unternehmen anfallen, sondern auch diejenigen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die während

---

<sup>5</sup> <http://openflights.org>

der Produktion der benötigten Vorleistungsgüter ausgestoßen werden. Bei der Produktion eines Autos sind beispielsweise nicht nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen relevant, die beim Zusammenbau der einzelnen Auto-Komponenten entstehen, sondern unter anderem auch diejenigen Emissionen, die bei der Erzeugung des für den Autobau benötigten Stahls und Aluminiums ausgestoßen werden. Neben den Daten zu den im jeweiligen Produktionsschritt anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen werden daher Daten zur Struktur der zugrunde liegenden Wertschöpfungskette eines Produkts benötigt.

Informationen zur Struktur von Wertschöpfungsketten werden in der amtlichen Statistik nicht unternehmensspezifisch, sondern nur auf aggregierter Branchenebene veröffentlicht. Üblicherweise werden für die Untersuchung von Wertschöpfungsketten sogenannte Input-Output-Tabellen (IOT) verwendet, die Wirtschaftsverflechtungen zwischen verschiedenen wirtschaftlichen und geografischen Einheiten abbilden. Auf internationaler Ebene veröffentlicht die OECD regelmäßig die „Inter-Country Input-Output (ICIO) Table“, die die Wirtschaftsverflechtungen zwischen 45 Branchen in 67 geografischen Regionen (66 Länder plus eine Gruppe „Rest der Welt“) abbildet. Um die ICIO bereitzustellen, arbeitet die OECD hier mit den statistischen Ämtern der einzelnen Länder zusammen. Die von den einzelnen Ländern bereitgestellten Aufkommens- und Verwendungstabellen werden unter erheblichem rechnerischen Aufwand vereinheitlicht und harmonisiert. Aufgrund der komplexen Datenerhebung und Berechnungsschritte wird die ICIO jeweils mit einer Zeitverzögerung von drei Jahren veröffentlicht, in ihrer aktuellen Version liegt sie für das Jahr 2018 vor. Anders als die nationale Input-Output-Tabelle für Deutschland, die vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht wird, werden in der ICIO die Verflechtungen zwischen einzelnen Wirtschaftszweigen und nicht zwischen verschiedenen Gütergruppen dargestellt. Eine Überführung in die Gütersicht würde sich selbst mit weiteren Informationen der 66 in der ICIO vertretenen Länder nur unter sehr großem Rechenaufwand realisieren lassen.

Mithilfe der ICIO und etablierter Rechenmethoden der Input-Output-Analyse kann ermittelt werden, wie viel Produktion in den vorgelagerten Wertschöpfungsschritten einer Branche angestoßen wird. Die ICIO kann auch dafür verwendet werden, die Wertschöpfungskette eines bestimmten Produkts abzuschätzen. Hierbei ergeben sich jedoch zwei Einschränkungen:

- ▶ Für das zu untersuchende Produkt kann nur analysiert werden, wie die Wertschöpfungskette der übergeordneten Branche und des übergeordneten Landes aussieht. Für Produkte, die einer sehr homogenen Branche zugeordnet sind, können die resultierenden Ungenauigkeiten signifikant sein, da in der aggregierten Branchensicht eine Durchschnittsbetrachtung über alle Güter einer Branche stattfindet und daher eine gemittelte Struktur der Vorleistungsgüter angenommen werden muss. Will man jedoch die Wertschöpfungskette eines Produkts analysieren, welches einer sehr heterogenen Branche zuzuordnen ist, ergeben sich womöglich größere Ungenauigkeiten. Dem Maschinenbau wird beispielsweise sowohl die Herstellung von Dieselmotoren für Wasserfahrzeuge als auch die Herstellung von Sonnenbänken zugeordnet, zwei völlig verschiedene Güter mit völlig verschiedenen Herstellungsprozessen, Komponenten und entsprechend unterschiedlichen Wertschöpfungsketten<sup>6</sup>.
- ▶ Auch die resultierenden Ergebnisse zur angestoßenen Produktion der vorgelagerten Wertschöpfungsschritte liegen nur auf Branchen- und Länderebene vor. Aussagen dazu, welche spezifischen Güter oder Dienstleistungen zur Herstellung eines spezifischen Produkts eingekauft werden, oder aus welcher Region innerhalb eines Landes diese bezogen werden, können

---

<sup>6</sup> Wie gut die branchenspezifische Vorleistungsstruktur die reelle Vorleistungsstruktur des zu analysierenden Produktes widerspiegelt, hängt dabei auch davon ab, wie typisch das zu analysierende Produkt für die nationale Branche ist. Die Herstellung eines Motors ist für den deutschen Maschinenbau tendenziell ein typisches Produkt der Branche, während eine Sonnenbank eher einen Spezialfall darstellt, der auch am Gesamtumsatz der Branche nur eine geringe Bedeutung besitzt. Es ist daher anzunehmen, dass die vorgelagerte Wertschöpfungskette des Motors relativ genau durch den Branchendurchschnitt dargestellt wird, während die Komponenten der Sonnenbank stärker von der branchenspezifischen Wertschöpfungskette abweichen und deshalb nur ungenau modelliert werden.

daher nicht exakt getroffen werden. Achtet ein Unternehmen beispielsweise darauf, die benötigten Vorleistungsgüter bei möglichst nachhaltig produzierenden Betrieben einzukaufen, könnten diese Anstrengungen nicht erfasst werden, wenn die Wertschöpfungskette des Unternehmens mithilfe der IOT approximiert würde.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für die Analyse von CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken einzelner Produkte oder Betriebe öffentliche Daten aus der ICIO und von der IEA zwar für erste annähernde Ergebnisse verwendet werden können. Hinsichtlich der Aktualität und Granularität der Ergebnisse ist auf dieser Mikroebene jedoch mit einer eingeschränkten Genauigkeit der Ergebnisse zu rechnen:

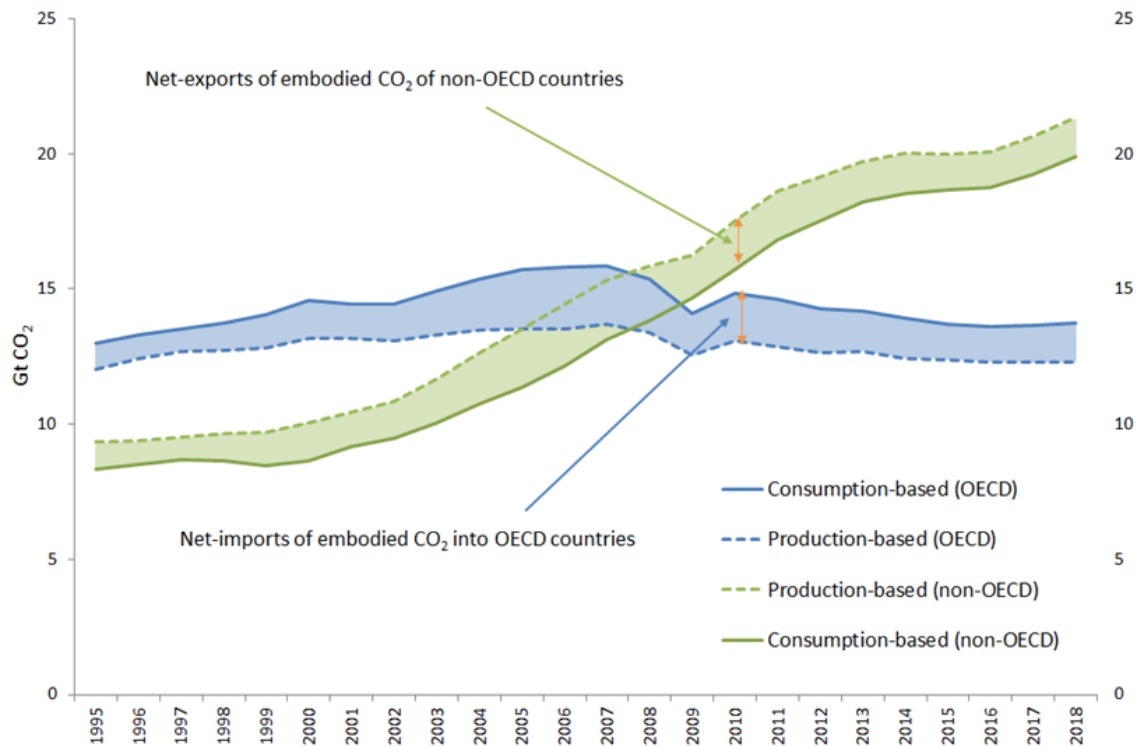
- ▶ Es können nur Durchschnittswerte für die beteiligten Branchen dargestellt werden,
- ▶ die Ergebnisse können nur mit einer zeitlichen Verzögerung berechnet werden und
- ▶ durch die Verwendung der IEA-Daten sind nicht alle potenziell möglichen CO<sub>2</sub>-Quellen berücksichtigt.

### 4.3 Analyse der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den internationalen Wertschöpfungsketten

Anders als bei der Analyse der CO<sub>2</sub>-Emissionen einzelner Produkte oder Unternehmen ist es bei der Betrachtung ganzer Branchen und Länder auf der Makroebene vollkommen valide, die beschriebenen Verfahren zu nutzen. Auf Basis der beschriebenen Methodik können so hochinteressante Analysen zu den wirtschaftlichen Zusammenhängen der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen durchgeführt werden. Mit dem weiter oben bereits genannten Datensatz „Carbon dioxide emissions embodied in international trade“ stellt die OECD eine Datenquelle bereit, in der die CO<sub>2</sub>-Daten der IEA bereits mit den Daten der Wertschöpfungsketten aus der ICIO kombiniert wurden. Für jede Branche in einem Land kann im Datensatz der OECD der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Fußabdruck abgelesen werden. Wie die ICIO-Tabelle liegt auch dieser Datensatz für 45 Branchen in 67 Regionen für das Jahr 2018 vor. Erste Analysen der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden von der OECD durchgeführt und unter anderem im bereits genannten Arbeitspapier veröffentlicht (siehe Yamano/Guilhoto, 2020).

Durch die spezifischen multinationalen Daten zu Produktion, Verarbeitung und Konsum der einzelnen Branchen und Länder kann etwa zwischen den CO<sub>2</sub>-Emissionen unterschieden werden, die tatsächlich in einem Land ausgestoßen werden, und denjenigen Emissionen, die durch die in einem Land konsumierten Güter zustande gekommen sind. Dies ist möglich, weil in den Input-Output-Tabellen nicht nur die Wirtschaftsverflechtungen zwischen den einzelnen Branchen, sondern auch der Konsum der Endnutzer dargestellt ist. Bei dieser Betrachtung zeigt sich, wie wichtig es ist, die gesamte Wertschöpfungskette eines Produkts zu betrachten und somit zu untersuchen, durch welche Endnachfrage die Produktion eines Gutes und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen überhaupt angestoßen wurden.



**Abbildung 4-1: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kraftstoffverbrennung (OECD- und Nicht-OECD-Länder)**Durch den finalen Konsum (Investitionen und privater Konsum) bedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen

Quelle: Yamano/Guilhoto (2020)

In Abbildung 4-1 werden Berechnungen der OECD zu dieser Frage für die Ländergruppen der OECD-Länder (blau) und der Nicht-OECD-Länder (grün) als Zeitreihe dargestellt. Ersichtlich ist zunächst, dass im Jahr 2005 die Summe der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kraftstoffverbrennung der Nicht-OECD-Länder diejenigen der OECD-Länder übertroffen hat und seitdem weiterwächst. Die direkten Emissionen der OECD-Länder bleiben dagegen tendenziell auf einem konstanten Niveau und sind in den letzten Jahren sogar geringfügig gefallen. Hierbei ist anzumerken, dass im Schaubild die Summe der CO<sub>2</sub>-Emissionen und nicht die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf abgebildet werden. Besonders interessant ist jedoch der in der Abbildung dargestellte Unterschied zwischen produktionsbasierten Emissionen (gestrichelte Linie) und konsumbasierten Emissionen (durchgezogene Linie). Während die konsumbasierten Emissionen in den Nicht-OECD-Ländern während des gesamten betrachteten Zeitraums unter den produktionsbasierten Emissionen liegen, verhält es sich in den OECD-Ländern genau andersherum. In den OECD-Ländern werden also vermehrt CO<sub>2</sub>-intensive Güter konsumiert, die in Nicht-OECD-Ländern produziert wurden oder deren Vorleistungsprodukte aus den Nicht-OECD-Ländern stammen. Tendenziell werden in den Nicht-OECD-Ländern diejenigen Güter produziert, deren Herstellung energieintensiver ist. Diese Gründe führen dazu, dass die OECD-Länder Netto-Importeure von CO<sub>2</sub>-Emissionen sind, die Nicht-OECD-Länder hingegen Netto-Exporteure. Eine ausschließliche Betrachtung der landesspezifischen (produktionsbasierten) CO<sub>2</sub>-Emissionen würde für einen fairen Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen den Ländern daher zu kurz greifen.

Die von der OECD veröffentlichten Kennzahlen liegen aktuell nur bis zum Jahr 2018 vor. Aktuellere Schätzwerte für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Branchen und Länder im internationalen Vergleich können jedoch berechnet werden, wenn man die Kombination der Wertschöpfungsketten- mit den CO<sub>2</sub>-Daten selbst vornimmt. Im Folgenden wird unsere Methodik zu diesem Vorgehen vorgestellt.

## 4.4 Berechnung der CO<sub>2</sub>-Intensitäten für das Jahr 2020

Da die ICIO nur für das Jahr 2018 vorliegt, können zu den Wertschöpfungsketten keine aktuellen Aussagen getroffen werden. Allerdings kann aus früheren Veröffentlichungen der ICIO geschlossen werden, dass die Wirtschaftsverflechtungen der Länder und Branchen über die Jahre relativ konstant bleiben und disruptive Änderungen selten sind. Unter der Annahme, dass die Vorleistungsströme konstant bleiben, können die CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Jahr 2020 ermittelt werden. Dazu werden die Informationen zu den branchenspezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstößen der IEA mit Produktionswertzahlen desselben Jahres verknüpft, um CO<sub>2</sub>-Intensitäten zu berechnen. Für jede Branche (und jedes Land) können somit Kennzahlen berechnet werden, wie viel CO<sub>2</sub> je US-Dollar Produktionswert eines durchschnittlichen Guts einer Branche in einem Land ausgestoßen wird. Die aktualisierten CO<sub>2</sub>-Intensitäten können im Nachgang mit den Verflechtungsdaten der Wertschöpfungsketten kombiniert werden.

Um die aktuellen branchenspezifischen CO<sub>2</sub>-Intensitäten zu berechnen, sind grundsätzlich zwei Rechenschritte durchzuführen: Zum einen muss das oben beschriebene Vorgehen der OECD zur Neuklassifizierung der IEA-Verbrennungssektoren repliziert werden. Zum anderen werden industrie- und landesspezifische Zahlen zu den Produktionswerten im Jahr 2020 benötigt.

Das Vorgehen der Neuklassifizierung der IEA-Kennzahlen kann in großen Teilen von der OECD-Veröffentlichung übernommen werden. Viele IEA-CO<sub>2</sub>-Emissionen können den Wirtschaftszweigen eindeutig zugewiesen werden. Etwas komplexer gestaltet sich die Berechnung derjenigen Emissionskennzahlen, die auf verschiedene Industriezweige und den Endkonsum aufzuteilen sind, da uns nicht dieselben detaillierten Datenquellen wie der OECD vorliegen. Für folgende IEA-Kennzahlen unterscheidet sich unser Vorgehen deshalb in einigen kleinen Details von dem Vorgehen der OECD:

- ▶ **„Eigenproduzenten“:** Analog zum Vorgehen der OECD werden alle Emissionen derjenigen Gase, die bei der Verbrennung von Kohle entstehen, der Stahlindustrie zugeschrieben. Die übrigen Emissionen sollen sich an den nationalen detaillierten Verwendungstabellen der OECD und ICIO orientieren. Diese sind jedoch nicht öffentlich verfügbar, sodass die Residuen durch einen Abgleich der 2018er-Zahlen mit den Kennzahlen der IEA ermittelt und entsprechend verteilt wurden.
- ▶ **Straßenverkehr:** Die Daten der OECD-Aufkommens- und Verwendungstabellen zu den Erdölprodukt-Verbräuchen der einzelnen Industrien liegen nicht öffentlich vor. Für eine erste Aufteilung der im Straßenverkehr erzeugten Emissionen auf die privaten Haushalte und die Industrie konnte die Rechnung der OECD in umgekehrter Reihenfolge nachvollzogen werden. Den privaten Haushalten weisen wir somit denselben Anteil an allen Straßenverkehrsemissionen zu wie die OECD. Für die Aufteilung der übrigen Emissionen wurden für Deutschland Zahlen zum Kraftstoffverbrauch einzelner Industrien im Straßenverkehr von Destatis (Statistisches Bundesamt, 2019) verwendet. Für die übrigen Länder wurden die für Deutschland ermittelten branchenspezifischen Straßenemissionen je Produktionswert auf die Produktionswerte der dort ansässigen Industriezweige angewandt und auf das zuvor berechnete Industrie-Residuum angepasst. Auch hier wurden die berechneten Werte mit den 2018er-Kennzahlen der OECD validiert und die finale Verteilung der Emissionen des Straßenverkehrs auf die einzelnen Branchen entsprechend angepasst.
- ▶ **Internationaler Transport:** Die von der OECD genutzte Datenquelle von OpenFlights wird nicht mehr aktualisiert. Auf Basis dieser Quelle können keine aktuellen Verbindungsdaten extrahiert werden. Da es mit hohen Kosten verbunden gewesen wäre, Daten zu den Flugrouten von alternativen Anbietern zu bekommen, wird das Vorgehen der OECD für den internationalen Schiffsverkehr auch auf den Flugverkehr übertragen. 10 Prozent der internationalen Luftverkehrsemissionen gehen an die geografische Region, der die Emissionen von der IEA zugeteilt

wurden. Die restlichen 90 Prozent werden (auch beim internationalen Schiffsverkehr) anhand des Produktionswerts der Luft- beziehungsweise der Schifffahrtsindustrie in den einzelnen Ländern aufgeteilt. Abschließend findet auf Basis der 2018er-Daten der OECD eine Harmonisierung der Verteilung der Transportemissionen des Schiffs- und Flugverkehrs statt.

Die Emissionsdaten der IEA für das Jahr 2020 basieren auf den Produktionswerten der nationalen Branchen für das Jahr 2020. Diese können durch die verschiedenen ökonomischen Schocks der COVID-Pandemie in einzelnen Ländern und Branchen deutlich von den Kennzahlen des Jahres 2018 abweichen. Da für die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Intensität eines Produktes oder einer Branche die CO<sub>2</sub>-Intensität der Produkte relativ zur Anzahl der produzierten Einheiten beziehungsweise zum Wert der hergestellten Waren und Dienstleistungen bestimmt werden muss, kommt der Bestimmung der Produktionswerte der einzelnen nationalen Branchen für das Jahr 2020 eine hohe Bedeutung zu.

Um die aktuellen Kennzahlen der Produktionswerte zu bestimmen, werden mehrere Datenquellen zusammengesetzt. Für 32 europäische Länder werden branchenspezifische Zahlen zu den Produktionswerten für das Jahr 2020 von Eurostat genutzt. Für die übrigen 34 Länder liegen Zahlen zum Produktionswert für das Jahr 2019 oder teilweise auch nur für das Jahr 2018 durch die OECD vor. Um die Produktionswerte dieser Branchen und Länder für das Jahr 2020 zu ermitteln, werden diese Angaben mit länder- und sektorspezifischen Kennzahlen der Weltbank zur Entwicklung der Bruttowertschöpfung fortgeschrieben.

Durch Verknüpfung der so berechneten Produktionswertzahlen mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Jahres 2020 kann für jede Branche in jedem im Datensatz vertretenen Land die direkte CO<sub>2</sub>-Intensität für das Jahr 2020 berechnet werden. Eine Betrachtung dieser aktuelleren CO<sub>2</sub>-Intensitäten ist sehr wichtig und aufschlussreich, da sich die CO<sub>2</sub>-Zahlen aufgrund der Dringlichkeit des Klimaschutzes und der kurzfristigen Effekte der Coronakrise am aktuellen Rand der Daten recht dynamisch entwickeln. So sanken die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Angaben der IEA im Jahr 2020 um 6,1 Prozent gegenüber dem Jahr 2018. In einzelnen Branchen und Ländern ist der Rückgang noch sehr viel stärker.

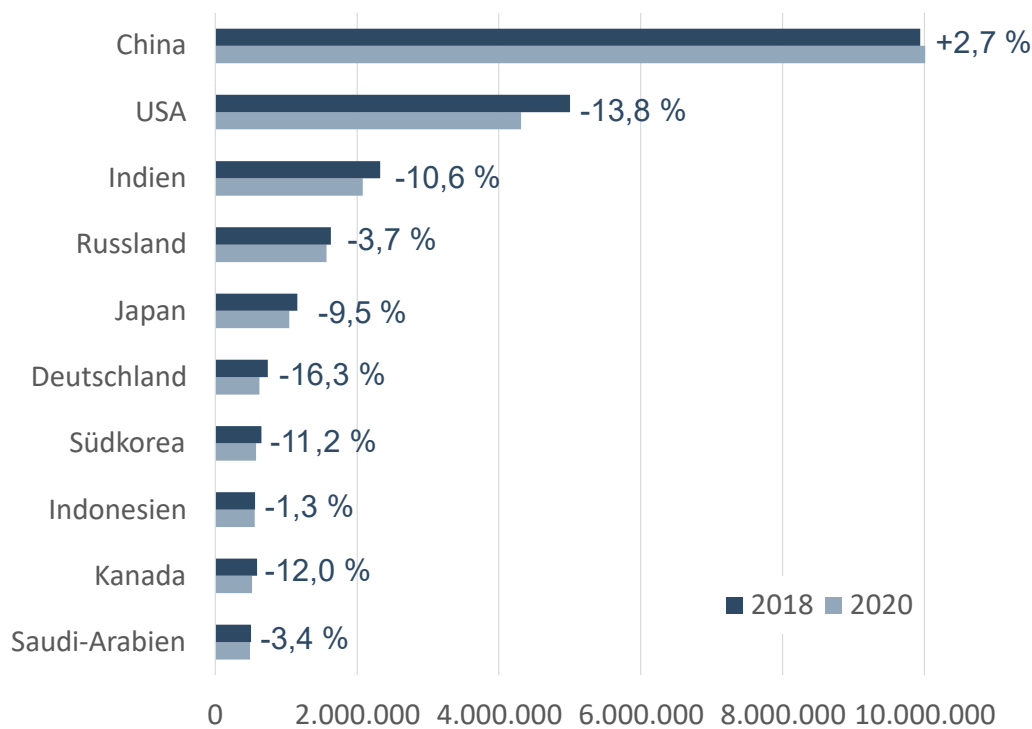
### 4.5 CO<sub>2</sub>-Intensitäten 2020 im internationalen Vergleich

Insbesondere in den westlichen Industrieländern ging der direkte Ausstoß an CO<sub>2</sub>-Emissionen aus energetischer Nutzung während der Coronakrise zurück. So sanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland 2020 im Vergleich zum Jahr 2018 um rund 16,3 Prozent (Abbildung 4-2). Auch die USA (-13,8 Prozent), Kanada (-12,0 Prozent) oder Japan (-9,5 Prozent) haben im ersten Jahr der COVID-Pandemie ihre direkten Emissionen deutlich verringert. Von den Ländern mit den weltweit meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen 2020 hat lediglich China mehr CO<sub>2</sub> emittiert als im Jahr 2018.

Mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 10,2 Milliarden Tonnen ist China im Jahr 2020 absolut gesehen das Land, das am meisten zum weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß beiträgt. An zweiter Stelle stehen die USA mit Emissionen in Höhe von 4,3 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>, danach folgt Indien mit CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 2,1 Milliarden Tonnen. Deutschland steht 2020 mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Höhe von 0,6 Milliarden Tonnen auf Platz sechs.

**Abbildung 4-2: Entwicklung der nationalen energetischen CO<sub>2</sub>-Emissionen 2020 zu 2018**

Nationale CO<sub>2</sub>-Emissionen aus energetischer Nutzung in Kilotonnen der zehn größten Emittenten 2020; Veränderung 2020 zu 2018 in Prozent



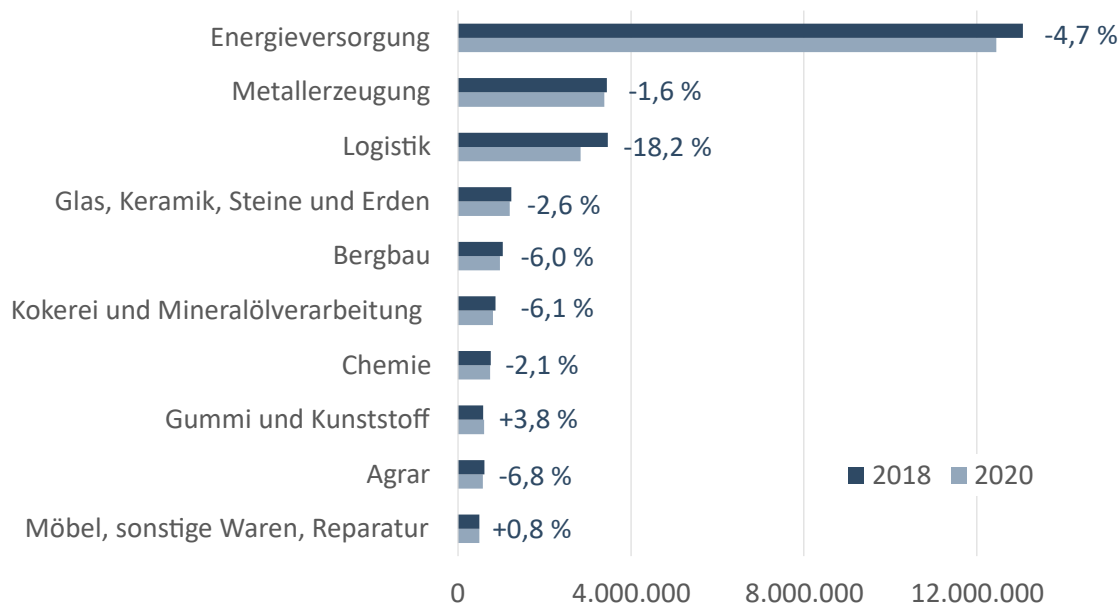
Quelle: IEA (2022), eigene Berechnungen IW Consult

Auf Branchenebene zeigt sich, dass ein wichtiger Teil des Rückgangs der Emissionen auf den verringerten Ausstoß in den Logistikbranchen zurückzuführen ist. So reduzierte sich der weltweite CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Logistikbranchen um rund 18,2 Prozent (siehe Abbildung 4-3). Insbesondere die Luftfahrtbranche hat ihren Output und damit auch ihre direkten Emissionen im Jahr 2020 deutlich reduzieren müssen. So sanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Luftfahrt um fast 40 Prozent im Vergleich zum Jahr 2018. Im Verarbeitenden Gewerbe war der Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit rund 2,3 Prozent dagegen moderat.

Es gibt mehrere Faktoren, die die CO<sub>2</sub>-Emissionen einer Branche beeinflussen können. Zum einen steigt und sinkt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß mit der Produktion. Da im Krisenjahr 2020 die Wirtschaft generell schrumpfte, hatten die meisten Branchen, wie etwa die Hersteller von Mineralölprodukten, nachfragebedingt einen deutlich verringerten Output an Produktion und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verzeichnen. In einigen Branchen, wie beispielsweise der Gummi- und Kunststoffindustrie, war hingegen trotz sinkender Produktionswerte ein leichter Anstieg der berechneten CO<sub>2</sub>-Kennzahlen festzustellen. Dies ist in den meisten Fällen darauf zurückzuführen, dass sich die Produktion einer Branche in Länder mit weniger nachhaltigen Produktionsmethoden verschiebt. Zudem können sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen jedoch auch durch modifizierte Herstellungsverfahren in den schon bestehenden Herstellerländern verändern. Der Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2020 ist größtenteils konjunkturbedingt. Zwar sanken die Emissionen im Vergleich zum Jahr 2018 um 5,8 Prozent, jedoch sank auch die weltweite Produktion um 2,5 Prozent. Trotzdem wurden im Jahr 2020 mit 169,5 Tonnen CO<sub>2</sub> je Million US-Dollar Produktionswert insgesamt weniger Schadstoffe emittiert als noch im Jahr 2018 (hier betrug die Quote 175,5 Tonnen CO<sub>2</sub> je Million US-Dollar Produktionswert).

**Abbildung 4-3: Entwicklung der branchenspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen 2020 zu 2018**

Branchenspezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen aus energetischer Nutzung in Kilotonnen der zehn größten Emittenten 2020; Veränderung 2020 zu 2018 in Prozent



Quelle: IEA (2022), eigene Berechnungen IW Consult

Sowohl im Jahr 2020 als auch in den Jahren zuvor war die Energieversorgung weltweit diejenige Branche, die die meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verzeichnen hatte. An zweiter und dritter Stelle stehen die Metallerzeugung und die Logistik. Zusätzlich zu den Emissionen, die in der Industrie und dem Dienstleistungssektor entstehen, ist der Kraftstoffverbrauch der privaten Haushalte nicht zu vernachlässigen. Mit weltweit 4,3 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> waren die Haushalte im Jahr 2020 für beinahe 16 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kraftstoffverbrennung verantwortlich.

## 4.6 Berücksichtigung der Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette 2020

Insbesondere für Unternehmen in Deutschland und Europa haben die indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen eine hohe Bedeutung. So wurden durch die Produktion der Unternehmen in Deutschland CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 620 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> verursacht. Hinzu kommen zusätzlich 2.690 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> durch die vorgelagerte Wertschöpfungskette der Unternehmen im Ausland.

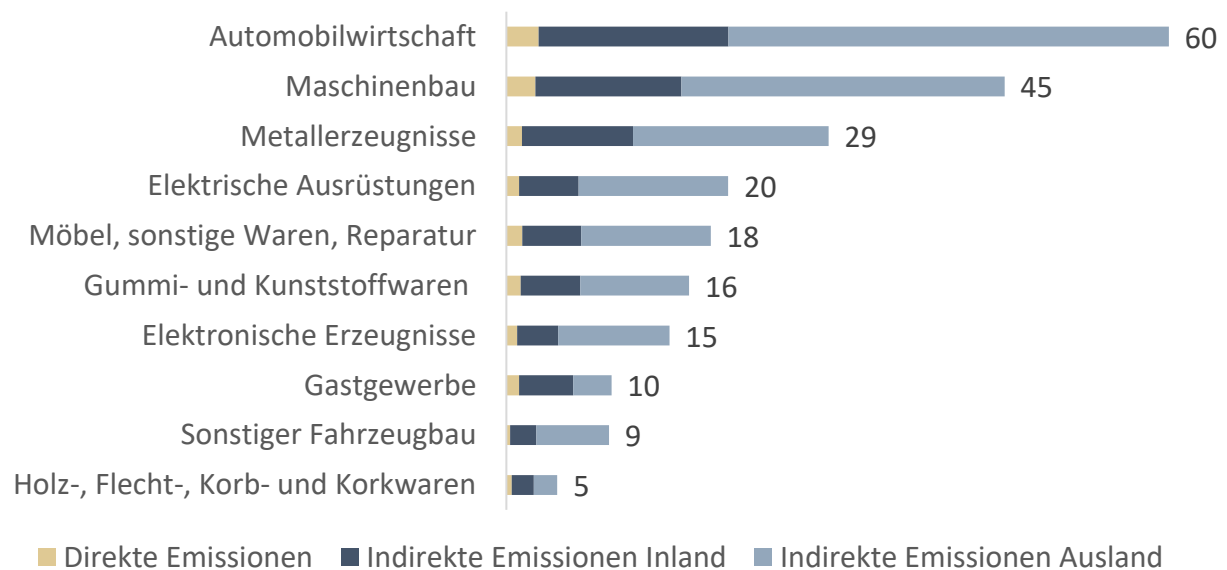
Die Berichtsanforderungen der Unternehmen zur Erfassung der Scope-2- und Scope-3-Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette sind insbesondere für die Unternehmen außerhalb der energieintensiven Branchen relevant, die zur Herstellung ihrer Produkte auf energieintensive Vorleistungen wie Stahl, Aluminium, chemische Produkte oder andere energieintensive Vorleistungsgüter angewiesen sind. So spielen etwa bei der Herstellung von Metallerzeugnissen, elektrischen Ausrüstungen, dem Maschinenbau oder dem sonstigen Fahrzeugbau die Vorprodukte aus der Metallerzeugung und -bearbeitung eine entscheidende Rolle (Schaefer et al., 2021). Allein die vier genannten Branchen stehen für rund 7 Prozent der nationalen Wertschöpfung in Deutschland.

Um auch die indirekten Emissionen jeder Branche berechnen zu können, müssen die direkten CO<sub>2</sub>-Intensitäten der amtlichen Statistik mit den Daten der ICIO zu den wirtschaftlichen Verflechtungen der internationalen Wertschöpfungsketten verknüpft werden. Die Daten der ICIO reichen am aktuellen Rand bis in das Jahr 2018. Für unsere Analyse wurde deshalb die gängige Annahme konstanter Vorleistungsverflechtungen angenommen. Das bedeutet, dass für jeden Euro Produktion eines Gutes oder einer Dienstleistung dieselben Branchen in denselben Ländern der vorgelagerten Wertschöpfungskette Vorleistungen produziert haben. Da die Wertschöpfungsketten einer Branche relativ konstant sind, insbesondere, was die zur Produktion verwendeten Vorleistungen anderer Branchen betrifft, ist dies eine valide Annahme<sup>7</sup>.

Abbildung 4-4 zeigt die direkten und indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen für ausgewählte Branchen in Deutschland im Jahr 2020. Dabei wird deutlich, dass insbesondere in den Branchen des Verarbeitenden Gewerbes, die Investitionsgüter wie Maschinen und Fahrzeuge herstellen, ein großer Teil der bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette entfällt. Die Automobilbranche stößt in Deutschland beispielsweise selbst nur 2,9 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> aus. In der vorgelagerten Wertschöpfungskette der Branche werden jedoch bei der Erzeugung der nötigen Energie und des nötigen Stahls, in der Logistik und in weiteren nötigen Herstellungsschritten weitere 57 Millionen Tonnen Schadstoffe emittiert. Der gesamte ökologische Fußabdruck der Branche beläuft sich dadurch auf etwa 60 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>.

#### Abbildung 4-4: Direkte und indirekte Emissionen ausgewählter deutscher Branchen

Angestoßene CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Wertschöpfungskette in Millionen Tonnen im Jahr 2020



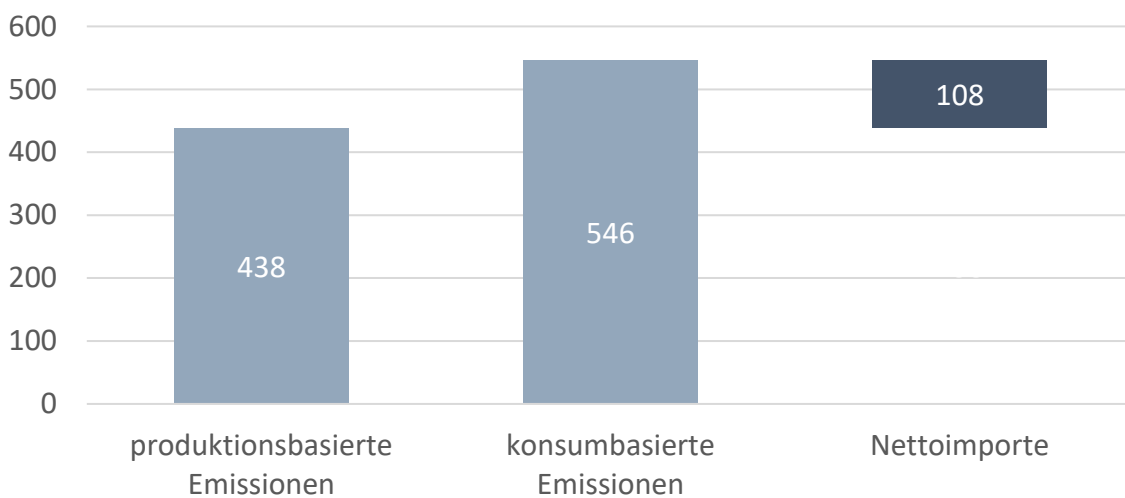
Quelle: IEA (2022), OECD (2021), eigene Berechnungen IW Consult

<sup>7</sup> Auch die COVID-Krise im Jahr 2020 wird die Struktur der vorgelagerten Wertschöpfungsketten nicht zentral verändert haben. Lediglich Sanktionen, wie sie aktuell durch den Ukrainekrieg Russlands bedingt wurden, können in einer kurzen Frist die nationale Struktur der Vorleistungen stark verändern. Auf Branchenebene kann auch hier ein technologischer Wandel weg von der Nutzung von Gas in der Produktion nicht so schnell erfolgen, als dass die produkt- und branchenspezifische Vorleistungsstruktur eines Wirtschaftszweigs sich in der kurzen Frist stark transformiert.

Bemerkenswert ist zudem, dass ein Großteil der Emissionen, die in der vorgelagerten Wertschöpfungskette ausgestoßen werden, im Ausland anfällt. Von den 45 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>, die durch den deutschen Maschinenbau anfallen, werden nur 2,6 Millionen Tonnen direkt in der Branche selbst verursacht. Mit 42,4 Millionen Tonnen fällt der weitaus größere Teil der Emissionen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette an, davon 69 Prozent im Ausland. Für den hohen Anteil ausländischer Emissionen in den deutschen Wertschöpfungsketten gibt es mehrere Gründe. Zum einen wurden in Deutschland viele energieintensive Herstellungsschritte ins Ausland ausgelagert. Beispielsweise kommen 60 Prozent des für den deutschen Maschinenbau benötigten Stahls aus dem Ausland. Zum anderen ist die Herstellung in Schwellenländern produzierter Vorleistungsprodukte häufig besonders CO<sub>2</sub>-intensiv. Wird Handel mit diesen Ländern betrieben, erhöht dies tendenziell die CO<sub>2</sub>-Bilanz.

**Abbildung 4-5: Vergleich der produktions- und konsumbasierten Emissionen Deutschlands**

CO<sub>2</sub>-Emissionen in Millionen Tonnen im Jahr 2020



Quelle: IEA (2022), OECD (2021), eigene Berechnungen IW Consult

Auch mit Blick auf die bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Konsums in Deutschland spielt die Kraftstoffverbrennung im Ausland eine bedeutende Rolle (siehe Abbildung 4-5). So wurden im Jahr 2020 in Deutschland 438 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> durch die Produktion in der heimischen Wirtschaft emittiert<sup>8</sup>. Neben der produktionsbasierten Betrachtung kann der ökologische Fußabdruck eines Landes jedoch auch daran gemessen werden, welche Güter und Dienstleistungen ein Land verbraucht. Dafür werden die bedingten Emissionen der Güter und Dienstleistungen des deutschen Endverbrauchs berechnet<sup>9</sup>. Zum Endverbrauch eines Landes zählt hauptsächlich der Konsum der privaten Haushalte, aber auch der Konsum des Staates und privater Organisationen und die Investitionen. Die auf diese Weise berechneten konsumbasierten Emissionen belaufen sich in Deutschland im Jahr 2020 auf 546 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. Obwohl Deutschland wertmäßig ein Nettoexporteur ist, also monetär mehr Waren und Dienstleistungen exportiert als importiert, verkehrt sich das Bild ins Gegenteil, wenn die Emissionen

<sup>8</sup> Diese Kennzahl enthält keine Emissionen aus dem Verbrauch der privaten Haushalte und weicht daher von der im Kapitel 4.5 für Deutschland dargestellten Zahl ab.

<sup>9</sup> Die Endverbräuche der Länder werden in der ICIO als Spaltenvektoren dargestellt. So ist ersichtlich, welche Güter und Dienstleistungen aus welchen Ländern in Deutschland verbraucht werden. Da die ICIO in ihrer aktuellen Version nur für das Jahr 2018 vorliegt, muss der aktuelle Endverbrauch geschätzt werden. Für die Berechnung wird angenommen, dass der Anteil des Konsums am Produktionswert einer bestimmten Branche gleich geblieben ist. Erzeugnisse von Branchen, die während der Coronakrise konjunkturbedingt stark schrumpften, werden nach dieser Methodik also auch weniger konsumiert.

betrachtet werden. Die Herstellung der Güter und Dienstleistungen, die für den Endverbrauch in Deutschland benötigt werden, ist sehr viel CO<sub>2</sub>-intensiver als die Produktion der exportierten Güter und Dienstleistungen, sodass netto 108 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> von Deutschland importiert werden.

## 4.7 Adaption der CO<sub>2</sub>-Intensitäten auf Produktebene

Die Berechnung von Scope-2- und Scope-3-Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette eines Produktes ist insbesondere deshalb so komplex, weil Produkte des Verarbeitenden Gewerbes meist aus einer Vielzahl verschiedener Einzelteile und Materialien bestehen, deren direkte und indirekte Nachhaltigkeitskennzahlen einzeln erfasst werden müssen, um den ökologischen Fußabdruck des Produktes berechnen zu können. Im Folgenden soll dies beispielhaft für einen in Deutschland hergestellten Bandkalzinierer berechnet werden. Ein Bandkalzinierer ist eine Maschine zur Erhitzung eines Feststoffes, um diesen zu zersetzen oder zu entwässern. Kalzinierer werden zum Beispiel für Fertigungsprozesse in der chemischen Industrie verwendet. Das Vorgehen ist in Abbildung 4-6 schematisch dargestellt.

Der in dem von uns genutzten Beispiel produzierte Bandkalzinierer hat einen angenommenen Produktionswert in Höhe von 1,1 Millionen US-Dollar und besteht aus 165 verschiedenen Teilen, die von Zulieferern aus dem Inland sowie aus zwei weiteren Ländern in Europa bereitgestellt werden. Diese eingekauften Vorleistungen bestehen dabei aus Produkten des Maschinenbaus, der Elektroindustrie, der Gummi- und Kunststoffindustrie sowie aus Produkten von weiteren fünf Branchen und haben einen Wert in Höhe von etwa 412.000 US-Dollar. Beispielsweise werden zur Herstellung des Bandkalzinierers Produkte wie ein Schutzrohr, ein Dichtkissen und ein Kettenrad benötigt. Zusätzlich zu den eingekauften Gütern wird für die Herstellung des Bandkalzinierers Strom benötigt sowie verschiedene Dienstleistungen in Anspruch genommen. Um den Wert dieser beiden Posten zu bestimmen, gehen wir davon aus, dass für die Herstellung des Bandkalzinierers für den Maschinenbau in Deutschland übliche Anteile an Strom und Dienstleistungen bezogen werden. Der so berechnete Wert des bezogenen Stroms liegt bei gut 27.700 US-Dollar, der Wert der sonstigen Vorleistungen bei 174.600 US-Dollar.

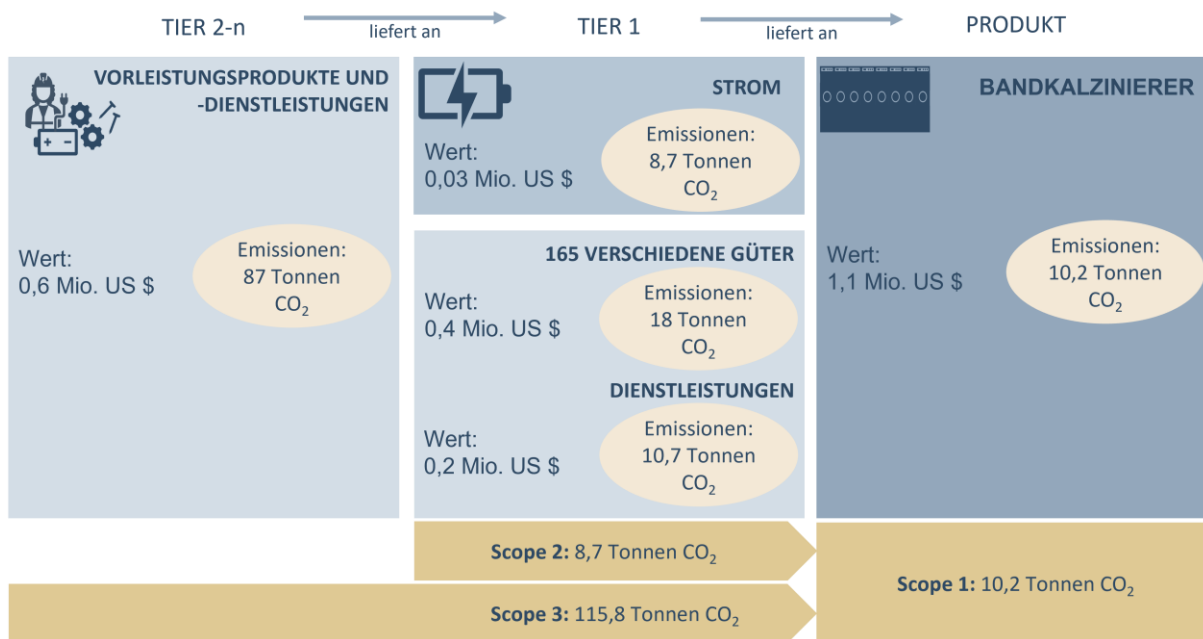
Wir gehen davon aus, dass für die Herstellung des Bandkalzinierers selbst ein für den Maschinenbau in Deutschland üblicher Mix an direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die energetische Nutzung von Primärenergieträgern sowie indirekt durch den Bezug von Strom genutzt wird. Im Verhältnis zum angenommenen Produktionswert des Bandkalzinierers in Höhe von rund 1,1 Millionen US-Dollar kämen so Scope-1-Emissionen in Höhe von 10,2 Tonnen CO<sub>2</sub> zustande. Durch die Scope-2-Emissionen, den direkten Bezug von Strom in Höhe von 27.700 US-Dollar, würden noch einmal 8,7 Tonnen CO<sub>2</sub> hinzukommen.

Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks müssen zusätzlich zu den Scope-1- und Scope-2- auch die Scope-3-Emissionen berechnet werden, also diejenigen Emissionen, die in den Produktionsschritten der vorgelagerten Wertschöpfungskette anfallen. Solange keine vollständigen Daten zur gesamten Wertschöpfungskette des Produkts und den damit verbundenen Emissionen vorliegen, muss ab einem gewissen Punkt mit den Branchendurchschnitten beziehungsweise den Informationen zur Branchenverflechtung aus der IOT gearbeitet werden. Je mehr Informationen vorliegen, desto genauer kann der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck berechnet werden.



**Abbildung 4-6: Bedingte Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette – Beispiel**

Darstellung der Ermittlung der bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette auf Basis amtlicher Daten am Beispiel der Herstellung eines Bandkalzinierers des Maschinenbaus in Deutschland



Quelle: IEA (2022), OECD (2021), eigene Berechnungen IW Consult

In unserem Beispiel liegen Informationen zu den Gütervorleistungen auf der Stufe Tier 1 vor. Jedes der 165 eingekauften Güter kann einer von acht Branchen und einem bestimmten Land zugeordnet und mit der für diese Kombination berechneten CO<sub>2</sub>-Intensität multipliziert werden. Für die direkten Gütervorleistungen ergeben sich auf diese Weise CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 18 Tonnen. Welche Dienstleistungen genau für die Erstellung eines Bandkalzinierers benötigt werden, ist in unserem Beispiel nicht bekannt, sodass hier die durchschnittlichen Dienstleistungsbezüge des Maschinenbaus in Deutschland und die jeweils dazu passenden CO<sub>2</sub>-Intensitäten verwendet werden. Für die bezogenen Dienstleistungen im Wert von 0,2 Millionen US-Dollar ergeben sich somit Emissionen in Höhe von 10,7 Tonnen CO<sub>2</sub>. Auffallend ist hierbei, dass die Dienstleistungsbezüge zwar weniger wertvoll, aber CO<sub>2</sub>-intensiver sind als die bezogenen Güter. Hierfür sind vor allem die Emissionen der Luftfahrt verantwortlich, die 26 Prozent der Emissionen aus den direkt bezogenen Dienstleistungen ausmachen.

Aus den direkten Vorleistungen, die an die Produktion des Bandkalzinierers geliefert werden, können im nächsten Schritt die angestoßene Produktion in den vorgelagerten Wertschöpfungsketten und die dort anfallenden Emissionen berechnet werden. Hier ergibt sich eine Produktion in Höhe von 0,6 Millionen US-Dollar, die mit der Emission von 87 Tonnen CO<sub>2</sub> verbunden ist. Je Produktionswert wird in den weiter vorne liegenden Wertschöpfungsschritten also besonders viel CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Dies liegt daran, dass die Erzeugung von Grundstoffen häufig besonders energieintensiv ist. Beispielsweise entstehen ganze 23 Prozent der Emissionen bei der Erzeugung des Stroms, der in der Produktion der Vorleistungsgüter verwendet wird. Weitere 18 Prozent kommen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette des Bandkalzinierers durch die Metallerzeugung zustande. Ein weiterer großer Posten ist der Landtransport, der für 5 Prozent der indirekten Emissionen des Bandkalzinierers verantwortlich ist.

Da die meisten Vorleistungen der Stufen Tier 2-n, nämlich 41 Prozent, aus Deutschland bezogen werden, ist Deutschland auch das Land, in dem bei der Produktion dieser Vorleistungen die meisten Emissionen anfallen. Verglichen mit den Wertanteil ist der Anteil der in Deutschland entstehenden

Emissionen von 26 Prozent jedoch relativ gering. Weitere 15 Prozent der Emissionen der Stufen Tier 2-n fallen in China an, obwohl hier wertmäßig nur 7 Prozent der Vorleistungen erzeugt werden. Ähnlich sieht es in Russland aus: in dem Land fallen 9 Prozent der Emissionen aber nur 2 Prozent der angestoßenen Produktion an. Dies liegt vor allem an den energieintensiven Gütern, die aus China und Russland bezogen werden. Allein 50 Prozent des in Russland angestoßenen Produktionswerts entstehen durch den Bezug von energieintensiven Waren des Bergbaus, der Kokerei- und Mineralölverarbeitung, der Metallerzeugung und der Stromerzeugung. Zudem sind die Produktionsprozesse in China und Russland tendenziell CO<sub>2</sub>-intensiver als beispielsweise in Ländern der EU. Die restlichen 50 Prozent der 87 Tonnen CO<sub>2</sub> fallen in anderen ausländischen Ländern an. Insgesamt belaufen sich die Scope-3-Emissionen auf etwa 116 Tonnen CO<sub>2</sub>, der gesamte CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Bandkalzinierers beträgt somit 135 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Bereits bei der Berechnung der direkten Emissionen auf Basis der amtlichen Statistik zeigt sich, dass hier in der Praxis Unterschiede zum Branchendurchschnitt bestehen können. So kann der zur Herstellung genutzte Energiemix, der direkt durch Verbrennung von Primärenergieträgern in der Produktion des Unternehmens genutzt wird, durchaus vom Branchendurchschnitt abweichen. Zudem kann auch der vom Unternehmen genutzte Strommix durch spezielle Verträge vom landesweiten Durchschnitt abweichen. Die eigenen Daten zum genutzten Energiemix der Unternehmen selbst lassen sich für die Berechnung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen noch gut selbst bestimmen. Komplizierter wird die Erfassung der vorgelagerten Wertschöpfungskette. Das Beispiel des Bandkalzinierers zeigt hier die große Anzahl von verschiedenen Produkten, die in die Produktion eines Unternehmens einfließen. Selbst wenn diese teilweise von identischen Zulieferern erstellt werden, müssen für jedes Produkt die CO<sub>2</sub>-Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Produktes nachvollzogen werden, wenn der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck präzise bestimmt werden soll.

Bei der Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks nach der Methodik des Richtlinienvorschlags der EU muss zudem darauf geachtet werden, dass in den Angaben der bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Vorleistungen zwischen den Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette, den direkten und den nachgelagerten Emissionen differenziert wird, um keine Doppelzählungen im CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Produktes eines Unternehmens zu erfassen. Die Berechnung der Emissionen der nachgelagerten Wertschöpfungskette des eigenen Unternehmens sollte in der Regel genauer sein als die Berechnungen der Vorleistungslieferanten, da weitere Daten über die Kunden – also die nächste Stufe der Wertschöpfungskette oder der Endverwendung – vorliegen, die den Zulieferern potenziell so nicht bekannt sind. In jedem Wertschöpfungsschritt sollten daher zwar die Informationen zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen der vorgelagerten Wertschöpfungskette von den Zulieferern übernommen werden. Sowohl die Berechnung der eigenen, direkten Emissionen als auch die Einschätzung zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß der nachgelagerten Wertschöpfungs- und Verwendungsschritte sollten vom jeweiligen Produzenten jedoch selbst vorgenommen werden.

## 4.8 Chancen und Restriktionen der Nutzung amtlicher Branchendaten

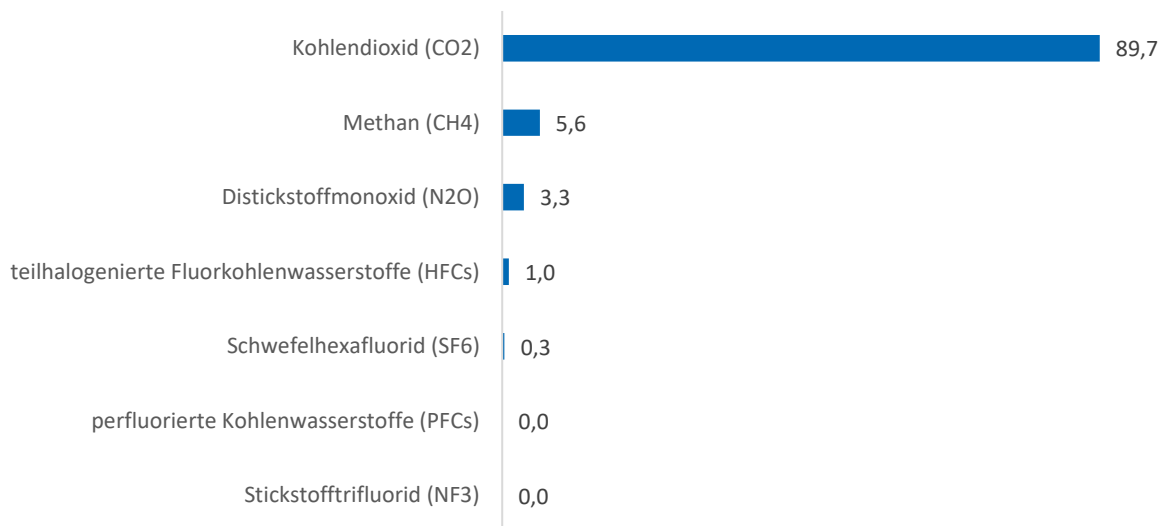
Das oben dargestellte Produktbeispiel zeigt, vor welchen großen Herausforderungen die Unternehmen bei der Bestimmung der Nachhaltigkeit ihrer Produkte stehen. Bereits für die Ermittlung der bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind detaillierte Daten zur vorgelagerten Wertschöpfungskette und modellbasierte Annahmen zu den Emissionen der nachgelagerten Verarbeitung, Endverwendung und Entsorgung nötig, deren Erfassung für die Unternehmen eine große Herausforderung darstellt. Amtliche Daten zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen können hier einerseits als Benchmark für die Branche dienen. Andererseits können sie Datenlücken in der vorgelagerten Wertschöpfungskette, die sich zwangsläufig bei komplexen und stark verzweigten Wertschöpfungsketten ergeben werden, approximieren.

Die Analyse des Kapitels 4 zeigt, welche großen Herausforderungen bereits mit der Analyse von amtlichen Emissionsdaten verbunden sind. So bietet die von uns adaptierte Methodik der OECD auf Basis von Emissionsdaten einen branchenspezifischen Emissionswert der direkten Effekte sowie der vorgelegten Wertschöpfungskette der Scope-2- und Scope-3-Emissionen. Eine tiefere Betrachtung etwa auf detaillierter Produktebene ist jedoch nicht möglich. Hier fehlen einerseits detaillierte Emissionsdaten, die eine noch kleinteiligere Differenzierung ermöglichen würden. Andererseits liegen keine Daten zur systematischen und harmonisierten Erfassung der internationalen Wertschöpfungsketten auf einer kleinteiligen Produktebene vor. Neben der Ermittlung der hierfür nötigen Daten in Schwellen- und Entwicklungsländern bilden auch die in der amtlichen Statistik notwendigen Geheimhaltungsregelungen zur Verhinderung der Offenlegung spezifischer Daten, etwa von marktdominanten Unternehmen, eine entscheidende Restriktion bei der Erstellung eines solchen Datensatzes.

Die verwendeten Emissionskennzahlen der IEA bilden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus energetischer Nutzung fossiler Brennstoffe gut und relativ detailliert ab. Eine vollständige Erfassung aller klimaschädlichen Emissionen findet jedoch nicht statt. Nach Angaben von Destatis (2022) entfallen rund 90 Prozent der Emissionen gemessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in Deutschland auf Kohlendioxid. Abbildung 4-7 gibt die relative Bedeutung der einzelnen Treibhausgase in Deutschland wieder. Neben den Kohlenstoffdioxid-Emissionen spielen auch die Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O) bei der Messung der Treibhausgasemissionen der deutschen Branchen eine wichtige Rolle. Beide Treibhausgase werden vor allem in der Landwirtschaft, aber auch in Energieversorgung, Abwasser und Abfalldienstleistungen, der Logistik und durch private Haushalte emittiert. Eine reine Betrachtung der Emissionskennzahlen auf Basis von CO<sub>2</sub>-Emissionen unterschätzt demnach die Klimawirkung der Wertschöpfungsketten, in denen diese Branchen integriert sind.

### Abbildung 4-7: Relative Bedeutung der Treibhausgase in Deutschland

Anteil an den Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in Prozent, 2020



Quelle: Destatis (2022), eigene Berechnungen IW Consult

Die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen und die im Entwurf zum Lieferkettengesetz der EU benannten Nachhaltigkeitskriterien gehen noch deutlich über die Erfassung von Luftemissionen hinaus. Zu den messbaren Umweltschädigungen, die erfasst werden sollen, zählen etwa Gefahren für Bodenveränderung, Wasser- oder Luftverschmutzung, schädliche Emissionen oder übermäßiger Wasserverbrauch. Darüber hinaus sollen auch Daten zur Einhaltung von Menschenrechten und verschiedene

Aspekte von angemessenen Arbeitsbedingungen erfasst werden. Hierzu zählen unter anderem die Vermeidung von Kinderarbeit, die Ausbeutung von Arbeitskräften hinsichtlich des Lohns, Arbeitsbedingungen und Teilhabe, beispielsweise die Ermöglichung von Arbeitnehmerorganisationen und Gewerkschaften.

Daten zu diesen Kennzahlen liegen für einzelne Länder gar nicht vor, bleiben bei der Betrachtung der Indikatoren auf gesamtwirtschaftlicher Ebene eines Landes oder beruhen auf Experteneinschätzungen der entsprechenden Rahmenbedingungen, ohne die konkreten Ausprägungen in den jeweiligen Ländern zu quantifizieren. So liegt etwa der Indikator zur Kinderarbeit der Internationalen Arbeitsorganisation für einzelne Länder nur als Aggregat mehrerer Regionen vor oder basiert auf Schätzwerten. Die für eine hohe Genauigkeit einer Analyse der Effekte entlang der Wertschöpfungskette nötige nationale Differenzierung der Branchen liegt nur für wenige Indikatoren wie Arbeitsunfälle (Malik et al., 2021) oder die von uns untersuchten CO<sub>2</sub>-Emissionen vor.

Die Datenlage zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist dagegen auf statistischer Ebene verhältnismäßig gut ausgeprägt, weshalb unsere Analyse sich explizit auf diese Nachhaltigkeitskennzahl konzentriert. Auch bei der Bestimmung der Individualdaten der bedingten Nachhaltigkeit eines Produktes eignet sich der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zur Etablierung einer Messmethodik und Dokumentation besonders gut, da hier eine im Vergleich zu anderen Nachhaltigkeitsindikatoren solide Datenbasis vorliegt und Datenlücken auf Basis etablierter Methoden approximiert werden können.

## 5 Potenziale digitaler Produktbeschreibungen

Die Unternehmen in Deutschland erwarten, dass durch die Implementierung des Lieferkettengesetzes zusätzliche finanzielle Belastungen auf sie zukommen. Mehr als 40 Prozent der Unternehmen in Deutschland erwarten, dass durch die Umsetzung des Lieferkettengesetzes zusätzliche Kosten anfallen werden (Kolev und Neligan, 2022). Im Verarbeitenden Gewerbe liegt der Anteil bei 56 Prozent. Große Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern gehen sogar zu rund zwei Dritteln davon aus, mit zusätzlichen Kosten durch das deutsche Lieferkettengesetz belastet zu werden. Im Vergleich zur Definition des deutschen Lieferkettengesetzes ist die geplante europäische Regelung deutlich umfangreicher, was den damit verbundenen Aufwand für die Unternehmen in Deutschland noch einmal erhöhen dürfte.

Einen gängigen Weg zur Reduzierung solcher Kostenfaktoren stellt die Nutzung von Standards dar. Ein insbesondere in industriellen Wertschöpfungsketten verbreiteter Referenz-Datenstandard für die Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen ist der ECLASS-Standard. Der aktuell in der Version 12.0 vorliegende Standard ermöglicht es Unternehmen, global zusammenzuarbeiten, indem sie die standardisierten Stammdaten ihrer Produkte austauschen. Durch Zuordnung einer eindeutigen Bezeichnung für jedes Produkt und jede Dienstleistung, die weltweit verstanden wird, wird die zusammenhängende Komplexität des Austauschs zwischen den Unternehmen vereinfacht, die Produktivität der Unternehmen gesteigert und Kosten im Einkauf, bei der Warenwirtschaft und im Vertrieb der Unternehmen eingespart.

Insbesondere die Vorteile beim Einkauf werden von den Nutzern des Standards hervorgehoben<sup>10</sup>. Bei einer Befragung im Jahr 2020 gaben mehr als 95 Prozent der Unternehmen an, dass der ECLASS-Standard zu einer optimierten Struktur des Einkaufsportfolios beiträgt. Rund 70 Prozent geben an, durch den Standard eine klarere Strukturierung ihrer Lieferantenmanagements zu ermöglichen (Klink et al., 2020). Zudem können die Unternehmen in Einkauf, Vertrieb und Engineering ihre Sachkosten jeweils

---

<sup>10</sup> Zusätzlich werden auch in den Bereichen Engineering und Vertrieb hohe Nutzungspotenziale durch die ECLASS-Nutzer verortet. Rund 75 Prozent der Unternehmen führen bessere Ergebnisse im Entwicklungsprozess des Engineerings auf die Nutzung des Standards zurück. Für rund 40 Prozent der befragten Unternehmen ist die Nutzung des Standards im Vertrieb mitentscheidend für die Gewinnung von Neukunden (Klink et al., 2020).

deutlich reduzieren. Im Einkauf liegt der eingesparte Anteil im Durchschnitt bei rund 8,5 Prozent der Sachkosten (Abbildung 5-1).

### Abbildung 5-1: Bestehende Vorteile des ECLASS-Standards im Einkauf

Ausgewählte Befragungsergebnisse unter Nutzern des Standards

Führt zu einer optimierten Struktur des Einkaufsportfolios



95 Prozent  
der Nutzer

Führt zu einer klaren Strukturierung des Lieferantenmanagements



70 Prozent  
der Nutzer

Führt zu einer Reduzierung der Sachkosten von



8,5 Prozentpunkte  
Kostenreduktion im Durchschnitt

Quelle: Klink et al. (2020), eigene Darstellung IW Consult

Gerade die Struktur des Einkaufsportfolios und das Management von Lieferanten sind Fragestellungen, die auch im Rahmen der deutschen und europäischen Lieferkettengesetze eine zentrale Rolle spielen und spielen werden (vergleiche Kapitel 3). Die Einbindung der durch das deutsche und das geplante europäische Lieferkettengesetz definierten Nachhaltigkeitskriterien wird eine zentrale Anforderung an Produktstandards in den nächsten Jahren werden.

Der ECLASS-Standard besitzt hier als einziger international etablierter ISO/IEC-normenkonformer Industriestandard optimale Voraussetzungen, um die Unternehmen bei der Erfüllung ihrer Berichtspflichten hinsichtlich der geforderten Nachhaltigkeitsmerkmale ihrer Produkte zu unterstützen. So bilden die ISO-Normen 14040, 14044 und 14067 wichtige Quellen für die Definition der Berichtspflichten in der EU-Taxonomie. Durch die Integration der CO<sub>2</sub>-Bilanz eines Produktes als Merkmal in den bestehenden Standard bietet sich für die Unternehmen, die den Standard nutzen, die Chance, ihre Berichtspflichten hinsichtlich der Erfassung der Nachhaltigkeit in der vorgelagerten Wertschöpfungskette zu erfüllen, ohne hierfür neue Systeme und Prozesse im Einkauf zu etablieren.

Für die Unternehmen bietet der ECLASS-Standard damit weitere Kosten- und Effizienzvorteile, die über die Wirkung der in vergangenen Studien erfassten Effizienzgewinne hinausgehen (Abbildung 5-2). Zum Vergleich: Die U.S. Securities and Exchange Commission (SEC) erwartete 2012 im Zuge der Dodd-Frank-Regulierung bezüglich der Analyse von Wertschöpfungsketten hinsichtlich der Konfliktmineralien Kosten in Höhe von bis zu 4 Milliarden Dollar für die betroffenen Unternehmen (Calvert, 2020). Der deutlich breitere Ansatz der Nachhaltigkeitsberichterstattung der deutschen und europäischen Regelungen lässt vermuten, dass die mit der Nachhaltigkeitsberichterstattung verbundenen Kosten höher ausfallen könnten.

Durch die kostenreduzierende Wirkung des Standards ergeben sich zudem weitere positive externe Effekte. Aufgrund der zusätzlichen Kosten der Lieferkettengesetze entstehen für die Unternehmen Anreize, die Anzahl ihrer Zulieferer zu reduzieren und ihre Nachfrage bei Zulieferern in ärmeren Ländern zurückzuziehen (Felbermayr et al., 2022). Dies würde einerseits die Resilienz der Lieferketten

schwächen<sup>11</sup>. Andererseits würde die entwicklungsfördernde Einbindung der Unternehmen aus ärmeren Ländern in die internationalen Wertschöpfungsnetzwerke entfallen. Durch die kostensenkende Wirkung der Nutzung digitaler Standards wird indirekt auch diesen negativen Effekten entgegengewirkt.

Durch die Integration des Merkmals in den etablierten Produktstandard ECLASS wird zudem eine Vergleichbarkeit der Nachhaltigkeit der Produkte bestehender und potenzieller zukünftiger Lieferanten geschaffen. Unternehmen können so die Nachhaltigkeit ihres Einkaufsportfolios gezielt steuern, indem sie bei vergleichbaren Produkten die Nachhaltigkeitskennzahlen als Selektionskriterium berücksichtigen und gewichten. Durch die erhöhte Transparenz hinsichtlich der Nachhaltigkeitskennziffern werden Unternehmen zudem bestärkt, ihre eigenen Herstellungsprozesse nachhaltiger zu gestalten, um im Wettbewerb mit anderen Firmen zu bestehen. Da die Nachhaltigkeitskennziffern der eigenen Produkte durch die Nutzung der digitalen Standards transparent und vergleichbar werden, können besonders nachhaltige Unternehmen so einen Wettbewerbsvorteil erlangen und diesen effektiv kommunizieren.

Auch für die Kontrolle und den Vergleich der berichteten Nachhaltigkeitskennzahlen durch einkaufende Unternehmen und Behörden bietet die Integration der Nachhaltigkeitskennzahlen in den ECLASS-Standard eindeutige Vorteile. Durch die einfache Identifikation vergleichbarer Produkte lassen sich Ausreißer bei den berichteten Emissionskennziffern (also Güter mit einer stark überdurchschnittlichen oder unterdurchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vergleich zu typgleichen Produkten anderer Unternehmen) leichter identifizieren. Der darauf aufbauende Austausch der Unternehmen und Behörden könnte zusätzlich zu einer schnelleren Normierung und Vereinheitlichung der Methodik zur Erfassung der CO<sub>2</sub>-Kennzahlen von Produkten und Unternehmen führen.

### Abbildung 5-2: Potenziale digitaler Produktstandards in der Nachhaltigkeitsmessung

Einfache Integration  
der Kennzahlen in  
bestehende Systeme



Schaffung von  
Vergleichbarkeit und  
Transparenz



Reduzierung des Aufwands  
für die Erfassung der  
Nachhaltigkeitskennzahlen



Quelle: eigene Darstellung IW Consult

Auch für die Unternehmen selbst bieten sich Vorteile bei der Geschwindigkeit der Erfassung ihrer Nachhaltigkeitskennziffern. Durch die Integration der Kennzahlen in bestehende Systeme können

<sup>11</sup> Durch eine stärkere Konzentration der Lieferketten auf einzelne Lieferanten und Produktionsländer sind die Wertschöpfungsketten anfälliger für Produktionsausfälle, wenn ein Glied der Wertschöpfungskette ausfällt. Francas et al. (2022) zeigen etwa für die pharmazeutische Wertschöpfungskette der deutschen Produzenten die aktuellen Abhängigkeiten von einzelnen Produktionsstufen von der chinesischen Vorleistungsproduktion und die Bedeutung von weiteren Maßnahmen zur Stärkung der Versorgungssicherheit.

Informationen über angepasste Nachhaltigkeitswerte bei Zulieferern und Vorleistungsprodukten direkt in die eigene Nachhaltigkeitsberichterstattung übernommen werden, ohne Informationsverluste bei der Überführung aus nicht standardisierten Informationsquellen befürchten zu müssen.

Hierdurch werden auch die Verletzung von Berichtspflichten und damit verbundene mögliche regulatorische Strafzahlungen, etwa durch veraltete, unvollständige oder ungenaue Daten, unwahrscheinlicher. Durch die Integration in bestehende Systeme und Standards entfallen Medienbrüche und damit Fehlerquellen für die korrekte, aktuelle und vollständige Erfassung der Nachhaltigkeitskennzahlen des Unternehmens.

Der Austausch von spezifischen, standardisierten Informationselementen über digitale Schnittstellen ist zudem eine der zentralen Voraussetzungen für die effektive Nutzung digitaler Zwillinge und anderer Anwendungen aus dem Bereich Industrie 4.0. Die Plattform Industrie 4.0 (2021) empfiehlt hier den ECLASS-Standard explizit als das bevorzugte Wörterbuch für die standardisierte semantische Asset Administration und die Definition digitaler Zwillinge. Neben der Verbesserung der Produktionsqualität kann die Simulation per digitalem Zwilling die Durchlaufzeiten und den Ressourceneinsatz bei physischen Produkten und Prozessen reduzieren (Engels, 2022). Die digitale Erfassung der Warenströme ermöglicht zudem die Umwandlung der unternehmerischen Prozesse hin zu einem zirkulären Geschäftsmodell, beispielsweise durch die vereinfachte Wiederverwertung von Roh-/Betriebs-/Hilfsstoffen, Produkten und Produktteilen (Fluchs, 2022). Die Erfassung der Nachhaltigkeitsbilanz eines Unternehmens mittels in den ECLASS-Standard integrierter Nachhaltigkeitskennzahlen reduziert im Vergleich zur analogen Beschaffung der Informationen Aufwand und Kosten für die Unternehmen und hat zudem weitere positive Effekte. Sowohl für den Standard ECLASS als auch für die große Zahl der in Deutschland von der Lieferkettenregulierung betroffenen Unternehmen ist die standardisierte Abbildung nachhaltiger Lieferketten zu Recht ein strategisch wichtiges Zukunftsthema.



## 6 Literatur

ACEA – European Automobile Manufacturers' Association, 2022, Vehicles in use Europe 2022

Auswärtiges Amt, 2017, Nationaler Aktionsplan Umsetzung der VN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte

Buchal, Christoph / Karl, Hans-Dieter / Sinn, Hans-Werner, 2019, Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO<sub>2</sub>-Bilanz?, ifo Schnelldienst 8/2019

Bundestag, 2021, Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 46, Bonn

Buberger, Johannes / Kersten, Anton / Kuder, Manuel / Eckerle, Richard / Weyh, Thomas / Thiringer, Torbjörn, 2022, Total CO<sub>2</sub>-equivalent life-cycle emissions from commercially available passenger cars, Renewable and Sustainable Energy Reviews 159 (2022)

BMZ – Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 2021, Supply chain law FAQs, <https://www.bmz.de/resource/blob/74292/3054478dd245fb7b4de70889ed46b715/supply-chain-law-faqs-data.pdf> [13.09.2022]

Calvert, Drew, 2020, The Costs and Benefits of Supply Chain Transparency, <https://www.gsb.stanford.edu/insights/costs-benefits-supply-chain-transparency>

Crippa, M. / Guizzardi, D. / Banja, M. / Solazzo, E. / Muntean, M. / Schaaf, E. / Pagani, F. / Monforti-Ferrario F. / Olivier, J. / Quadrelli, R. / Risquez Martin, A. / Taghavi-Moharamli, P. / Grassi, G. / Rossi, S. / Jacome Felix Oom, D. / Branco, A. / San-Miguel-Ayanz, J. / Vignati, E., CO<sub>2</sub> emissions of all world countries – 2022 Report, EUR 31182 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/730164, JRC130363

Daimler, 2021, Nachhaltigkeitsbericht 2020

Engels, 2022, Nachhaltige Digitalisierung, ein digitalökonomisches Konzept, IW-Policy Paper 3/2022, Köln

EU-Kommission, 2011, Eine neue EU-Strategie (2011–14) für die soziale Verantwortung der Unternehmen (CSR), Brüssel, 2011

EU-Kommission, 2013, Empfehlung der Kommission vom 9. April 2013 für die Anwendung gemeinsamer Methoden zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen, Text von Bedeutung für den EWR (OJ L 124 04.05.2013, S. 1, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reco/2013/179/oj>)

EU-Kommission, 2019, Der europäische Grüne Deal, Brüssel, 2019

EU-Kommission, 2020, EU-Taxonomie-Verordnung über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen ([https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities\\_de](https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_de))

EU-Kommission, 2021, Empfehlung 2021/2279 der Kommission vom 15. Dezember 2021 zur Anwendung der Methoden für die Berechnung des Umweltfußabdrucks zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen entlang ihres Lebenswegs (OJ L 471, 30.12.2021, S. 1–396, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reco/2021/2279/oj>)

EU-Kommission, 2022, Richtlinie des Europäischen Parlaments und Rates über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeit, Brüssel, 2022

Felbermayr, Gabriel / Langhammer, Rolf / Sandkamp, Alexander / Herrmann, Christoph / Trapp, Patricia, 2022, Ökonomische Bewertung eines Lieferkettengesetzes, IfW-Studie im Auftrag von Gesamtmetall e.V., Kiel

Fluchs, 2022, Zirkuläre Geschäftsmodelle, IW-Report 27/2022, Köln

Francas, David / Fritsch, Manuel / Kirchhoff, Jasmina, 2022, Resilienz pharmazeutischer Lieferketten, Studie für den Verband Forschender Arzneimittelhersteller e.V. (vfa), Köln

Fritsch, Manuel / Puls, Thomas / Schaefer, Thilo, 2021, Synthetische Kraftstoffe: Potenziale für Europa. Klimaschutz- und Wertschöpfungseffekte eines Hochlaufs der Herstellung klimafreundlicher flüssiger Energieträger, Gutachten im Auftrag des IWO Instituts für Wärme und Mobilität e.V., MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V. und UNITI Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e.V., Köln

Greenhouse Gas Protocol, 2013, Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions

Harvard University, 2022, The Growth Lab at Harvard University. The Atlas of Economic Complexity. <http://www.atlas.cid.harvard.edu>

IEA, 2022, Internationale Energie Agentur, CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Statistics by fuel – August 2022 Edition

IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V. / Zhai, P. / Pörtner, H.-O. / Roberts, D. / Skea, J. / Shukla, P.R. / Pirani, A. / Moufouma-Okia, W. / Péan, C. / Pidcock, R. / Connors, S. / Matthews, J.B.R. / Chen, Y. / Zhou, X. / Gomis, M.I. / Lonnoy, E. / Maycock, T. / Tignor, M., and Waterfield, T. (eds.)]

Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 616 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>

IW Consult, 2022, Achter Strukturbericht für die M+E-Industrie in Deutschland. Mit den Schwerpunkten „Direktinvestitionen“ und „Internationaler Strukturwandel“. Gutachten im Auftrag von Gesamtmetall, Köln

Klink, Hilmar / Pohl, Pauline / Bolwin, Lennart, 2020, Potenziale der ECLASS-Nutzung

Kolev, Galina / Neligan, Adriana, 2022, Effects of a supply chain regulation. Survey-based results on the expected effects of the German Supply Chains Act, IW-Report, Nr. 8, Köln/Berlin

Kraftfahrtbundesamt, 2022, Fahrzeugzulassungen (FZ) Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter 1. Januar 2022

Malik, Arunima / Lafortune, Guillaume / Certer, Sarah / Li Mengyu / Lenzen, Manfred / Kroll, Christian (2021), International spillover effects in the EU's textile supply chains: A global SDG assessment

Neligan, Adriana / Eyerund, Theresa, 2020, Agenda 2030: Drei „Sustainable Development Goals“ für die Wirtschaft, in: Unternehmermagazin, Nr. 1–2, S. 24–25, S. 8–11 ([unternehmermedien.de](http://unternehmermedien.de))

OECD, 2021, OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables, November 2021 Release

Plattform Industrie 4.0, 2021, Modelling the Semantics of Data of an Asset Administration Shell with Elements of ECLASS, Whitepaper

Schaefer, Thilo / Fritsch, Manuel / Zink, Benita, 2021, Auswirkungen des geplanten Grenzausgleichsmechanismus auf die nachgelagerten Branchen, Kurzgutachten im Auftrag des Wirtschaftsverbands Stahl- und Metallverarbeitung, Köln

Statistisches Bundesamt, 2019, Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Transportleistungen und Energieverbrauch im Straßenverkehr 2007–2017

UN, 2011, Guiding Principles on Business and Human Rights: Implementing the United Nations “Protect, Respect and Remedy” Framework, New York; Genf: UN, 2011

Wietschel, Martin / Kühnbach, Matthias / Rüdiger, David, 2019, Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland, Working Paper Sustainability and Innovation No. S 02/2019

Yamano, Norihiko / Guilhoto, Joaquim, 2020, CO<sub>2</sub> emissions embodied in international trade and domestic final demand: Methodology and results using the OECD Inter-Country Input-Output Database, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2020/11, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8f2963b8-en>

ZVEI (2020), Sorgfaltspflichten in der Lieferkette – Sorgfaltspflichtengesetz

