

Mundt, Juliane; Kemper, Marina

Working Paper

Herausforderungen der PCF-Erstellung in der automobilen Wertschöpfungskette: Harmonisierungsvorschläge für die THG-Bilanzierung von Produkten

Hamburg Institut Discussion Papers

Provided in Cooperation with:

Hamburg Institut

Suggested Citation: Mundt, Juliane; Kemper, Marina (2024) : Herausforderungen der PCF-Erstellung in der automobilen Wertschöpfungskette: Harmonisierungsvorschläge für die THG-Bilanzierung von Produkten, Hamburg Institut Discussion Papers, HIR Hamburg Institut Research gGmbH, Hamburg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/307920>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

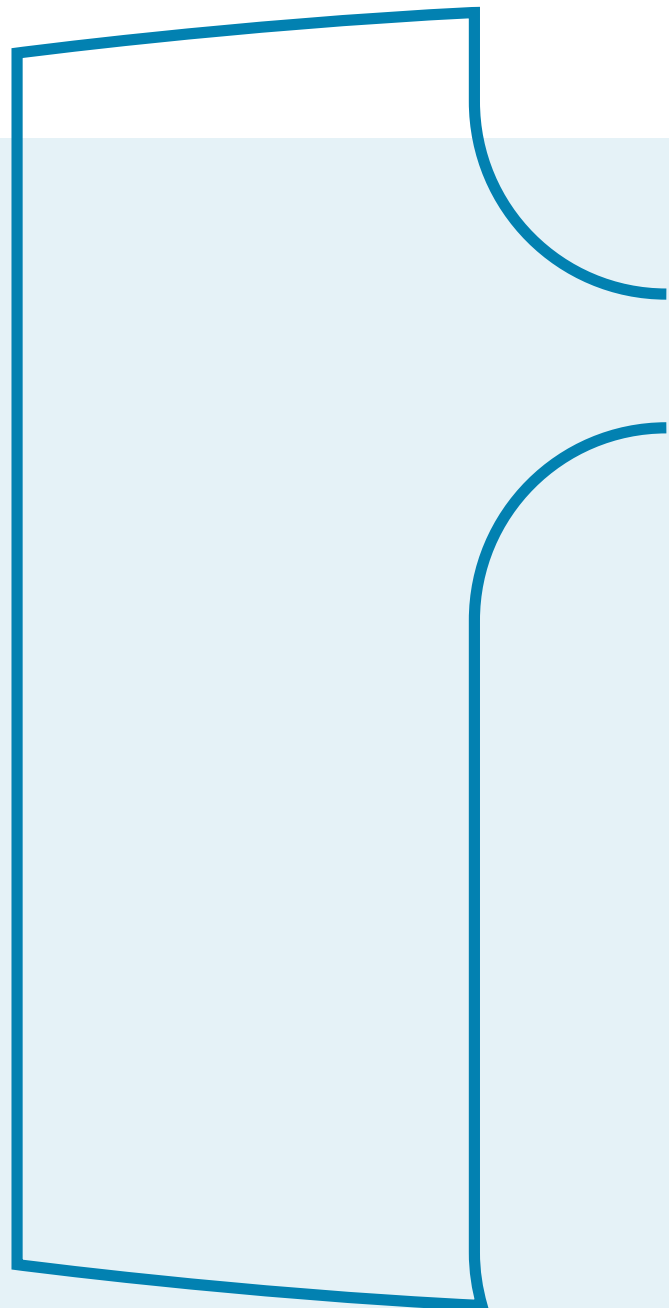
HERAUSFORDERUNGEN DER PCF-ERSTELLUNG IN DER AUTOMOBILEN WERTSCHÖPFUNGSKETTE

Harmonisierungsvorschläge für die
THG-Bilanzierung von Produkten

Discussion Paper

Autorinnen: Juliane Mundt, Marina Kemper

Hamburg, 12.12.2024





Diskussionspapier im Rahmen der Begleitforschung
zur Unterstützung der **Ad-hoc-Gruppe**
„Dekarbonisierung der automobilen Wertschöpfungsketten“
des **Expertenkreises „Transformation der Automobilindustrie“**
(ETA) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

INHALT

Key Takeaways	1
1 PCF-Bilanzierung in der Automobilindustrie	4
2 Relevante Methoden zur PCF-Erstellung in der Automobilindustrie	5
3 Harmonisierungsbedarfe und Lösungsansätze	8
3.1 Allokation von Energie- und Materialflüssen auf Koppelprodukte	9
3.2 Attribution von Umweltwirkungen	11
3.3 Allokation von THG-Einsparungen aus dem Recycling	14
3.3.1 Zuordnung von THG-Einsparungen aufgrund von Recycling zu einem Produktsystem	14
3.3.2 Definition von Sekundärmaterial	18
3.3.3 Dekarbonisierung der Primärmaterialherstellung	19
3.4 Bilanzierung eingekaufter Energie	20
3.4.1 Parallele Anwendung zweier Bilanzierungsansätze führt zur Doppelzählung Erneuerbarer Energien	21
3.4.2 Diskussion zum Energiewendennutzen des marktbasierten Ansatzes	25
3.4.3 Weitere Regelungsbedarfe im Kontext Energiebilanzierung	26
4 Fazit: Anforderungen an die Harmonisierung von Bilanzierungsmethoden	27
5 Abbildungsverzeichnis	29
6 Tabellenverzeichnis	29
7 Literatur	30

KEY TAKEAWAYS

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) wurden von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe (AhG) „Dekarbonisierung der Automobilen Wertschöpfungsketten“ des Expertenkreises „Transformation der Automobilindustrie“ (ETA) Handlungsempfehlungen erarbeitet, die dazu beitragen sollen, dass PCF einheitlicher und vergleichbarer werden. Dieses Diskussionspapier fasst die methodischen Harmonisierungsbedarfe und daraus resultierenden Handlungsempfehlungen zusammen, die im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) im Rahmen der Begleitforschung zur AhG erarbeitet wurden. Eine ausführliche Darstellung des Projekts und der Forschungsergebnisse finden sich in themenspezifischen [Kurzpapieren](#) (Kemper et al. 2024) sowie im Abschlussbericht der Begleitforschung beim UBA unter dem Titel „Methoden zur Treibhausgasbilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie“.

AUSGANGSSITUATION UND HERAUSFORDERUNG



- Dem Product Carbon Footprint (PCF) wird vor dem Hintergrund der globalen Dekarbonisierung auch in der Automobilindustrie immer größere Bedeutung beigemessen: Er wird zu einer Währung im internationalen Wettbewerb. Ein Grund dafür ist die **zunehmende Regulierung der Berichtspflichten im Rahmen der CSRD**. Die Anforderungen der verpflichtenden Berichterstattung über nicht-finanzielle Unternehmensdaten setzt sich entlang der Wertschöpfungskette fort. Somit müssen auch immer mehr Unternehmen Emissionsdaten erheben, die noch nicht unter die Verpflichtung der CSRD fallen.
- Darüber hinaus steigt auch das kundenseitige Bewusstsein für den Transformationsbedarf der Wirtschaft und somit die **Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten**.
- Standards und Normen zur PCF-Erstellung zielten bisher vor allem auf einen wissenschaftlichen Vergleich von Alternativen ab. Daher und aufgrund des breiten internationalen Anwendungsgebietes bieten sie oft methodische Wahlmöglichkeiten und Interpretationsspielräume. Die Auswirkungen von Methodenentscheidungen auf das PCF-Ergebnis werden in Unternehmensberichten meist nicht transparent dargestellt, weshalb die Gründe für Abweichungen und Unterschiede der Ergebnisse nur schwer nachvollziehbar sind. Der **Wunsch nach einheitlichen Bilanzierungsmethoden für Treibhausgase** (THG) wird in der Automobilindustrie immer stärker. Das Ziel der Bilanzierung wandelt sich zunehmend dahin, dass unter fairen Wettbewerbsbedingungen branchenübergreifende Vergleiche von Produkten ermöglicht werden sollen.

LÖSUNGSANSÄTZE



Als zentrale Themenfelder, die eine große Wirkung auf das Ergebnis der THG-Bilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie haben, wurden die Energiebilanzierung, Allokation in multifunktionalen Prozessen sowie Recycling identifiziert. Aufgrund ihrer Bedeutung für den PCF wird in diesen Bereichen besonderer Bedarf zur Harmonisierung der Methoden gesehen. Zusätzlich wird die Attribution von grünen Eigenschaften bei physikalisch homogenen Material- oder Energieinputs berücksichtigt.

Das Bestreben der Branche ist, ein Carbon-Accounting-Prinzip entlang der gesamten Automobil-Lieferkette zu etablieren. Unter Carbon-Accounting-Prinzip wird hierbei eine primärdatenbasierte Erfassung von THG-Emissionen in einer Cradle-to-Gate-Systemgrenze entlang der Wertschöpfungskette verstanden. Dies entspricht einem inventarisierenden partiellen LCA-Ansatz, bei dem die Emissionen der einzelnen Produktionsschritte schließlich zu produktspezifischen Emissionen aufsummiert werden.

Vor dem Hintergrund können zielgerichtete Methodenentscheidungen getroffen und folgende Handlungsempfehlungen zur Harmonisierung der Methoden abgeleitet werden:

→ Allokation in multifunktionalen Prozessen

Um Transparenz und Nachvollziehbarkeit des PCF-Ergebnisses zu fördern, werden klarere Vorgaben zu Auswahl, Anwendung und transparenter Darstellung der Allokationsmethoden benötigt. Insbesondere die ökonomische Allokation sollte gestärkt werden, da sie eine sinnvolle Methode für spezifische Anwendungsfälle sein kann. Zudem sind sektorspezifische Allokationsregeln sowie Regelungen zur Allokation an Sektorübergängen erforderlich. Weiterer Diskussions- und Forschungsbedarf ist zur Berücksichtigung von Allokationsmethoden notwendig, die eine transformative Wirkung auf das Gesamtsystem entfalten können.

→ Attribution grüner Eigenschaften zur Produkten

Die Attribution von grünen Eigenschaften homogener Material- und Energieinputs kann einer Massenbilanzierung folgend innerhalb des bilanzierten Produktsystems verschiedenen Produktgruppen zugeordnet werden. Hierbei müssen jedoch Regeln zu den geografischen Grenzen des Systems, der technischen Machbarkeit sowie eine entsprechende Verifizierung beachtet werden.

→ Bilanzierung von Recyclingmaterial

Recyclingprozesse als spezielles Allokationsproblem sollten nach dem Cut-Off-Approach modelliert werden. Anreize zur Stärkung der Kreislauffähigkeit von Produkten müssen unter diesen Umständen außerhalb der Bilanzierungsmethodik stattfinden. Impulse könnten bspw. durch entsprechende Anpassungen in der Regulatorik im Rahmen des EU Circular Economy Action Plans gesetzt werden. Für die wichtigsten Grundstoffe der automobilen Lieferketten sollte zudem jeweils eine Definition und Differenzierung von Sekundärmaterial und Koppelprodukten entwickelt werden. Um – wo notwendig – auch die stetige Dekarbonisierung der Primärmaterialproduktion zu belohnen, könnte die Adaption eines Sliding-Scale-Approaches für die Automobilindustrie sowie die relevanten Wertschöpfungsketten diskutiert werden. Dieser kann eine weitere Bezugsgröße zur Bewertung eines PCF liefern.

→ Bilanzierung eingekaufter Energie

Energie sollte – wo möglich – entlang der gesamten automobilen Lieferkette marktbasiert bilanziert werden, um eine Doppelzählung von grünen Eigenschaften konsequent zu vermeiden. Für die Nutzung vertraglicher Instrumente sind im jeweiligen Energiemarkt Kriterien zur Anwendbarkeit der Nachweissysteme im Rahmen eines marktbasierten Ansatzes notwendig. Sind diese Kriterien etabliert, wie etwa in der EU, bedeutet dies, dass in diesem Markt ausschließlich marktbasiert bilanziert werden kann. Für andere Märkte wäre eine entsprechende Prüfung der Nachweissysteme durchzuführen. Die Bewertung des bezogenen Ökostroms sollte außerhalb der Bilanzierungsmethodik verortet werden, d.h. dass über die Ökostromqualität nebenbilanziell berichtet wird. Anreize zur Beschaffung von Ökostrom mit Zusatzlichkeitskriterien sollten außerhalb der Bilanzierungsmethodik über entsprechende Politikinstrumente gesetzt werden. Zudem sollten spezifischere Leitlinien für andere Energieträger, wie Wärme/Kälte, Gase oder Wasserstoff, entwickelt werden.

Eine so ausgestaltete Harmonisierung von Methoden zur THG-Bilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie bringt Herausforderungen mit sich und erfordert eine sektorübergreifende Diskussion von Expert:innen aus Wissenschaft und Praxis. Da die Lieferkette der Branche sowohl komplex als auch international ist und verschiedene Grundstoffindustrien umfasst, kann sie als Katalysator für die Vereinheitlichung fungieren. Zu beachten ist hierbei:

- Eine klare Zielstellung der Bilanzierung ist Voraussetzung für eine Harmonisierung der Bilanzierungsmethoden.
- Zur Harmonisierung muss über Sektorgrenzen hinweg geschaut werden und eine Rückkopplung mit entsprechenden Prozessen auf regulatorischer Ebene stattfinden.
- Die THG-Bilanzierung sollte als reine Erfassungsmethodik funktionieren. Transformative Anreize sollten außerhalb der Bilanzierungsmethodik gesetzt werden.

1 PCF-BILANZIERUNG IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

Die globale Dekarbonisierung fordert in der Automobilindustrie stetige Emissionsreduktionen in der Produktion und einen Technologiewechsel hin zu elektrischen Antrieben. Die Elektrifizierung der Mobilität hat zuletzt Fahrt aufgenommen, dennoch ist weiterhin mehr Tempo nötig, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Diese Notwendigkeit spiegelt sich in strenger werdenden regulatorischen Anforderungen an die Automobilindustrie.

Durch die Elektrifizierung verschieben sich die Hauptquellen für Treibhausgas (THG)-Emissionen eines Automobils von der Nutzungsphase in die Herstellungsphase. Während bei Verbrennungsmotoren etwa 90 % der Emissionen durch den Betrieb entstehen, können die Emissionen elektrischer Antriebe durch die Nutzung erneuerbaren Stroms nahezu vermieden werden (Ifeu 2024). Damit gewinnt die Emissionsintensität in der Herstellung und die Veröffentlichung eines Product Carbon Footprints (PCF) auch für die Automobilindustrie immer mehr an Bedeutung. Bisher basiert die THG-Bilanzierung von Produkten jedoch auf dem Prinzip der Freiwilligkeit und Methoden zur Erstellung sind wenig verbindlich. Zudem zielen bestehende Standards und Normen zur PCF-Erstellung hauptsächlich auf eine Verwendung der Ergebnisse im wissenschaftlichen Kontext zur Bewertung unterschiedlicher Alternativen ab und sind weniger für den Vergleich von Produkten im kommerziellen Umfeld vorgesehen. Sie bieten methodische Wahlmöglichkeiten und Interpretationsspielräume, deren Auswirkungen auf das Ergebnis eines PCF häufig nicht ausreichend klargestellt und transparent gemacht werden.

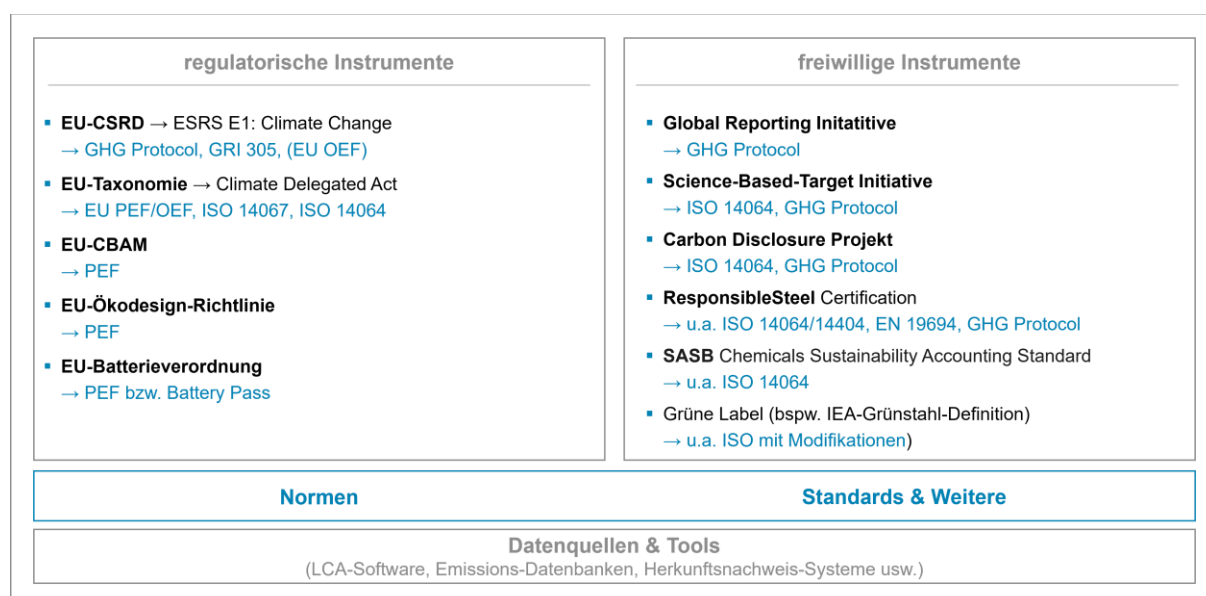
Vor dem Hintergrund, dass der PCF als Tool zum Nachweis der Dekarbonisierung erheblich an Bedeutung gewinnt und die Wertschöpfungsketten und Materialbeschaffung international vernetzt sind, besteht in der Branche zudem das Bedürfnis, eine Vereinheitlichung von THG-Bilanzierungsmethoden zu erwirken, und das möglichst auf globaler Ebene. Hierbei sollen eine branchenübergreifende Vergleichbarkeit und gleiche Wettbewerbsbedingungen gefördert werden.

Durch die komplexen und international vernetzten Strukturen der automobilen Lieferketten, die wichtige emissionsintensive Grundstoffindustrien umfassen, eignet sich die Branche als Katalysator für die Implementierung einer überarbeiteten Methodik zur THG-Bilanzierung von Produkten, bei der THG-Daten entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette primärdatenbasiert weitergeben werden können. Damit könnte die Automobilindustrie eine Vorreiterrolle einnehmen.

2 RELEVANTE METHODEN ZUR PCF-ERSTELLUNG IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

Die Quantifizierung von THG-Emissionen wird in unterschiedlichen Kontexten sowohl durch regulatorische Vorgaben als auch im Rahmen von Initiativen zur freiwilligen Berichterstattung (Abbildung 1) gefordert und betrifft die gesamte Wertschöpfungskette der Automobilindustrie. In den verschiedenen Kontexten werden unterschiedliche methodische Anforderungen an die THG-Bilanzierung gestellt. Weiteren Einfluss auf das Ergebnis der Bilanz haben Datenquellen für Emissionsfaktoren und Tools zur Emissionserfassung und -nachverfolgung.

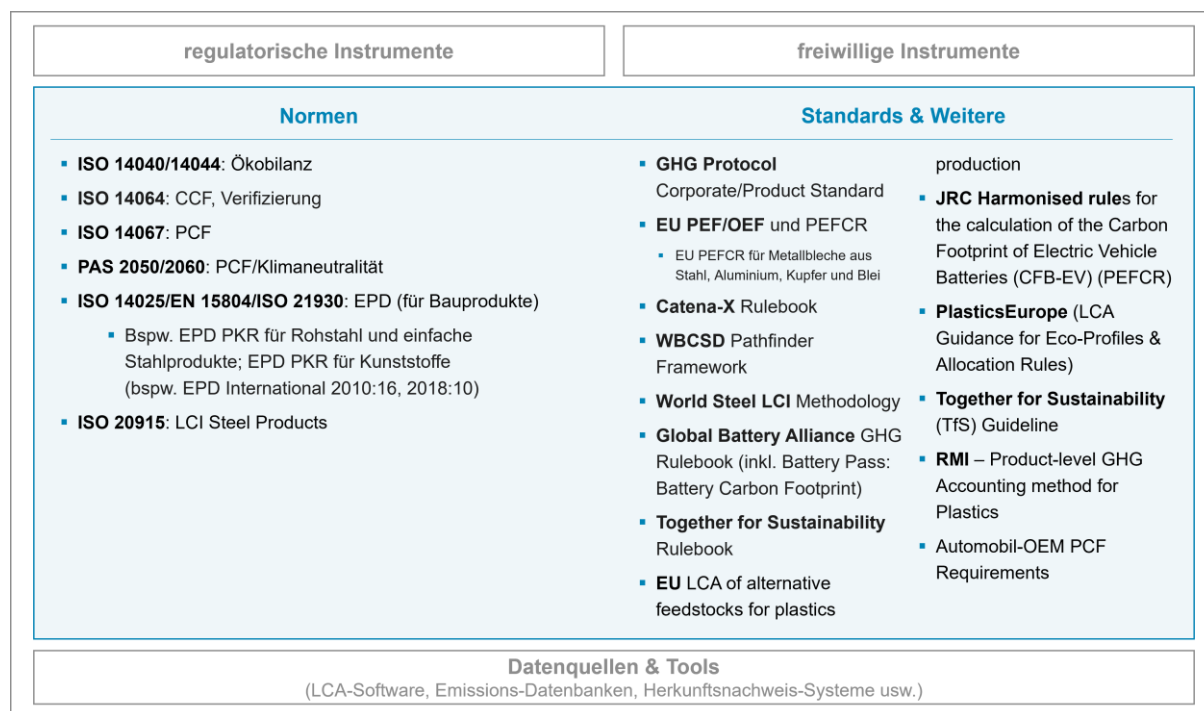
Abbildung 1: Anforderungen an die Quantifizierung von THG-Emissionen in der Automobilwirtschaft und relevanten Wertschöpfungsketten



Quelle: eigene Darstellung Hamburg Institut, 2024

Für die PCF-Erstellung in der komplexen automobilen Lieferkette sind sowohl übergreifend gültige als auch branchenspezifische Standards und Normen relevant (Abbildung 1).

Abbildung 2: Methoden zur THG-Bilanzierung in der Automobilwirtschaft



Quelle: eigene Darstellung Hamburg Institut, 2024

Die Normen der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment, LCA), ISO 14040 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen“ (ISO 14040:2006) sowie die ISO 14044 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen“ (ISO 14044:2006), bieten grundlegende Regelungen zu Methoden der THG-Bilanzierung auf Produktebene und können allgemeingültig auf Produkte, Dienstleistungen und Services jeder Art und Branche angewandt werden. Nach den ISO Normen ISO 14040:2006 und ISO 14044:2006 werden im Rahmen einer Ökobilanzstudie – abhängig von der jeweiligen Zieldefinition – neben Treibhausgasemissionen auch weitere Umweltwirkungen eines Produktes erfasst. Die meisten Standards zur Bilanzierung von Treibhausgasen auf Produktebene bauen auf diesen beiden Normen auf.

Als im Rahmen der Harmonisierungsbestrebungen besonders relevante Methoden werden zwei übergreifende Instrumente angesehen: die ISO-Norm zur PCF-Erstellung ISO 14067:2018 und der PCF-Leitfaden des Catena-X Netzwerkes (2023). Beide können in der Automobilindustrie und verknüpften Wertschöpfungsketten angewendet werden. Darüber hinaus sind branchenspezifische Standards besonders relevant. Dazu zählen der Leitfaden der Together for Sustainability Initiative (TfS) (2022), die Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV) (JRC, 2023) sowie die ISO 20915:2018 zur Durchführung einer Life-Cycle-Inventory-Studie (LCI-Studie) für Stahlprodukte.¹

¹ Aus dem Spektrum an Methoden zusammen mit der AhG Dekarbonisierung ausgewählte Normen und Standards, denen besondere Relevanz zugeschrieben wird. Diese bilden die Basis zur detaillierten Analyse hinsichtlich methodischer Kontroversen und zur Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für eine Methodenharmonisierung. Hierbei werden auch Methoden aus vorgelagerten Wertschöpfungsketten als relevant angesehen.

Die auf der Ökobilanzierung aufbauende **ISO Norm ISO 14067** „Treibhausgase - Carbon Footprint von Produkten - Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung“ (ISO 14067:2018) beschäftigt sich mit der Berechnung von PCFs. Sie enthält Grundsätze und Leitlinien zur PCF-Erstellung sowie konkrete methodische Anforderungen zur Berechnung eines PCF. Die ISO 14067 ist branchenübergreifend anwendbar und durch ihre Allgemeingültigkeit für Produkte und Dienstleistungen jeder Art und so für die gesamte automobilen Wertschöpfungskette sowie die angegliederten Sub-Wertschöpfungsketten gültig. Dies spiegelt sich auch in der Anwendungspraxis wider: Die ISO 14067 zählt zu einer der am häufigsten verwendeten Methoden zur Berechnung von PCFs. Ihr wird daher eine hohe Praxisrelevanz zugeschrieben.

Together for Sustainability Initiative (TfS) ist eine globale Brancheninitiative, die 2011 von mehreren Chemieunternehmen gegründet wurde. Sie verfolgt das Ziel, Nachhaltigkeit in der chemischen Industrie zu fördern. Durch die Entwicklung eines globalen Standards zur THG-Bilanzierung für chemische Lieferketten soll die Bilanzierung vereinheitlicht werden. Die 2022 veröffentlichte PCF-Richtlinie (TfS 2022) legt einheitliche Methoden zur Erstellung einer THG-Produktbilanz fest und soll für Unternehmen aus der chemischen Industrie, aber auch darüber hinaus, anwendbar sein. Der Leitfaden basiert auf den Bilanzierungsmethoden des GHG Protocol und berücksichtigt die Regelungen der ISO-Normen ISO 14040, 14044 sowie die quantifizierenden Normen ISO 14067 und 14064 zur THG-Bilanzierung von Produkten und Organisationen. Die Methoden im TfS-Leitfaden sollen fortlaufend weiterentwickelt und aktualisiert werden. Die Harmonisierung mit anderen Methoden wird bereits vorangetrieben. Zudem soll die Vergleichbarkeit von Bilanzen gefördert werden. Dem TfS-Leitfaden wird im Vergleich zu anderen Methoden der Kunststoffindustrie eine höhere Praxisrelevanz zugeschrieben.

Die **Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)** (JRC 2023) der Europäischen Kommission stellen einen Vorschlag für Regeln zur Ermittlung eines PCF für Batterien im Rahmen der Battery Regulation (Regulation (EU) 2023/1542) dar. Dieses umfassende Dokument betrachtet den gesamten Batterielebenszyklus von der Rohmaterialgewinnung bis zum Ende des Lebenswegs. Das Regelwerk soll zudem zur Definition der Leistungsklassen und von CO₂-Höchstwerten genutzt werden. Im April 2024 legte die EU-Kommission den Entwurf einer delegierten Verordnung vor, welche die bisherige Verordnung (EU) 2023/1542 ersetzt (Europäische Kommission 2024). Ziel dieses Verordnungsentwurfs ist, die Kreislaufwirtschaft, Ressourcennutzung und -effizienz sowie den Lebenszyklus von Batterien in Bezug auf Klimaneutralität und Umweltschutz zu verbessern. Er weicht in einigen Punkten, z.B. in der Bilanzierung von Strom, von den Vorschlägen in der CFB-EV ab. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Entwurf die CFB-EV ersetzen wird.

Die **ISO 20915:2018** behandelt Methoden einer Life-Cycle-Inventory-Studie (LCI-Studie) für Stahlprodukte. In Bezug auf die Berechnungsmethodik stehen die Bewertung von Sekundärmaterial sowie der Umgang mit Co-Produkten im Fokus (ISO 20915:2018, S. 1). In der Relevanz für die Praxis wird die ISO als gleichwertig mit dem World Steel Branchenstandard angesehen. Die ISO 20915 ist für die Erstellung von LCI für kommerzielle Zwecke einzelner Unternehmen angelegt.

Das **deutsche Catena-X-Netzwerk** arbeitet an einem zentralen System für das PCF-Datenmanagement für die Automobilwirtschaft. Die Datenweitergabe entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette erfordert eine gemeinsame Methode zur PCF-Berechnung, diese wird im „Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook Version 2.0“ (Catena-X Automotive Network e.V. (Catena-X) 2023) geregelt. Das Rulebook lässt sich entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette sowie in den angrenzenden Sub-Wertschöpfungsketten anwenden.

Beim Vergleich der Methoden zur THG-Bilanzierung wird deutlich, dass relevante Bilanzierungsmethoden derzeit sowohl von Normungs-Organisationen (z.B. ISO), staatlichen Institutionen (z.B. EU JRC) als auch Wirtschaftsinitiativen (z.B. TfS, Catena-X) erarbeitet werden. Dies zeugt einerseits von der hohen Relevanz des Themas, führt aber auch dazu, dass aufgrund der verschiedenen Zielstellungen Methodenentscheidungen unterschiedlich ausfallen. Zudem bedarf eine Harmonisierung der Methoden die Integration zahlreicher Akteure.

Darüber hinaus werden deutliche methodische Unterschiede zwischen den Bilanzierungsansätzen sichtbar. Insbesondere Wahlmöglichkeiten innerhalb der Methoden können große Auswirkungen auf das PCF-Ergebnis haben. Die Entscheidung in Bezug auf die jeweilige Wahlmöglichkeit ist dabei den Bilanzierenden überlassen. Dies kann eine sehr subjektive Anwendung und die Tendenz zur Folge haben, die Methode zu wählen, die zu einem niedrigeren Carbon Footprint führt. Eine unterschiedliche Handhabung in verschiedenen Sektoren kann dazu führen, dass ein und dasselbe Produkt entlang der Lieferkette unterschiedlich bilanziert wird.

3 HARMONISIERUNGSBEDARFE UND LÖSUNGSANSÄTZE

Zu den methodischen Aspekten, die einen großen Einfluss auf das PCF-Ergebnis haben und in für die Automobilindustrie relevanten Standards zur THG-Bilanzierung von Produkten nicht einheitlich definiert sind, zählen:

- die Bilanzierung eingekaufter Energie,
- die Allokation von Energie- und Materialflüssen auf Koppelprodukte,
- die Attribution von Umweltauswirkungen von Energie- und Materialflüssen, die sich physikalisch nicht unterscheiden sowie
- die Allokation von THG-Einsparungen aus dem Recycling als spezielles Allokationsproblem.

Im Folgenden werden die diesbezüglich geführten Diskussionen skizziert sowie Lösungsräume hinsichtlich einer Harmonisierung der Methoden aufgezeigt und entsprechende Handlungsempfehlungen abgeleitet.²

² Detailliertere Ausführungen finden sich in den zur Unterstützung der AhG „Dekarbonisierung der Automobilen Wertschöpfungsketten“ des Expertenkreis „Transformation der Automobilindustrie“ beim BMWK verfassten [Kurzpapieren](#) Kemper et al. 2024 sowie im Abschlussbericht zum Begleitforschungsprojekt des UBA unter dem Titel „Methoden zur Treibhausgasbilanzierung in der Automobilindustrie“.

Die Handlungsempfehlungen werden mit dem Fokus auf der Weitergabe von PCF-Daten entlang der Wertschöpfungskette vor dem Hintergrund der folgenden Prämissen abgeleitet:

- *Cradle-to-Gate-Betrachtung*: Im Rahmen der Überlegungen zur Harmonisierung der Methoden zur PCF-Erstellung entlang der automobilen Wertschöpfungsketten wird eine Cradle-to-Gate-Systemgrenze der Bilanzierung innerhalb der Lieferkette vorgegeben. Die Emissionen werden von der Wiege bis zum Werkstor erfasst.
- *Carbon-Accounting-Prinzip*: Es wird das langfristige Zielbild einer über die gesamte Lieferkette hinweg integrierte, primärdatenbasierte Ermittlung von Emissionsdaten verfolgt.
- *Attributional LCA-Ansatz*: Die PCF-Erstellung folgt einem inventarisierenden (Attributional) LCA-Ansatz.³

3.1 Allokation von Energie- und Materialflüssen auf Koppelprodukte

Unter Allokation wird in der Bilanzierung eines Produktsystems mit multifunktionalen Prozessen die Zuordnung der eingehenden Material- und Energieflüsse sowie deren Umwelteigenschaften auf die Haupt- und Koppelprodukte verstanden (ISO 14044:2006, S. 12). In multifunktionalen Prozessen werden im selben Produktsystem neben dem Hauptprodukt Koppelprodukte mit jeweils eigenem Wert hergestellt. Insbesondere durch die fortschreitende Kreislaufwirtschaft können Koppelprodukte, die vormals als Abfall deklariert wurden, in anderen Produktionsprozessen eingesetzt werden und erhalten damit einen Wert (Kapitel 3.3.2).

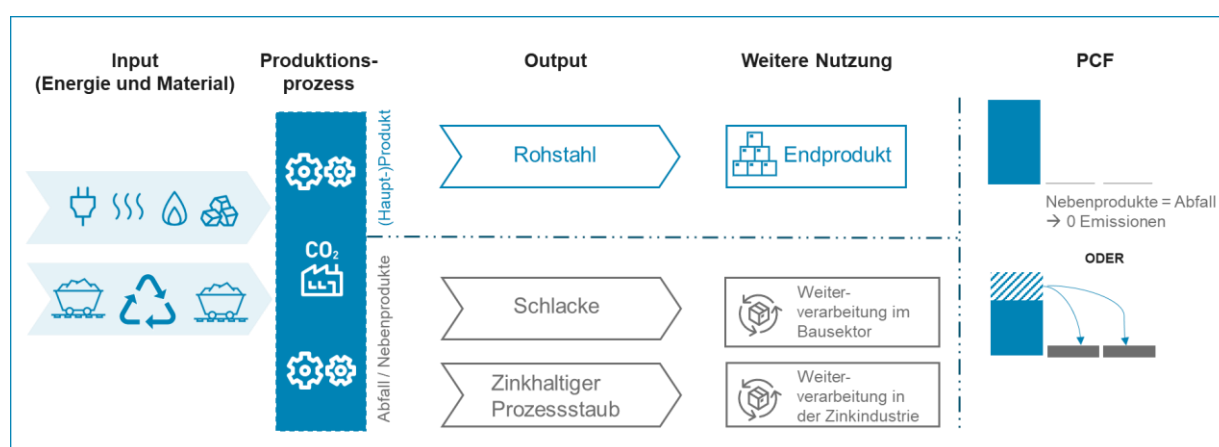
Die Zuordnung der Energie- und Materialflüsse kann über physikalische Eigenschaften wie Masse, Gewicht, Volumen erfolgen oder entsprechend des ökonomischen Wertes. Bereits in der ISO 14044:2006 wird mit der Allokationshierarchie ein schrittweises Verfahren beschrieben, das helfen soll, die geeignete Allokationsmethode zu identifizieren und anzuwenden. Diese Hierarchie sieht vor, dass Allokation, soweit möglich, vermieden werden soll. Dazu kann eine Anpassung der Systemgrenzen entweder durch eine Unterteilung („Subdivision“) oder eine Erweiterung des zu betrachtenden Produktionssystems erfolgen („Systemraumerweiterung“). Ist beides nicht möglich, kann eine Allokation entsprechend der physikalischen Beziehungen, basierend auf Masse, Volumen oder Energie, vorgenommen werden (ISO, 2018a, S. 25). Wenn auch das nicht möglich ist, kann die Allokation entsprechend ökonomischer Beziehung zwischen den Nebenprodukten, z.B. dem relativen Marktwert, vorgenommen werden.

Allerdings bietet dieses Verfahren nur eine Orientierung, es fehlen klare Kriterien, wann welche Methode angewendet werden soll. So ist es möglich, bei der PCF-Erstellung eine Methode der Allokationshierarchie zu wählen, die für das Unternehmen am praktikabelsten umzusetzen ist oder die zu einer favorisierten Aufteilung der Emissionen auf Haupt und Koppelprodukt führt. Werden die Informationen über die genutzte Allokationsmethode nicht transparent weitergegeben, erschwert dies die Vergleichbarkeit der PCFs und kann sogar dazu führen, dass Emissionen innerhalb der Lieferkette nicht betrachtet werden.

³ Der Attributional LCA-Ansatz ordnet die gegenwärtigen globalen Umweltauswirkungen dem jeweiligen Produkt zu. Es handelt sich um einen inventarisierenden Ansatz, der einen Ist-Zustand beschreibt. Veränderungen werden im Vergleich der Ergebnisse im Zeitverlauf sichtbar. Der Consequential LCA-Ansatz wiederum bezieht Auswirkungen auf das Gesamtsystem in die Bilanz mit ein, basiert also auf einer wirkungsorientierten Betrachtung. Es wird bspw. die künftige Änderung von Umweltwirkungen durch die Nutzung des hergestellten Produkts im Gegensatz zu einem konventionellen Produkt bewertet (Ekvall 2020).

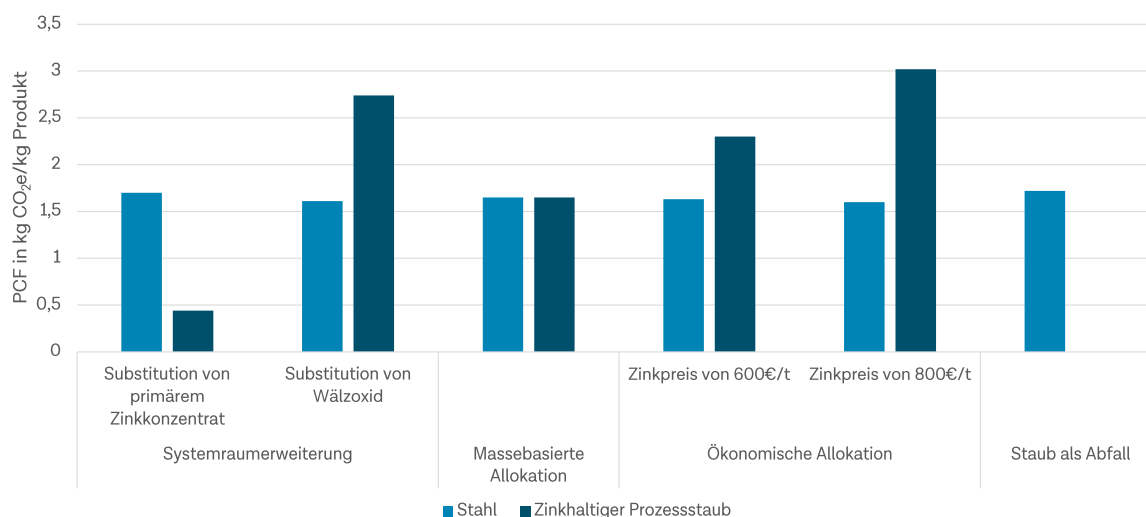
Die Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen diese Herausforderungen am Beispiel der Stahlproduktion, in der Rohstahl das Hauptprodukt ist und Schlacke sowie zinkhaltiger Prozessstaub als Koppelprodukte anfallen. Beide dieser Koppelprodukte können in anderen Industriezweigen genutzt werden. Abbildung 3 zeigt den Unterschied im PCF von Stahl, wenn Koppelprodukte als Abfall gesehen werden oder ihnen ein Wert beigemessen wird. In Abbildung 4 wird deutlich, wie sich die zugeordneten Emissionen je kg Output entsprechend der jeweiligen Allokationsmethode verändern. Während sich die Emissionen des Hauptproduktes nur wenig verändern, ist ein starker Einfluss auf die Emissionen des zinkhaltigen Prozessstaubs zu erkennen, abhängig davon, ob die physikalische, die ökonomische Allokation oder Systemraumerweiterung mit Substitution gewählt wird.

Abbildung 3: Aufteilung der Emissionen eines multifunktionalen Prozesses – Beispiel Stahl



Quelle: eigene Darstellung Hamburg Institut, nach Fernandez et al. (2024)

Abbildung 4: Veränderung der Emissionen bei unterschiedlichen Allokationsmethoden



Quelle: eigene Darstellung nach Fernandez et. al., 2024

Ohne einheitliche Regelung zur Anwendung der Allokationsmethode ist es möglich, dass in verschiedenen Sektoren die Emissionen unterschiedlich bilanziert werden, unter Umständen sogar auch in ein und demselben Sektor.

Führen Allokationsmethoden zu großen Unterschieden, kann eine Sensitivitätsanalyse, wie Fernandez et. al. (2024) sie für Stahl durchgeführt haben, Klarheit und Transparenz fördern. Über diese Analyse werden die Ursachen der Unterschiede deutlich. Allerdings ist sie aufwändig in der Durchführung und erhöht den Aufwand einer PCF-Bilanzierung für Unternehmen. Zudem werden innerhalb der Lieferketten tendenziell THG-Werte weitergegeben und keine zugrundeliegenden Ergebnisse zu Sensitivitäten. Die ausführlichen PCF-Berichte haben eine geringere Bedeutung, so dass die Vergleichswerte nur zur Information interessierter Stakeholder dienen, aber nicht zu einer Harmonisierung der PCF-Erstellung beitragen.

Handlungsempfehlungen

Spezifizierung der Regeln zur Allokation mit Fokus auf der Aufwertung der ökonomischen Allokation und der Definition von Regeln an Sektorübergängen



- Durch klare Vorgaben zur Auswahl, Anwendung und transparenten Darstellung der Allokationsmethoden sollte die Allokationshierarchie sinnvoll erweitert werden. Dies gilt sowohl für Material- als auch Energieflüsse. Übernommen in den PCF-Bericht, fördert dies Transparenz und Nachvollziehbarkeit des PCF-Ergebnisses.
- Die ökonomische Allokation sollte mit der physikalischen zumindest gleichgestellt werden.
- Neben sektorspezifischen Allokationsregeln sollten Regeln an Sektorübergängen definiert werden.
- Es ist weiterer Diskussions- und Forschungsbedarf zur Berücksichtigung von Allokationsmethoden notwendig, die eine transformative Wirkung auf das Gesamtsystem entfalten können. Dies ist insbesondere der Fall bei Systemraumerweiterung mit Substitution, für deren Anwendung prüfbare methodische Kriterien entwickelt werden müssten. Bei der Fokussierung auf eine verstärkt primärdatenbasierte Erfassung von THG-Emissionen entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette sollten konsequent attributive Allokationsmethoden verwendet werden. Wirkungsorientierte Elemente sollten durch anderweitig gesetzte Impulse angereizt und separat von der PCF-Erstellung berichtet werden.

3.2 Attribution von Umweltwirkungen

Werden innerhalb eines physikalisch einheitlichen Produktsystems Produktdifferenzierungen über ökologische Eigenschaften vorgenommen, wird von Attribution gesprochen. Hier geht es lediglich um eine mengenmäßige Zuteilung der Umweltwirkungen, die keines speziellen methodischen Ansatzes bedarf, solange In- und Output-Mengen übereinstimmen. Diese differenzierte Zuordnung von Umweltwirkungen eines Produktsystems auf einzelne Produktgruppen kann über den Massenbilanzansatz erfolgen.

Dieser Ansatz ermöglicht es insbesondere nicht-integrierten Unternehmen die Anteile emissionsarmer Einsatzstoffe (Material oder Energie) vollständig einzelnen Produktgruppen zuzuordnen (Abbildung 5). So

können spezielle Kundenanfragen nach emissionsarmen Produkten bedient oder eine entsprechende Nachfrage geschaffen werden. Dieses Angebot kann für Unternehmen ein wichtiger Baustein zur Transformation sein. Die Massenbilanz ermöglicht die Integration anteiliger emissionsarmer Material- und Energieflüsse in die Produktion und ermöglicht damit eine kostengünstige und schrittweise Umsetzung der Dekarbonisierung. Ohne einen solchen Verrechnungsansatz wäre der Aufbau separater Produktionsstraßen notwendig, was sehr kosten- und ressourcenintensiv und ggfls. ineffizient wäre.

Abbildung 5: Anwendungsmöglichkeiten des Massenbilanzsystems in der PCF-Bilanz

1. Gleichmäßige Verteilung der Inputeigenschaft auf die Produkte



© HIC Hamburg Institut Consulting GmbH

2. Freie Verteilung der Inputeigenschaft auf die Produkte



© HIC Hamburg Institut Consulting GmbH

Quelle: eigene Darstellung Hamburg Institut, 2024

In den einzelnen Sektoren ist die Akzeptanz des Massenbilanzansatzes unterschiedlich hoch. Während er in der Chemie- und Kunststoffbranche breit anerkannt ist und bereits Anwendung findet (Together for Sustainability (TfS) 2022), wird er in der Aluminium- und Stahlindustrie eher kritisch betrachtet (EA_2021_European_Aluminium_Environmental_Profile_Report_Refining-Industry). Im Bausektor, in dem EPDs weit verbreitet sind, wird das Massenbilanzverfahren mittlerweile zwar diskutiert, findet bisher aber keine Akzeptanz (ECO Platform 15.12.2023).

Relevant sowohl für die glaubwürdige und transparente Umsetzung des Massenbilanzansatzes als auch für dessen Akzeptanz ist die Festlegung und Dokumentation der Systemgrenzen, innerhalb derer die Massenbilanz angewendet wird. Diese Systemgrenzen variieren derzeit zwischen einzelnen Produktionsstraßen, Standorten oder Unternehmen mit international verteilten Standorten. Um hier explizite Regeln zu den anerkekbaren Grenzen zu formulieren ist eine Abstimmung zwischen wissenschaftlichen Expert:innen und Unternehmensvertreter:innen notwendig, da hier unterschiedliche Prämissen vorherrschen: Während aus der wissenschaftlichen Perspektive die Nachverfolgung der emissionsarmen Eigenschaft möglichst eng an die physikalischen Material- und Energieflüsse gekoppelt sein sollte, wünschen sich Unternehmensvertreter:innen größere Flexibilität. So könnte der Massenbilanzansatz das gesamte Unternehmen mit verschiedenen Niederlassungen umfassen, zwischen denen dann emissionsarme Eigenschaften bilanziert werden könnten. Um hier die Glaubwürdigkeit zu wahren und der Doppelzählung niedriger Emissionen vorzubeugen, kann der gewählte Ansatz von externen Dritten geprüft und bestätigt werden.

Wichtig für die Glaubwürdigkeit ist die transparente Nachverfolgung innerhalb der definierten Systemgrenzen und die eindeutige Zuordnung der Emissionen. Dazu gehört es auch, einen Residualmix für die verbleibenden Produkte zu berechnen, so dass diesen entsprechend höhere Emissionswerte zugeordnet werden.

Die Zuordnung niedriger Emissionen auf einzelne Produkte wird immer wieder als reine Umschichtung und damit Greenwashing kritisiert. Die Massenbilanz führe nicht dazu, dass zusätzliches, emissionsarmes Material auf den Markt komme.

Insbesondere diese Zusätzlichkeit, also die Anforderung, dass die Anwendung des massenbilanziellen Ansatzes zwingend eine ökologische Verbesserung herbeiführen soll, erfordern noch eine ausführliche Diskussion zwischen Anwender:innen und wissenschaftlichen Expert:innen. So führt das Massenbilanzverfahren in Branchen, in denen emissionsarme Rohstoffe und Energien begrenzt sind, nicht direkt zu einer besseren Verfügbarkeit dieser. Die gesamtsystemische Wirkung bleibt also aus. Für die einheitliche und akzeptierte Umsetzung sollte sowohl ein gemeinsames Verständnis über den gesamten Bilanzierungsansatz als auch über den Nutzen und die Grenzen der Massenbilanzierung gefunden werden.

Massenbilanzierung kann die Transformation innerhalb von Unternehmen anreizen. Wird der attributive Ansatz für die Bilanzierung innerhalb der Lieferkette angestrebt, so wie es die AhG Dekarbonisierung vorschlägt, sollten Zusätzlichkeitskriterien nebenbilanziell verfolgt, umgesetzt und berichtet werden.

Derzeit werden Anforderungen und Leitlinien für die Umsetzung von Massenbilanz- und Book & Claim-Systemen innerhalb des ISO-Standardisierungsprozesses entwickelt. Die hieraus resultierenden Ergebnisse und Leitlinien können für den Prozess wegweisend sein.

Handlungsempfehlungen

Der Massenbilanzansatz zur Attribution klimafreundlicher Eigenschaften sollte unter spezifischen Regeln zu Systemgrenzen, technischer Machbarkeit und Verifizierung umgesetzt werden.



- Emissionen sollten präzise den geografischen Grenzen des Systems, innerhalb dessen der Massenbilanzansatz angewendet wird, zuzuordnen sein. Zur Festlegung der Systemgrenzen ist ein Dialog zwischen Wissenschaft und Unternehmen notwendig, da hier unterschiedliche Perspektiven vorherrschen.
- Innerhalb des gewählten Massenbilanzansatzes sollten die zugeordneten Mengen auf den technisch maximalen Wert der Produktionsmöglichkeiten begrenzt werden.
- Eine Verifizierung und transparente Dokumentation im PCF-Bericht kann Greenwashing vermeiden und Nachvollziehbarkeit und Glaubwürdigkeit fördern.
- Notwendig zur Definition expliziter Regeln ist eine ausführliche Diskussion zwischen Anwender:innen und wissenschaftlichen Expert:innen. Zentrale Punkte sind hierbei die Festlegung der Systemgrenzen, aber auch die Erreichung eines zusätzlichen Umweltnutzens über Zusätzlichkeitskriterien. Auch hier ist die Abgrenzung zum wirkungsorientierten Bilanzierungsansatz notwendig. Ggfs. können Zusätzlichkeitskriterien separat gesetzt und im Bericht dokumentiert werden.
- In Zukunft sollten die Anforderungen und Leitlinien für die Umsetzung von Massenbilanz- und Book & Claim-Systemen, die innerhalb des ISO-Standardisierungsprozesses entwickelt werden, mitberücksichtigt werden.

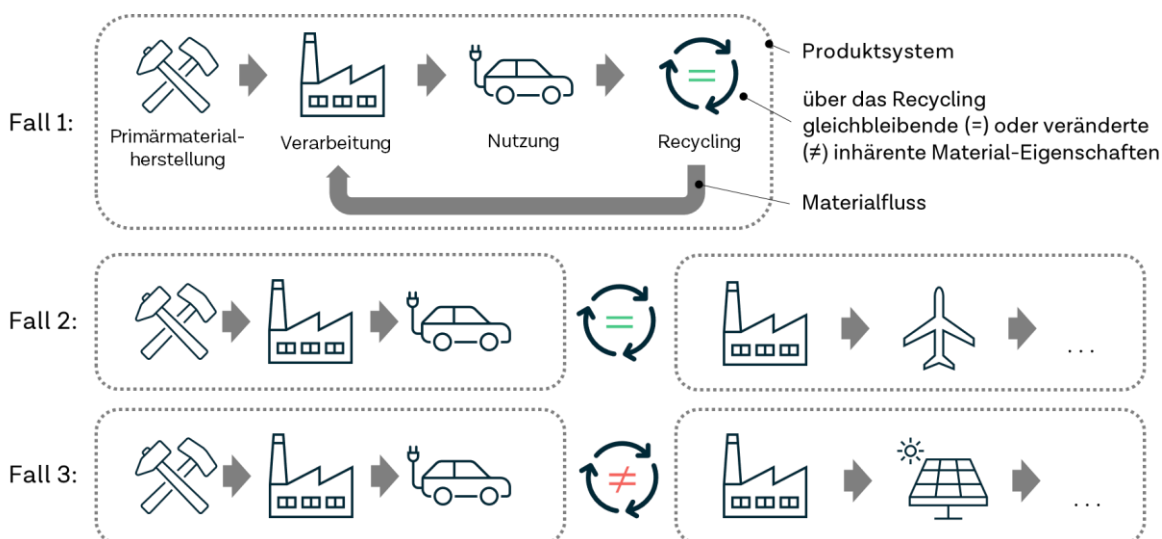
3.3 Allokation von THG-Einsparungen aus dem Recycling

Die methodische Kernfrage bei der Diskussion von Recycling-Prozessen ist, welchem Produkt bzw. Produktsystem die Einsparung von THG-Emissionen aufgrund von Recycling zugeschrieben werden können: dem Produktsystem, das am Ende seines Lebenszyklus recyclebar ist, dem Produktsystem, in welchem das recycelte Material eingesetzt wird, oder beiden. Darüber hinaus besteht eine Herausforderung in Bezug auf die Definition sowie Nachverfolgung von Sekundärmaterial.

3.3.1 Zuordnung von THG-Einsparungen aufgrund von Recycling zu einem Produktsystem

In der Norm zur Ökobilanzierung (ISO 14044:2006) werden drei Fälle zur Modellierung von Recyclingprozessen unterschieden. Im Falle eines geschlossenen Kreislafs (closed-loop) wird das recycelte Material im selben Produktsystem wiederverwendet, in dem es entstanden ist (Abbildung 6, Fall 1). Hier wird also keine Allokation der THG-Einsparungen aus dem Recycling zwischen verschiedenen Produktsystemen notwendig.

Abbildung 6: Fälle zur Modellierung von Recyclingprozessen

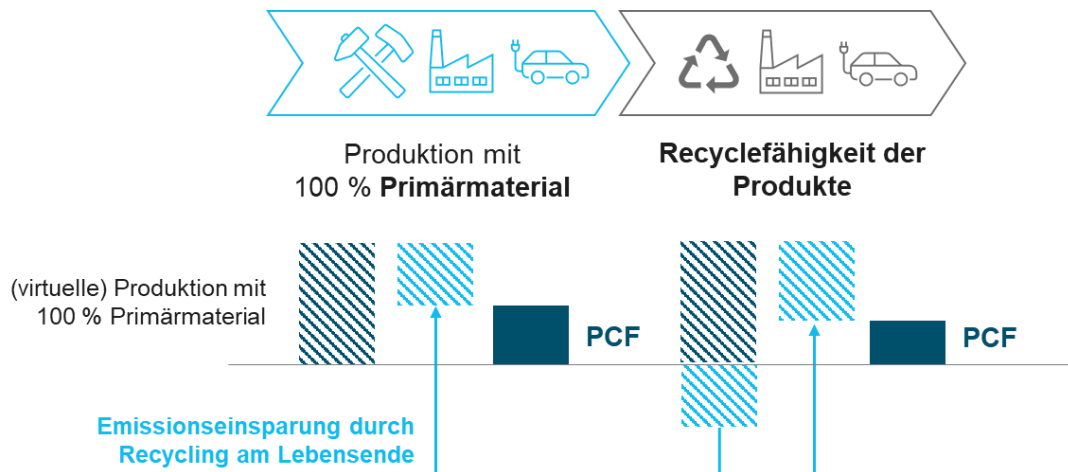


Quelle: Eigene Darstellung, Hamburg Institut

Eine Allokation muss dann erfolgen, wenn das Material das Produktsystem verlässt und in einem anderen Produktsystem wiederverwendet wird. Wenn das Material seine inhärenten Eigenschaften hierbei behält (Abbildung 6, Fall 2), kann dieses dennoch als closed-loop Prozess modelliert werden. Hierzu wird – wie in Abbildung 7 gezeigt – das Eingangsmaterial des Produktes zunächst komplett mit dem Emissionsfaktor für Primärmaterial bewertet. Es wird dann jedoch eine Gutschrift für die Wiederverwendbarkeit des Produktes abgezogen. Diese wird über eine angenommene Recyclingquote bestimmt, über die ermittelt werden kann, wie viel Emissionen im nächsten Produkt dadurch vermieden werden können, dass Primärmaterial durch wiederverwendetes Material ersetzt werden kann. Diese Art der Modellierung von Recyclingprozessen wird

als Avoided-Burden-Approach⁴ bezeichnet. Hierbei gilt: Je besser die Recyclingfähigkeit eines Produktes bewertet wird, desto geringer fällt der PCF des Produktes aus. Der Avoided-Burden-Approach reizt demnach die Wiederverwertbarkeit von Produkten an.

Abbildung 7: Modellierung von Recycling-Prozessen nach dem Avoided-Burden-Approach



Quelle: Eigene Darstellung, Hamburg Institut

Ändern sich die inhärenten Eigenschaften eines Materials beim Übergang in ein anderes Produktsystem (Abbildung 6, Fall 3), so muss nach (ISO 14044:2006) eine Allokation anhand von physikalischen Eigenschaften, dem ökonomischen Wert oder der Anzahl späterer Nutzungen (in dieser Priorisierung) stattfinden. Eine Allokationsvariante stellt der Cut-Off-Approach dar, welcher – wie in Abbildung 8 gezeigt – die Emissionen der Primärmaterialherstellung vollständig dem vorangegangenen Produkt zuordnet. Das wiederverwendete Material geht ohne Emissionen – jedoch üblicherweise zuzüglich der bei der Wiederaufbereitung entstandenen Emissionen – in das Produktsystem ein. Hier gilt: Je höher der Anteil an recyceltem Material im Produktsystem, desto niedriger der PCF des Produktes. Der Cut-Off-Approach reizt demnach den Einsatz von Sekundärmaterial an.

⁴ Folgende Begriffe werden als synonyme Methodenbezeichnungen verwendet: Closed-Loop-Approximation-Approach, 0/100-Approach, End-of-Life-Approach sowie (Recyclability-)Substitution-Approach.

Abbildung 8: Modellierung von Recyclingprozessen nach dem Cut-Off-Approach



Quelle: Eigene Darstellung, Hamburg Institut

Es existieren zahlreiche Variationen der beiden dargestellten Varianten zur Modellierung von Recyclingprozessen. Die Circular Footprint Formula (CFF) aus der Methodik zur Berechnung eines Product Environmental Footprint (PEF) nach Vorgaben der EU stellt eine Kombination der beiden Ansätze dar (vgl. (EU) 2021/2279)⁵. Hier wird sowohl über einen Allokationsfaktor die Wiederverwertbarkeit eines Produktes als auch der Sekundär Materialeinsatz über einen Quotienten für die Materialqualität von Sekundär- zu Primärmaterial berücksichtigt. So werden die Emissionen zwischen den Produktsystemen, welche das Material liefern bzw. einsetzen, aufgeteilt. Cradle-to-Gate-Betrachtungen sollen nach EU PEF-Methodik allerdings zunächst nach Cut-Off-Approach modelliert werden und die Ergebnisse unter Anwendung der CFF nur informativ dargestellt werden.

Die wissenschaftliche Diskussion bzgl. der Vor- und Nachteile wird bereits seit Anfang der neunziger Jahre geführt. Je nach angesetzten Kriterien werden hierbei unterschiedliche Empfehlungen über die Verwendung des einen bzw. des anderen Modellierungsansatzes für Recyclingprozesse ausgesprochen. Tabelle 1: Charakteristika der beiden Ansätze zur Modellierung von Recyclingprozessen zeigt eine Übersicht zu den hierbei diskutierten Charakteristika der beiden Ansätze. Je nach Zielstellung einer LCA- bzw. PCF-Berechnung kann die Ausprägung dieser als vor- oder nachteilig angesehen werden.

Tabelle 1: Charakteristika der beiden Ansätze zur Modellierung von Recyclingprozessen

Kriterium	Cut-Off-Approach	Avoided-Burden-Approach
LCA-Ansatz	Inventarisierend; (eher) Attributional LCA-Ansatz	Wirkungsorientiert; (eher) Consequential LCA-Ansatz
Nachhaltigkeitsprinzip	Starkes Nachhaltigkeitsprinzip;	Schwaches Nachhaltigkeitsprinzip;

⁵ Empfehlung (EU) 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.

Kriterium	Cut-Off-Approach	Avoided-Burden-Approach
	durch Anrechnung der vollen Emissionen der Primärmaterialherstellung zuzüglich der geringeren Emissionen des recycelten Eingangsmaterials	durch Gutschrift wird von künftigen Generationen Kredit für Umweltbelastung aufgenommen; Emissionen des Primärmaterialeinsatzes werden reduziert.
Risikoaffinität	Gering; Sekundärmaterialanteile klar bestimmbar	Hoch; basiert auf Annahmen zum hypothetischen Recyclingprozess sowie Recyclingquoten
Anreizwirkung	Anreiz zum Einsatz von Sekundärmaterial	Anreiz zur Einflussnahme auf Recyclability; unterstützt Circular Economy
Marktimпульs	Stärkt die Nachfrage nach Sekundärmaterial; Empfohlen, wenn Markt für Sekundärmaterial: Angebot > Nachfrage	Stärkt die Angebotsseite des Sekundärmaterialmarktes; Empfohlen, wenn Markt für Sekundärmaterial: Angebot < Nachfrage
Produktnutzungsdauer	Gut anwendbar bei langer Produktnutzungsdauer	Gut anwendbar bei kurzer und bekannter Nutzungsdauer

Quelle: Basierend auf Frischknecht 2010; World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) und World Resources Institute (WRI) 2011; Schrijvers 2017; Ekvall 2020.

Je nach Zielstellung der Anwendung fallen die Anforderungen an eine Methode unterschiedlich aus (Ekvall et al. 2020). Mit der zunehmenden Positionierung des PCF als regulatorisches Instrument sowie Wettbewerbskriterium erhöht sich der Entscheidungsdruck. Die Diskussion verlagert sich von der Wissenschaft in Politik und Wirtschaft. Hierbei unterscheiden sich die Methodenpräferenzen in den für die Automobilindustrie relevanten Branchen (vgl. (Kemper et al. 2024).

Handlungsempfehlungen

Verwendung des Cut-Off-Approach zur Harmonisierung der Methoden zur Modellierung von Recyclingprozessen in der Automobilindustrie und der gesamten Lieferkette



- Die AhG Dekarbonisierung zielt auf eine verstärkt primär-datenbasierte Erfassung von THG-Emissionen entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette ab, wobei Cradle-to-Gate PCFs entlang dieser weitergegeben werden sollen. Dies entspricht einem Attributional-LCA-Ansatz. Diese Herangehensweise impliziert die Verwendung eines Cut-Off-Approach. Die Tatsache, dass die Nutzungsdauer eines Automobils meist mehr als zehn Jahre beträgt und Annahmen zu Recyclability und Downcycling hierdurch mit starken Unsicherheiten versehen wären, bestärkt diese Empfehlung. Das WBCSD Pathfinder Framework, welches sich branchenübergreifend mit der Frage der Transparenz in der Datenerfassung sowie Weitergabe von PCF-Daten entlang von Wertschöpfungsketten beschäftigt, kommt unter ähnlichen Prämissen zum gleichen Schluss (World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) 2023).
- Durch die Anwendung des Cut-Off-Approach wird der Einsatz von Sekundärmaterial angereizt. Die Recyclingfähigkeit von Produkten findet im PCF keine Berücksichtigung. Es sollte daher diskutiert werden, wie dieser fehlende Impuls anderweitig für die automobile Wertschöpfungskette gesetzt werden kann. Als Teil des EU Circular Economy Action Plan liegt derzeit bspw. die Verordnung zur Stärkung der automobilen Kreislaufwirtschaft im Entwurf vor, welche Zielwerte für die Wiederverwendbarkeit setzen soll. Auch die EU-Taxonomie-Verordnung sowie die Corporate Sustainability Reporting Directive adressieren Aspekte der Kreislaufwirtschaft.

3.3.2 Definition von Sekundärmaterial

Auf die vorhergehende Diskussion zur Allokation von Emissionseinsparungen durch die Nutzung von Recyclingmaterial innerhalb einer Produktkaskade folgt die Frage, wie die Systemgrenzen innerhalb dieser Kaskade festgelegt werden und an welchen Stellen im Lebenszyklus Primärmaterial in Sekundärmaterial übergeht. Dies hat vor allem unter Berücksichtigung von Cut-Off-Approach und Carbon Footprint Formular einen wesentlichen Einfluss auf den PCF.

In der ISO 14044:2006 werden drei Output-Kategorien unterschieden. Produkte sowie Koppelprodukte werden als wertvolle Waren oder Dienstleistungen definiert, während Abfall zur Entsorgung vorgesehen ist. Sekundärmaterial wird aus Abfall zurückgewonnen und schließlich entsprechend der vorher dargestellten Methoden bewertet. Häufig wird zur Definition auch die Norm für Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (ISO 14021:2016) herangezogen. Diese unterscheidet Sekundärmaterial bzw. Recycled Content in Pre- und Post-Consumer-Material, je nachdem, ob dieses vor oder nach der Nutzungsphase entsteht. Allerdings definiert diese Norm nicht, ob Pre-Consumer Material als Sekundärmaterial oder Koppelprodukt eingestuft wird und lässt damit einen zentralen Punkt offen.

In Standards zur PCF-Erstellung wie bspw. der ISO 14067:2018 oder dem GHG Protocol Product Standard (WRI & WBCSD 2011) wird diese Unterscheidung nicht weiter aufgenommen. In der Praxis ist die jeweilige Zuordnung daher nicht konsistent. Häufig wird Pre-Consumer-Material – ebenso wie Post-Consumer-Material – als Sekundärmaterial definiert. Es wird jedoch ebenso argumentiert, dass Pre-Consumer-Material, wie bspw. Verschnitt aus der Metallverarbeitung, nicht wertlos ist und daher nicht zur Entsorgung vorgesehen ist. Es wird also nicht als Abfall bewertet. Auch nach der Together for Sustainability (TfS)

Guideline (2022), die sich mit der PCF-Erstellung in der Chemieindustrie beschäftigt, sind Pre-Consumer-Materialien bspw. als Koppelprodukte zu klassifizieren.

Darüber hinaus lässt die ISO 14021:2016 Spielraum in Bezug auf die Definition von Pre-Consumer-Material an sich. So sind Materialien, die „im selben Prozess“ wiederverwendet werden können, in dem sie angefallen sind, nicht als Pre-Consumer-Material definiert. Hierbei wird der Begriff „Prozess“ nicht näher definiert. In einigen branchenspezifischen Methoden finden sich daher Konkretisierungen zum Prozessbegriff in Bezug auf die jeweilige Wertschöpfungskette (WSA 2017). Dies ist insbesondere in Bezug auf die unterschiedlichen Fertigungstiefen von Unternehmen eine Herausforderung. Manche Unternehmen decken in ihrer Produktion große Teile der Wertschöpfungskette ab. Das würde bedeuten, dass im Sinne der ISO 14021:2016 wiederverwendete Materialien „im selben Prozess“ stattfinden und somit nicht als Recycled Content angerechnet werden könnten. Zur Auflösung dieser Herausforderung schlagen Wright, Liu, Wu und Chalasani (2023) anhand des Beispiels Stahl eine einheitliche Bewertung in der Branche anhand von Referenz-Systemgrenzen vor.

Handlungsempfehlungen

Definition und Differenzierung von Sekundärmaterial und Koppelprodukten je Grundstoffindustrie



- Durch den starken Anreiz des Cut-Off-Approach für den Anteil an Recyclingmaterial (Recycled Content), wird eine einheitliche Regelung in Bezug auf die Differenzierung von Sekundärmaterial benötigt.
- Zur Umsetzung ist eine glaubwürdige Erfassung und Nachverfolgung von Materialströmen erforderlich. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen sollten beim Aufbau geeigneter Strukturen und Prozesse unterstützt werden.

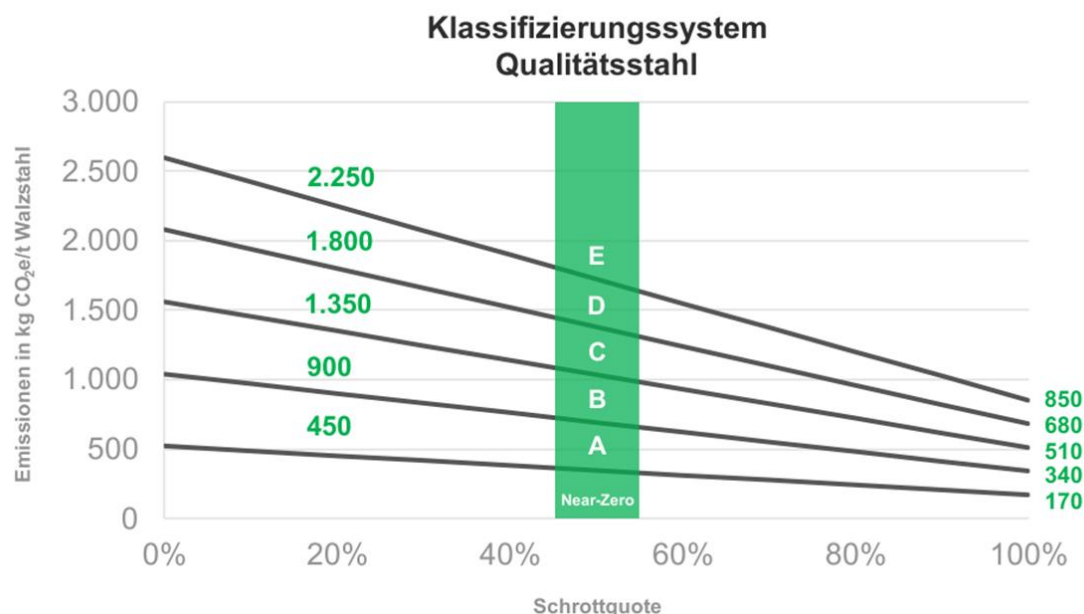
3.3.3 Dekarbonisierung der Primärmaterialherstellung

Durch die Anwendung des Cut-Off-Approach wird die Verwendung von Sekundärmaterial zur Reduzierung des PCF angereizt. Für viele Grundstoffe, wie z.B. Stahl und Aluminium, wird jedoch prognostiziert, dass sich der weltweite zukünftige Bedarf an diesen Grundstoffen nicht durch die Verwendung von Sekundärmaterialien decken lässt (vgl. z. B. MPP 2022, 2023). Eine Primärmaterialproduktion bleibt weiterhin notwendig, ebenso wie eine stete Dekarbonisierung dieser, unabhängig vom Faktor der Kreislaufwirtschaft. Die notwendigen Investitionen in Technologiewechsel sind hierbei jedoch deutlich teurer als der Einsatz von Sekundärmaterial. Zudem sind viele der benötigten technologischen Maßnahmen noch nicht im kommerziellen Maßstab verfügbar.

Im Kontext der Definition von Grünstahl verfolgen ResponsibleSteel (2022) und die International Energy Agency (IEA) (2022) einen sogenannten Sliding-Scale-Approach (Abbildung 9). Auch die Wirtschaftsvereinigung Stahl hat ein Klassifizierungssystem für Stahl nach dem Sliding-Scale-Approach entwickelt (Theuringer et al. 2024). So kann die unverhältnismäßige methodische Bevorzugung von Sekundärmaterial in der THG-Bilanzierung umgangen werden. Beim Sliding-Scale-Approach wird der PCF in Abhängigkeit vom Sekundär- sowie Primärmaterialanteil in Bezug zu einem sektorspezifischen

Dekarbonisierungs-Zielpfad gesetzt. Entsprechend dieser Einordnung wird dem PCF eine entsprechende Klassifizierung zugewiesen. Die Interpretation des PCF erfolgt damit nicht mehr nur anhand des Emissionslevels, sondern auch anhand eines (abstrahierten) Bezuges zu technologischen Rahmenbedingungen.

Abbildung 9: Klassifizierungssystem für Grünstahl nach dem Low Emission Steel Standard



Quelle: (Theuringer et al. 2024)

Handlungsempfehlungen

Diskussion der Möglichkeit zur Implementierung eines Sliding-Scale-Approaches in der Automobilbranche

- Adaption des bestehenden Konzepts zum Sliding-Scale-Approach auf die Automobilindustrie sowie Ausweitung auf weitere Grundstoffe, insbesondere Metalle.
- So kann eine weitere Bezugsgröße zur Bewertung eines PCF herangezogen werden und damit Investitionen in Technologiewechsel bzw. die Dekarbonisierung der Primärmaterialproduktion belohnt werden.



3.4 Bilanzierung eingekaufter Energie

Auch die Bilanzierung eingekaufter Energie wird in der PCF-Bilanzierungspraxis unterschiedlich gehandhabt. Standards und Methoden unterscheiden zwei Ansätze und fokussieren hierbei vornehmlich auf den

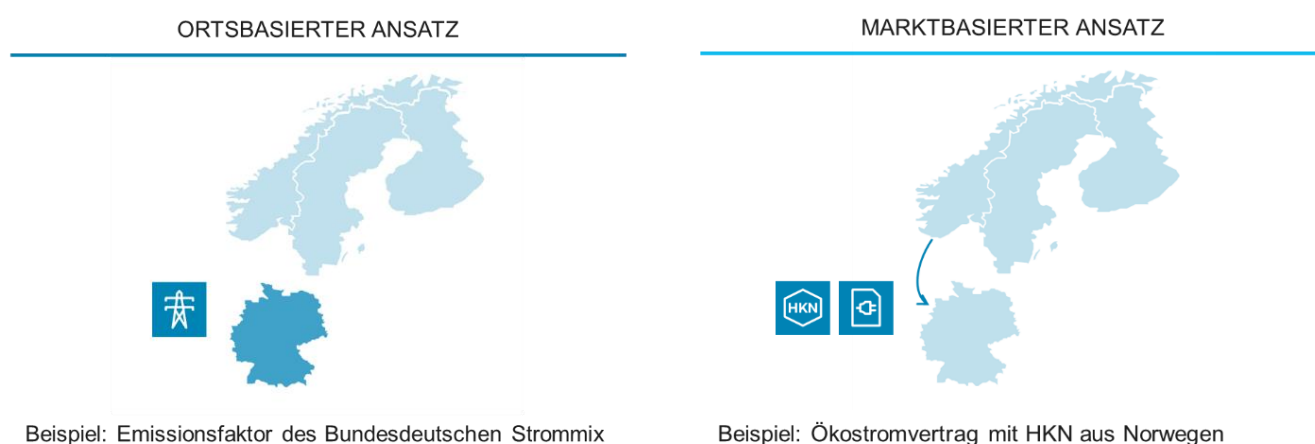
Strombezug. Zur Differenzierung der beiden Ansätze zur Bilanzierung von eingekaufter Energie wird sich den Begrifflichkeiten aus der THG-Bilanzierung auf Unternehmensebene (CCF) bedient: marktbasiert und ortsbasiert (vgl. WRI & WBCSD 2015).

Im Kontext der Diskussion um die Verwendung der beiden Ansätze wird auch diskutiert, welche Auswirkungen die THG-Bilanzierung von insbesondere Erneuerbarer Energie (EE) auf die Energiewende hat bzw. haben sollte.

3.4.1 Parallele Anwendung zweier Bilanzierungsansätze führt zur Doppelzählung Erneuerbarer Energien

Im Kontext der ISO 14044:2006 werden keine Angaben zur Verwendung von Emissionsfaktoren für die Bilanzierung eingekauften Stroms gemacht. In spezifischer werdenden Regelungen wie bspw. der ISO 14067:2018 oder dem GHG Protocol Product Standard (WRI & WBCSD 2011) werden wiederum Emissionshierarchien für die Verwendung von Emissionsfaktoren zur Bilanzierung eingekaufter Energie vorgegeben.

Abbildung 10: Ansätze zur Bilanzierung eingekaufter Energie



Quelle: Eigene Darstellung, Hamburg Institut

Es wird – wie in Abbildung 10 gezeigt – zwischen zwei Ansätzen unterschieden. Wird ein ortsbasierter Ansatz verfolgt, so wird der zu verwendende Emissionsfaktor auf Basis der Energiezusammensetzung im jeweiligen Netz, von welchem die berichtende Einheit den Strom bezieht, abgeleitet. Ein Beispiel wäre hier der bundesdeutsche Strommix. Dabei sind die Netzgrenzen nach GHGP z. B. so zu wählen, dass die Erzeugungskapazitäten innerhalb der Bilanzgrenze Netzstabilität gewährleisten (WRI & WBCSD 2015). Eine klare Vordefinition von Netzgrenzen in PCF-Standards ist nicht üblich.

Wird ein marktbasierter Ansatz verfolgt, so dient ein vertragliches Instrument zwischen der berichtenden Einheit sowie dem Stromlieferanten – z.B. ein Ökostromvertrag hinterlegt mit entsprechenden Herkunftsnachweisen (HKN) – als Basis zur Ermittlung eines Emissionsfaktors, mit Hilfe dessen die Emissionen aus dem Strombezug bestimmt werden können. Standards geben für die vertraglichen Instrumente meist eine Hierarchie der Anwendung vor. Außerdem müssen diese häufig Qualitätskriterien erfüllen, bevor sie als vertragliches Instrument im Rahmen eines marktbasierten Ansatzes als Grundlage zur

Ermittlung von Emissionsfaktoren zur Bilanzierung von eingekaufter Energie Anwendung finden dürfen. Diese Kriterien sollen die Verlässlichkeit vertraglicher Instrumente sicherstellen und dazu dienen, die Doppelvermarktung von insbesondere EE-Mengen zu vermeiden. Nach (ISO 14067:2018) sollen vertragliche Instrumente bspw. folgende Kriterien erfüllen:

- Angaben zu Eigenschaften der Stromeinheit, wie Erzeugungsanlage, genutzten Energiequellen, Standort und Zeitraum der Stromproduktion müssen übermittelt werden.
- Mit dem vertraglichen Instrument muss die einmalige Inanspruchnahme der Eigenschaften sichergestellt werden.
- Das vertragliche Instrument muss sicherstellen, dass die Eigenschaften der gelieferten Energie nachverfolgt und schließlich dem belieferten Unternehmen eindeutig zugeordnet werden kann – bspw. durch Entwertung von Energy Attribute Certificates (u.a. HKN).
- Eine zeitliche Nähe zum Strombezug sollte gegeben sein.
Mit dem vertraglichen Instrument übertragener Strom sollte innerhalb der Marktgrenzen erzeugt worden sein, in denen auch der Verbrauch erfolgt.

Das europäische HKN-System erfüllt bestehende Kriterien für marktbasierte Instrumente (bspw. nach GHG Protocol, ISO 14067, EU PEF). In Kombination mit der innerhalb der EU verpflichtenden Stromkennzeichnung im Rahmen derer HKN zum Nachweis der EE-Anteile von Stromprodukten anzuwenden sind, dient dieses als sichere Grundlage für die marktbasierte Bilanzierung von Energie. Andere internationale Nachweissysteme wären in Bezug auf die Erfüllung der Kriterien für marktbasierte Instrumente entsprechend zu prüfen.

Liegt kein vertragliches Instrument vor, so ist nach dem marktbasierten Ansatz der Restenergiemix als Grundlage zur Ermittlung der Emissionen aus dem Strombezug zu verwenden. Dieser stellt die Eigenschaften des Gesamtenergiemix eines Landes dar, abzüglich der mittels vertraglicher Mittel nachverfolgten Energiemengen (meist EE-Mengen). So kann vermieden werden, dass Energiemengen im Rahmen des marktbasierten Ansatzes doppelt angerechnet werden. In Europa wird dieser bspw. von der Association of Issuing Bodies (AIB), die die HKN-Ausstellungsstellen der Mitgliedsstaaten vereint und einen gemeinsamen Europäischen Standard für HKN-Systeme etabliert hat, veröffentlicht (AIB 2023).

Die Verwendung der beiden Ansätze wird in Bilanzierungsstandards unterschiedlich vorgegeben. Während neuere Branchenstandards zur PCF-Erstellung den marktbasierten Bilanzierungsansatz bevorzugen (vgl. z. B. Catena-X 2023; TfS 2022; JRC 2023), wird in einigen Kontexten auch der ortsbasierte Ansatz bevorzugt. Dies trifft bspw. auf Branchen-LCI zu, die sich auf Durchschnittsdaten beziehen und kein spezifisches Produkt eines bestimmten Unternehmens abbilden (vgl. z. B. EA 2018; VDI 2023; WSA 2017).

In der wissenschaftlichen Diskussion werden die Vor- und Nachteile der beiden Ansätze ausführlich diskutiert. Wie in Tabelle 2 aufgezeigt, besitzen beide Ansätze zur Bilanzierung eingekaufter Energie unterschiedliche Charakteristika, die je nach Zielstellung der Bilanzierung von Vor- oder Nachteil sein können. So kommt es zu unterschiedlichen Empfehlungen zur Verwendung des einen oder anderen Ansatzes.

Tabelle 2: Charakteristika ortsbasierter und marktbasierter Bilanzierungsansatz

Kriterium	Ortsbasierter Ansatz	Marktbasierter Ansatz
Bemessungsgrundlage	Energiemix des Netzes, aus welchem die Energie bezogen wird	Energieeigenschaften, die durch das vertragliche Instrument (bspw. Stromvertrag) übermittelt werden
Emissionsfaktor & Nachweis	Netzemissionsfaktoren veröffentlicht von geeigneten Stellen (z. B. bundesdeutscher Strommix veröffentlicht vom Umweltbundesamt); häufig vorgelagerte Emissionen mit einbezogen Keine besonderen Nachweise gefordert	Emissionsfaktor wird mit Energieprodukt übermittelt Einbezogene Emissionen abhängig von Ermittlung der Emissionswerte seitens des Energielieferanten Nachweissystem muss vorhanden sein (z. B. Verwendung von HKN)
Internationale Anwendbarkeit	Für jeden Energiemarkt anwendbar	Ansatz entspricht liberalisierten Strommärkten mit etablierten Nachweissystemen
Abbildung physischer Gegebenheiten	Abhängig von gesetzten Netzgrenzen ist eine Näherung an physikalische Realität möglich	Kaufmännische Trennung von physikalischem Energiefluss und der Energieeigenschaft
Unternehmerische Einflussnahme auf die Dekarbonisierung des Strombezugs	Keine direkte oder durch Investitionen in Erzeugungsanlagen nur marginale Einflussnahme auf die Dekarbonisierung des Strombezuges möglich	Direkte Einflussnahme durch entsprechende Beschaffungsentscheidungen möglich
Unternehmerische Einflussnahme auf die Energiewende	Kein Einfluss	Einflussnahme möglich, wenn der Energiebezug Zusätzlichkeitskriterien erfüllt (siehe hierzu Kapitel 3.4.2.)
Einfluss auf den PCF	Einflussnahme durch Energieeffizienzmaßnahmen, Eigenerzeugung oder Standortwahl möglich	Direkter Einfluss durch Wahl des Energieproduktes möglich

In Anlehnung an WRI & WBCSD 2015; Mundt et al. 2019

Doppelzählung von Energieeigenschaften

Die Tatsache, dass keine Einigkeit über die Anwendung nur eines Bilanzierungsansatzes besteht, führt dazu, dass in der Praxis beide Ansätze parallel genutzt werden. Je nach Unternehmensstandort und Energiebeschaffungspraxis kann es für berichtende Unternehmen vorteilhafter sein, den einen oder den anderen Bilanzierungsansatz zu verwenden.

Dies kann nicht nur die Vergleichbarkeit von PCFs erschweren, es führt auch dazu, dass Energiemengen – insbesondere EE-Mengen – doppelt gezählt werden. Wenn z.B. Unternehmen A einen Ökostromvertrag hinterlegt mit HKN aus Norwegen abgeschlossen hat und diesen marktbasiert bilanziert, und Unternehmen B – ansässig in Norwegen – den norwegischen Netzmix verwendet, um ortsbasiert zu bilanzieren. Dieselbe Menge EE wird in diesem Beispiel in zwei THG-Bilanzen angerechnet. Es kommt zu einer Doppelzählung von EE-Mengen, was zu einer Überschätzung der Umweltwirkungen von Erneuerbaren Energien führt (Schneider et al. 2015; Holzapfel et al. 2023).

Um die Doppelzählungen von Energieeigenschaften zu vermeiden, müsste konsequent nur ein Bilanzierungsansatz für Energie verwendet werden. Es müsste sich also auf die Verwendung entweder des ortsbasierten oder des marktbasierten Ansatzes geeinigt werden.

Die Vermeidung von Doppelzählungen innerhalb des ortsbasierten Ansatzes stellt eine Herausforderung dar. Es müsste sichergestellt werden, dass alle bilanzierenden Einheiten sich auf die gleichen zeitlichen sowie geographischen Abgrenzungen von Netzen beziehen, bspw. jahresweise Betrachtungen von national abgegrenzten Netzen. So ist sichergestellt, dass EE-Mengen, die sich ein Unternehmen A über einen lokal abgegrenzten Netzemissionsfaktor zurechnet, nicht auch bei Unternehmen B über den nationalen Emissionsfaktor angerechnet werden. Eine zeitlich und geographisch granulare und somit physikalisch realistischere Betrachtung ohne Doppelzählungen kann nur durch entsprechende Verrechnungsmechanismen zwischen verschiedenen Strommixauflösungen gewährleistet werden (Holzapfel et al. 2023). Um ein solches Verrechnungssystem zu etablieren, müssten zunächst entsprechende Daten in geeigneter Form vorliegen. Projekte wie bspw. der CO₂-Monitor von TenneT und Gasunie (NetAnders 2023) sowie TenneT und FfE (Reck et al. 2024) können eine solche Datengrundlage schaffen. Diese wird aktuell jedoch nur in den Niederlanden sowie Deutschland erarbeitet.

Ein Nachweissystem, das im Rahmen des marktbasierten Ansatzes genutzt werden kann, stellt sicher, dass jede produzierte Energiemenge einmal genutzt und angerechnet wurde. Über den zu verwendenden Restenergiemix können hier bei der Bilanzierung des Energiebezuges Doppelzählungen vermieden werden. Voraussetzung hierfür ist natürlich, dass ein entsprechender Restenergiemix veröffentlicht wird (Holzapfel et al. 2023).

Handlungsempfehlungen



Konsistente Verwendung des marktbasierten Bilanzierungsansatzes

- Reduzierung des Doppelzählungsrisikos durch klare Anwendungsregeln und Verwendung des Restenergiemix möglich.
- Der marktbasierte Ansatz kann die Beschaffungsentscheidungen von Unternehmen abbilden und erlaubt so Unternehmen grundsätzlich selbst zu entscheiden, ob Grünstrom beschafft wird und wie sich dies auf die THG-Bilanz auswirkt. Zudem wird die Anrechnung von ambitionierten Grünstromprojekten (bspw. PPA) ermöglicht, auch wenn die zusätzliche Finanzierungswirkung für die Energiewende umstritten ist (vgl. Kapitel 3.4.2).
- Entsprechende Kriterien für marktbasierte Instrumente müssen hierbei eingehalten werden. Es ist zu diskutieren, ob bestehende Kriterien bspw. um die Existenz einer Verpflichtung zur Energiekennzeichnung mittels entsprechenden Nachweises (wie bspw. die Stromkennzeichnungspflicht in Europa) zu ergänzen wären.
- In Europa ist es aufgrund des vorhandenen HKN-Systems, welches den Kriterien für einen marktbasierten Ansatz entspricht, möglich marktbasiert zu bilanzieren. In Bezug auf Nicht-EU-Märkte wäre das Vorhandensein entsprechender Nachweissysteme regelmäßig zu überprüfen. Sollte kein adäquates Nachweissystem vorhanden sein, ist auf den ortsbasierten Ansatz zurückzugreifen. Durch die ausschließliche Nutzung eines Ansatzes pro Energiemarkt kann eine Doppelzählung in den Märkten verhindert werden.
- Im Kontext der Bilanzierung nach dem marktbasierten Ansatz sollte sichergestellt werden, dass vorgelagerte Emissionen der Energiegewinnung mit einbezogen werden.

3.4.2 Diskussion zum Energiewendenutzen des marktbasierten Ansatzes

Insbesondere im Kontext der Empfehlungen zur Verwendung eines marktbasierten Ansatzes wird immer wieder dessen Nutzen für die Energiewende kritisiert.

Der direkte Nutzen des marktbasierten Ansatzes in Form einer Finanzierungswirkung der Zusatzerlöse, die über Energy Attribute Certificates für erneuerbare Energiemengen realisiert werden können, wird im wissenschaftlichen Diskurs angezweifelt. Eine solche Finanzierungswirkung konnte über quantitative Studien bisher nicht nachgewiesen werden. Es bedürfte womöglich einer höheren Nachfrage nach Ökostrom, um tatsächliche Finanzierungseffekte zu erzielen (Brander et al. 2018). Dennoch können Energie Attribute Certificates bzw. HKN ein indirekter Nutzen für die Energiewende zugeschrieben werden. Ohne entsprechende Nachweissysteme wäre die Übertragung von grünen Eigenschaften im Rahmen von innovativen Grünstromprojekten wie einem PPA bspw. nicht möglich (vgl. hierzu Styles et al. 2021).

Bedenken hinsichtlich der Energiewendeförderlichkeit des marktbasierten Ansatzes bestehen zudem in Bezug auf die Aussagekraft von Emissionsreduktionen in einem PCF durch den Bezug von Ökostrom. Es wird kritisiert, dass durch die Ausgestaltung des marktbasierten Ansatzes bei reduzierten Emissionen aus dem Energiebezug in einem PCF nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese Emissionsreduktion durch den Zubau neuer EE-Anlagen bedingt ist, sondern möglicherweise nur bereits bestehende EE-Mengen umverteilt wurden (Bjørn et al. 2022; Brander et al. 2018).

Um eine tatsächliche Emissionsreduktion sicherzustellen, müssten sogenannte Zusätzlichkeitskriterien beim Ökostrombezug berücksichtigt werden. Der Nachfrage nach Ökostrom einer gewissen Qualität (bspw. in Bezug auf das Anlagenalter oder die Technologie der Anlage) wird ein Energiewendennutzen zugeschrieben. Solche Zusätzlichkeitskriterien wurden bspw. vom Umweltbundesamt (2017), dem WWF (2021) oder der internationalen Initiative zur Beschaffung von Ökostrom RE100 (2022) entwickelt.

In der aktuellen Ausgestaltung des marktbasierten Ansatzes wird die Qualität der bezogenen Energie in der PCF-Bilanzierung nicht berücksichtigt, Zusätzlichkeitskriterien finden keinen Eingang in die Bilanzierungsmethodik. Im Rahmen der Aktualisierung der GHG Protocol Scope 2 Guidance werden aktuell zwei zentrale Optionen zum Umgang hiermit diskutiert (WRI 2023): Entweder könnten berichtende Organisationen dazu angehalten werden, zu den Qualitäten des bezogenen Stroms nebenbilanziell oder in Form einer zusätzlichen Betrachtung der tatsächlichen Umweltauswirkungen zu berichten. Diese Lösung folgt einem konsequenten inventarisierenden (Attributional) LCA-Ansatz. Die zweite Option verfolgt eher einen wirkungsorientierten (Consequential) LCA-Ansatz. Dazu könnten die Kriterien für vertragliche Instrumente um Zusätzlichkeitskriterien erweitert werden. Mögliche Kriterien sind strengere Anforderungen an das Anlagenalter, akzeptierte Technologien oder an den geografischen und zeitlichen Bezug zwischen Ökostromproduktion und -nachfrage. Vorgeschlagen wird ebenfalls eine Änderung der Berechnung der Scope-2-Emissionen (WRI 2023). Ob und inwieweit diese Änderungen künftig auf den GHG Protocol Product Standard übertragen werden sollen, ist noch unklar.

Handlungsempfehlungen

Nebenbilanzielle Berichterstattung zur Ökostromqualität

- Die Qualität des bezogenen Ökostroms sollte keine Voraussetzung für die Anwendbarkeit des marktbasierten Ansatzes darstellen.
- Dem Attributional LCA-Ansatz entsprechend, sollten gesamtsystemische Anreize nicht in die Bilanzierungsmethodik integriert werden. Anreize für die Qualität der Ökostrombeschaffung sollten an anderer Stelle gesetzt werden.
- Anreize für Qualität der Ökostrombeschaffung könnten über Politikinstrumente geschaffen werden, bspw. durch die Integration in die Bewertungskriterien von Förderprogrammen wie der EEW-Förderung, der Dekarbonisierung der Industrie oder Klimaschutzverträge.⁶



3.4.3 Weitere Regelungsbedarfe im Kontext Energiebilanzierung

Die beschriebenen Regelungen zur Bilanzierung von Energie beziehen sich meist auf den Strombezug und setzen klare Vorgaben für den Umgang mit der Bilanzierung unterschiedlicher Strombezugsformen. Sie sollen aber grundsätzlich auch für andere eingekaufte Energieformen verwendet werden (vgl. z. B. ISO 14067:2018).

⁶ Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) | Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 2023; Dekarbonisierung in der Industrie | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2023; Förderrichtlinie Klimaschutzverträge | Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 2020.

Aufgrund der sich vom Strombezug unterscheidenden Beschaffungsmodi sollten bestehende Methoden zur Energiebilanzierung auf weitere Energieträger (Wärme/Kälte, Gase und Wasserstoff) ausgeweitet werden. Hierzu müssen die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Märkte sowie in diesen bereits bestehende sowie sich neu etablierende Nachweissysteme berücksichtigt werden. Im Vergleich zur Bilanzierung des Strombezuges stellt bspw. die Bilanzierung des Bezugs von Fernwärme/Fernkälte eine Herausforderung dar. Beim Markt für Fernwärme und Fernkälte handelt es sich nicht um liberalisierte, europäisch organisierte Märkte, sondern um kleine monopolistische Strukturen, die es mittels übergreifend passenden Bilanzierungsmethoden abzubilden gilt.

Darüber hinaus sollte auch die Bilanzierung von Eigenerzeugungsanlagen detaillierter geregelt werden, insbesondere in Bezug auf Anlagen, die zusätzlich Strom an ein Netz liefern. Dies ist bspw. für die Stahlindustrie ein häufiger Anwendungsfall (vgl. z. B. Wright et al. 2023). Hier ist es besonders wichtig, produzierte Mengen, die zum Eigenverbrauch verwendet werden, sowie ins Netz eingespeiste Mengen sicher nachweisbar zu machen. Entsprechende Nachweis- und Verifizierungsanforderungen sollten im Zuge der Harmonisierung von Methoden zur PCF-Ermittlung in der Automobilindustrie spezifiziert werden, um eine Doppelzählung zu vermeiden.

4 FAZIT: ANFORDERUNGEN AN DIE HARMONISIERUNG VON BILANZIERUNGSMETHODEN

Harmonisierungsbedarfe in Bezug auf Energie, Recycling & Allokation/Attribution

- Eine Harmonisierung von Methoden zur THG-Bilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie muss insbesondere in Bezug auf die methodischen Aspekte der Energiebilanzierung sowie die Allokation in multifunktionalen Prozessen erfolgen.
- Außerdem sind die Allokation von THG-Einsparungen aus Recyclingprozessen sowie die Attribution von Eigenschaften physikalisch homogener Material- sowie Energieinputs als spezielle Allokationsfälle zu berücksichtigen.

Klare Zielstellung für die THG-Bilanzierung von Produkten benötigt

- Eine Herausforderung bei der Harmonisierung von Methoden zur THG-Bilanzierung in der Automobilindustrie stellen die unterschiedlichen Randbedingungen und Zielstellungen der involvierten Sektoren und weiteren Stakeholder dar.
- Je nachdem, welches Ziel an einen PCF gestellt wird und wie bspw. technologische Rahmenbedingungen in Sektoren ausgestaltet sind, kann eine andere Methodenentscheidung für diese als empfehlenswert erscheinen.

- Zur Harmonisierung sollte zunächst eine gemeinsam abgestimmte Zielstellung für die THG-Bilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie gefunden werden.

Harmonisierung über Sektorgrenzen hinweg

- Eine Harmonisierung von Methoden zur THG-Bilanzierung in der Automobilindustrie erfordert einen Blick über Sektorgrenzen hinweg. Bestehende Arbeiten aus Sektorinitiativen, aus der Normung und Regulatorik sollten Eingang in Harmonisierungsvorhaben finden.
- Insbesondere an Sektorübergängen sind Aushandlungsprozesse bzgl. der Methoden zur THG-Bilanzierung notwendig, z.B. in Bezug auf die Allokation von THG-Emissionen zwischen zwei Sektoren. Dies erfordert einen intensiven Austausch unterschiedlicher Stakeholder und Expert:innen.
- Eine Rückkopplung mit entsprechenden Prozessen zur Festlegung von THG-Bilanzierungsmethoden für Produkte auf regulatorischer Ebene ist ebenfalls notwendig, um regulatorische Kompatibilität der Methoden zu gewährleisten. Die Entwicklungen auf EU-Ebene in Bezug auf Bilanzierungsmethoden, welche vornehmlich geprägt sind von der EU PEF Methodik, sollten berücksichtigt werden.
- Die Harmonisierung der Methoden sollte integrativ und in enger Zusammenarbeit mit allen relevanten Sektoren erfolgen, um eine einheitliche Anwendung sicherzustellen. Ziel ist, durch gemeinsame Abstimmung einen breiten Konsens zu schaffen, der zu einer freiwilligen, jedoch weitreichend verbindlichen Nutzung führt, obwohl keine regulatorische Verankerung der Methoden vorliegt.

THG-Bilanzierung als reines Erfassungstool

- Die Zielstellung innerhalb der Automobilindustrie ist es, ein Carbon-Accounting-Prinzip entlang der gesamten automobilen Lieferkette zu verfolgen. Unter Carbon-Accounting-Prinzip wird hierbei eine primärdatenbasierte Erfassung von THG-Emissionen in einer Cradle-to-Gate Systemgrenze entlang der gesamten Lieferkette verstanden, was einem inventarisierenden LCA-Ansatz nahekommt.
- Dies soll die Vergleichbarkeit und Transparenz der THG-Bilanzen von Produkten fördern. Hierbei weicht die PCF-Logik zunehmend von der ursprünglichen LCA-Logik ab. Vielmehr wird sich den vornehmlich primärdatenbasierten und inventarisierenden Erfassungsprozessen der THG-Bilanzierung auf Unternehmensebene (CCF) angenähert.
- Vor diesem Hintergrund sollte die THG-Bilanzierung als reines Erfassungstool verstanden werden.
- Transformative Anreize sollten außerhalb der Bilanzierungsmethodik geschaffen werden. Dies betrifft bspw. Impulse zur Förderung der Recyclingfähigkeit von Produkten, der Belohnung der Dekarbonisierung der Primärmaterialproduktion oder der Beschaffung von Ökostrom mit Zusatzlichkeitskriterien.

5 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Anforderungen an die Quantifizierung von THG-Emissionen in der Automobilwirtschaft und relevanten Wertschöpfungsketten	5
Abbildung 2: Methoden zur THG-Bilanzierung in der Automobilwirtschaft	6
Abbildung 3: Aufteilung der Emissionen eines multifunktionalen Prozesses – Beispiel Stahl	10
Abbildung 4: Veränderung der Emissionen bei unterschiedlichen Allokationsmethoden	10
Abbildung 5: Anwendungsmöglichkeiten des Massenbilanzsystems in der PCF-Bilanz	12
Abbildung 6: Fälle zur Modellierung von Recyclingprozessen	14
Abbildung 7: Modellierung von Recycling-Prozessen nach dem Avoided-Burden-Approach.....	15
Abbildung 8: Modellierung von Recyclingprozessen nach dem Cut-Off-Approach	16
Abbildung 9: Klassifizierungssystem für Grünstahl nach dem Low Emission Steel Standard	20
Abbildung 10: Ansätze zur Bilanzierung eingekaufter Energie	21

6 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Charakteristika der beiden Ansätze zur Modellierung von Recyclingprozessen.....	16
Tabelle 2: Charakteristika ortsbasierter und marktbasierter Bilanzierungsansatz	23

7 LITERATUR

Association of Issuing Bodies (AIB) (2023): European Residual Mixes 2022. Brüssel. Online verfügbar unter https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2022/AIB_2022_Residual_Mix_Results_inclAnnex.pdf, zuletzt geprüft am 22.12.2023.

Bjørn, Anders; Lloyd, Shannon M.; Brander, Matthew; Matthews, H. Damon (2022): Renewable energy certificates allow companies to overstate their emission reductions. In: *Nat. Clim. Chang.* 12 (6), S. 508–509. DOI: 10.1038/s41558-022-01385-7.

Brander, Matthew; Gillenwater, Michael; Ascuí, Francisco (2018): Creative accounting: A critical perspective on the market-based method for reporting purchased electricity (scope 2) emissions. In: *Energy Policy* 112, S. 29–33. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.09.051.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2023): Dekarbonisierung in der Industrie. Online verfügbar unter <https://www.klimaschutz-industrie.de/foerderung/dekarbonisierung-in-der-industrie/>, zuletzt aktualisiert am 14.12.2023, zuletzt geprüft am 14.12.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2020): Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge. (Förderrichtlinie Klimaschutzverträge - FRL KSV). ENTWURF v. 6.6.2023. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/klimaschutzvertraege-foerderrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 14.12.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023): Bekanntmachung* der Richtlinie zur Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft – Förderwettbewerb (BAnz AT 25.05.2023 B1). Online verfügbar unter <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/EcD1UbbCMpayBkED8Ui/content/EcD1UbbCMpayBkED8Ui/BAnz%20AT%2025.05.2023%20B1.pdf?inline>, zuletzt geprüft am 14.12.2023.

Catena-X Automotive Network e.V. (Catena-X) (2023): Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook CX-PCF Rules. Version 2.0. Berlin.

EA_2021_European_Aluminium_Environmental_Profile_Report_Refining-Industry.

Ekvall, Tomas (2020): Attributional and Consequential Life Cycle Assessment. In: María José Bastante-Ceca, Jose Luis Fuentes-Bargues, Levente Hufnagel, Florin-Constantin Mihai und Corneliu Iatu (Hg.): Sustainability Assessment at the 21st century: IntechOpen.

Ekvall, Tomas; Björklund, Anna; Sandin, Gustav; Jelse, Kristian; Lagergren, Jenny; Rydberg, Maria (2020): Modeling recycling in life cycle assessment. Hg. v. Swedish Life Cycle Center. Göteborg, Schweden (2020:05). Online verfügbar unter https://www.lifecyclecenter.se/wp-content/uploads/2020_05_Modeling-recycling-in-life-cycle-assessment-1.pdf, zuletzt geprüft am 15.11.2023.

European Aluminium (EA) (2018): Environmental Profile Report. Life-Cycle inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe.

Europäische Kommission (2024): Commission Delegated Regulation (EU) supplementing Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council by establishing the methodology for the

calculation and verification of the carbon footprint of electric vehicle batteries. Draft. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/PIN/?uri=PI_COM%3AAres%282024%293131389

Expertenkreis Transformation der Automobilwirtschaft (2024): Eine Währung für den Klimaschutz: Plädoyer für eine weltweit harmonisierte Carbon Accounting Methodik in den Lieferketten der Automobilindustrie.

Fernandez, Marta Cruz; Grund, Sabina; Phillips, Chris; Fradet, Jeanne; Hage, Johannes; Silk, Nick et al. (2024): Attribution of Global Warming Potential impacts in a multifunctional metals industry system using different system expansion and allocation methodologies. In: *Int J Life Cycle Assess* 29 (5), S. 873–889. DOI: 10.1007/s11367-023-02274-7.

Frischknecht, Rolf (2010): LCI modelling approaches applied on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency. In: *Int J Life Cycle Assess* 15 (7), S. 666–671. DOI: 10.1007/s11367-010-0201-6.

Holzapfel, Peter; Bach, Vanessa; Finkbeiner, Matthias (2023): Electricity accounting in life cycle assessment: the challenge of double counting. In: *Int J Life Cycle Assess* 28 (7), S. 771–787. DOI: 10.1007/s11367-023-02158-w.

Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH, ecoinvent Association (2024): Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr. Unter Mitarbeit von Kirsten Biemann, Hinrich Helms, Daniel Münter, Axel Liebich, Julia Pelzeter, Claudia Kämper und Johannes Müller. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) (TEXTE, 13/2024). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/13_2024_texte_analyse_der_umweltbilanz_von_kraftfahrzeugen_0.pdf.

International Energy Agency (IEA) (2022): Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members. Paris. Online verfügbar unter <https://www.iea.org/reports/achieving-net-zero-heavy-industry-sectors-in-g7-members>.

Joint Research Centre (JRC) (2023): Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV). Draft Version. Europäische Kommission (JRC Science for Policy Report).

Kemper, M.; Mundt, J.; Sünkel, J. (2024): Product Carbon Footprint: Energie. Kurzpapier im Auftrag des Umweltbundesamtes für die Ad-hoc-Gruppe (AhG) "Dekarbonisierung der automobilen Wertschöpfungsketten" des Expertenkreises "Transformation der Automobilwirtschaft" (ETA) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. In: Eine Währung für den Klimaschutz: Plädoyer für eine weltweit harmonisierte Carbon Accounting Methodik in den Lieferketten der Automobilindustrie, Anhang. Online verfügbar unter https://expertenkreis-automobilwirtschaft.de/media/pages/home/7b60121c03-1713348676/expertenkreis-transformation-automobilwirtschaft_uba-hir_kurzpapiere_pcf_allokation_energie_recycling_januar_2024.pdf.

ISO 20915:2018, November 2018: Life cycle inventory calculation methodology for steel products.

Mission Possible Partnership (MPP) (2022): Making net zero steel possible. Online verfügbar unter <https://missionpossiblepartnership.org/wp-content/uploads/2022/09/Making-Net-Zero-Steel-possible.pdf>, zuletzt geprüft am 19.12.2023.

Mission Possible Partnership (MPP) (2023): Making net-zero aluminium possible. An industry-backed, 1.5°C-aligned transition strategy. Online verfügbar unter <https://missionpossiblepartnership.org/wp-content/uploads/2023/04/Making-1.5-Aligned-Aluminium-possible.pdf>, zuletzt geprüft am 19.12.2023.

Mundt, J.; Werner, R.; Maaß, C. (2019): AP 4: Ausweisung der Umweltwirkung durch Strom-bezug von Unternehmen und öffentlicher Hand. In: Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): Marktanalyse Ökostrom II. Marktanalyse Ökostrom und HKN, Weiterentwicklung des Herkunftsnachweissystems und der Stromkennzeichnung Abschlussbericht. Unter Mitarbeit von IZES gGmbH, Hamburg Institut, imug (Climate Change, 30/2019), S. 317–383.

NetAnders (2023): CO2 Monitor - Principles. Hg. v. TenneT und Gasunie Energy. Online verfügbar unter <https://co2monitor.nl/en/principles>, zuletzt aktualisiert am 16.08.2023, zuletzt geprüft am 13.12.2023.

RE100 (2022): RE100 Technical Criteria. Version 4.1. Hg. v. Carbon Disclosure Project (CDP). London, New York, New Dehli. Online verfügbar unter <https://www.there100.org/sites/re100/files/2022-12/Dec%2012%20-%20RE100%20technical%20criteria%20%2B%20appendices.pdf>, zuletzt geprüft am 12.12.2023.

Reck, Regina; Neitz-Regett, Anika Dr.; Ferstl, Joachim; Bogensperger, Alexander Dr.; Bruckmeier, Andreas; Nolting, Lars Dr.; Kießling, Axel (2024): CO₂-Monitor. Methodenbericht. Unter Mitarbeit von TenneT. Hg. v. FfE. München.

ResponsibleSteel (2022): ResponsibleSteel International Standard version 2.0.

Schneider, Lambert; Kollmuss, Anja; Lazarus, Michael (2015): Addressing the risk of double counting emission reductions under the UNFCCC. In: *Climatic Change* 131 (4), S. 473–486. DOI: 10.1007/s10584-015-1398-y.

Schrijvers, Dieuwertje (2017): Environmental evaluation of recycling options according to the Life Cycle Assessment methodology. Establishment of a consistent approach applied to case studies from the chemical industry. Dissertation. Université de Bordeaux, Bordeaux.

Styles, A.; Werner, R.; Maaß, C. (2021): Zweck und instrumentelle Leistungsfähigkeit von Herkunftsnachweisen Status quo und Weiterentwicklungsperspektiven. GO4Industry Grundlagen – Bericht G2. Gefördert durch BMU (FKZ: UM20DC003). Hamburg Institut. Hamburg. Online verfügbar unter https://go4industry.com/wp-content/uploads/2021/11/HIC_2021_Einsatzzwecke-von-Herkunftsnachweisen_final.pdf, zuletzt geprüft am 14.12.2023.

Theuringer, M. Dr.; Endemann, Gerhard; Geres, Roland; Holzner, Dominik; Weigert, Stefan; Beckmann, Martin et al. (2024): Regelbuch für das Klassifizierungssystem im Low Emission Steel Standard. Hg. v. Wirtschaftsvereinigung Stahl. Wirtschaftsvereinigung Stahl; FutureCamp Climate GmbH; verico SCE.

Together for Sustainability (TfS) (2022): The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry. Specification for product Carbon Footprint and Corporate Scope 3.1 Emission Accounting and Reporting. Version 2.0.

ISO 14067:2018: Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung.

Umweltbundesamt (UBA) (2017): Beschaffung von Ökostrom - Arbeitshilfe für eine europaweite Ausschreibung der Lieferung von Ökostrom im offenen Verfahren. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-03-17_broschuere_leitfaden-oekostrom-ausschreibung_korr.pdf, zuletzt geprüft am 12.12.2023.

ISO 14021:2016, März 2016: Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II).

ISO 14044:2006, 2018: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen.

ISO 14040:2006: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2023): VDI-Analyse der CO₂-Emissionen von Pkw mit verschiedenen Antriebssystemen. Wann wird Autofahren grün?

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2023): Pathfinder Framework. Guidance for the Accounting and Exchange of Product Life Cycle Emissions. Online verfügbar unter <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/15625/226889/1>, zuletzt geprüft am 25.09.2023.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD); World Resources Institute (WRI) (2011): Greenhouse Gas Protocol - Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.

World Resources Institute (WRI) (2023): Greenhouse Gas Protocol Detailed Summary of Responses from Scope 2 Guidance Stakeholder Survey. Unter Mitarbeit von Michael Macrae und Kyla Aiuto. Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-11/Scope%20%20Survey%20Summary_Final_0.pdf, zuletzt geprüft am 08.12.2023.

World Resources Institute (WRI); World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2015): GHG Protocol Scope 2 Guidance. An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard. Unter Mitarbeit von P. Bhatia, C. Cummis, M. Didden, A. Kovac, J. Ryor und A. Stevens. Online verfügbar unter <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope%20%20Guidance.pdf>, zuletzt geprüft am 07.12.2023.

World Steel Association (WSA) (2017): Life cycle inventory methodology report for steel products. Hg. v. World Steel Association.

World Wide Fund for Nature (WWF) (2021): WWF-Kriterien zu Ökostrom. Nach welchen Kriterien sollte Ökostrom beschafft werden, um in besonderem Maße die Energiewende zu fördern? Berlin. Online verfügbar unter <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klima/WWF-oekostrom-kriterien.pdf>, zuletzt geprüft am 12.12.2023.

Wright, Lachlan; Liu, Xiyuan; Wu, Iris; Chalasani, Sravan (2023): Steel Emissions Reporting Guidance. Hg. v. Rocky Mountain Institute. Online verfügbar unter https://rmi.org/wp-content/uploads/2022/09/steel_emissions_reporting_guidance.pdf, zuletzt geprüft am 05.10.2023.



KONTAKT

Juliane Mundt
HIR Hamburg Institut Research gGmbH
Paul-Neumann-Platz 5
22765 Hamburg

Tel.: +49 (0)40-39106989-32
mundt@hamburg-institut.com
www.hamburg-institut.com