

CLIMATE CHANGE

09/2025

**Abschlussbericht**

# Methoden zur Treibhausgasbilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie

Begleitforschung zur Unterstützung der Ad-hoc-Gruppe  
„Dekarbonisierung der automobilen  
Wertschöpfungsketten“ des Expertenkreises  
„Transformation der Automobilwirtschaft“ (ETA) des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz "

**von:**

Jörn Sünkel, Marina Kemper, Juliane Mundt  
HIR Hamburg Institut Research gGmbH, Hamburg

Janett Nassen, Christian Jonas  
Horváth & Partner GmbH, München

**Herausgeber:**  
Umweltbundesamt



CLIMATE CHANGE 09/2025

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für  
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und  
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 37K2 34 103 0  
FB001689

Abschlussbericht

## **Methoden zur Treibhausgasbilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie**

Begleitforschung zur Unterstützung der Ad-hoc-Gruppe  
„Dekarbonisierung der automobilen  
Wertschöpfungsketten“ des Expertenkreises  
„Transformation der Automobilwirtschaft“ (ETA) des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz "

von

Jörn Sünkel, Marina Kemper, Juliane Mundt  
HIR Hamburg Institut Research gGmbH, Hamburg

Janett Nassen, Christian Jonas  
Horváth & Partner GmbH, München

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### Durchführung der Studie:

HIR Hamburg Insitut Research gGmbH  
Paul-Neumann-Platz 5  
22765 Hamburg

Horváth & Partner GmbH  
Ganghoferstraße 39  
80339 München

### Abschlussdatum:

November 2024

### Redaktion:

Fachgebiet III 2.8 Dekarbonisierung in der Industrie  
Julia Wagner, Dr. Petra Augustin

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, März 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

**Kurzbeschreibung: Methoden zur Treibhausgasbilanzierung von Produkten in der Automobilindustrie**

Vor dem Hintergrund der notwendigen Dekarbonisierung der Industrie wird der Product Carbon Footprint (PCF) für Unternehmen immer relevanter, vor allem in internationalen Lieferketten, wie sie bspw. in der Automobilwirtschaft vorherrschen. Dabei wirken insbesondere zwei Faktoren: regulatorische Rahmenbedingungen und eine steigende Marktnachfrage nach emissionsarmen Produkten. In diesem Umfeld wächst der Bedarf nach einer möglichst globalen Harmonisierung der anzuwendenden Bilanzierungsmethoden, die branchenübergreifend Vergleichbarkeit und gleiche Wettbewerbsbedingungen fördern.

Im Rahmen der Begleitforschung des UBA für die Ad-hoc-Gruppe „Dekarbonisierung der automobilen Wertschöpfungsketten“ des Expertenkreises „Transformation der Automobilwirtschaft“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) wurden ausgewählte Standards zur PCF-Erstellung analysiert. Diese Analyse zeigte, dass große methodische Differenzen vor allem in den Bereichen Energie, Attribution in der Lieferkette und Allokation sowie Recycling als spezielles Allokationsproblem bestehen. Zur Harmonisierung dieser Methoden Aspekte innerhalb der Automobilwirtschaft wurden Lösungsräume aufgezeigt sowie Handlungsempfehlungen formuliert.

Hierbei wird deutlich, dass vor allem eine abgestimmte Zielstellung für die PCF-Erstellung notwendig ist, da Methodenentscheidungen von dieser erheblich beeinflusst werden. Zudem muss die Frage gestellt werden, ob und inwieweit transformatorische Anreizwirkungen in die Methodik zur THG-Bilanzierung Eingang finden sollten.

**Abstract: Methods for greenhouse gas accounting of products in the automotive industry**

In view of the necessary decarbonisation of industry, the product carbon footprint is becoming increasingly relevant for companies, especially in international supply chains such as those found in the automotive industry. Two factors in particular have an impact here: regulatory framework conditions and increasing market demand for low-emission products. In this environment, there is a growing need for the global harmonisation of applicable accounting methods, which promotes cross-industry comparability and a level playing field.

As part of UBA's accompanying research for the ad hoc group "Decarbonisation of automotive value chains" of the expert group "Transformation of the automotive industry" of the Federal Ministry of Economics and Climate Protection (BMWK), selected standards for PCF accounting were analysed. This analysis showed that there are major methodological differences, particularly in the areas of energy, attribution in the supply chain and allocation as well as recycling as a special allocation problem. In order to harmonise these methodological aspects within the automotive industry, solutions were identified and recommendations for action were formulated.

Here it becomes clear that, above all, a coordinated objective for PCF creation is necessary, since the choice of method is significantly influenced by this. Furthermore, the question must be asked as to whether and to what extent transformational incentive effects should be included in the methodology for GHG accounting

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	11
Summary.....	16
1 Einleitung.....	23
2 Methodisches Vorgehen im Projekt.....	25
3 Auswahl repräsentativer Methoden.....	26
3.1 Anforderungen an unternehmerische Treibhausgasbilanzierung.....	28
3.1.1 Regulatorische Instrumente.....	28
3.1.2 Freiwillige Instrumente.....	34
3.1.3 Tools und Datenquellen.....	35
3.2 Auswahl von Wertschöpfungsketten.....	37
3.2.1 Batterie.....	38
3.2.2 Stahl.....	38
3.2.3 Kunststoff.....	40
3.3 Bestandsaufnahme von Methoden zur Treibhausgasbilanzierung.....	41
3.3.1 Übergreifende Bilanzierungsmethoden.....	41
3.3.2 Batterie.....	45
3.3.3 Stahl.....	47
3.3.4 Kunststoff.....	49
3.3.5 Praxisrelevanz der Bilanzierungsmethoden.....	52
3.4 Auswahl von Methoden.....	54
4 Analyserahmen.....	59
5 Bewertung relevanter Methoden.....	64
5.1 Ziel & Anwendungsbereich.....	64
5.2 Referenzen.....	66
5.3 Untersuchungsrahmen.....	67
5.3.1 Systemdefinition.....	67
5.3.2 Systemgrenzen.....	69
5.3.3 Betrachtete Treibhausgasemissionen.....	71
5.3.4 Cut-Off-Kriterien.....	72
5.4 Berechnung.....	74

5.4.1	Allokation .....	74
5.4.1.1	Allokation in multifunktionalen Prozessen .....	74
5.4.1.2	Recycling .....	77
5.4.1.3	Chain-of-Custody .....	81
5.4.2	Energie .....	83
5.4.2.1	Methodische Ansätze zur Bilanzierung eingekaufter Energie .....	83
5.4.2.2	Die Bilanzierungsansätze in den Standards .....	84
5.5	Datensammlung, Datenverarbeitung und Datenqualität .....	86
5.6	Tools zur Nutzung von Daten außerhalb der Organisationsgrenzen .....	90
5.7	Interpretation oder Auswertung der THG-Bilanz .....	91
5.8	Bericht und Kommunikation .....	93
5.9	Vergleichbarkeit der Bilanzergebnisse verschiedener Produkte .....	96
5.10	Verifizierung / Zertifizierung .....	98
6	Vertiefende Analyse ausgewählter methodischer Aspekte .....	100
6.1	Allokation in multifunktionalen Systemen .....	100
6.1.1	Klare Vorgaben zur Umsetzung und transparente Darstellung der Allokationsmethoden .....	101
6.1.2	Veränderung der Systemgrenzen .....	102
6.1.3	Physikalische vs. ökonomische Allokation .....	103
6.1.4	Sektorspezifische Ausgestaltung und Regeln für Sektorübergänge .....	105
6.2	Recycling .....	105
6.3	Attribution in der Chain of Custody: Zuordnung von Emissionen zur Vermarktung grüner Premiumprodukte .....	109
6.4	Energiebilanzierung .....	110
6.4.1	Vergleich und Bewertung der Methoden zur Energiebilanzierung .....	110
6.4.2	Doppelzählung in der Energiebilanzierung .....	111
6.4.3	Nutzen für die Energiewende .....	112
6.4.4	Diskussion und Empfehlung .....	113
7	Fazit .....	116
	Literaturverzeichnis .....	118

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Projektaufbaus .....	25
Abbildung 2: Kategorisierung verschiedener Einwirkungen .....	28
Abbildung 3: Übergreifende Methoden zur THG-Bilanzierung in der automobilen Wertschöpfungskette .....	41
Abbildung 4: Übersicht von Bilanzierungsmethoden für die Batterieherstellung ..	45
Abbildung 5: Übersicht von Bilanzierungsmethoden für den Stahlsektor .....	47
Abbildung 6: Übersicht von Bilanzierungsmethoden für den Kunststoffsektor .....	49
Abbildung 7: Praxisrelevanz der produktbezogenen Methoden zur THG- Bilanzierung .....	53
Abbildung 8: Bestandsaufnahme der relevanten Methoden.....	55
Abbildung 9: Spezifizierungsgrad der unterschiedlichen Methoden zur THG- Bilanzierung .....	56
Abbildung 10: Anwendungsbereich der unterschiedlichen Methoden zur THG- Bilanzierung .....	57
Abbildung 11: Beziehungen und Referenzen der betrachteten Methoden.....	67
Abbildung 12: Vereinfachte Darstellung der drei Fälle zur Allokation von Emissionen zu Produktsystemen für Recyclingprozessen nach ISO 14044:2006 .....	78
Abbildung 13: Prozess der Zusammenstellung und Verarbeitung von Aktivitätsdaten .....	89
Abbildung 14: Unterschiedliche Allokationsmethoden im Vergleich .....	104

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kriterien zur Auswahl der Wertschöpfungsketten .....	37
Tabelle 2: Analyserahmen .....	60
Tabelle 3: Lebenswegphasen der betrachteten Standards.....	71
Tabelle 4: Nach ISO 14067 im Bericht aufzuführende Informationen .....	94



## Abkürzungsverzeichnis

<b>AIB</b>	Association of Issuing Bodies
<b>AhG</b>	Ad-hoc-Arbeitsgruppe des ETA
<b>API</b>	The American Petroleum Institute
<b>BEV</b>	Battery Electric Vehicle
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>BSI</b>	British Standards Institution
<b>CBAM</b>	<b>Carbon Border Adjustment Mechanism</b>
<b>CCF</b>	Corporate Carbon Footprint / CO <sub>2</sub> -Fußabdruck eines Unternehmens
<b>CDP</b>	Carbon Disclosure Project
<b>CEM</b>	Clean Energy Ministerial
<b>CfD</b>	Contract for Difference
<b>CFF</b>	Circular Footprint Formula
<b>CSDDD</b>	Corporate Sustainability Due Diligence Directive
<b>CSRD</b>	Corporate Sustainability Reporting Directive
<b>DEFRA</b>	Department for Environment Food & Rural Affairs
<b>DG ENV</b>	Directorate-General for Environment
<b>EE</b>	Erneuerbare Energien
<b>EPD</b>	Environmental Product Declaration / Umweltdeklaration von Produkten
<b>ESG</b>	Environment Social Governance
<b>ESPR</b>	Ecodesign for Sustainable Products Regulation
<b>ESRS</b>	European Sustainability Reporting Standards
<b>ETA</b>	Expertenkreis zur „Transformation der Automobilwirtschaft“ des BMWK
<b>EU-ETS</b>	European Emission Trading System
<b>EU PEF</b>	EU Product Environmental Footprint / EU Umweltfußabdruck von Produkten
<b>EU OEF</b>	EU Organisation Environmental Footprint / EU Umweltfußabdruck von Organisationen
<b>EVU</b>	Energieversorgungsunternehmen
<b>GBA</b>	Global Battery Alliance
<b>GHGP</b>	Greenhouse Gas Protocol
<b>GLAD</b>	Global LCA Data Access Network
<b>GRI</b>	Global Reporting Initiative
<b>GSA</b>	Global Arrangement on Sustainable Steel and Aluminium
<b>HKN</b>	Herkunftsnachweis
<b>IEA</b>	International Energy Agency
<b>ILCD</b>	International Reference Life Cycle Data System der EU
<b>IPIECA</b>	The global oil and gas industry association for environmental and social issues

<b>JRC</b>	Joint Research Centre der Europäischen Kommission
<b>LCA</b>	Life Cycle Assessment / Ökobilanz
<b>LCDN</b>	Life Cycle Data Network
<b>LCI</b>	Life Cycle Inventory / Sachbilanz
<b>LIB</b>	Lithium-Ionen-Batterie
<b>LkSG</b>	Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz
<b>LV-Batterie</b>	Low Voltage Batterie
<b>OEF</b>	Organisation Environment Footprint
<b>OEF SR</b>	Organisation Environment Footprint Sector Rules
<b>OEM</b>	Original Equipment Manufacturer / In der Automobilindustrie synonym zu "Fahrzeughersteller" verwendet
<b>OGP</b>	International Association of Oil & Gas Producers
<b>PCF</b>	Product Carbon Footprint / CO <sub>2</sub> -Fußabdruck eines Produktes
<b>PEF</b>	Product Environment Footprint
<b>PEFCR</b>	Kategorieregeln für die Berechnung des Umweltfußabdrucks von Produkten (EU PEF)
<b>PPA</b>	Power Purchase Agreement
<b>PKR</b>	Produktkategorieregeln
<b>RFNBO</b>	Renewable Fuels of Non-Biological Origin
<b>SBTi</b>	Science Based Targets initiative
<b>TfS</b>	Together for Sustainability
<b>THG</b>	Treibhausgas
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt
<b>UN GC</b>	United Nations Global Compact
<b>WBCSD</b>	World Business Council for Sustainable Development
<b>WEF</b>	World Economic Forum / Weltwirtschaftsforum
<b>WTO</b>	World Trade Organization
<b>WWF</b>	World Wide Fund For Nature

## Zusammenfassung

Die automobilen Wertschöpfungskette befindet sich in einem komplexen Spannungsfeld aus Technologieentwicklung, zunehmender Regulatorik und einer Verschiebung der Marktanforderungen. Die wachsende Nachfrage für Produkte mit geringem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck führt branchenweit zu einer Neubewertung der Berechnungsmethodik.

Der Technologiewechsel der Automobilwirtschaft im Kontext der globalen Dekarbonisierung hin zu elektrischen Antrieben führt dazu, dass sich in der Analyse der Treibhausgas (THG)-Emissionen über den Lebenszyklus eines Automobils hinweg die Emissionen von der Nutzungsphase in die Herstellungsphase verschieben. Während bei Verbrennungsmotoren noch etwa 90 % der Emissionen durch das Fahren der Autos entstehen, sind elektrifizierte Fahrzeuge, die mit Strom aus erneuerbaren Energien (EE) betrieben werden, während ihrer Nutzungsphase nahezu emissionsfrei.

Neben den Anforderungen des Marktes stellen die Unternehmen auch die regulatorischen Anforderungen in Bezug auf Klimaschutz sowie Berichterstattungspflichten vor große Herausforderungen. Vor allem die Nachverfolgung von (Emissions-)Daten innerhalb der Lieferkette ist eine große Hürde. Hinzu kommt auch das gesteigerte Bewusstsein von Endverbraucher\*innen für klimafreundliches Verhalten und eine entsprechend gesteigerte Nachfrage nach emissionsarmen Produkten. Um die in Produkten, Zwischenprodukten und Materialien enthaltenen Emissionen nachvollziehen zu können, wird der Product Carbon Footprint (PCF) zur entscheidenden Größe in der Automobilwirtschaft und den angrenzenden Wertschöpfungsketten.

Im Rahmen des hier beschriebenen Projektes wurden bestehende Methoden zur Bilanzierung von THG-Emissionen auf Produktebene in der Automobilindustrie analysiert und methodische Harmonisierungsbedarfe identifiziert. Insbesondere in Bezug auf die Bilanzierung von eingekaufter Energie, die Attribution und Allokation sowie Recyclingprozesse als besonderes Allokationsproblem machen Bilanzierungsmethoden unterschiedliche oder unklare Vorgaben. Im Rahmen des Projektes wurden unter Einbezug von breitem Expert\*innenwissen schließlich Handlungsempfehlungen zur Harmonisierung der identifizierten Bilanzierungsaspekte entwickelt. Die Arbeiten dienen zur Unterstützung der Ad-hoc-Gruppe „Dekarbonisierung der automobilen Wertschöpfungsketten“ des Expertenkreises „Transformation der Automobilwirtschaft“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Ziel der Ad-hoc-Gruppe ist, THG-Bilanzierungsmethoden in der Automobilwirtschaft zu harmonisieren. Hierbei soll die PCF-Erstellung einem Carbon Accounting Ansatz angenähert werden, d. h. der Fokus soll auf der primärdatenbasierten Cradle-to-Gate Erfassung von THG-Emissionen liegen.

### Methoden zur THG-Bilanzierung in der Automobilwirtschaft

Die Anforderungen zur Erstellung einer THG-Bilanz auf Unternehmens- oder Produktebene kommen mittlerweile aus unterschiedlichen Kontexten. Grundsätzlich kann zwischen regulatorischen Anforderungen und den hieran geknüpften Methoden zur THG-Bilanzierung, wie bspw. die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und die zugehörigen European Sustainability Reporting Standards (ESRS) und freiwilligen Instrumenten, wie bspw. CDP oder SBTi unterschieden werden (siehe hierzu im Detail Kapitel 3.1). Diese Instrumente nutzen häufig die etablierten Methoden zur THG-Bilanzierung. Es werden aber auch Bilanzierungselemente nachgeschärft sowie eigene Methoden zur THG-Berichterstattung im jeweiligen Kontext entwickelt bzw. die Entwicklung von Methoden vorgeschrieben.

Zur Analyse der charakteristischen Aspekte bestehender Methoden zur PCF-Bilanzierung in der Automobilindustrie, wurden im Rahmen des Projekts fünf für die automobilen Wertschöpfungskette relevante Standards und Normen ausgewählt. Mittels eines Analyserahmens (siehe hierzu Kapitel 4) wurden sie hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen analysiert.

Es wurden Bilanzierungsmethoden ausgewählt, die eine große Bedeutung für zentrale Bereiche der komplexen automobilen Wertschöpfungskette, insbesondere Batterie, Stahl und Kunststoff haben.

Die ausgewählte Methoden sind:

- ▶ ISO 14067: Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung (ISO 14067:2018)
- ▶ ISO 20915: Life cycle inventory calculation methodology for steel products (ISO 20915:2018)
- ▶ JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)
- ▶ Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook – Version 2.0
- ▶ Together for Sustainability (TfS): The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry

Anhand der ausgewählten Dokumente wird deutlich, dass relevante Bilanzierungsmethoden derzeit sowohl von Normungs-Organisationen (z.B. ISO), staatlichen Institutionen (z.B. EU) als auch Wirtschaftsinitiativen (z.B. TfS, Catena-X) erarbeitet werden. Dies zeugt einerseits von der hohen Relevanz des Themas, lässt aber auch erahnen, dass die Harmonisierung von Methoden ein hochpolitisches Unterfangen ist.

Die Untersuchung zeigt, dass sich die Methoden bereits in ihrer Struktur unterscheiden. Aber auch die Anforderungen an oder Anwendung von einzelnen Bewertungsparametern unterscheiden sich deutlich. Auf diese Unterschiede wird im nachfolgenden Projektbericht detailliert eingegangen (siehe Kapitel 5). Insbesondere die Wahlmöglichkeiten innerhalb der Methoden können Auswirkungen auf das PCF-Ergebnis haben. Die Nutzung der jeweiligen Möglichkeit ist dabei dem Bilanzierenden überlassen. Dies kann dazu führen, dass die Methode gewählt wird, die zu einem niedrigeren Carbon Footprint führt. Eine unterschiedliche Handhabung in verschiedenen Sektoren kann zudem zu einer unterschiedlichen Bilanzierung ein und desselben Produkts entlang der Lieferkette führen. Es wird deutlich, dass die Umsetzung einzelner Bilanzierungskriterien deutlich harmonisiert werden sollte, um eine stärkere Vergleichbarkeit herzustellen. Insbesondere in den Themenbereichen Energiebilanzierung, Attribution und Allokation sowie Recycling als besonderes Allokationsproblem ist dies relevant, da die unterschiedliche methodische Handhabung das PCF-Ergebnis in diesen Fällen stark beeinflussen können.

#### **Handlungsempfehlungen zur Methodenharmonisierung: Allokation und Attribution**

In zahlreichen multifunktionalen Prozessen ist Allokation ein notwendiger Bestandteil der Bilanzierung. Die wissenschaftliche Diskussion hierzu wird bereits seit Ende der 1990er Jahre geführt und die offenen Fragen haben mit den zunehmenden Anforderungen durch die Berichtspflichten zur THG-Bilanz von Produkten, aber auch mit der Umgestaltung von Produktionsprozessen und einer Zunahme der Kreislaufwirtschaft, zugenommen.

Die derzeitige Ausgestaltung der Allokationshierarchie der ISO 14044 bietet weder klare Regeln für die Anwendung noch schafft sie Transparenz oder Vergleichbarkeit der PCF-Ergebnisse. Vielmehr ermöglicht sie jetzt schon für unterschiedliche Anwendungen verschiedene Allokationsmethoden zu verwenden. So kann jeweils die passende Methode genutzt und damit von der Allokationshierarchie abgewichen werden. Kriterien für die Methodenwahl sind die Ziele der LCA, der Entscheidungskontext oder die Anwendbarkeit der einzelnen Methoden. Trotzdem wird mit der Allokationshierarchie eine Wertung verbunden und die ökonomische Allokation als letzte Variante als schlechteste Option verstanden. In der fachlichen Diskussion wird gefordert, dass die ökonomische Allokation aufgewertet werden und der physischen zumindest gleichgestellt werden sollte. Um eine objektivere Entscheidung treffen zu können, sollten zudem Kriterien und Entscheidungshilfen für die Anwendung der jeweils geeignete Allokationsmethode entwickelt werden. Auch branchenspezifische Positivlisten oder Beispiele für Anwendungsfälle können hier helfen. Zudem ist es in Bezug auf die Methodenwahl relevant, ob es sich um eine inventarisierende oder eine wirkungsorientierte LCA handelt, bei der die Substitution die adäquate Methode sein kann.

Standards verweisen häufig auf Produktkategorieregeln, da diese ein spezifischeres Vorgehen für Allokation vorgeben können. Produktkategorieregeln tragen aber nicht unbedingt zur Harmonisierung der Bilanzierung bei, da kein einheitliches methodisches Vorgehen zur Entwicklung dieser Regeln besteht.

Mit dem Substitutionsansatz bei der Systemraumerweiterung nach der Tfs Guideline, wird ein wirkungsorientierter Mechanismus in die sonst inventarisierende Bilanzierung eingeführt. Dieser Wechsel des Bilanzierungsansatzes erfordert eine eingehendere Diskussion, damit die angestrebte Transparenz und Harmonisierung erhalten bleibt.

Ziel der Harmonisierungsbestrebungen sollte die Weiterentwicklung der bisherigen Methoden hin zu branchenübergreifend einheitlichen Ansätzen sein, so dass Allokation in der Bilanzierung eine größere Akzeptanz findet. Entsprechend der jeweiligen spezifischen Eigenschaften eines Produktes und den Anforderungen an dieses, sollten unterschiedliche Allokationsmethoden diskutiert und zugelassen werden. Um die Ansätze zu harmonisieren, sollten unter Einbeziehung aller beteiligten Akteure produktspezifische Anwendungsfälle definiert werden, deren Regelungen über die Sektoren, die für die Koppelprodukte relevant sind, hinweg Bestand haben.

Ein weiteres diskutiertes Thema ist die Zuordnung besonderer Eigenschaften, wie mit Grünstrom oder mit hohem Sekundärmaterialanteil produziert, zu einzelnen Produktmengen. Allerdings handelt es sich in diesem Fall weniger um ein Allokationsthema in der Bilanzierung als vielmehr um die Attribution von Eigenschaften, die meist in den Normen zur Rückverfolgung von Lieferketten (Chain-of-Custody) behandelt wird und hier breitere Anerkennung findet. Über die Regelungen der Chain of Custody und Nachverfolgungsmethoden wie Book & Claim oder Massenbilanz können Emissionen unterschiedlich auf Produkte eines Produktsystems verteilt werden. Dies wiederum beeinflusst ebenfalls den PCF und schränkt die Vergleichbarkeit unter Umständen ein. Die Anwendung des Massenbilanzansatzes findet in verschiedenen Branchen unterschiedlich starke Akzeptanz. Sollte diese Methode Anwendung finden, bedarf es einheitlicher Kriterien, wie die präzise Zuordnung der Emissionen. Außerdem ist eine physische Verbindung und Begrenzung der zugeordneten Eigenschaft auf die technisch maximal am Produktionsstandort herstellbaren Mengen notwendig. Um einen zusätzlichen Umweltnutzen zu erreichen, sollten weitere Zusätzlichkeitskriterien erfüllt werden.

### **Handlungsempfehlungen zur Methodenharmonisierung: Recycling**

In Standards zur PCF-Erstellung werden unterschiedliche Ansätze zur Allokation im Kontext Recycling diskutiert. Die Diskussion dreht sich insbesondere um die Frage, welchem

Produktsystem im Materialkreislauf die Einsparung von Treibhausgasemissionen zugeschrieben werden soll: dem Produktsystem, das am Lebensende recycelbar ist (Avoided-Burden-Approach), dem Produktsystem, in welchem das recycelte Material eingesetzt wird (Cut-Off-Approach), oder beiden (z.B. Circular Footprint Formula). In der regulatorischen und wettbewerblichen Anwendung des Product Carbon Footprint erhält diese Diskussion eine stark wirtschaftliche Bedeutung für die beteiligten Unternehmen. Zudem besteht eine Herausforderung bei der einheitlichen Definition von Sekundärmaterial. Während Post-Consumer-Schrotte einheitlich als Abfall, d. h. Sekundärmaterial, angesehen werden, fällt die Definition in Bezug auf Pre-Consumer-Schrotte, welche auch als Koppelprodukte bewertet werden können, unterschiedlich aus.

Ein Cradle to Gate-Ansatz der THG-Bilanzierung mit Nutzung von Primärdaten entspricht der Zielsetzung des attributiven Bilanzierungsansatzes. Da konkrete Annahmen zur Recyclingfähigkeit von Produkten, wie sie im Rahmen des Avoided-Burden-Approach notwendig wären, im Gegensatz dazu mit starken Unsicherheiten behaftet sind, wird empfohlen, den Cut-Off-Approach zu nutzen, um Transparenz und Vergleichbarkeit von PCFs zu schaffen. Dabei sind die Nebeneffekte dieser Entscheidung zu berücksichtigen: der Cut-off-Approach incentiviert konkret den Einsatz von Sekundärmaterial, während weitere Faktoren einer Kreislaufwirtschaft, etwa die Recyclingfähigkeit von Produkten durch spezielles Design, unberücksichtigt bleiben. Entsprechende Anreize müssen an anderer Stelle gesetzt werden, z. B. durch Regulatorik im Rahmen des EU Circular Economy Action Plans. Das Zusammenspiel der PCF-Berechnung nach Cut-Off-Approach in den automobilen Lieferketten und der Regulatorik im Sinne der Förderung von Kreislaufwirtschaft sollte eingehender betrachtet werden.

Gleichzeitig ist eine einheitliche Regelung in Bezug auf die Differenzierung von Sekundärmaterial notwendig und die Unterscheidung in Pre- und Post-Consumer-Schrott zu diskutieren. Pre-Consumer-Material stellt eine, wenn auch unvermeidbare, Ineffizienz im Produktionsprozess dar. Allerdings ist die Wiederverwertung des Materials in der Regel aus ökologischen und auch ökonomischen Gründen sinnvoll, da Zusammensetzung oder Reinheitsgrad bereits bekannt sind. Die Wiederverwertung, Aufarbeitung und Rückführung von Post-Consumer-Material in ein neues Produkt erfordert in den meisten Fällen einen deutlich höheren technischen und finanziellen Aufwand. Eine unterschiedliche Bewertung von Pre-Consumer-Material, abhängig davon, ob es von einem oder mehreren Akteuren zum Endprodukt verarbeitet wird, erscheint zufällig und nicht zielführend. Für die wichtigsten Grundstoffe der automobilen Lieferketten sollte jeweils eine Definition und Differenzierung von Sekundärmaterial und Koppelprodukten entwickelt werden. Zur Umsetzung ist eine glaubwürdige Erfassung und Nachverfolgung von Materialströmen erforderlich. Dies wird aktuell noch als Herausforderung wahrgenommen, insbesondere kleine Unternehmen benötigen Unterstützung im Aufbau geeigneter Strukturen und Prozesse.

Da prognostiziert wird, dass der Bedarf vieler Grundstoffe, z.B. Stahl und Aluminium, in den kommenden Jahrzehnten nicht durch Sekundärmaterial gedeckt werden kann, ist unabhängig vom Erstarken der Kreislaufwirtschaft eine schnelle Dekarbonisierung der Primärmaterialherstellung essenziell für einen erfolgreichen Klimaschutz. Bei Anwendung des Cut-off-Approach kann ein niedriger PCF derzeit in vielen Branchen jedoch deutlich kostengünstiger und schneller durch den Einsatz von Sekundärmaterial (insbesondere Pre-Consumer-Material) erreicht werden, als über investitionsintensive Technologiewechsel in der Primärmaterialherstellung. Die Verwendung des Cut-Off-Approach führt dazu, dass die Dekarbonisierung der Primärmaterialherstellung methodisch benachteiligt wird. Hinzu kommt, dass viele dieser technologischen Maßnahmen noch gar nicht im kommerziellen Maßstab verfügbar sind. Mit der Methode des Sliding-Scale-Approachs aus der Stahlindustrie (siehe

hierzu Theuringer et al., 2024) wird eine methodenbedingte unverhältnismäßige Bevorzugung von Sekundärmaterial umgangen: Ein Produkt wird neben dem PCF mit Güteklassen versehen, die sich aus der Ratio von Emissionsintensität und Sekundärmaterialanteil ergeben. Die Interpretation des PCF erfolgt somit nicht mehr rein anhand des Absolutwerts, sondern in (abstrahiertem) Bezug zu technologischen Rahmenbedingungen. Es ist zu diskutieren, ob eine Methode vergleichbar zum Sliding-Scale-Approach in der Automobilbranche für die Interpretation von PCFs in der Lieferkette adaptiert und gegebenenfalls auf weitere Grundstoffe, insbesondere Metalle, ausgeweitet werden sollte und kann.

### **Handlungsempfehlungen zur Methodenharmonisierung: Energiebilanzierung**

Die Bilanzierung, insbesondere eingekaufter Energie, zählt ebenfalls zu den Aspekten in der THG-Bilanzierung, die bisher keiner einheitlichen Vorgehensweise folgen. Für die Bilanzierung auf Produktebene lassen sich in den bisherigen Standards ortsbasierte und marktbasierende Ansätze unterscheiden, die je nach Branche und Rahmenbedingungen Anwendung finden. Dabei weisen beide Bilanzierungsansätze sowohl Stärken als auch Schwächen auf.

Während bei der Verwendung des ortsbasierten Ansatzes die durchschnittliche Emissionsintensität eines Netzes als Bemessungsgrundlage für die THG-Bilanzierung verwendet wird, dienen unter Anwendung des marktbasierenden Ansatzes vertragliche Vereinbarungen zwischen dem Energielieferanten und dem Verbraucher als Bemessungsgrundlage. Dem ortsbasierten Ansatz wird darüber hinaus eine Annäherung an die physischen Gegebenheiten zugeschrieben, während sich bei der Anwendung des marktbasierenden Ansatzes die Beschaffungsentscheidung eines Unternehmens in der THG-Bilanz widerspiegelt.

Die Verwendung beider Ansätze wird in Bilanzierungsstandards unterschiedlich vorgegeben oder mitunter sogar beide Wahlmöglichkeiten offengelassen. Dadurch kommt es zu einer parallelen Anwendung der beiden Ansätze in der Bilanzierungspraxis. Dies führt dazu, dass im aktuellen Markt vor allem erneuerbare Energiemengen doppelt gezählt werden und in der Konsequenz die Umweltwirkung erneuerbarer Energien überschätzt wird. Durch eine konsequente Anwendung nur eines Bilanzierungsansatzes könnte das Doppelzählungsrisiko reduziert werden.

Im Kontext der konsistenten Verwendung eines Bilanzierungsansatzes für eingekaufte Energie wird insbesondere in Bezug auf den marktbasierenden Ansatz auch die Abbildung eines Energiewendennutzens diskutiert. Der marktbasierende Ansatz steht immer wieder in der Kritik, keine tatsächlichen Emissionsreduktionen im CCF oder PCF abzubilden. Über einen marktbasierenden Ansatz ließen sich diese zwar abbilden, jedoch nur unter der Prämisse, dass bspw. beim Strombezug entsprechende Zusätzlichkeitskriterien eingehalten werden. In Fachkreisen – z.B. im Kontext des Review Prozesses der GHG Protocol Scope 2 Guidance – wird diskutiert, ob Zusätzlichkeitskriterien Eingang in die Bilanzierungsmethodik an sich finden sollten, oder ob zur Zusätzlichkeit, d.h. zur Qualität des Energiebezuges, nebenbilanziell berichtet werden sollte. Hiermit einher geht die Fragestellung, ob neben der Emissionsintensität weitere Faktoren der Dekarbonisierung in der PCF-Erstellung berücksichtigt, oder ob diese außerhalb der Klimabilanzierungsmethoden geregelt werden sollten.

Um einen Schritt in Richtung Harmonisierung von Bilanzierungsmethodik sowie der Vermeidung des Doppelzählungsrisikos und damit der Überschätzung von Umweltwirkungen von EE zu gehen, sollte auf eine Einigung zur konsistenten Verwendung eines Bilanzierungsansatzes hingewirkt werden. Die Priorisierung des marktbasierenden Bilanzierungsansatzes könnte dabei ein Treiber für die Dekarbonisierung in der Automobilindustrie sein.

Eine konsistente Anwendung des marktbasierten Ansatzes muss mit entsprechenden Kriterien für zugrundeliegende vertragliche Instrumente einhergehen. Das Europäische Herkunftsnachweis-System erfüllt die Kriterien bestehender Standards. In Bezug auf andere Nachweissysteme wäre dies vor einer entsprechenden marktbasierten Bilanzierung zu prüfen.

Die Diskussion um die Zuträglichkeit des marktbasierten Ansatzes für die Energiewende sollte nicht außer Acht gelassen werden. Inwiefern Zusätzlichkeitskriterien Eingang in die Berechnungsmethodik finden sollten, ist auch abhängig von der Zielsetzung einer PCF-Berechnung. Im Sinne der Diskussionen in der AhG wäre daher zu empfehlen, Zusätzlichkeitskriterien nicht innerhalb der Bilanzierungsmethoden anzusetzen, sondern gegebenenfalls eine separate Ausweisung einzuführen und Anreize über sonstige Politikinstrumente zu schaffen.

### **Fazit**

Die Analyse der unterschiedlichen Methoden hat gezeigt, dass die Zielsetzung der PCF-Erstellung klar sein muss, um eine adäquate Methode zur Harmonisierung der Bilanzierungspraxis zu wählen. Ob ein inventarisierender oder wirkungsorientierter PCF erstellt wird, beeinflusst maßgeblich die Methodenentscheidung.

Der Zielsetzung nach verfolgt die AhG „Dekarbonisierung“ des Expertenkreises „Transformation der Automobilindustrie“ des BMWK eine THG-Bilanzierung mit cradle-to-gate Systemgrenzen, wie sie für die automobiler Lieferkette praktikabel ist. Zudem bietet sich dieser Zielstellung folgend ein Attributional LCA-Ansatz für die PCF-Erstellung an, da eine Inventarisierung und Annäherung an ein primärdatenbasiertes Carbon Accounting erreicht werden soll. Über die Nutzung von Primärdaten, auch unter Berücksichtigung der schwierigen Datenlage entlang der Lieferkette, können Veränderungen im individuellen PCF eines Unternehmens sichtbar und innerhalb der Branche vergleichbar gemacht werden.

Mit dieser Zielsetzung kann die Klimabilanzierung als reines Erfassungstool für THG-Emissionen fungieren, welches eine transparente und faire Erfassung für alle Marktteilnehmenden ermöglicht. Transformative Anreize müssen dann wiederum über Vorgaben außerhalb der Bilanzierungsmethodik, z.B. über Politikinstrumente wie Regulierung oder Förderung, implementiert werden.

Eine Harmonisierung von Bilanzierungsmethoden muss zudem über Sektorgrenzen hinausgedacht werden. Bei der Entwicklung von sektorspezifischen Vorgaben zur Harmonisierung ist zudem eine Rückkopplung mit der regulatorischen Ebene notwendig (bspw. die Entwicklungen auf EU-Ebene in Bezug auf Bilanzierungsmethoden), damit Methodenentscheidungen auch mit dieser kompatibel sind. In den Dialog zu treten und sektorspezifische Methodenentscheidungen in die entsprechenden Prozesse einzubringen ist essenziell.

Aufgrund neuer Berichtspflichten der Unternehmen sollte auch eine Vergleichbarkeit von PCFs und CCFs in der weiteren Diskussion über einen konsistenten Bilanzierungsansatz und zur Fortentwicklung methodischer Vorgaben für die PCF-Erstellung mitgedacht werden.

### **Summary**

In the complex automotive value chain technology development, increasing regulation and a shift in market requirements collide. The growing demand for products with a low CO<sub>2</sub> footprint is leading to a re-evaluation of the calculation methods across the industry.



The analysis of greenhouse gas (GHG) emissions over the life cycle of a car shows that, due to the automotive industry's shift towards electric drives in the context of global decarbonization, emissions from the use phase are shifting to the manufacturing phase. While around 90% of emissions from cars with internal combustion engines still occur during the driving phase, electrified vehicles powered by electricity from renewable sources are almost emission-free during their use phase.

In addition to market demands, companies are also facing major challenges in terms of regulatory requirements for climate protection and reporting obligations. In particular, tracking (emission) data within the supply chain is a major hurdle. In addition, end consumers are becoming increasingly aware of climate-friendly behavior and demand for low-emission products is increasing accordingly. In order to be able to track the emissions contained in products, intermediate products and materials, the Product Carbon Footprint (PCF) is becoming a crucial parameter in the automotive industry and related value chains.

In the context of the project described here, existing methods for accounting for GHG emissions at the product level in the automotive industry were analyzed and the need for harmonization of methods was identified. In particular, accounting methods make different or unclear specifications with regard to the accounting of purchased energy, attribution and allocation, and recycling processes as a special allocation problem. Finally, the project developed recommendations for action to harmonize the identified accounting aspects, drawing on a wide range of expert knowledge. The work supports the ad hoc group “Decarbonization of Automotive Value Chains” of the expert group “Transformation of the Automotive Industry” of the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection (BMWiK). The aim of the ad hoc group is to harmonize GHG accounting methods in the automotive industry. The aim is to align PCF creation with a carbon accounting approach, i.e. the focus should be on the cradle-to-gate recording of GHG emissions based on primary data.

### **Methods for GHG accounting in the automotive industry**

The requirements for creating a GHG balance at company or product level now come from different contexts. A distinction can be made between regulatory requirements and the associated methods for GHG accounting, such as the Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) and the associated European Sustainability Reporting Standards (ESRS), and voluntary instruments, such as CDP or SBTi (see section 3.1 for more details). These instruments often use established methods for GHG accounting. However, they also refine accounting elements and develop their own methods for GHG reporting in the respective context or prescribe the development of methods.

To evaluate the characteristic aspects of existing methods for PCF accounting in the automotive industry, five standards and norms relevant to the automotive value chain were selected as part of the project. Using an analytical framework (see Chapter 4), they were analyzed in terms of their strengths and weaknesses.

Accounting methods were selected that are of great importance for central areas of the complex automotive value chain, in particular batteries, steel and plastics.

The selected methods are:

- ▶ ISO 14067: Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification (ISO 14067:2018)
- ▶ ISO 20915: Life cycle inventory calculation methodology for steel products (ISO 20915:2018)

- ▶ JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)
- ▶ Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook – Version 2.0
- ▶ Together for Sustainability (TfS): The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical industry

On the basis of these different documents, it becomes clear that relevant accounting methods are currently being developed by different actors, as standardization organizations (e.g. ISO), governmental institutions (e.g. EU) and industry initiatives (e.g. TfS, Catena-X). On the one hand, this demonstrates the high relevance of the topic, but it also seems that harmonizing methods will be a highly political undertaking.

The study shows that the methods differ in their structure and in the requirements for or application of individual assessment parameters. These differences are addressed in detail in the following project report (see Chapter 5). In particular, the options within the methods can have an impact on the PCF result. The use of the respective option is left to accounting party, what can lead to the selection of the method that leads to a lower carbon footprint. Furthermore, different handling in different sectors can lead to different assessments of one and the same product along the supply chain. The implementation of individual accounting criteria should be significantly harmonized in order to achieve greater comparability. This is particularly relevant in the areas of energy accounting, attribution and allocation, and recycling as a special allocation problem, since different methodological approaches can have a significant influence on the PCF result in these cases.

#### **Recommendations for harmonizing the methods: Allocation and attribution**

In numerous multifunctional processes, allocation is a necessary part of the accounting. The scientific discussion on this topic has been ongoing since the late 1990s, and the number of open questions has increased with the growing demands of the reporting requirements for the GHG balance of products, but also with the transformation of production processes and an increase in the circular economy.

The current design of the allocation hierarchy in ISO 14044 offers neither clear rules for application nor does it create transparency or comparability of PCF results. Rather, it already allows different allocation methods to be used for different applications. This means that the appropriate method can be used in each case, thus deviating from the allocation hierarchy. Criteria for the choice of method are the objectives of the LCA, the decision context or the applicability of the individual methods. Nevertheless, the allocation hierarchy is associated with a valuation and the economic allocation as the last variant is understood as the worst option. In the technical discussion, it is demanded that the economic allocation should be upgraded and at least be given the same status as the physical allocation. In order to be able to make a more objective decision, criteria and decision-making aids should also be developed for the application of the respectively suitable allocation method. Industry-specific positive lists or examples of use cases can also help here. In addition, it is relevant in terms of the choice of method whether it is an inventory-based or an impact-oriented LCA, in which case substitution can be the appropriate method.

Standards often refer to product category rules, as these can specify a more specific approach for allocation. However, product category rules do not necessarily contribute to harmonizing the accounting, since there is no uniform methodological approach for developing these rules.

With the substitution approach for system expansion according to the Tfs guideline, an effect-oriented mechanism is introduced into the otherwise inventorizing accounting. This change in the accounting approach requires a more in-depth discussion in order to maintain the desired transparency and harmonization.

The aim of the harmonization efforts should be to further develop existing methods into cross-industry, standardized approaches so that allocation is more widely accepted in accounting. Different allocation methods should be discussed and approved in accordance with the specific characteristics of a product and the demands placed on it. In order to harmonize the approaches, product-specific use cases should be defined with the involvement of all stakeholders, and the regulations should apply across the sectors relevant to the co-products.

Another topic of discussion is the allocation of special properties, such as those produced with green electricity or with a high proportion of secondary materials, to individual product quantities. However, in this case it is not so much an allocation issue in accounting as it is the attribution of properties, which is usually dealt with in the standards for tracing supply chains (chain of custody) and is more widely recognized here. The regulations of the chain of custody and tracking methods such as book & claim or mass balance can be used to distribute emissions differently among the products of a product system. This in turn also influences the PCF and may limit comparability. The application of the mass balance approach is accepted to varying degrees in different industries. If this method is to be used, uniform criteria are needed, such as the precise allocation of emissions. Furthermore, a physical link and limitation of the assigned property to the maximum technically feasible quantities at the production site is necessary. To achieve additional environmental benefits, further additionality criteria should be met.

#### **Recommendations for harmonizing the methods: Recycling**

In PCF-standards, different approaches to allocation recycled material are discussed. The discussion revolves around the question of which product system in the material cycle the greenhouse gas emission savings should be attributed to: the product system that is recyclable at the end of its life (avoided-burden approach), the product system in which the recycled material is used (cut-off approach), or both (e.g. circular footprint formula). In the regulatory and competitive application of the Product Carbon Footprint, this discussion takes on a strong economic significance for the companies involved. Furthermore, there is a challenge in the uniform definition of secondary material. While post-consumer scrap is uniformly considered to be waste, i.e. secondary material, the definition of pre-consumer scrap, which can also be considered a co-product, varies.

A cradle-to-gate approach to GHG accounting using primary data is in line with the objective of the attributive accounting approach. Since specific assumptions about the recyclability of products, as would be necessary under the avoided-burden approach, are subject to considerable uncertainty, it is recommended to use the cut-off approach to create transparency and comparability of PCFs. The side effects of this decision must be taken into account: the cut-off approach specifically incentivizes the use of secondary material, while other factors of a circular economy, such as the recyclability of products through special design, are not taken into account. Appropriate incentives must be set elsewhere, e.g. through regulation as part of the EU Circular Economy Action Plan. The interplay between the PCF calculation using the cut-off approach in automotive supply chains and the regulatory framework for promoting a circular economy should be examined in more detail.

At the same time, a uniform regulation is needed for differentiating between secondary materials, and the distinction between pre- and post-consumer scrap should be discussed. Pre-consumer material represents an unavoidable inefficiency in the production process. However,

recycling the material usually makes sense for ecological and economic reasons, since its composition or degree of purity is already known. The recycling, reprocessing and return of post-consumer material to a new product usually requires significantly more technical and financial effort. A different valuation of pre-consumer material, depending on whether it is processed into the end product by one or more actors, seems arbitrary and not purposeful. For the most important basic materials in automotive supply chains, a definition and differentiation of secondary material and by-products should be developed. To implement this, a credible recording and tracking of material flows is required. This is currently still perceived as a challenge, and small companies in particular need support in setting up suitable structures and processes.

Since it is predicted that the demand for many basic materials, e.g. steel and aluminum, cannot be met by secondary materials in the coming decades, a rapid decarbonization of primary material production is essential for successful climate protection, regardless of the strengthening of the circular economy. However, when applying the cut-off approach, a low PCF can currently be achieved in many industries much more cost-effectively and quickly by using secondary material (especially pre-consumer material) than by making investment-intensive technological changes in primary material production. The use of the cut-off approach methodically disadvantages the decarbonization of primary material production. In addition, many of these technological measures are not yet available on a commercial scale. The sliding scale approach, which was developed by the steel industry, avoids a method-related disproportionate preference for secondary material: In addition to the PCF, a product is assigned quality classes that result from the ratio of emission intensity and secondary material content. The interpretation of the PCF is thus no longer based purely on the absolute value, but in (abstracted) relation to technological conditions. It should be discussed whether a method comparable to the sliding scale approach in the automotive industry should and can be adapted for the interpretation of PCFs in the supply chain and possibly extended to other basic materials, especially metals.

### **Recommendations for harmonizing the methods: Energy accounting**

Accounting of purchased energy is another aspect of GHG accounting that has not yet been standardized. For accounting at the product level, a distinction can be made in the existing standards between location-based and market-based approaches, which are applied depending on the industry and framework conditions. Both accounting approaches have strengths and weaknesses.

While the location-based approach uses the average emission intensity of a grid as the basis for calculating the GHG balance, the market-based approach uses contractual agreements between the energy supplier and the consumer as the basis for calculating the GHG balance. In addition, the location-based approach is considered to be closer to the physical reality, while the application of the market-based approach reflects a company's procurement decision in the GHG balance.

Accounting standards prescribe the use of both approaches to varying degrees, or sometimes even leave both options open. This results in the parallel application of both approaches in accounting practice. This leads to the fact that in the current market, renewable energy quantities in particular are counted twice and, as a consequence, the environmental impact of renewable energies is overestimated. The risk of double counting could be reduced by consistently applying only one accounting approach.

In the context of the consistent use of an accounting approach for purchased energy, the mapping of the benefits of the energy transition is also discussed, particularly with regard to the

market-based approach. The market-based approach is repeatedly criticized for not reflecting actual emission reductions in the CCF or PCF. A market-based approach would allow these to be reflected, but only under the premise that, for example, corresponding additionality criteria are met when purchasing electricity. Experts are discussing – for example in the context of the review process of the GHG Protocol Scope 2 Guidance – whether additionality criteria should be included in the accounting methodology itself, or whether additionality, i.e. the quality of energy procurement, should be reported in a sub-balance. This is accompanied by the question of whether other factors of decarbonization should be considered in addition to emission intensity in the PCF creation, or whether these should be regulated outside of the climate accounting methods.

In order to take a step towards harmonizing accounting methodologies and avoiding the risk of double counting and thus overestimating the environmental impacts of EEs, efforts should be made to agree on the consistent use of an accounting approach. Prioritizing the market-based accounting approach could be a driver for decarbonization in the automotive industry.

A consistent application of the market-based approach must be accompanied by appropriate criteria for underlying contractual instruments. The European system of guarantees of origin meets the criteria of existing standards. With regard to other verification systems, this would need to be checked before a corresponding market-based calculation.

The discussion about the suitability of the market-based approach for energy system transformation should not be ignored. The extent to which additionality criteria should be included in the calculation methodology also depends on the objective of a PCF calculation. In line with the discussions in the AhG, it would therefore be advisable not to apply additionality criteria within the accounting methods, but to introduce a separate designation if necessary and to create incentives through other policy instruments.

### **Conclusion**

The analysis of the different methods has shown that the objective of the PCF creation must be clear in order to choose an adequate method for harmonizing accounting practices. Whether an inventory-based or impact-based PCF is created has a significant influence on the methodological decision.

The objective of the “Decarbonization” working group of the BMWK's “Transformation of the Automotive Industry” expert group is to pursue a GHG balance with cradle-to-gate system boundaries, as is practicable for the automotive supply chain. In addition, an attributional LCA approach is suitable for PCF creation, since the aim is to create an inventory and approach to a carbon accounting based on primary data. By using primary data, even when the difficult data situation along the supply chain is taken into account, changes in the individual PCF of a company can be made visible and comparable within the industry.

Following this objective, an attributional LCA approach is also suitable for PCF creation, as an inventory and approximation to primary data-based carbon accounting is to be achieved. By using primary data, also taking into account the difficult data situation along the supply chain, changes in a company's individual PCF can be made visible and comparable within the industry.

With this objective, climate accounting can be seen as a pure inventory tool for GHG emissions, which enables transparent and fair tracking for all market participants. Transformative incentives must then in turn be implemented via specifications outside of the accounting methodology, e.g. via policy instruments such as regulation or funding.

Harmonization of accounting methods must also be considered beyond sector boundaries. When developing sector-specific specifications for harmonization, feedback with the regulatory level is

also necessary (e.g. developments at EU level with regard to balancing methods) so that methodological decisions are compatible with regulation. Entering into dialog and incorporating sector-specific method decisions into the corresponding processes is essential.

Due to new reporting obligations for companies, the comparability of PCFs and CCFs should also be considered in the further discussion on a consistent accounting approach and the further development of methodological guidelines for PCF preparation.

# 1 Einleitung

Der Technologiewechsel der Automobilwirtschaft hin zu elektrischen Antrieben hat zuletzt an Fahrt aufgenommen. Dennoch ist weiterhin mehr Tempo in der Elektrifizierung der Fahrzeuge nötig, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Die Elektrifizierung der Mobilität geschieht im Kontext der globalen Dekarbonisierung. Durch regulatorische Anforderungen und ein gesteigertes Bewusstsein der Kundschaft für klimafreundliches Verhalten entsteht eine wachsende Nachfrage für Produkte mit geringem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Durch die Elektrifizierung verschieben sich in der Analyse der Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus eines Automobils die Emissionen von der Nutzungsphase in die Herstellungsphase. Bei Verbrennungsmotoren entstehen noch etwa 90 % der Emissionen durch den Betrieb, bei elektrischen Antrieben kehrt sich dieses Verhältnis um, wenn sie mit Strom aus erneuerbaren Energien (EE) geladen werden (Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH,ecoinvent Association, 2024). Der größte Anteil der Emissionen eines Automobils entfallen dann auf die Produktion der Batterie.

Derzeit basiert die Erstellung eines Product Carbon Footprint (PCF) auf dem Prinzip der Freiwilligkeit und beinhaltet einen geringen Grad an Verbindlichkeit. Die vorliegenden Normen und Standards zu diesem Thema dienten in der Vergangenheit in erster Linie zur wissenschaftlichen Anwendung, nicht zum Vergleich von Produkten im kommerziellen Kontext. Auch deshalb beinhalten sie methodische Wahlmöglichkeiten und Interpretationsspielräume. Die Implikationen der Methodenauswahl auf das Ergebnis des PCF werden in der Dokumentation der THG-Bilanzierung in der Regel nicht deutlich. Durch das verankerte Ziel der Dekarbonisierung erhält der PCF nun eine deutlich gesteigerte Relevanz, insbesondere in internationalen Lieferketten. Dabei wirken insbesondere zwei Faktoren: regulatorische Rahmenbedingungen und eine steigende Marktnachfrage.

- ▶ Die strengeren regulatorischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen verstärken zum einen die Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten und Dienstleistungen. Zum anderen geben sie Unternehmen einen deutlich engeren Rahmen zur Umsetzung von Maßnahmen vor, die sowohl Umweltaspekte als auch Soziales und das Management (Environmental Social Governance ESG) berücksichtigen. Zu den Regelungen innerhalb der EU, die insbesondere auf Emissionen fokussieren zählen der europäische Emissionshandel, die EU-Taxonomie und die zunehmenden Anforderungen aus der CSRD. Insbesondere wenn die Lieferkette erfasst werden soll, spielt der Product Carbon Footprint für eingekaufte Produkte eine wichtige Rolle. Auch branchenspezifische Vorgaben regeln verstärkt die Erfassung von Emissionen für einzelne Produkte wie u.a. Batterien oder Stahl.  
Um zu verhindern, dass die aus dem ETS entstehenden Belastungen dazu führen, dass Produktionsstätten aus der EU verlagert werden, verknüpft der Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) die mit einem importierten Produkt verbundenen Emissionen mit einem CO<sub>2</sub>-Preis.
- ▶ Die zunehmende Marktnachfrage nach emissionsarmen Produkten kommt sowohl von Endverbrauchern als auch nach Produkten innerhalb der Lieferkette. Für die Gruppe der Endverbraucher setzen die Consumer Empowerment Directive und perspektivisch die Green Claims Directive klare Regeln zur Kommunikation der klimafreundlichen Eigenschaft eines Produktes. Unternehmen, die sich eigene Klimaziele gesetzt haben, geben Anforderungen an niedrige Emissionen in ihrer Lieferkette weiter. Ein niedriger Product Carbon Footprint wird hier zu einem der Auswahlkriterien.

In diesem Umfeld wird der Ruf nach einer möglichst globalen Harmonisierung der anzuwendenden Bilanzierungsmethoden, die branchenübergreifend Vergleichbarkeit und gleiche Wettbewerbsbedingungen fördern, lauter. Andernfalls besteht die Befürchtung, dass Akteure Wahlmöglichkeiten innerhalb der Bilanzierung vornehmlich dazu nutzen, einen möglichst niedrigen Product Carbon Footprint zu erreichen.

Die Automobilwirtschaft zeichnet sich durch eine hochkomplexe, internationale Wertschöpfungskette aus, die wichtige emissionsintensive Grundstoffindustrien involviert. Sie eignet sich deshalb als Katalysator für die Implementierung einer überarbeiteten Methodik zur Klimabilanzierung. Überdies besteht, bedingt durch die internationale Vernetzung und Materialbeschaffung, in der Branche ein großer Wunsch nach Vereinheitlichung.

Auch die deutsche Bundesregierung hat den Bedarf zur Methoden-Harmonisierung erkannt. Im Jahr 2022 wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) der Expertenkreis zur „Transformation der Automobilwirtschaft“ (ETA) aufgesetzt. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe (AhG) „Dekarbonisierung“ befasst sich mit der Entwicklung von Handlungsempfehlungen zur Überwindung von bestehenden Hemmnissen in der Klimabilanzierung. Parallel dazu entwickelt die Initiative Catena-X eine digitale Plattform zur Kommunikation von Daten u.a. PCF in der Wertschöpfungskette.

Das Projektteam von Hamburg Institut Research (HIR) und Horváth & Partner (HOR) wurde durch das Umweltbundesamt (UBA) beauftragt, die Arbeit der AhG durch die im vorliegenden Bericht dokumentierte Forschung zu unterstützen. Der Fokus der Arbeit liegt auf der Analyse und Weiterentwicklung von Methoden zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen auf Produktebene.

Eine weitere, durch das BMWK beauftragte Begleitforschung befasst sich mit operativen Fragestellungen zum Thema und nimmt dabei vor allem Bezug auf die Unternehmensebene. Das Team der Begleitforschung wurde in die Arbeitsprozesse der AhG involviert und nahm an Veranstaltungen teil. Die Ergebnisse bilden dennoch die wissenschaftliche Arbeit im Projekt ab und decken sich nicht zwingend mit den Positionen der AhG.

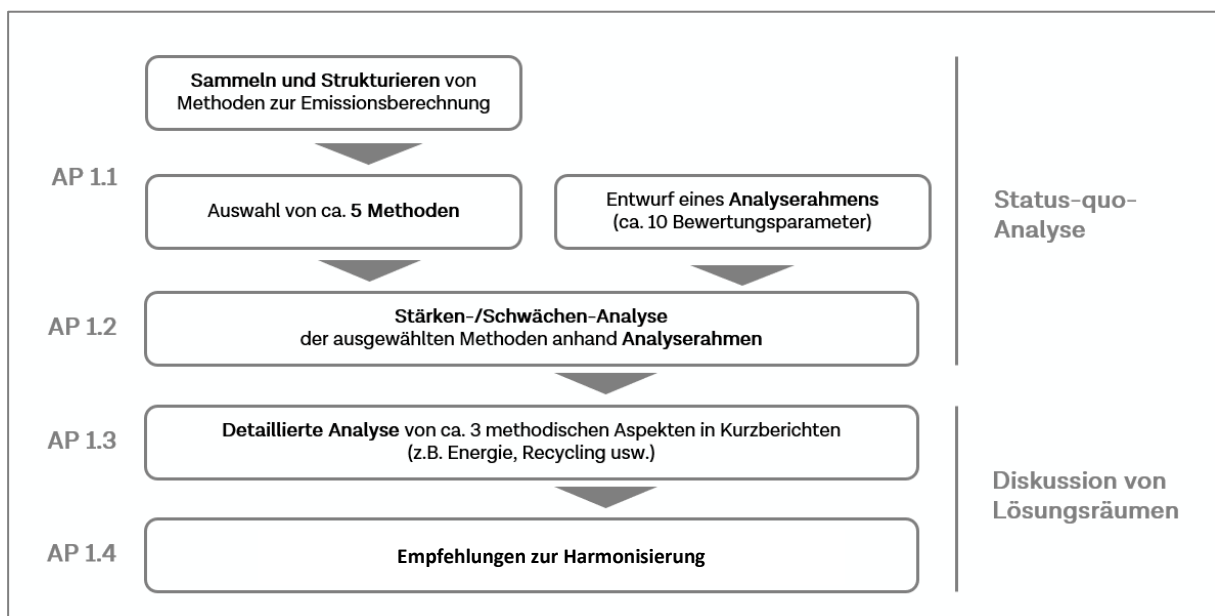


## 2 Methodisches Vorgehen im Projekt

Das Projekt gliederte sich in zwei Phasen. Um den Status quo der Treibhausgasbilanzierung zu verdeutlichen, wurden zunächst ausgewählte, für die automobiler Wertschöpfungskette relevante Standards und Normen anhand charakteristischer methodischer Aspekte hinsichtlich Stärken und Schwächen analysiert (Kapitel 3-5). Dadurch wurden „Knackpunkte“ in der vorliegenden Methodik identifiziert.

Die benannten Schwachstellen und Hemmnisse wurden in der zweiten Projektphase (Kapitel 6) im Detail behandelt. Über die analysierten Standards hinaus wurden weitere Einflussfaktoren berücksichtigt und Lösungsansätze zur Überwindung der Hemmnisse diskutiert.

**Abbildung 1: Darstellung des Projektaufbaus**



Quelle: HIR Hamburg Institut Research

Beide Projektphasen beinhalteten einen periodischen Austausch mit der AhG und den darin involvierten Expert\*innen. Insbesondere in der Phase 2 sollten möglichst viele Perspektiven berücksichtigt und robuste Ergebnisse erzielt werden.

In Form von drei Kurzberichten (Kemper, Mundt & Sünkel, 2024) wurden im April 2024 detaillierte Analysen der Themenbereiche Energie, Recycling und Allokation auf der Internetseite des Expertenkreises Transformation der Automobilwirtschaft veröffentlicht. Weitere Fachexpertise aus Industrie und Wissenschaft wurden im Juni 2024 in drei themenbezogenen Workshops eingebunden. Die Ergebnisse aus den in den Workshops diskutierten Kurzpapieren finden sich in der vertiefenden Analyse in Kapitel 6.

Das Themenfeld des Projekts stellt sich als hochdynamisch und politisch getrieben dar. Die Arbeitsweise passte sich daran, indem die einzelnen Arbeitspakete nicht zwingend sequentiell, sondern auch iterativ bearbeitet wurden.

Detaillierte Arbeitsschritte werden jeweils zu Beginn der nachfolgenden Kapitel beschrieben.

### 3 Auswahl repräsentativer Methoden

Die automobiler Wertschöpfungskette zeichnet sich durch besondere Komplexität aus. Eine Vielzahl von Akteuren aus unterschiedlichen (Grundstoff-)Industrien ist an der Produktion eines Automobils beteiligt. Diesem hohen Vernetzungsgrad geschuldet, wirken im Kontext der Klimabilanzierung verschiedene Anforderungen zur Klimabilanzierung auf die Wertschöpfungskette. Unternehmen sind gefordert sowohl regulatorischen Vorgaben, gesellschaftspolitischen Erwartungen als auch den spezifischen Anforderungen von Kund\*innen zu entsprechen. Gleichzeitig stehen sie innerhalb der Lieferkette im Wettbewerb mit anderen Unternehmen.

Die sich aus regulatorischen Instrumenten ergebenden Anforderungen an die Unternehmen sind detailliert in Abschnitt 3.1 dargestellt.

Die Bestandsaufnahme fokussiert sich auf Grund der Komplexität des Produktionsprozesses auf drei Sub-Wertschöpfungsketten: Batterie, Stahl und Kunststoff. In Abschnitt 3.2 ist dieser Auswahlprozess und die Beschreibung der gewählten Wertschöpfungsketten dargestellt. Folgende Kriterien wurden zur Auswahl der Wertschöpfungsketten angesetzt:

- ▶ Anteil an den PCF-Emissionen: Die Wertschöpfungskette hat einen signifikanten Beitrag zum Gesamt-PCF eines Elektroautos (engl. *Battery electric vehicle*, kurz BEV).
- ▶ Relevanz für ein BEV: Die Wertschöpfungskette deckt eine signifikante Gruppe von Bauteilen eines BEV ab.
- ▶ Mögliche Einflussnahme der Automobilindustrie auf die Bilanzierungspraxis der jeweiligen Wertschöpfungskette ist gegeben.
- ▶ Relevanz in der Zulieferkette: Die Wertschöpfungskette beinhaltet Unternehmen unterschiedlicher Größe.

Einzelne Aspekte der Klimabilanzierung sind methodisch nicht eindeutig geklärt, bzw. lassen Unternehmen Freiraum in der Umsetzung, so dass es zu unterschiedlichen Anwendungen und damit zu unterschiedlichen Bilanzierungsergebnissen kommt. Die bilanzierten Emissionen von Produkten unterschiedlicher Unternehmen sind daher nicht unbedingt miteinander vergleichbar.

Die Bestandsaufnahme in Abschnitt 3.3. analysiert die unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden die in Form von Standards, Richtlinien oder Leitfäden verfügbar sind. Ziel dieser Bestandsaufnahme ist es nicht, ein vollständiges Bild aller Einwirkungen zu zeichnen, sondern die in der Praxis relevanten Methoden herauszufiltern, um an diesen dann die zentralen Unterschiede und gegebenenfalls Widersprüche aufzuzeigen. Damit wird die Grundlage für den weiteren Projektverlauf gelegt.

Im Fokus des vorliegenden Projekts stehen die Methoden zur Klimabilanzierung von Produkten. Darunter werden insbesondere Normen und Standards gefasst, in denen das Vorgehen zur Erstellung eines PCF beschrieben ist. Innerhalb der Bestandsaufnahme werden die Methoden daher hinsichtlich ihrer Ausrichtung auf die Produkt- und Unternehmensbilanzierung unterschieden. Auf das Zusammenspiel der Bilanzierung auf Unternehmens- und Produktebene wird in der vertiefenden Analyse der „Knackpunkte“ eingegangen.

Für die konkrete Analyse der Stärken und Schwächen werden zum Abschluss der Bestandsaufnahme fünf Methoden ausgewählt. Diese Auswahl erfolgt auf Basis folgender Kriterien:

### Die ausgewählten Methoden ...

- ▶ ... beziehen sich auf die Bilanzierung von Produkten.
- ▶ ... beinhalten mit Blick auf die drei ausgewählten Wertschöpfungsketten Vorgaben in unterschiedlichen Spezifizierungsgraden. Es finden sich also sowohl übergreifende als sektorspezifische Methoden in der Auswahl.
- ▶ ... sind auf verschiedene Stufen der ausgewählten Wertschöpfungsketten anwendbar. So wird sichergestellt, dass sämtliche relevanten Phasen und Prozesse in der Herstellung und Verarbeitung der jeweiligen Branche abgedeckt werden.
- ▶ ... besitzen entweder schon heute eine hohe Relevanz in der Praxis oder ihnen wird diesbezüglich ein hohes Potenzial zugeschrieben.

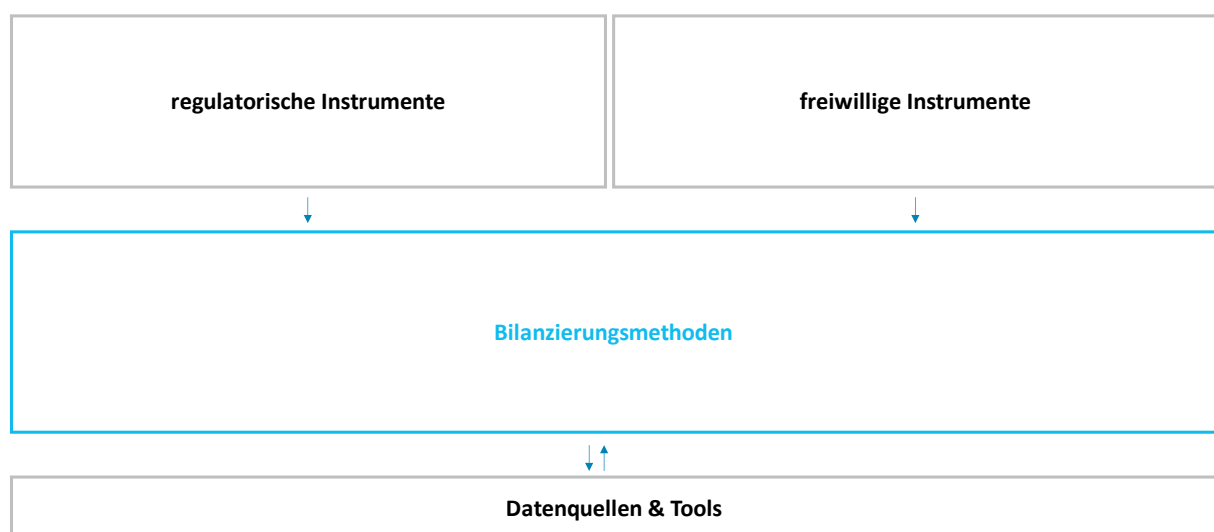
### 3.1 Anforderungen an unternehmerische Treibhausgasbilanzierung

Die Quantifizierung von Treibhausgasemissionen auf Unternehmens- und Produktebene wird von Organisationen in den unterschiedlichsten Kontexten verlangt. Diese Anforderungen lassen sich, wie in Abbildung 1 dargestellt kategorisieren. Einerseits werden im Kontext von regulatorischen Instrumenten, wie bspw. der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) oder der EU-Taxonomie, Anforderungen an eine Berichterstattung von Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) gestellt. Andererseits bestehen freiwillige Instrumente und Selbstregulierungsinitiativen wie bspw. das Carbon Disclosure Projekt (CDP) oder die Science Based Targets initiative (SBTi), im Rahmen derer eine THG-Berichterstattung gefordert wird.

Diese Instrumente referenzieren häufig auf bestehende Methoden zur THG-Bilanzierung, es werden aber auch Bilanzierungselemente nachgeschärft, eigene Methoden zur THG-Berichterstattung im jeweiligen Kontext entwickelt bzw. die Entwicklung von Methoden vorgeschrieben.

Für die THG-Bilanzierung selbst sind zudem entsprechende Datenquellen für Emissionsfaktoren sowie Tools zur Emissionserfassung und -nachverfolgung verfügbar. Letztere können eine wechselseitige Wirkung auf THG-Bilanzierungsmethoden entfalten. Die Überlegungen des Catena-X-Netzwerks, ebenso Tools zur Weitergabe von PCF-Daten entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette einzusetzen, geht mit einer Spezifizierung zur Bilanzierungsmethodik in diesem Kontext einher.

**Abbildung 2: Kategorisierung verschiedener Einwirkungen**



Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

#### 3.1.1 Regulatorische Instrumente

Zunächst erfolgt eine Übersicht über regulatorische Instrumente, die bei der THG-Bilanzierung der automobilen Wertschöpfungskette von Relevanz sind. Dabei wird ein Fokus daraufgelegt, ob eine Methodik zur Bilanzierung durch das jeweilige regulatorische Instrument vorgegeben wird und in welchem Umsetzungsstand bzw. Stand des Gesetzgebungsprozesses sich die Instrumente befinden.

Das klimapolitische Leitinstrument der EU, der **Europäische Emissionshandel** (2003/87/EG)<sup>1</sup>, funktioniert nach dem „Cap and Trade“-Prinzip mit einer staatlich festgelegten Obergrenze (Cap) für CO<sub>2</sub>e-Emissionen, die insgesamt höchstens emittiert werden dürfen. Alle Unternehmen, die am EU ETS teilnehmen, müssen für jede emittierte Tonne CO<sub>2</sub>e eine Emissionsberechtigung abgeben. Durch den Handel (Trade) von Emissionsberechtigungen in Form von Zertifikaten bildet sich am Markt ein Preis für CO<sub>2</sub>e. Derzeit sind energieintensive Industriezweige, darunter Öltraffinerien, Stahlwerke und die Produktion von Eisen, Aluminium, Metallen, Zement, Kalk, Glas, Keramik, Zellstoff, Papier, Pappe, Säuren und organischen Massenchemikalien sowie große (fossile) Energieanlagen, der europäische Flugverkehr und Schiffstransport vom EU ETS betroffen. Damit hat der EU-ETS direkte Einwirkung auf Unternehmen der automobilen Zulieferkette. Die Unternehmen übermitteln die Jahresemissionen des Berichtszeitraums sowie ein Monitoringkonzept jährlich an die zuständige Behörde.

Im Jahr 2005 als weltweit erstes internationales Emissionshandelssystem gegründet, befindet sich der Europäische Emissionshandel (EU ETS) aktuell in der 4. Phase (2021-2030)<sup>2</sup> der Umsetzung. Diese ist im Vergleich zu den vorherigen Phasen geprägt durch ein schnelleres Absinken der Gesamtzahl der Emissionszertifikate sowie einer Ausweitung des EU ETS auf die Sektoren Straßenverkehr und Gebäude ab 2027.

Bei der Wahl der Überwachungsmethodik können die Unternehmen entweder auf Berechnung (Standardmethodik gemäß Art. 24 oder Massenbilanzmethodik gemäß Art. 25 der Durchführungsverordnung EU/2018/2066<sup>3</sup>) oder eine auf Messung beruhende Methodik (gemäß Art. 21 der Durchführungsverordnung EU/2018/2066) zurückgreifen. Berechnungsgrundlagen sowie Regelungen zur Verwendung von Emissionsfaktoren sind im Anhang der Durchführungsverordnung U/2018/2066 festgelegt. So liefert Anhang IV bspw. Angaben zu Standardemissionsfaktoren.

Der **Carbon Border Adjustment Mechanism** (EU/2023/956)<sup>4</sup>, kurz CBAM, ist ein ergänzendes Instrument zum EU ETS, da der CBAM die freie Zuteilung von Emissionsberechtigungen im Rahmen des EU ETS sukzessive ersetzen soll. Im Rahmen des CBAM müssen Unternehmen für definierte Waren und Ausgangsstoffe, die in die EU importiert werden CBAM-Zertifikate erwerben. Damit soll sichergestellt werden, dass auch bei eingeführten Produkten die Emissionen aus der Produktion, sogenannte „embedded emissions“, eingepreist werden. So sollen Carbon Leakage vermieden und die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen erhalten werden. Die Preisbildung der CBAM-Zertifikate richtet sich dabei nach dem EU ETS. Zunächst gilt CBAM für die Einfuhr von Zement, Eisen und Stahl, Aluminium, Düngemittel, Strom und Wasserstoff. Bis 2030 soll CBAM schrittweise auf alle Güter im EU ETS angewendet werden. Während die CBAM-Verordnung einen Verweis auf die PEF-Methodik (Verweis auf die alte Version 2013/179/EU<sup>5</sup>) als Berechnungsgrundlage herstellte, ist dieser Verweis in der

<sup>1</sup> RICHTLINIE 2003/87/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates.

<sup>2</sup> RICHTLINIE (EU) 2023/959 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 10. Mai 2023 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Union und des Beschlusses (EU) 2015/1814 über die Einrichtung und Anwendung einer Marktstabilitätsreserve für das System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Union.

<sup>3</sup> DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2018/2066 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2018 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 601/2012 der Kommission.

<sup>4</sup> VERORDNUNG (EU) 2023/956 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 10. Mai 2023 zur Schaffung eines CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichssystems.

<sup>5</sup> EMPFEHLUNG DER KOMMISSION vom 9. April 2013 für die Anwendung gemeinsamer Methoden zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen.

Durchführungsverordnung EU/2023/1773<sup>6</sup> nicht mehr zu finden. Stattdessen wird dort auf den EU ETS für die Berechnung der grauen Emissionen verwiesen (insbesondere Durchführungsverordnung EU/2018/2066). Nach einer Übergangsphase vom 1. Oktober 2023 bis zum 31. Dezember 2025, in der lediglich über die eingebetteten Emissionen berichtet werden soll, beginnt ab 2026 dann die endgültige Implementierungsphase, die neben der jährlichen CBAM-Meldung auch die Abgabe von CBAM-Zertifikaten beinhaltet.

Ein weiteres regulatorisches Instrument ist die **EU-Taxonomie** (EU/2020/852)<sup>7</sup>. Die Taxonomie-Verordnung enthält Kriterien zur Bestimmung, ob eine Wirtschaftstätigkeit als „ökologisch nachhaltig“ einzustufen ist. Unternehmen, die in den Anwendungsbereich der CSRD (s. unten) fallen, müssen in ihren Jahresberichten angeben, wie und in welchem Umfang die Tätigkeiten des Unternehmens mit Wirtschaftsaktivitäten verbunden sind, die als ökologisch nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten gemäß der Taxonomie einzustufen sind. Voraussetzung dafür, dass eine Wirtschaftstätigkeit als „ökologisch nachhaltig“ gilt, ist im Kern, dass sie einen wesentlichen Beitrag zu mindestens einem der in der Verordnung festgelegten Klima- und Umweltziele leistet und gleichzeitig keinem der anderen Ziele erheblich schadet. Die EU legt in delegierten Rechtsakten Leistungskriterien (sogenannte „technische Prüfkriterien“) fest, die dies sicherstellen sollen. Die sechs Klima- und Umweltziele sind (1) Klimaschutz, (2) Anpassung an den Klimawandel, (3) Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen, (4) Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, (5) Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung sowie (6) Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und Ökosysteme. Der „Climate Delegated Act“ (EU/2021/2139)<sup>8</sup> definiert die technischen Prüfkriterien für die ersten beiden Ziele (Klimaschutz und -anpassung). Darin werden Bewertungskriterien u.a. für Eisen und Stahl sowie Kunststoffe in Primärformen aufgestellt, die auch THG-Emissionsschwellen vorgeben. Die THG-Emissionen sollen nach EU PEF/OEF (Verweis auf die alte Version 2013/179/EU) oder alternativ ISO 14067:2018 oder ISO 14064-1:2018 berechnet werden. Die Taxonomie-Verordnung ist am 12. Juli 2020 in Kraft getreten. Für Unternehmen, die in den Geltungsbereich der CSRD fallen, gilt seit Januar 2022 eine verpflichtende Berichterstattung für die Klimaschutz- und Klimaanpassungsziele und seit Januar 2023 für die anderen vier Klima-/Umweltziele der Taxonomie. Durch die CSRD-Veröffentlichung erweitert sich sukzessive der Kreis der berichtspflichtigen und somit von der Taxonomie betroffenen Unternehmen.

Die bereits erwähnte **Corporate Sustainability Reporting Directive** (EU/2022/2464)<sup>9</sup>, kurz CSRD, verfolgt als Weiterentwicklung der Non-Financial Reporting Directive (NFRD) das Ziel, die Nachhaltigkeitsberichterstattung auf eine Stufe mit der Finanzberichterstattung zu stellen. Die CSRD trat am 5. Januar 2023 in Kraft und muss innerhalb von 18 Monaten in allen EU-Mitgliedstaaten in nationales Recht überführt werden. Solche Unternehmen, die bereits nach NFRD berichten, müssen erstmals im Jahr 2025 (über das Geschäftsjahr 2024) berichten. Anschließend wird sich der Kreis der berichtspflichtigen Unternehmen sukzessive erweitern.

<sup>6</sup> DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2023/1773 DER KOMMISSION vom 17. August 2023 mit Vorschriften über die Anwendung der Verordnung (EU) 2023/956 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die im Übergangszeitraum geltenden Berichtspflichten für die Zwecke des CO<sub>2</sub>-Grenzausgleichssystems.

<sup>7</sup> VERORDNUNG (EU) 2020/852 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088.

<sup>8</sup> DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2021/2139 DER KOMMISSION vom 4. Juni 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung der technischen Bewertungskriterien, anhand deren bestimmt wird, unter welchen Bedingungen davon auszugehen ist, dass eine Wirtschaftstätigkeit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel leistet, und anhand deren bestimmt wird, ob diese Wirtschaftstätigkeit erhebliche Beeinträchtigungen eines der übrigen Umweltziele vermeidet.

<sup>9</sup> RICHTLINIE (EU) 2022/2464 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen.

Teil der CSRD sind einheitliche EU-Standards für Nachhaltigkeitsinformationen, die sogenannten European Sustainability Reporting Standards (ESRS).<sup>10</sup> ESRS E1 definiert die Offenlegungskriterien im Bereich „Climate Change“ und referenziert den GHG Protocol Standard (Version 2004), GRI 305 (Version 2016) sowie die EU OEF-Methodik gemäß der Kommissionsempfehlung EU/2021/2279<sup>11</sup>. Im Rahmen der delegierten Verordnung EU/2023/5303 der CSRD wird in Annex I hinsichtlich der Berechnungsmethodik auch auf die Anforderungen der ISO 14064-1:2018 verwiesen. Unternehmen werden so zu einer Berichterstattung ihrer Scope 1, 2 und 3 Emissionen verpflichtet. Zudem sollen auch sektorspezifische ESRS entwickelt werden.

Die ursprüngliche **Ökodesign-Richtlinie** (2009/125/EG)<sup>12</sup> soll erreichen, dass Umweltauswirkungen energieverbrauchsrelevanter Produkte unter Berücksichtigung des gesamten Lebensweges gemindert werden. Dazu werden Mindestanforderungen an das Produktdesign festgelegt. Am 30. März 2022 wurde der Vorschlag der Kommission (2022/0095/COD)<sup>13</sup> für eine darauf aufbauende, **neue Ökodesign-Verordnung** für nachhaltige Produkte (Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)) veröffentlicht, welche im Juli 2024 als Verordnung EU/2024/1781<sup>14</sup> in Kraft trat. Der Vorschlag erweiterte den möglichen Regulierungsbereich von bisher nur energieverbrauchsrelevanten Produkten um neue Produktgruppen wie etwa Grundstoffe. Die ESPR legt Anforderungen fest und schafft so einen Rahmen, um die Kreislauffähigkeit, Energieeffizienz und andere Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit bestimmter Produktgruppen zu verbessern. Dies ermöglicht die Festlegung von Leistungs- und Informationsanforderungen für fast alle Kategorien physischer Güter, die auf dem EU-Markt in Verkehr gebracht werden. Indem Endprodukte selbst abgedeckt werden, wird über die Herstellung von Grundstoffen und Ausgangsmaterialkomponenten hinausgegangen. Die Kommission wird auf der Grundlage von Folgenabschätzungen Durchführungsmaßnahmen zu den definierten Produktgruppen erlassen. Als zugrundeliegende Berechnungsmethodik wird gemäß der Kommissionsempfehlung EU/2021/2279 auf die PEF-Methodik verwiesen. Zudem soll ein digitaler Produktpass etabliert werden, der Auskunft über die Umweltverträglichkeit von Produkten gibt (z.B. Haltbarkeit und Reparierbarkeit, Recyclinganteil und Verfügbarkeit von Ersatzteilen eines Produkts). Der digitale Produktpass soll zudem Informationen zu Emissionen enthalten.

Ein zentrales regulatorisches Instrument im Automobilssektor sind CO<sub>2</sub>-Emissionsgrenzen, sogenannte **Flottengrenzwerte für Fahrzeuge**. Dabei wird festgelegt, dass die durchschnittlichen Emissionen der neu zugelassenen Fahrzeuge eines Herstellers einen gesetzlich fixierten Grenzwert in Gramm CO<sub>2</sub> pro gefahrenen Kilometer nicht überschreiten dürfen. Die Grenzwerte gelten für den Durchschnitt aller in der EU neu zugelassenen PKW eines Herstellers und werden daher als Flottengrenzwerte bezeichnet. Bei der Einführung der gesetzlich verbindlichen CO<sub>2</sub>-Grenzwerte in der EU im Jahr 2015 galt ein Flottengrenzwert von

---

<sup>10</sup> ANNEX to the Commission Delegated Regulation (EU) 2023/2772 supplementing Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council as regards sustainability reporting standards.

<sup>11</sup> 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.

<sup>12</sup> RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Neufassung).

<sup>13</sup> Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/125/EG.

<sup>14</sup> VERORDNUNG (EU) 2024/1781 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juni 2024 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte, zur Änderung der Richtlinie (EU) 2020/1828 und der Verordnung (EU) 2023/1542 und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/125/EG.

130g CO<sub>2</sub>/km, welcher ab 2020 auf 95g CO<sub>2</sub>/km verschärft wurde. Im November 2022 hat die Kommission zudem ihren Vorschlag (2022/0365/COD)<sup>15</sup> für die Euro-7-Abgasnorm vorgestellt, mit der die Emissionsgrenzwerte für Autos, Busse und Lastwagen in einer Abgasnorm gebündelt werden sollen. Die Flottengrenzwerte sind im Kontext dieses Projekts derzeit nicht relevant, weil aktuell nur die Nutzungsphase betrachtet wird. Die Verordnung EU/2023/851<sup>16</sup> gibt jedoch an, dass zukünftig die CO<sub>2</sub>-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus von PKWs und leichten Nutzfahrzeugen eine Rolle spielen werden und die Kommission dafür bis zum 31. Dezember 2025 einen Bericht mit einer Methode zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus vorlegen wird.

Die am 17. August 2023 in Kraft getretene **Batterieverordnung** (EU/2023/1542)<sup>17</sup> ersetzt die Batterierichtlinie (2006/66/EC)<sup>18</sup> und enthält Anforderungen an die Nachhaltigkeit, Sicherheit, Kennzeichnung und Information, die das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme von Batterien in der EU ermöglichen. Im Zuge dessen muss bei Elektrofahrzeugbatterien und wiederaufladbaren Industriebatterien mit einer Kapazität von mehr als 2 kWh und LV-Batterien eine Erklärung zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck erstellt werden. Für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks wird auf die PEF-Methodik verwiesen. Die Kommission legte im April 2024 einen Entwurf einer delegierten Verordnung vor, in dem die genaue Methode zur Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks festgelegt wird (European Commission [EC], 2024b), vgl. Kapitel 3.3.2. In Art. 7 der Batterieverordnung werden Regeln für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Batterien für Elektrofahrzeuge und wiederaufladbare Industriebatterien festgelegt. Demnach muss ab dem 18. Februar 2025 eine Erklärung zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck abgegeben werden, ab dem 18. August 2026 werden Batterien einer Klassifizierung in Leistungsklassen für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unterzogen und ab dem 18. Februar 2028 müssen Batterien den Höchstwert des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks im Lebenszyklus einhalten. Zudem schreibt Art. 77 vor, dass ab dem 18. Februar 2027 jede Batterie über einen Batteriepass verfügen muss, der spezifische Informationen über das Batteriemodell enthält.

Die Kommission hat am 13.07.2023 einen Vorschlag für eine **neue Altfahrzeug-Verordnung** (EU/2023/0284)<sup>19</sup> veröffentlicht, der Anforderungen an die Kreislauffähigkeit der Fahrzeugkonstruktion und das Management von Altfahrzeugen enthält. Der Vorschlag basiert auf einer Bewertung bestehender Rechtsvorschriften (u.a. der Altfahrzeug-Richtlinie (2000/53/EG)<sup>20</sup>), welche gezeigt hat, dass erhebliche Verbesserungen erforderlich sind, um den Übergang der Automobilindustrie zu einer Kreislaufwirtschaft voranzutreiben und so die Umweltauswirkungen im Zusammenhang mit der Herstellung und Entsorgung von Fahrzeugen zu verringern und die Nachhaltigkeit der Automobil- und Recyclingindustrie in Europa zu stärken. Dafür sieht der Vorschlag u.a. vor, dass mind. 25 % des Kunststoffes in der Fahrzeugherstellung recycelt sein muss und dass 30 % der Kunststoffe aus Altfahrzeugen

---

<sup>15</sup> Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Motoren sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Emissionen und der Dauerhaltbarkeit von Batterien (Euro 7) und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 715/2007 und (EG) Nr. 595/2009.

<sup>16</sup> VERORDNUNG (EU) 2023/851 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. April 2023 zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/631 im Hinblick auf eine Verschärfung der CO<sub>2</sub>-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge im Einklang mit den ehrgeizigeren Klimazielen der Union

<sup>17</sup> VERORDNUNG (EU) 2023/1542 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG.

<sup>18</sup> RICHTLINIE 2006/66/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 6. September 2006 über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Alttakkumulatoren und zur Aufhebung der Richtlinie 91/157/EWG.

<sup>19</sup> Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über Anforderungen an die kreislauffähige Konstruktion von Fahrzeugen und über die Entsorgung von Altfahrzeugen, zur Änderung der Verordnungen (EU) 2018/858 und (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinien 2000/53/EG und 2005/64/EG.

<sup>20</sup> Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge.



recycelt werden sollen. In einem Durchführungsrechtsakt wird die Kommission eine neue Methode zur Berechnung und Überprüfung der Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit eines Fahrzeugs festlegen. Bis eine solche Methodik festgelegt ist, soll eben jenes weiterhin gemäß der Norm ISO 22628:2002 berechnet werden.

Ein weiteres regulatorisches Instrument, das für die Klimabilanzierung im Automobilsektor Relevanz entfaltet, ist die **Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD)** (EU/2022/0051)<sup>21</sup>, das „Europäisches Lieferkettengesetz“. Die Richtlinie wurde im Sommer 2024 verabschiedet. Die nationale Umsetzung findet sich im deutschen Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG)<sup>22</sup>, welches bereits vor der CSDDD in Kraft war und um die Anforderungen dieser erweitert wurde (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz [BMUV], 2024). Ziel der Richtlinie ist die Förderung von nachhaltigem und verantwortungsvollem Unternehmensverhalten und die Verankerung von Menschenrechts- und Umweltaspekten in der Geschäftstätigkeit und Unternehmensführung von Unternehmen. Dafür legt die Richtlinie Sorgfaltspflichten für Unternehmen fest, die im Kern darin bestehen, negative Auswirkungen auf Menschenrechte und Umwelt im eigenen Unternehmen, in den Tochtergesellschaften und in den Wertschöpfungsketten des Unternehmens zu erkennen, zu bilanzieren, zu verhindern, zu mildern und zu beenden. Die Mitgliedstaaten sollen sicherstellen, dass Unternehmen THG-Emissionsreduktionsziele in diesen Plan mitaufnehmen. Um keine doppelte Berichtsanforderung zu schaffen, wird hierzu auf die Vorlage des Klimaplanes im Sinne der CSRD verwiesen. Dessen Gestaltung orientiert sich wiederum am ESRS E1.

Mit der **Green Claims Directive** (EU/2023/0085)<sup>23</sup> hat die Kommission im März 2023 einen Vorschlag für eine Richtlinie gegen Greenwashing und irreführende Umweltaussagen vorgelegt. Die Green Claims Directive soll damit die Richtlinie EU/2024/825<sup>24</sup> zum Verbraucherschutz ergänzen. Damit Unternehmen bei freiwilligen Umweltaussagen über ihre Produkte oder Dienstleistungen Mindeststandards einhalten, werden in dem Vorschlag Regeln zur Nachweisbarkeit und Kommunikation dieser Aussagen aufgestellt. Ziel ist Transparenz zu schaffen und durch vertrauenswürdige Umweltaussagen informierte Kaufentscheidungen zu unterstützen. Gleichzeitig soll die Wettbewerbsfähigkeit von Marktteilnehmenden gestützt werden, die sich um eine erhöhte Umweltverträglichkeit ihrer Produkte bemühen. Der Vorschlag setzt dabei einen Fokus auf die Verwendung von Primärdaten und verfolgt einen „Lebenszyklus“-Ansatz. Im Zuge der Begründung von Umweltaussagen von Unternehmen sollte die Berechnung von THG-Emissionen eine zentrale Rolle spielen. Der Kommissionsentwurf regelt auch den Umgang mit Kompensationen in Bezug auf die THG-Emissionen, es wird jedoch keine Berechnungsmethodik für THG-Emissionen vorgegeben. Zwar wird in den Erwägungsgründen die EU PEF/OEF-Methodik referenziert, als verbindlich anzuwendende Methodik taucht sie aber nicht auf.

Neben den bisher dargestellten regulatorischen Instrumenten sollte auch erwähnt werden, dass die EU & USA eine globale Vereinbarung zur Bekämpfung der CO<sub>2</sub>-Intensität und globalen

---

<sup>21</sup> RICHTLINIE (EU) 2024/1760 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juni 2024 über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeit und zur Änderung der Richtlinie (EU) 2019/1937 und der Verordnung (EU) 2023/2859.

<sup>22</sup> Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten (Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz - LkSG).

<sup>23</sup> Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Begründung ausdrücklicher Umweltaussagen und die diesbezügliche Kommunikation (Richtlinie über Umweltaussagen).

<sup>24</sup> RICHTLINIE (EU) 2024/825 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 28. Februar 2024 zur Änderung der Richtlinien 2005/29/EG und 2011/83/EU hinsichtlich der Stärkung der Verbraucher für den ökologischen Wandel durch besseren Schutz gegen unlautere Praktiken und durch bessere Informationen.

Überkapazitäten im Stahl- und Aluminiumsektor anstreben: das **Global Arrangement on Sustainable Steel and Aluminium (GSA)**. Im Rahmen dieses Vorhabens haben die EU & USA im Oktober 2021 in einem gemeinsamen Statement angekündigt, dass eine technische Arbeitsgruppe eingerichtet werden soll, die u.a. mit der Entwicklung einer gemeinsamen Methodik und dem Austausch relevanter Daten zur Bewertung der eingebetteten Emissionen von gehandeltem Stahl und Aluminium beauftragt ist (Europäische Kommission, 2021b). Laut einem Bericht von Juli 2023, wurden mittlerweile zwei Arbeitsgruppen eingerichtet, eine für den Aspekt der CO<sub>2</sub>-Intensität und eine für den Aspekt der Überkapazitäten (Kleimann, 2023). Allerdings wurden noch keine Ergebnisse der Arbeitsgruppen veröffentlicht (Stand: Oktober 2023).

Von Relevanz ist zudem das **International Life Cycle Data System (ILCD)**. Dabei handelt es sich um eine seit 2005 vom Joint Research Centre (JRC), dem wissenschaftlichen Dienst der EU-Kommission, und dem Directorate-General for Environment (DG ENV) der Kommission entwickelte Initiative (European Commission). Diese hat das Ziel, Leitlinien und Standards für mehr Konsistenz und Qualitätssicherung bei der Anwendung von Life Cycle Assessment (LCA) bereitzustellen. Ein essentieller Beitrag zum ILCD bildet das ILCD-Handbuch, welches eine Reihe von Veröffentlichungen im Einklang mit den internationalen Standards ISO 14040 und 14044 enthält (EC, Joint Research Center [JRC] & Institute for Environment and Sustainability, 2010). So steht bspw. mit dem "General Guide for Life Cycle Assessment" ein umfassender und detaillierter Leitfaden zur Verfügung, der alle Aspekte der Durchführung von LCAs abdeckt. Im Rahmen des ILCD wird auch der EU PEF/OEF entwickelt.

### 3.1.2 Freiwillige Instrumente

Neben den bestehenden regulativen Vorgaben agieren Unternehmen in einem Umfeld, in dem unternehmerische Klimaschutzaktivitäten in der Öffentlichkeitsarbeit und insbesondere zur Gewinnung und Bindung von Kund\*innen genutzt werden.

Eine freiwillige Nachhaltigkeitsberichterstattung kann nach dem Berichtsstandard der UN GC (UN Global Compact), der ISO 26000 oder der Global Reporting Initiative (GRI) erstellt werden. Nach diesen Standards berichten Unternehmen neben den wirtschaftlichen Zahlen auch über die sozialen und umweltbezogenen Wirkungen ihrer Geschäftstätigkeit. Neben anderen umwelt- und sozial relevanten Themen werden in diesen Berichten auch Treibhausgase erfasst. Grundsätzlich ist dabei die Bilanzierungsmethode für Emissionen freigestellt, die Standards empfehlen jedoch die Bilanzierung nach dem GHG Protocol.

Neben der Veröffentlichung von Daten zur Nachhaltigkeit, legen Unternehmen in freiwilligen Klimaschutzstrategien auch ihre THG-Emissionen offen und setzen sich Klimaschutzziele. Diese werden auf Vergleichsportalen veröffentlicht und in Finanz- oder Investmentratings verwendet. Klimaschutzziele dienen dazu, das unternehmerische Engagement im Klimaschutz öffentlichkeitswirksam zu nutzen, Kund\*innen zu binden und zu gewinnen und im Vergleich mit der Konkurrenz wettbewerbsfähig zu bleiben. Zudem wird die Anforderung möglichst geringer produktbezogener Emissionen mittlerweile in Ausschreibungen integriert und kann neben dem Preis ausschlaggebend für die Vergabe von Aufträgen sein. So wird der Bedarf an Daten zum unternehmensinternen oder produktbezogenen Carbon Footprint in der Lieferkette weitergegeben.

Im Folgenden werden einige Initiativen genannt, die Unternehmen öffentlichkeitswirksam unterstützen, ihre THG-Emissionen offenzulegen

**RE100** ist eine 2014 in Zusammenarbeit mit CDP gegründete und global aktive Initiative, in der sich die beitretenden Unternehmen dem Ziel verpflichten, 100 % ihres Strombedarfs aus EE zu

decken. Die so durch Unternehmen erhöhte Ökostromnachfrage soll den Ausbau der EE auf globaler Ebene vorantreiben. Gleichzeitig soll ein Zeichen für den Bedarf eines konsequenten Ausbaus an die Politik gesendet werden. RE100 veröffentlicht die Meilensteine der Unternehmen auf dem Weg zur Zielerreichung und zeichnet besonders fortschrittliche Unternehmen aus. Der Bezug aus Anlagen die jünger als 5, 10 oder 15 Jahre sind, wird dabei besonders hervorgehoben. RE100 legt zusätzliche Nachhaltigkeitskriterien an Strom aus Biomasse oder Wasserkraft an. Seit der Gründung der Initiative hat sie ihre Ziele verschärft und strebt nun bis 2040 CO<sub>2</sub>-freie Stromnetze an. Dazu fordert sie die beigetretenen Unternehmen auf, ebenfalls ihre Ziele anzupassen und früher als ursprünglich geplant zu erreichen (RE100, 2023).

**CDP - Carbon Disclosure Project** ist im Jahr 2000 eine der ersten Plattformen, auf der Unternehmen die Klimawirkung ihrer Geschäftstätigkeiten freiwillig veröffentlichen können. Unternehmen berichten jährlich über einen Fragenkatalogs, der von CDP gegengeprüft wird. Zur THG-Bilanzierung bezieht sich CDP auf die Vorgaben des GHG Protocols. Da der CDP eingereichte Bericht ebenfalls für die Berichte an RE100 und SBTi genutzt werden kann, erhält die Bilanzierungsmethode des GHG Protocols auch in diesen Standards eine größere Bedeutung. Ein von CDP erstelltes Ranking zeichnet die am besten performenden Unternehmen aus (Carbon Disclosure Project [CDP], 2023). Diese Daten dienen zur Information der Öffentlichkeit und fließen zudem in Unternehmensratings von Investoren und Banken ein.

Nach Verabschiedung des internationalen Klimaschutzabkommens von Paris 2015 hat sich die **SBTi - Science-Based-Target Initiative** mit der Zielsetzung gegründet, das Ziel die Erderwärmung nicht über 1,5 °C ansteigen zu lassen, in die Privatwirtschaft zu übertragen. Indem Unternehmen sich ebenfalls dem 1,5°C Ziel verpflichten und ihre Klimastrategien wissenschaftsbasiert aufbauen. Ziel der SBTi ist eine CO<sub>2</sub>-freie Wirtschaft. Dazu sind ein Standard zur Setzung wissenschaftsbasierter Ziele und sektorspezifische Leitlinien entwickelt worden. Für die Quantifizierung der THG-Emissionen referenziert SBTi den Corporate Standard des GHG Protocols und ergänzt einige Spezifizierungen z.B. zur Bilanzierung der Scope 2 Emissionen im Basisszenario oder der miteinzubeziehenden Scope 3 Emissionen. Im Oktober 2023 wurde ein Leitlinienentwurf zur Kommentierung veröffentlicht, nach dem Automobilhersteller sich mittel- und langfristige Ziele setzen sollen um die Emissionen in den Scopes 1, 2 und 3 konform mit dem 1,5° Ziel des Paris Abkommens zu reduzieren (Science Based Targets initiative [SBTi], 2023).

Alle diese branchenübergreifenden und global agierenden Initiative verwenden unternehmensbezogene Daten für die Offenlegung. Zur Weitergabe der Emissionsdaten entlang der Lieferkette werden jedoch zunehmend produktbezogene Bilanzierungen von Kund\*innen angefordert.

Auf die für die Bereiche Stahl, Kunststoff und Batterie relevanten Initiativen wird nachfolgend in der Bestandsaufnahme zu den Methoden in Kapitel 3.3 und in der vertiefenden Analyse in Kapitel 6 im Detail eingegangen.

Auf die grundsätzliche Problematik der praktischen Anwendung und Vergleichbarkeit von PCFs wird in den Kapiteln 3.3 und 5.4.2 und 6.4.4 sowie 7. eingegangen.

### 3.1.3 Tools und Datenquellen

Relevant für die Berechnung von Treibhausgasemissionen eines Produktes, Produktionsprozesses oder anderer Geschäftsaktivität sind Emissionsfaktoren, die den Inputmaterialien oder der genutzten Energie zugeordnet werden. Für die Zielerreichung sinkender Carbon Footprints sind entweder im Zeitverlauf abnehmende Emissionsfaktoren oder

am Produktionsstandort selbst weniger Inputmaterial bzw. ein geringerer Energiebedarf notwendig.

Die Art und Weise wie diese Emissionsfaktoren ermittelt und die Berechnung durchgeführt wurde, kann zur Transparenz und Glaubwürdigkeit der Bilanzierung beitragen. Emissionsdaten können händisch zusammengestellt werden oder digitalisiert mit Hilfe von Tools zur Datenerfassung.

Nur in seltenen Fällen stehen Emissionsfaktoren aus dem konkreten Produktionsprozess, sogenannte Primärdaten, oder sogar standortspezifische Daten (site specific data) zur Verfügung. Daher wird auf Sekundärdaten zurückgegriffen, die auf Erfahrungs-, Durchschnitts- oder Schätzwerten basieren. Damit Sekundärdaten die Emissionswerte so realitätsnah wie möglich wiedergeben, ist ihre Qualität von besonderer Bedeutung. ISO 14067 und der Product Standard des Greenhouse Gas Protocol definieren Kriterien für die Einschätzung der Daten, die sich so oder in ähnlicher Kombination in anderen Leitfäden wie PEF oder dem WBCSD Pathfinder wiederfinden:

Demnach sollen Emissionsfaktoren

- ▶ so aktuell wie möglich sein (time-related coverage)
- ▶ in geografischer Nähe ermittelt sein (geographical coverage)
- ▶ der Technologie entsprechen (technological coverage).

Zusätzlich sollen die Berechnungen genau, vollständig, konsistent und repräsentativ sind. ISO 14067 fordert darüber hinaus, dass sie wiederholt anwendbar sind und dass die Datenquelle sowie der Grad der Ungenauigkeit genannt werden.

Verschiedene, zum Teil auch kostenpflichtige Datenbanken bieten Emissionsdaten für einzelne Aktivitäten, Materialien, Rohstoffe oder Produkte an. Zu den bekanntesten zählen bspw. EcoInvent und die GaBi-Datenbank. Alle verfügbaren Datenbanken sind im Global LCA Data Access Network (GLAD) veröffentlicht.

Diese Werte sind entweder global anwendbar oder können regional zugeordnet werden. Sekundärdaten anerkannter Datenbanken bieten die Sicherheit, dass die Berechnung korrekt erfolgte und überprüft wurde. Darüber hinaus geben einzelne Verbände bereits branchenspezifische Emissionsfaktoren mit potenziell größerer Genauigkeit heraus. Unternehmen stehen also vor der Herausforderung entweder Primärdaten zu verwenden oder die Qualität von Sekundärdaten abschätzen zu müssen. Dies ist insbesondere in umfangreichen Lieferketten schwierig.

Daher wächst die Anforderung, materialbezogene Emissionsfaktoren entlang der Lieferkette zu ermitteln und weiterzureichen. So würden die Emissionswerte dem Material entlang der Lieferkette folgen und könnten zu jedem Produktionszeitpunkt zu einem Carbon Footprint zusammengeführt werden. Entscheidet sich ein Unternehmen dafür, von Vorlieferanten übermittelte Emissionsdaten zu nutzen, ist es wichtig, dass es darauf vertrauen kann, dass diese Daten korrekt ermittelt und vertrauenswürdig sind. Insbesondere dann, wenn die Werte geringer sind als die der Sekundärdatenbanken.

Damit die Qualität der Daten transparent beurteilt werden kann, sind neben Informationen zu den Datenquellen Informationen zur Datenerfassung notwendig. Um dies zu ermöglichen und die Weitergabe von Daten zu erleichtern, gibt es am Markt bereits mehrere Anbieter von digitalen Lösungen. Diese reichen von der reinen softwaregestützten THG-Erfassung bis zu Anwendungen für ein komplettes Lieferkettenmanagement. Für die Automobilindustrie wird

derzeit mit Catena-X hierzu ein Pilotprojekt umgesetzt. Auf Catena-X wird innerhalb dieses Projektes gesondert und im nachfolgenden Kapitel 5.1 detaillierter eingegangen. Auch die Together for Sustainability Initiative aus dem Kunststoffsektor denkt die Weitergabe der Daten mit und entwickelt eine Sharing Platform. Diese soll die einfache und digitalisierte Übermittlung von Daten ermöglichen (Smets et al.).

### 3.2 Auswahl von Wertschöpfungsketten

Zur weiteren Analyse werden drei Wertschöpfungsketten nach den unten beschriebenen Kriterien ausgewählt:

- ▶ Anteil der Wertschöpfungskette am PCF eines Elektrofahrzeugs
- ▶ Relevanz des Bauteils/ des Materials in der Produktion eines Elektrofahrzeugs
- ▶ Repräsentanz unterschiedlicher Unternehmenstypen innerhalb der Wertschöpfungskette und
- ▶ Einflussmöglichkeit der Automobilindustrie auf die Wertschöpfungskette

Bei der Beurteilung des Einflusses auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen im PCF eines Elektrofahrzeugs wird nicht nur die Produktion des Fahrzeugs selbst, sondern auch die Rohstoffgewinnung, die Herstellung von Zwischenprodukten und die Montage des Fahrzeugs betrachtet. Zu den Wertschöpfungsketten mit einem erheblichen Anteil am Gesamt-PCF eines BEV zählen Batterien und die Materialien Kunststoff und Stahl. Dabei macht Stahl etwa 16 %, Kunststoff 8 % und die Batteriekomponenten beeindruckende 30 % des Gesamt-PCF aus (Agora Verkehrswende, 2019).

Diese drei Wertschöpfungsketten umfassen zudem wichtige Bauteile eines BEV und zeichnen sich durch eine umfangreiche Anzahl von notwendigen Produktionsschritten aus. Darüber hinaus werden in der Produktion alle wichtigen Stufen der gesamten Wertschöpfungskette eines Elektrofahrzeugs durchlaufen.

Über das dritte Kriterium wird sichergestellt, dass in den ausgewählten Wertschöpfungsketten sowohl die für ein BEV relevanten Industrien als auch Zulieferunternehmen unterschiedlicher Größe inbegriffen sind. Indem Kleinunternehmen, mittelständische Betriebe und Großkonzernen in die Betrachtung einbezogen wurden, können in der weiterführenden Analyse Bilanzierungsmethoden ausgewählt werden, die für alle Unternehmen realisierbar und umsetzbar sind. Die Einflussmöglichkeit der Automobilindustrie auf diese drei Wertschöpfungsketten ist unterschiedlich groß, je nachdem wie stark die OEM in der jeweiligen Wertschöpfungskette unternehmerisch involviert sind. Eine Übersicht der Auswahlkriterien und ihre Relevanz in den drei Wertschöpfungsketten zeigt Tabelle 1.

**Tabelle 1: Kriterien zur Auswahl der Wertschöpfungsketten**

	Stahl	Kunststoff	Batterie
Beitrag zum Gesamt-PCF eines BEV <sup>1)</sup>	ca. 16 %	ca. 8 %	ca. 30 %
Repräsentatives Bauteil	Karosserie, Schrauben und Kleinmaterial, Federn, Achse	Cockpit, Türverkleidungen, Innenverkleidungen, Gurtsystemhalterung	Batterie

	Stahl	Kunststoff	Batterie
Einflussmöglichkeit der Automobilindustrie	Mittel (Automobilindustrie für die Stahlindustrie zweitwichtigster Abnehmer nach Bauindustrie)	Gering (Automobilindustrie im Vergleich zu Lebensmittel und anderen Industrien kleiner Abnehmer - Einfluss der OEMs auf spezifische Zulieferer in diesem Gebiet jedoch hoch)	Hoch (teilweise eigene Produktion bzw. Joint-Venture oder Partnerschaften im Bereich Batterietechnologien)
Unterschiedliche Unternehmensgrößen	Mittelstand bis Großkonzern	KMU bis Großkonzern	Mittelstand bis Großkonzern

Quelle: eigene Darstellung, Horváth.

<sup>1)</sup> Agora Verkehrswende, 2019)

Im Folgenden werden die Auswahlkriterien für die jeweiligen Wertschöpfungsketten detailliert dargestellt.

### 3.2.1 Batterie

Ausschlaggebend für die Auswahl der Wertschöpfungskette Batterieherstellung ist der sehr große Anteil am PCF eines Elektromobils. Mit 30 % der Gesamtemissionen bestimmt eine Batterie den PCF maßgeblich. Außerdem ist die Batterie eines der zentralen Elemente eines batterieelektrischen Autos. In der Batterie-Wertschöpfungskette fallen die meisten THG in der Verarbeitung aktiven Materials, Komponenten und der Zellherstellung an. Zentral für die THG-Bilanzierung ist die Elektrizität, die zur Herstellung der Batterien verwendet wird. (EPRS 2023) Darüber hinaus haben die elektronischen Bauteile, z. B. Batteriemanagementeinheiten und Sicherheitseinheiten sowie die Kathodenmaterialien deutlichen Einfluss auf die Bilanz (Anhang II Batterieverordnung EU/2023/1542).

In der Wertschöpfungskette sind Unternehmen vom Mittelstand bis hin zum Großkonzern involviert. Der Herstellungsprozess ist komplex und umfasst eine Vielzahl von Produktionsschritten. Zudem hat die Automobilindustrie einen hohen Einfluss auf den Herstellungsprozess, da sie teilweise über eigene Produktionsstätten bzw. Joint-Venture oder Partnerschaften im Bereich Batterietechnologien verfügt.

Schwerpunkte der Analyse und Bewertung der Wertschöpfungskette sind insbesondere die Herstellung und Verarbeitung von Batteriezellen und die Herstellung von Batteriemodulen und -packs. Die Herstellung und Verarbeitung von Batteriezellen umfasst die Herstellung von Kathoden, Anoden, Elektrolyten und Separatoren. Diese Bauteile werden dann zu Modulen und Packs zusammengefügt. Dies beinhaltet das Stapeln von Zellen, die Verdrahtung, die Integration von Steuerelektronik und die Schaffung von Kühl- und Schutzsystemen. Zudem wurden sämtliche Aspekte des Recyclings und der Entsorgung innerhalb dieser Wertschöpfungskette berücksichtigt.

### 3.2.2 Stahl

Stahl leistet mit 16 % einen bedeutenden Anteil an den PCF-Emissionen eines BEV. Aus Stahl gefertigte Bauteile, wie Karosserie, Schrauben und Kleinmaterial, Federn und Achse sind wichtige Elemente in der BEV-Produktion. In der Wertschöpfungskette sind Unternehmen vom Mittelstand bis hin zum Großkonzern vertreten. Auch hier ist der Herstellungsprozess komplex, und beinhaltet eine Vielzahl von Produktionsschritten. Der Einfluss der Automobilindustrie auf die Stahlproduktion kann als mittel bis hoch eingestuft werden, da die Automobilindustrie nach dem Bausektor der zweitwichtigste Abnehmer für die Stahlindustrie ist.

Die Wertschöpfungskette Stahl kann in zwei Hauptsegmente mit untergeordneten Prozessen unterteilt werden: die Stahl Primärroute und die Stahl Sekundärroute.

Bei der Primärroute (auch Hochofenroute) wird Stahl in Hochofen hergestellt. Dies ist das traditionelle Verfahren zur Stahlerzeugung und beinhaltet die Reduktion von Eisenerz (in der Regel Eisenerz, Kohle und Kalkstein) in einem Hochofen. In diesem Prozess werden große Mengen Roheisen erzeugt, die dann in Stahl umgewandelt werden. Der Hochofenprozess erzeugt Stahl von hoher Qualität und eignet sich besonders für die Massenproduktion von Stahl.

Die Sekundärroute (auch Elektrolichtbogenroute oder Schrott-basierte Route) beinhaltet die Herstellung von Stahl aus Schrott oder bereits vorhandenem Roheisen. Statt Roheisen aus Erz herzustellen, wird in diesem Verfahren elektrische Energie verwendet, um Schrott in Lichtbogenöfen oder Elektroöfen zu schmelzen. Dieser Prozess ist flexibler und verbraucht weniger Energie als die Primärroute. Die Sekundärroute wird oft für die Herstellung von Spezialstählen und Stahllegierungen verwendet.

Zu den zentralen Prozessen der Stahl Primärroute gehören:

- ▶ **Eisenerzabbau, Koksabbau und Exploration:** Hierbei handelt es sich um die Gewinnung der Rohstoffe, die für die Stahlproduktion benötigt werden. Dies schließt den Betrieb von Minen ein, in denen Eisenerz und Koks abgebaut und gefördert werden.
- ▶ **Rohstahlherstellung im Hochofen:** Der gewonnene Rohstoff wird im Hochofen geschmolzen und zu Brammen umgeformt. Dies ist ein entscheidender Schritt in der Produktion von Rohstahl.
- ▶ **Warmwalzen:** Die Brammen werden durch den Warmwalzprozess in Coils umgewandelt, wodurch der Stahl seine endgültige Form und Festigkeit erhält.
- ▶ **Kaltwalzen:** Die bearbeiteten Coils werden kalt gewalzt und können optional verzinkt werden. Dieser Schritt verfeinert die Oberfläche und die Eigenschaften des Stahls.
- ▶ **Fertigung von Komponenten:** In diesem Stadium werden die Stahlrollen weiterverarbeitet, indem sie gestanzt und gepresst werden, um Komponenten für verschiedene Anwendungen herzustellen.
- ▶ **Verschweißen der Karosserie:** In diesem Prozessschritt werden die hergestellten Komponenten in der Automobilindustrie oder anderen Branchen verschweißt, um Fahrzeugkarosserien oder andere Produkte zu erstellen.

Im Segment der Stahl Sekundärroute hingegen konzentriert sich die Wertschöpfungskette auf die Wiederverwendung von bereits existierendem Stahl:

- ▶ **Sammlung von Altstahl:** Hierbei handelt es sich um den Prozess der Sammlung von bereits verwendeten Stahlprodukten, die recycelt werden sollen.
- ▶ **Schreddern von Altstahl:** Der gesammelte Altstahl wird zerkleinert und in kleinere Stücke oder Schrotte zerlegt.
- ▶ **Einschmelzen und Stahlproduktion:** Das geschredderte Altstahlmaterial wird eingeschmolzen und erneut zu Stahlprodukten verarbeitet.

Anschließend durchläuft der Stahl der Sekundärroute die restlichen Prozesse wie in der Primärroute, wie Warmwalzen, Kaltwalzen, die Herstellung von Komponenten durch Stanzen und Pressen sowie die Verschweißung von Karosserien.

Diese Aufteilung und Beschreibung der Wertschöpfungskette ermöglicht eine detaillierte Betrachtung der Herstellung von Stahlprodukten aus unterschiedlichen Quellen, sei es aus Primärrohstoffen oder aus wiederverwertetem Altstahl.

### 3.2.3 Kunststoff

Die dritte ausgewählte Wertschöpfungskette trägt mit 8 % noch signifikant zu den THG-Emissionen eines BEV bei. Zahlreiche Elemente eines Automobils sind aus Kunststoff gefertigt, dazu zählen bspw. das Cockpit, Türverkleidungen, Innenverkleidungen oder Gurtsystemhalterungen. Die Wertschöpfungskette Kunststoff erstreckt sich über ein breites Spektrum von Produktionsstufen, von der Rohölgewinnung bis hin zum Endprodukt, das in OEM-Fertigungsprozessen integriert wird. Unter den kunststoffproduzierenden Unternehmen sind alle Unternehmensgrößen von KMU bis zum Großkonzern vertreten. Insgesamt sind die Einflussmöglichkeiten der Automobilindustrie auf die Wertstoffkette Kunststoff eher gering. Im Vergleich zu Lebensmittel- und anderen Industrien ist die Automobilindustrie ein eher kleiner Abnehmer. Allerdings ist der Einfluss der OEMs auf spezifische Zulieferer in diesem Gebiet hoch.

Die detaillierten Schritte dieser Wertschöpfungsketten sind:

- ▶ **Rohölgewinnung:** Die erste Stufe umfasst die Extraktion von Rohöl, das als Ausgangsmaterial für die Kunststoffherstellung dient. Dieser Schritt bildet den grundlegenden Ausgangspunkt für die gesamte Wertschöpfungskette.
- ▶ **Chemische Weiterverarbeitung:** Nach der Rohölgewinnung folgt die chemische Weiterverarbeitung, die Prozesse wie Destillation und Cracken einschließt. Diese Schritte sind entscheidend für die Umwandlung von Rohöl in Vorprodukte, die zur Kunststoffherstellung verwendet werden.
- ▶ **Compounding:** In dieser Phase werden die Vorprodukte aus der chemischen Weiterverarbeitung zusammengeführt und weiterverarbeitet, um Kunststoffmaterialien herzustellen. Dieser Prozess kann auch Recyclingmaterialien einschließen, um nachhaltige Kunststoffe zu erzeugen.
- ▶ **Kunststoffpritzguss:** Nach der Herstellung der Kunststoffmaterialien erfolgt die Verarbeitung durch Kunststoffpritzguss. Hier werden die Kunststoffe in die gewünschte Form gebracht und zu verschiedenen Produkten geformt. Auch hier kann Recyclingmaterial verwendet werden.
- ▶ **Montage:** Die gefertigten Kunststoffkomponenten werden in diesem Schritt zu größeren Baugruppen oder Produkten zusammengefügt. Dies kann in verschiedenen Branchen wie der Automobilindustrie oder der Elektronikindustrie stattfinden.
- ▶ **Veredelungsprozesse:** Zusätzliche Veredelungsprozesse, wie Oberflächenbehandlungen oder Qualitätsprüfungen, können in dieser Phase durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Endprodukte den Qualitätsstandards entsprechen.
- ▶ **Einbau bei OEM:** Schließlich werden die fertigen Kunststoffkomponenten oder Produkte in die Fertigungsprozesse der Original Equipment Manufacturers (OEMs) integriert, um sie in endgültige Produkte wie Fahrzeuge einzubauen.

Diese detaillierte Betrachtung der Wertschöpfungsketten im Kunststoffbereich ermöglicht eine tiefgehende Analyse der Umweltauswirkungen und betrieblichen Praktiken in jedem dieser Schritte, was in der Bewertung der Regelwerke im Product Carbon Footprint von großem Wert ist.



### 3.3 Bestandsaufnahme von Methoden zur Treibhausgasbilanzierung

Um der zentralen Frage nachzugehen, wie in den ausgewählten Wertschöpfungsketten die THG-Bilanzierung vollzogen wird, wurde eine Bestandsaufnahme der verfügbaren Methoden durchgeführt. In diese Übersicht wurden sowohl übergreifende Methoden, die sich mit der Erfassung von Treibhausgasemissionen auf Unternehmens- oder Produktebene befassen, einbezogen, als auch Methoden, die sich konkret auf die zuvor ausgewählten Wertschöpfungsketten beziehen.

#### 3.3.1 Übergreifende Bilanzierungsmethoden

Abbildung 2 zeigt übergreifende Normen, Standards sowie weitere Regelwerke, welche methodische Vorgaben zur THG-Bilanzierung auf Unternehmens- und Produktebene beinhalten.

**Abbildung 3: Übergreifende Methoden zur THG-Bilanzierung in der automobilen Wertschöpfungskette**

regulatorische Instrumente		freiwillige Instrumente	
	Normen	Standards	Weitere
Unternehmen	ISO 14064 : CCF, Verifizierung PAS 2060: Klimaneutralität	GHG Protocol Corporate Standard EU OEF	
	ISO 14040/14044 : Ökobilanz ISO 14021 : Umweltkennzeichnung ISO ISO 14067 : PCF PAS 2050 : PCF EN 15804/ISO 21930 : EPD (Bauprodukte)	EU PEF und PEFCR GHG Protocol Product Standard	Catena-X Rulebook WBSCD Pathfinder Framework
Datenquellen			

Nicht abschließende Aufzählung.  
Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

Die beiden zentralen Regelwerke zur THG-Bilanzierung auf Unternehmensebene (CCF) sind der **Corporate Standard des Greenhouse Gas Protocols** und die **ISO 14064** „Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene“. Beide stellen eine Inventarisierung der THG-Emissionen der Geschäftstätigkeiten eines Unternehmens über einen definierten Zeitraum dar. Dabei unterscheiden beide zwischen direkten Emissionen, die bei Prozessen des betrachteten Unternehmens selbst anfallen, und indirekten Emissionen, aus vor- oder nachgelagerten Aktivitäten. Das Greenhouse Gas Protocol hat die Systematik der 3 Scopes geprägt, wobei in Scope 1 alle direkten Emissionen fallen, in Scope 2 die indirekten Emissionen aus dem Energiebezug und in Scope 3 die weiteren vor- und nachgelagerten Emissionen.

Die Erstellung eines Inventars soll es Organisationen ermöglichen, einen Überblick über ihre THG-Emissionen zu erhalten. Es sollen die Bereiche sichtbar gemacht werden in denen viele THG-Emissionen entstehen und sodann Stellschrauben für große Minderungspotenziale identifiziert werden. Den Standards nach besteht keine Verpflichtung eine vollständige THG-Bilanzierung über alle 3 Scopes hinweg zu erstellen. Allerdings empfehlen sie insbesondere Scope 1 und 2 vollständig zu betrachten. Für die Bilanzierung der Scope 3 Emissionen soll das

Unternehmen über die Aktivitäten berichten, die ein großes Gewicht in der THG-Bilanz aufweisen, die aus für das Unternehmen wichtigen Geschäftstätigkeiten resultieren, oder auf die es Einfluss ausüben kann. (ISO 14064-1:2018; World Resources Institute [WRI] & World Business Council for Sustainable Development [WBCSD], 2004)

Der von der britischen standardsetzenden Organisation (British Standard Institution, BSI) herausgegebene **PAS 2060** Standard (British Standard PAS 2060:2014) ist die erste international gültige Spezifikation für Klimaneutralität. Das Regelwerk wurde zum ersten Mal 2010 herausgegeben und gilt für Unternehmen aller Größen und Branchen. PAS 2060 legt fest, unter welchen Bedingungen ein Unternehmen, eine Dienstleistung oder ein Produkt als klimaneutral bezeichnet werden kann. Basis hierfür ist eine THG-Bilanz, ein Klimamanagementplan mit festgelegten Minderungszielen und eine Validierung der Aussagen. Diese Validierung kann auch durch die bilanzierende Organisation selbst durchgeführt werden.

Es sollen alle Emissionsquellen, die mehr als 1 % des gesamten CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks ausmachen bilanziert werden. Insgesamt soll der quantifizierte CO<sub>2</sub>-Fußabdruck mindestens 95 % der Emissionen des bilanzierten Systems abdecken. Trägt eine einzelne Quelle zu mehr als 50 % zu den Gesamtemissionen bei, so gilt die 95 %-Schwelle für die übrigen Emissionsquellen. Jeder Ausschluss von Emissionen und dessen Gründe sollen dokumentiert werden. Für die Bilanzierung der THG-Emissionen wird auf die quantifizierenden Standards der ISO 14064-1, das GHG Protocol für Unternehmen oder PAS 2050 für die Ebene von Produkten und Dienstleistungen verwiesen. (British Standard PAS 2060:2014)

Die Methode zur Erstellung eines **Organisational Environmental Footprint** von der Europäischen Union (**EU OEF**) wurde 2013 gemeinsam mit der Methodik zum EU Produkt Environmental Footprint (EU PEF) veröffentlicht und in eine dreijährige Pilotphase überführt. Beide Instrumente sollen eine harmonisierte, robuste und anwenderorientierte Messung der Umweltwirkungen von Produkten und Organisationen ermöglichen. So soll entlang der Wertschöpfungskette die Verfügbarkeit von klaren, belastbaren und vergleichbaren Informationen zur Umweltverträglichkeit verbessert werden (Pant, Schau, Zampori & De Camillis, 2013). Der OEF basiert im Gegensatz zu anderen unternehmensspezifischen Methoden auf dem Ansatz der Ökobilanzierung. Dabei steht die vorgelagerte Lieferkette im Vordergrund, da diese dem Unternehmen zugeordnet wird. Die nachgelagerte Lieferkette wird den Produkten zugeordnet und kann wahlweise mit betrachtet werden. Der OEF eines Unternehmens basiert in der Regel auf aggregierten Daten und soll die Erstellung eines PEF erleichtern.

Zusätzlich zur allgemeinen Methodik, sollen zudem nach den Anforderungen des EU OEF sektorspezifische Regeln, sogenannte Organisation Environment Footprint Sector Rules (OEFSR) festgelegt werden. Das Hauptziel eines OEFSR ist die Festlegung eines kohärenten und spezifischen Regelwerks zur Berechnung der relevanten Umweltinformationen der Organisationen in dem betreffenden Sektor. Der Fokus der Regeln soll auf den Bereichen mit der größten Umweltwirkung liegen. Neben der Darstellung der Wirkung einer einzelnen Organisation oder eines einzelnen Produktionsstandorts im Zeitverlauf sollen Vergleiche und vergleichende Aussagen zwischen Organisationen oder Produktionsstätten innerhalb desselben Sektors ermöglicht werden (Zampori & Pant, 2019). Dies ist ein weiterer Unterschied zwischen dem EU OEF und den anderen unternehmensbezogenen Bilanzierungsmethoden wie ISO 14064 oder dem Unternehmensstandard des GHG Protocol.

Unter dem European Green Deal befindet sich der EU OEF nun in einer Transitionsphase, in der neue OEFSR und Vorschläge für eine politische Implementierung entwickelt werden sollen (Europäische Kommission, 2021a, 2022).

Wie in Abbildung 2 dargestellt, bestehen neben Methoden, die die THG-Bilanzierung auf Unternehmensebene behandeln, auch eine Vielzahl an Methoden, die Regelungen zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen auf Produktebene aufstellen. Das übergreifende Konzept für die Offenlegung von Informationen über die Umweltauswirkungen von Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen ist die Ökobilanz (LCA). Den methodischen Rahmen zur Aufstellung einer ISO-konformen Ökobilanz bilden die übergeordneten Normen **ISO 14040** „Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen“ (ISO 14040:2006) sowie die **ISO 14044** „Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen“ (ISO 14044:2006), welche allgemeingültig auf Produkte, Dienstleistungen und Services jeder Art und Branche angewandt werden können. Nach den ISO Normen 14040 und 14044 werden im Rahmen einer Ökobilanzstudie – abhängig von der Zieldefinition dieser – neben Treibhausgasemissionen auch weitere Umweltwirkungen eines Produktes erfasst.

Die auf den übergeordneten Normen zur Ökobilanzierung beruhende ISO Norm **ISO 14067** „Treibhausgase - Carbon Footprint von Produkten - Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung“ (ISO 14067:2018) hingegen, beschäftigt sich mit der Berechnung von produktbezogenen Fußabdrücken (PCF). Sie enthält Grundsätze und Leitlinien zur PCF-Erstellung sowie konkrete methodische Anforderungen zur Berechnung eines PCF. Im Rahmen der Berechnung werden Aspekte wie Systemgrenzen, berücksichtigte THG, die funktionale/deklarierte Einheit, Abschneidekriterien, Allokation, Energiebilanzierung sowie Datenqualität behandelt. Die ISO 14067 zählt – neben dem GHG Protocol Product Standard – zu den meistgenutzten Methoden zur PCF-Berechnung, da sie branchenübergreifend anwendbar ist.

Die erste normierte Methodik zur PCF-Erstellung lässt sich in der Norm **PAS 2050** „Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services“ (British Standard PAS 2050:2011) finden, welche 2008 von der British Standards Institution (BSI) zusammen mit dem Britischen Ministerium für Umwelt, Ernährung und ländliche Angelegenheiten (Defra) entwickelt wurde. Die Norm beinhaltet detaillierte Methodik zur Erstellung von PCFs, findet aber im Gegensatz zur ISO 14067 in Deutschland eher selten Anwendung.

Bei der Environmental Product Declaration (EPD) nach **ISO 14025** „Umweltkennzeichnungen und -deklarationen- Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren“ (ISO 14025:2010) handelt es sich um ein Kommunikations- und Informationsinstrument, das quantifizierte Informationen zu verschiedenen Umweltauswirkungen eines Produktes auf Basis einer Ökobilanz liefert. Das Ziel von EPDs ist es, die Umweltauswirkungen von Produkten vergleichen zu können, die dieselbe Funktion erfüllen. Hierzu müssen für Produkte, für die eine EPD erstellt werden soll, zunächst Produktkategorieregeln (PKR) entwickelt werden, nach denen EPDs erstellt werden. Diese geben produktspezifische Methoden zur Bilanzierung der Umweltauswirkungen vor.

EPDs sind insbesondere in der Baubranche etabliert. Die ISO Norm **ISO 21930** „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Grundregeln für die Umweltdeklaration von in Bauwerken verwendeten Bauprodukten und technischen Anlagen“ (ISO 21930:2017) sowie die Europäische Norm **EN 15804** „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ (DIN EN 15804:2020-03) basieren auf der ISO 14025 und beschreiben allgemeine Regeln für die Bilanzierung von Bauprodukten. Sie stellen noch keine PKR dar, es besteht jedoch eine Vielzahl an PKR für Produkte aus der Baubranche, die sich auf die Grundregelungen der ISO 21930 oder der EN 15804 stützen.

Da das Konzept der EPD sich vornehmlich in der Baubranche etabliert hat, scheinen die im Rahmen dieser festgelegten Methoden zunächst wenig relevant für die THG-Bilanzierung in der

automobilen Wertschöpfungskette zu sein. Es kann dennoch sein, dass Unternehmen der Sub-Wertschöpfungsketten auch die Baubranche beliefern und somit den Bilanzierungsmethoden der Branche unterliegen.

Eine weitere relevante ISO Norm im Kontext der THG-Bilanzierung – insbesondere auf Produktebene – ist die **ISO 14021** „Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II)“ (ISO 14021:2016). Diese beschäftigt sich zwar nicht konkret mit Methoden zur THG-Bilanzierung, liefert aber Definitionen zu Sekundärmaterialkategorien, welche im Hinblick auf die Methoden zur Bilanzierung von Recyclinganteilen, die andere Normen und Standards vorgeben, herangezogen werden.

Neben den genannten Normen, welche Methoden zur THG-Bilanzierung auf Produktebene beinhalten, besteht eine Vielzahl an weiteren Standards, die i.d.R. unter Beteiligung von Stakeholdern, zur Berechnung von Treibhausgasemissionen sowie weiterer Umweltbelastungen entwickelt wurden.

Im Kontext der Empfehlung der Europäischen Kommission (EU/2021/2279)<sup>25</sup> zu Methoden zur Berechnung eines Umweltfußabdrucks für Organisationen und Produkte, wurde bspw. die **„Product Environmental Footprint Method“** (EU PEF) (Europäische Kommission [EC], 2021) entwickelt. Diese gibt, ähnlich wie die EPD-Norm ISO 14025, Methoden zur Bilanzierung von Umweltwirkungen von Produkten vor, muss jedoch durch Kategorieregeln (PEFCR) für bestimmte Produkte ergänzt werden. Die EU PEF-Methodik soll eine effiziente, konsistente, relevante und reproduzierbare Methode zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts oder einer Dienstleistung bieten und den Vergleich zwischen diesen erleichtern. Der EU PEF hat bisher noch keine weite Verbreitung gefunden, dennoch entstehen immer mehr Kategorieregeln (PEFCR) und die Europäische Kommission fördert weiterhin die Entwicklung der Methode und verankert diese mehr und mehr in Gesetzestexten, wie bspw. im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie oder dem neuen EU-Rechtsrahmen für Batterien. Daher wird der EU PEF-Methodik in Zukunft höhere Relevanz zugesprochen.

Auch das GHG Protocol hat neben der GHG Protocol Corporate Guidance, die sich mit der Berechnung von CCFs beschäftigt, mit dem **„GHG Protocol Product Standard“** (WBCSD & WRI, 2011a) einen Standard zur Berechnung von PCFs entwickelt. Der Standard basiert auf den ISO Normen 14040 und 14044 und beinhaltet – wie die ISO 14067 – Anforderungen und Empfehlungen in Bezug auf konkrete methodische Aspekte zur Berechnung eines PCF. Es werden die im Rahmen der Berechnung einer THG-Bilanz relevanten Aspekte, wie Systemgrenzen, berücksichtigte THG, die funktionale/deklarierte Einheit, Abschneidekriterien, Allokationsfragen, Energiebilanzierung oder die Datenqualität adressiert.

Neben den Normen und Standards zur Erstellung von THG-Bilanzen auf Produktebene, entstehen Initiativen aus der Wirtschaft, die es zum Ziel haben, bestehende übergreifend anwendbare Bilanzierungsmethoden zu konsolidieren und konkretisieren. Hierdurch sollen Herausforderungen bei der Anwendung in der Praxis adressiert werden, um sicherzustellen, dass steigende Anforderungen an die THG-Bilanzierung seitens der Gesetzgebung erfüllt werden können.

Das **„WBCSD Pathfinder Framework“** (WBCSD, 2023) widmet sich bspw. branchenübergreifend der Frage, wie die Transparenz in der Datenerfassung im Scope 3

---

<sup>25</sup> 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.

verbessert werden kann und Hemmnisse in der Weitergabe von PCF-Daten entlang der Wertschöpfungskette abgebaut werden können.

Das deutsche Catena-X-Netzwerk arbeitet an einem System für das PCF-Datenmanagement für die Automobilwirtschaft. Die Überlegungen zur Datenweitergabe entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette, erfordern 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.

### 3.3.2 Batterie

Wie in Abbildung 3 gezeigt, beziehen sich die sektorspezifischen Methoden zur THG-Bilanzierung in der Wertschöpfungskette Batterie ausschließlich auf die Produktebene. Grund hierfür ist wahrscheinlich, dass entsprechende regulatorische Vorgaben auf Produktebene gestellt werden.

**Abbildung 4: Übersicht von Bilanzierungsmethoden für die Batterieherstellung**

		regulatorische Instrumente	freiwillige Instrumente	
		Normen	Standards	Weitere
Unternehmen		ISO 14064 : CCF, Verifizierung PAS 2060: Klimaneutralität	GHG Protocol Corporate Standard EU OEF	
		ISO 14040/14044 : Ökobilanz ISO 14021 : Umweltkennzeichnung ISO ISO 14067 : PCF PAS 2050 : PCF EN 15804/ISO 21930 : EPD (Bauprodukte)	JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV) (PEFCR) GHG Protocol Product Standard Global Battery Alliance – Greenhouse Gas Rulebook (Version 1.5) EU Battery Pass	Catena-X Rulebook WBCSD Pathfinder Framework
		Datenquellen		

Nicht abschließende Aufzählung, sektorspezifische Methoden in blau.

Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

Ein Element unter dem European Green Deal ist die im Juli 2023 verabschiedete **EU-Batterieverordnung (EU/2023/1542)**<sup>26</sup>. Ziel ist es, die Kreislaufwirtschaft, Ressourcennutzung und -effizienz sowie den Lebenszyklus von Batterien in Bezug auf Klimaneutralität und Umweltschutz zu verbessern. Die Verordnung bezieht sich auf einen Produktumweltfußabdruck unter dem ab dem 18.02.2025 ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verpflichtend für E-Fahrzeug-Batterien sein wird. Die Informationen zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck sollen dann der Batterie beiliegen oder über einen QR-Code (Batteriepass) öffentlich gemacht werden. In einer delegierten Verordnung soll die Methodik zur THG-Erfassung im Rahmen der Batterieverordnung festgelegt werden. Im April 2024 legte die Kommission einen entsprechenden Entwurf einer delegierten Verordnung vor (EC, 2024b).

Die Verordnung sieht vor, dass im Rahmen eines Labels Leistungsklassen für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck aufgestellt werden. Zudem sollen ab 2026 per delegiertem Rechtsakt definierte

<sup>26</sup> VERORDNUNG (EU) 2023/1542 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG.

CO<sub>2</sub>-Höchstwerte gelten. Des Weiteren muss in einem Durchführungsrechtsakt das Berichtsformat für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck noch offiziell festgelegt werden.

Aufbauend auf der EU PEF-Methode und den relevanten PEFCRs hat das Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission einen Vorschlag für die Festlegung von Regeln zur Ermittlung eines Carbon Footprints für Batterien (CFB) vorgelegt. Die **Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)** (Joint Research Centre [JRC], 2023) liegen in einer Entwurfsfassung vor, werden zukünftig jedoch vermutlich von der delegierten Verordnung zur Erfassung von THG-Emissionen im Kontext der Batterieverordnung abgelöst.<sup>27</sup> Nach CFB-EV quantifiziert der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer Batterie die Gesamtmenge der Treibhausgase als g CO<sub>2</sub>e pro kWh der gesamten Energie, die von der Batterie über ihre erwartete Lebensdauer bereitgestellt wird. Der CFB wird angegeben für "wiederaufladbare industrielle Batterien mit einer Kapazität von mehr als 2 kWh, Batterien für leichte Transportmittel (LMT) und Batterien für Elektrofahrzeuge (EV) die auf dem Unionsmarkt in Verkehr gebracht werden" (JRC, 2023). Dieses umfassende Dokument betrachtet den gesamten Batterielebenszyklus von der Rohmaterialgewinnung bis zum Ende des Lebenswegs. Darüber hinaus werden bspw. Regeln für die Wirkungsbetrachtung, die Beurteilung der Datenqualität, Allokation und Verifikation definiert. Das Regelwerk soll zudem zur Definition der Leistungsklassen und der CO<sub>2</sub>-Höchstwerte genutzt werden.

Die **Global Battery Alliance** ist eine Plattform auf der sich öffentliche und private Akteure um eine nachhaltige Batterie Lieferkette bemühen. Hervorgegangen ist sie 2017 aus dem Weltwirtschaftsforum (WEF) und agiert seit 2021 als eigenständige Organisation. Mitglieder sind internationale Organisationen, NGOs, Vertreter\*innen aus der Industrie, der Wissenschaft sowie verschiedener Regierungen. Ziel ist es die gesamte Batterielieferkette so aufzustellen, dass nachhaltige Entwicklung, Kreislaufwirtschaft und die in Paris festgelegten Klimaziele erreicht werde (ISO, 2019)

Das **Global Battery Alliance – Greenhouse Gas Rulebook (Version 1.5)** (Global Battery Alliance, 2023) ist ein Leitfaden zur Berechnung vergleichbarer THG-Footprints von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) für Elektrofahrzeuge. Nutzer\*innen soll hiermit die Anwendung des Battery Passport zu erleichtert werden. Der Leitfaden soll für alle Arten von LIB-Chemikalien, Rohmaterialien, aktive oder passive Materialien und Komponenten in der gesamten Wertschöpfungskette von LIB für Elektrofahrzeuge anwendbar sein. Der Schwerpunkt dabei ist der THG-Fußabdruck der Herstellungs- und End-of-Life-Phasen der Rohstoffe, der aktiven und passiven Materialien oder der Batterie selbst. Die jeweiligen Emissionsdaten sollen in den nachfolgenden Produktionsschritten weitergegeben werden können und zur Berechnung des gesamten THG-Fußabdrucks beitragen. Darüber hinaus sollen die Daten zur Kommunikation an verschiedene Interessengruppen (z.B. Hersteller, OEM, Kund\*innen) genutzt werden können. Es handelt sich um einen umfassenden und detaillierten Standard. Definiert werden unter anderem Systemgrenzen, Abschneidekriterien und Allokation, z.B. von Energieverbrauchsdaten zu Produktlinien oder Emissionen am Ende des Lebenszyklus. Zudem werden die Aspekte Recycling, Datensammlung und Datenqualität und Wirkungsabschätzung behandelt.

Die von der Global Battery Alliance entwickelte Bilanzierungsmethodik fokussiert sich insbesondere auf die Vorkette. Diese wird durch den **EU Battery Pass** (Systemiq, 2023) ergänzt, der die Teilbereiche Verteilung und das Ende des Lebenszyklus einer Batterie beschreibt. Es

---

<sup>27</sup> Die Arbeiten zur Bestandsaufnahme sowie die hierauf aufbauende Methodenanalyse fanden vor der Veröffentlichung des Entwurfs der delegierten Verordnung zur Erfassung von THG-Emissionen im Kontext der Batterieverordnung statt. Der Entwurf ist daher im Rahmen des Projektes nicht näher betrachtet worden.

besteht eine enge Kooperation mit der Global Battery Alliance und beide Dokumente gehen in der Version 1.5 des Greenhouse Gas Rulebooks der GBA auf.

### 3.3.3 Stahl

Der Stahl- und Eisensektor zählt zu den derzeit emissionsintensivsten Industriezweigen. Dieser für die Dekarbonisierung hohen Relevanz entsprechend, liegen bereits diverse sektorspezifische Methoden zur THG-Bilanzierung auf Unternehmens- und Produktebene vor. Auch der Bedarf zur Harmonisierung von Standards und Definitionen wurde erkannt und beispielsweise im Zuge eines Technical Roundtable der World Trade Organization (WTO) erörtert (Mateo Ferrero et al. 2022). In Abbildung 4 sind die für die vorliegende Studie als relevant erachteten Methoden dargestellt und werden nachfolgend erläutert.

**Abbildung 5: Übersicht von Bilanzierungsmethoden für den Stahlsektor**

regulatorische Instrumente		freiwillige Instrumente	
	Normen	Standards	Weitere
Unternehmen	ISO 14064 : CCF, Verifizierung PAS 2060: Klimaneutralität ISO 14404 : Emissionsintensität der Eisen- und Stahlproduktion EN 19694: Emissionen aus stationären Quellen in der Eisen- und Stahlproduktion	GHG Protocol Corporate Standard (sector-specific: Iron and Steel) EU OEF ResponsibleSteel International Standard	World Steel CO <sub>2</sub> Data Collection
	ISO 14040/14044 : Ökobilanz ISO 14021 : Umweltkennzeichnung ISO ISO 14067 : PCF PAS 2050 : PCF EN 15804/ISO 21930 : EPD (Bauprodukte) ISO 20915 : LCI Steel Products Bspw. EPD PKR für Rohstahl und einfache Stahlprodukte (EPD International)	EU PEF und PEFCR EU PEFCR für Metallbleche aus Stahl, Aluminium, Kupfer und Blei GHG Protocol Product Standard World Steel Life Cycle Inventory Methodology	Catena-X Rulebook WBCSD Pathfinder Framework Automobil-OEM PCF Requirements
Datenquellen			

Nicht abschließende Aufzählung, sektorspezifische Methoden in blau.

Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

In dem freiwilligen Projekt „Climate Action Data Collection“ sammelt die World Steel Association seit 2007 Emissionsdaten von Produktionsstandorten. Die Datenbank dient einerseits einer standardisierten Berichterstattung durch die Unternehmen, andererseits ermöglicht sie statistische Aussagen zur globalen Stahlproduktion (Janjua & Maciel, 2023). Erfasst werden ausschließlich direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Eisen- und Stahlindustrie, sowie indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zusammenhang mit der Stromproduktion und der Produktion und Nutzung von Kalkflussmittel. Die Methode ist somit nicht konform mit dem GHG Protocol. Dies wird über eine breitere Anwendbarkeit der Methodik argumentiert.

Die von World Steel entwickelte Methodik bildete die Grundlage für die ISO 14404 „Berechnungsmethode für die Intensität von Kohlendioxidemissionen in der Stahl- und Eisenherstellung“ (ISO 14404-4:2020). Die europäische Norm EN 19694-2 stellt dieser gegenüber eine Weiterentwicklung dar und gilt daher als Entwurf für eine Überarbeitung der ISO 14404.

Die Normreihe EN 19694 behandelt Methoden zur Messung, Prüfung und Quantifizierung von Treibhausgasemissionen aus stationären Quellen in energieintensiven Industrien (EN 19694-2:2016). Teil 1 beinhaltet allgemeine Grundsätze, Teil 2 adressiert konkret die Eisen- und Stahlindustrie. Die EN 19694-2 geht insofern über die ISO 14404 hinaus, als dass sie sich nicht

auf die Ermittlung einer CO<sub>2</sub>-Intensität auf Anlagenebene, unabhängig von der Anlagenstruktur, beschränkt. Die CO<sub>2</sub>-Emissionseffizienz der Produktion soll stattdessen auch in kleineren Einheiten ermittelt werden, um Stärken und Schwächen der jeweiligen Prozesse bewerten zu können. (EN 19694-2:2016)

Der mit einer Zertifizierung einhergehende **Responsible Steel International Standard** referenziert auf das GHG Protocol, ISO 14404 und EN 19694 und spezifiziert darüber hinaus zusätzliche Anforderungen zur Berichterstattung (ResponsibleSteel, 2022). In ähnlicher Weise referenzieren Standards zur finanziellen Berichterstattung, wie der International Financial Reporting Standard (IFRS) oder die Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) auf die bestehenden, oben genannten Bilanzierungsstandards. (Mateo Ferrero, Devin McDaniels, Michelle Mokaya & Erik Wijkström, 2022)

Die Emissionsintensität von Stahlprodukten wird mit **Schwellenwerten** verknüpft, um Preisdifferenzierung zu ermöglichen und Investitionen in Dekarbonisierungsmaßnahmen anzureizen. Unter anderem die IEA (im Auftrag der G7), die First Movers Coalition, ResponsibleSteel und die Industrial Deep Decarbonisation Initiative des Clean Energy Ministerial (CEM) befassen sich mit Definitionen von "Near-zero"- oder "Net-zero"-Produkten (International Energy Agency [IEA], 2022, S. 101–102). Die Initiativen weisen nach derzeitigem Stand einige Diskrepanzen hinsichtlich ihrer jeweiligen Definition auf. Diese sind beispielsweise auf die Liste der berücksichtigten THG, die Systemgrenze und abgedeckte Scopes sowie den Bezug auf unterschiedlichen Stahl-Produktionsrouten zurückzuführen. (Mateo Ferrero et al., 2022)

Auf Ebene der Produktbilanzierung ergibt sich ein ähnliches Bild wie auf Unternehmens- bzw. Standortebene. **World Steel** veröffentlicht seit 1995 LCI-Datensätze für Stahlprodukte, von der Gewinnung aus Eisenerz oder Schrotten bis zum Verlassen des Stahlwerks. Seit 2017 wird die Datenerfassung in jährlichem Turnus aktualisiert. Die Daten werden von den Mitgliedsunternehmen erhoben und sind zur Verwendung in LCA-Studien bestimmt. Sie finden Eingang in öffentliche und kommerzielle Emissionsdatenbanken. Die Methodik, die der jährlichen LCI-Datenerfassung durch World Steel zugrunde liegt, ist in einem gesonderten Bericht dokumentiert. Das Dokument wurde seit der ersten Datenerfassung im Jahr 1995 bereits vier Mal, zuletzt im Jahr 2017, aktualisiert und ist auch unabhängig von der World-Steel-Datenerfassung für die Erstellung von LCIs für Stahlprodukte anwendbar. Die Methodik ist konform zur ISO 14040/44:2006 und behandelt neben den darin vorgeschriebenen Elementen einer LCI-Studie den Umgang mit Recyclingprozessen näher im Detail. (World Steel Association [WSA], 2017, S. 1)

Vergleichbar dazu beinhaltet die **ISO 20915:2018** Methoden zur Durchführung einer Life-Cycle-Inventory-Studie (LCI-Studie) für Stahlprodukte. Dabei wird auf die Definition der funktionellen Einheit und der Systemgrenzen eingegangen. In Bezug auf die Berechnungsmethodik stehen die Bewertung von Sekundärmaterial sowie der Umgang mit Co-Produkten im Fokus. Abschließend werden Anforderungen für die Berichterstattung der Ergebnisse der LCI-Studie formuliert. Die Bewertung der Umweltwirkung wird nicht behandelt. (ISO 20915:2018, S. 1)

Im Rahmen des **EU PEF**-Rahmenwerks wurde eine Kategorieregel für Metallbleche aus Stahl, Aluminium, Kupfer und Blei entwickelt (Eurometaux, 2019). Dieses Dokument hat jedoch zum Ende des Jahres 2021 seine Gültigkeit verloren und wird daher hier nicht näher betrachtet.

Produktkategorieregeln (PKR) für EPDs werden i.d.R. durch die jeweiligen Programmbetreiber entwickelt. In Deutschland ist dies beispielsweise das **Institut für Bauen und Umwelt**. Da EPDs schwerpunktmäßig im Gebäudebereich Anwendung finden, wird an dieser Stelle auf eine umfangreiche Darstellung von EPD-PKR für Stahlprodukte verzichtet. Beispielfhaft sei lediglich



die PKR des schwedischen Programmbetreibers EPD International für Rohstahl und einfache Stahlprodukte (EPD International, 2020) genannt.

### 3.3.4 Kunststoff

Bei der Kunststoffherstellung handelt es sich um einen chemischen Prozess bei dem aus Monomeren durch schrittweises Aneinanderfügen Kunststoffe (Polymere) hergestellt werden. Der größte Teil der Emissionen entsteht hierbei durch die energieintensive Kunstharzherstellung sowie der Weiterverarbeitung dieser zu Kunststoffprodukten, welche ebenfalls mechanische Prozesse beinhaltet (Cabernard, Pfister, Oberschelp & Hellweg, 2022, 139 f). Aufgrund der größtenteils chemischen Prozesse ist die Kunststoffherstellung der chemischen Industrie zuzuordnen. Neben Methoden die speziell die Bilanzierung von Kunststoffen sowie Kunststoffprodukten behandeln, sind demnach auch Methoden, die THG-Bilanzierung in der chemischen Industrie betreffen, relevant für die Wertschöpfungskette Kunststoff.

**Abbildung 6: Übersicht von Bilanzierungsmethoden für den Kunststoffsektor**

	regulatorische Instrumente	freiwillige Instrumente	
	Normen	Standards	Weitere
Unternehmen	ISO 14064 : CCF, Verifizierung PAS 2060: Klimaneutralität	GHG Protocol Corporate Standard EU OEF WBCSD: Chemicals IPICEA: Petroleum Industry Guidelines	
	ISO 14040/14044 : Ökobilanz ISO 14021 : Umweltkennzeichnung ISO ISO 14067 : PCF PAS 2050 : PCF EN 15804/ISO 21930 : EPD (Bauprodukte) EPD PKR für Kunststoffe (bspw. EPD International 2010:16, 2018:10)	EU PEF und PEFCR Plastics LCA Method EU GHG Protocol Product Standard PlasticsEurope (LCA Guidance for Eco-Profiles & Allocation Rules) BASF Methodology Together for Sustainability (Tfs) Guideline RMI – Product-level GHG Accounting method for Plastics	Catena-X Rulebook WBCSD Pathfinder Framework
Datenquellen			

Nicht abschließende Aufzählung, sektorspezifische Methoden in blau.

Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

Wie in Abbildung 5 gezeigt, können Normen, Standards und Leitlinien zur Berechnung von THG-Emissionen für den Kunststoffsektor bzw. die chemische Industrie nach Methoden zur THG-Berechnung auf Unternehmensebene sowie Methoden zur THG-Berechnung auf Produktebene unterschieden werden.

Standards, die sich auf die Unternehmensebene beziehen sind bspw. die **Guidance for Accounting & Reporting Corporate GHG Emissions in the Chemical Sector Value Chain** (WBCSD, 2018), welche vom WBCSD entwickelt wurde. Diese basiert auf den generellen Methoden zu THG-Bilanzierung nach dem GHG Protocol, besitzt jedoch den Anspruch zusätzlich Aspekte zu adressieren, die innerhalb der Branche aufgrund fehlender Spezifizierung als kontrovers wahrgenommen werden. So werden im Rahmen der Leitlinie bestimmte Aspekte bzgl. der Systemgrenzen näher beleuchtet, wie bspw. der Weiterverkauf von selbst produzierter Energie, sowie die Datenerfassung bzgl. der vorgelagerten Wertschöpfungskette. Diese Leitlinie behandelt die THG-Bilanzierung auf der Unternehmensebene.

Ein weiterer Standard, welcher Methoden zur Berechnung der THG-Emissionen auf Unternehmensebene vorgibt, ist die Leitlinie **Petroleum industry guidelines for reporting**

**greenhouse gas emissions** (The global oil and gas industry association for environmental and social issues [IPIECA], The American Petroleum Institute [API] & International Association of Oil & Gas Producers [OGP], 2011) von IPIECA, API und OGP – Verbänden aus der Erdöl- und Erdgasindustrie. Zielgruppe der Leitlinie sind nicht nur Öl- und Gasunternehmen sondern auch Unternehmen, die weitere Verarbeitungsschritte durchführen, wie bspw. Unternehmen der chemischen Industrie. Der Leitfaden orientiert sich am GHG Protocol und liegt in einer zweiten aktualisierten Version vor, welche seit 2011 gültig ist.

Die oben genannten Unternehmensstandards werden unter anderen auch von Standards zur nicht-finanziellen Berichterstattung referenziert. Der Chemicals Sustainability Accounting Standard der SASB (Industry Standard, Version 2023-06) bspw. stellt Anforderungen an die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen und somit auch an die THG-Bilanzierung. Der Standard gibt jedoch keine eigenen Berechnungsmethoden vor, sondern referenziert bspw. den WBCSD Chemicals Leitfaden oder die Leitlinien für die Öl- und Gasindustrie von IPIECA, API und OGP.

In Bezug auf Kunststoffe bzw. auf die chemischen Industrie liegt die Aufmerksamkeit – ähnlich wie im Falle der Batterie – vornehmlich auf der THG-Performance einzelner Produkte des Sektors, als auf den jeweiligen Unternehmen an sich. Dies erklärt auch, dass die Mehrzahl an Standards, die sich mit der THG-Bilanzierung von Kunststoffen bzw. in der chemischen Industrie beschäftigen, produktbezogene Methoden beschreiben.

Im Rahmen der Europäischen Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft (COM (2018) 28 final)<sup>28</sup> wird bekanntgegeben, dass zur Förderung der Kreislauffähigkeit von Kunststoffen u.a. vermehrt auf alternative Einsatzstoffe gesetzt werden soll. Um die Umweltwirkung von Kunststoffen hergestellt aus verschiedenen Rohstoffen bewerten und vergleichen zu können, wurden daher entsprechende Leitlinien und Regeln zur Durchführung einer Ökobilanzierung von Kunststoffen entwickelt. Die **Plastics LCA Method EU** (Nessi et al., 2021) bildet ein gemeinsames, harmonisiertes methodisches Rahmenwerk auf Europäischer Ebene, um im Sinne der Europäischen Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft die Ökobilanz von Kunststoffen (hergestellt aus fossilen sowie alternativen Rohstoffen) zu bewerten und zu vergleichen. Alternative Rohstoffe stellen hierbei bspw. Kunststoffabfälle, Biomasse und andere biobasierte Ressourcen sowie CO<sub>2</sub> aus gasförmigen Abgasen dar. Die Plastics LCA Method EU wurde unter Berücksichtigung der in der EU geltenden Richtlinien zur Erstellung von Kategorieregeln für die Berechnung des Umweltfußabdrucks von Produkten (PEFCR) entwickelt. Sie erfüllt jedoch nicht alle Anforderungen an eine PEFCR nach der entsprechenden Anlage (Europäische Kommission, 2018) zur EU Empfehlung EU/2021/2279 (EC, 2021). Die Plastics LCA Method EU behandelt bspw. keine anhand einer quantifizierbaren Funktion definierten Produktkategorie, sondern behandelt auf übergeordneter Ebene Kunststoffe unterschiedlicher Herstellung als Primärmaterial. Hierdurch werden an einigen Stellen methodische Anforderungen im Sinne der Anforderungen an eine PEFCR nicht spezifisch genug definiert. Sie kann jedoch als Ausgangspunkt für spezifische Kategorieregeln verstanden werden.

International standardisierte Methoden zur Berechnung der THG-Emissionen bzw. Umweltwirkung von Kunststoff stellen die Produktkategorieregeln dar, die im Kontext der ISO Norm 14025 zur Erstellung von Umweltdeklarationen (EPD) entwickelt wurden. Ein Beispiel hierfür wären die Produktkategorieregeln zu Kunststoffen in Primärformen (PCR 2010:16) sowie zu Platten, Blöcken, Paneelen, Blättern aus Kunststoff oder in Verbundsystemen für

---

<sup>28</sup> MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN - Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft vom 16. Januar 2018.

strukturelle Anwendungen (PCR 2018:10). Beide befinden sich gerade im Überarbeitungsprozess und decken die Kunststoff-Wertschöpfungskette in unterschiedlichem Umfang ab. Während sich die PCR 2010:16 mit der Herstellung von Primärmaterial beschäftigt, behandelt die PCR 2018:10 auch die Weiterverarbeitung bis hin zum Kunststoffzwischenprodukt.

Neben aus der Regulatorik entstandenen sowie normierten Methoden zur Berechnung der Umweltwirkung von Kunststoffen existieren zudem unverbindliche Standards, die vorhandene Methoden angepasst auf die chemische Lieferkette spezifizieren.

Auch aus der Branche selbst gehen freiwillige Methoden zu THG-Bilanzierung hervor. Der Verband europäischer Kunststoffhersteller **Plastics Europe** entwickelte im Rahmen des Öko-Profil Programmes eine Methodik zur Erstellung von LCIs. Das Methodendokument „**Eco-profiles program and methodology**“ (PlasticsEurope, 2019) richtet sich jedoch nicht explizit an Unternehmen zur Berechnung der Umweltwirkungen von Kunststoffprodukten, sondern vielmehr an Ökobilanzierende, die im Rahmen des Programmes Ökopprofile für verschiedene Kunststoffe erstellen. Diese werden schließlich in die einschlägigen Datenbanken wie bspw. SimaPro, EcoInvent oder GaBi gespeist und sind alle im Global LCA Data Access Network (GLAD) veröffentlicht.

Für Unternehmen der Kunststoff-Wertschöpfungskette relevant ist die Empfehlung des Verbandes zur Allokation im Steam Cracker Prozess „**Plastics Europe recommendation on Steam Cracker allocation**“ (PlasticsEurope, 2017), welche eine Allokation im Sinne der übergeordneten ISO-Normen zur Ökobilanzierung ISO 14040 und ISO 14044 vorschlägt. Hierbei handelt es sich nicht um eine vollumfängliche Methodenbeschreibung zur Berechnung der Umweltwirkungen. Vielmehr werden zusätzliche methodische Empfehlungen zu einem Teilaspekt der Ökobilanzierung von Kunststoffen bereitgestellt.

Neben Branchenverbänden engagieren sich auch einzelne Unternehmen in Bezug auf spezifizierte Methoden zur THG-Bilanzierung von Produkten. Der Chemiekonzern BASF hat bspw. im Jahr 2021 die **BASF Methodology for Product Carbon Footprint** (BASF Corporate Sustainability, 2021) veröffentlicht. Das Unternehmen stellt hiermit die unternehmenseigenen Methoden zur Berechnung des PCF der hergestellten Produkte dar. Diese finden auch Eingang in das BASF-PCF-Tool SCOTT, welches BASF mit einem Partnerunternehmen auf den Markt gebracht hat und Chemieunternehmen dabei unterstützen soll, PCFs für deren Produkte zu erstellen.

Eine weitere Selbstregulierungsinitiative aus der Industrie stellt die **Together for Sustainability Initiative** (TfS) dar. Die globale Brancheninitiative wurde 2011 von mehreren Chemieunternehmen gegründet und hat zum Ziel, Nachhaltigkeit in der chemischen Industrie zu fördern und einen globalen Standard für chemische Lieferketten zu entwickeln. Im November 2022 veröffentlichte die Initiative eine PCF-Richtlinie (Together for Sustainability [TfS], 2022), die für Unternehmen aus der chemischen Industrie, aber auch darüber hinaus, anwendbar sein soll. Im Rahmen dieser werden einheitliche Methoden zur Erstellung einer THG-Bilanzierung für chemische Produkte festgeschrieben. Zudem wird der Umgang mit vorgelagerten Emissionen (Scope 3.1)<sup>29</sup> genauer geregelt. Der TfS-Leitfaden soll dazu beitragen, dass die Bilanzierung sowie Berichterstattung von Treibhausgasemissionen innerhalb der Branche abgestimmt werden. Somit soll die Vergleichbarkeit innerhalb der Branche gefördert sowie Transparenz und Dekarbonisierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette unterstützt werden. Der TfS-Leitfaden basiert auf den Bilanzierungsmethoden des GHG Protocol und berücksichtigt die

---

<sup>29</sup> Im Scope 3.1 werden nach der vom GHG Protocol etablierten Scope-Logik die Emissionen aus „Eingekauften Gütern und Dienstleistungen“ bilanziert.

Regelungen der die THG-Bilanzierung betreffenden ISO Normen ISO 14040 und ISO 14044 zur Ökobilanzierung sowie ISO 14067 und ISO 14064 zur THG-Bilanzierung auf Produkt- und Organisationsebene. Der TfS-Leitfaden soll eine erste Version abgestimmter Methoden zur THG-Bilanzierung in der chemischen Industrie darstellen und fortlaufend weiterentwickelt und aktualisiert werden. Durch das Mitwirken des Unternehmens BASF im Rahmen der Together for Sustainability Initiative, geht auch die BASF Methodology for Product Carbon Footprint im TfS-Leitfaden auf. Da der TfS-Leitfaden Methoden für eine THG-Bilanzierung bis hin zum Werkstor eines Chemieunternehmens (Cradle-to-Gate) behandelt, deckt dieser nicht alle Wertschöpfungsstufen der Kunststoffherstellung ab.

Um die Anwendbarkeit des TfS-Leitfadens auf die gesamte Wertschöpfungskette Kunststoff auszuweiten, arbeitet das **Rocky Mountain Institute (RMI)** im Rahmen des Horizon Zero Projekts aktuell an einer Ergänzung zum TfS-Leitfaden unter dem Titel „**A Product-Level GHG Accounting Approach to Increase Emissions Transparency in the Plastic Supply Chain**“ (Rocky Mountain Institute [RMI], 2022). Die ergänzenden Richtlinien des RMI bietet Bilanzierungsmethoden für die energieintensiven Prozessschritte der Kunststoffextrusion sowie -formung. Durch diese Ergänzung könnten zukünftig auch Hersteller von Kunststoffprodukten nach den Methoden des TfS-Leitfadens bilanzieren und zu Transparenz sowie Vergleichbarkeit entlang der Lieferkette beitragen.

### 3.3.5 Praxisrelevanz der Bilanzierungsmethoden

Um aus dieser Vielzahl von Methoden eine Auswahl für die weitere Analyse zu treffen, wurden die vorgenannten Methoden auf ihre Praxisrelevanz in der Automobilindustrie hin untersucht.

Dazu wurden die Bilanzierungsmethoden mit Hilfe eines Reifegradmodells bewertet (siehe Abbildung 6), dabei soll der Reifegrad die Praxisrelevanz widerspiegeln. Dieses Modell unterteilt die Methoden in die Reifegrade „Hoch“, „Mittel“ und „Gering“. „Hoch“ bedeutet hier, dass die Methoden weit verbreitet sind und in der Praxis bereits angewandt werden oder von vielen Unternehmen zur Anwendung erwartet werden. Während die Einordnung „Mittel“ darauf hinweist, dass einige Unternehmen die hier zugeordneten Methoden zur THG-Bilanzierung kennen und auch anwenden, sind Methoden, welche in die Kategorie „Gering“ kategorisiert wurden nur wenig bekannt und werden kaum angewandt. Diesen kann also eine geringe Praxisrelevanz zugesprochen werden.

Zur Reifegradbewertung und damit zur Einordnung der Praxisrelevanz wurden Unternehmen aus den Industriebereichen Stahl, Kunststoff und Batterie einbezogen. Hierbei wurden gezielt Unternehmen unterschiedlicher Größe und aus verschiedenen Branchen, darunter Automobilhersteller und Zulieferer, befragt, inwieweit diese Methoden den spezifischen Bedürfnissen und Anforderungen der jeweiligen Branche oder des Unternehmens entsprechen. Es wurde untersucht, inwieweit die Methoden in der tatsächlichen betrieblichen Praxis Anwendung finden und wie sie von den Unternehmen umgesetzt werden. Im Rahmen der Befragung wurde auch das eingeschätzte Potenzial sich noch in der Entwicklung befindender Methoden abgefragt. Die Methoden, denen ein hohes Potential zugeschrieben wird, sind auch in die Kategorie „mit hohem Potenzial“ eingeordnet.

Da sich der Untersuchungsrahmen des Projektes auf die THG-Bilanzierung der Produktebene bezieht, liegt auch der Schwerpunkt zur Untersuchung der Praxisrelevanz auf den Methoden zur Produktbilanzierung.

**Abbildung 7: Praxisrelevanz der produktbezogenen Methoden zur THG-Bilanzierung**

	hoch	mittel	mit hohem Potenzial	Reifegrad Gering
<b>Allgemein</b>	ISO 14067: Carbon Footprint Product Standard ISO 14040: Ökobilanz GHG Protocol Product Standard Catena-X Rulebook	ISO 14025: EPD / EPD Type III based on ISO (also EN 15804) ISO 14044: Ökobilanz	EU PEF und PEFCR Catena-X Rulebook WBCSD Pathfinder Framework	
<b>Stahl</b>	ISO 20915: LCI Steel Products Responsible Steel World Steel Life Cycle Inventory Methodology	EPD PKR Stahlprodukte	ISO 20915: LCI Steel Products Responsible Steel World Steel Life Cycle Inventory Methodology	
<b>Kunststoff</b>	Together for Sustainability (TFS) Guideline	EPD PKR für Kunststoffe WBCSD Pathfinder Framework	Plastics LCA Method EU Together for Sustainability (TFS) Guideline	BASF Methodology
<b>Batterie</b>	EU Battery Pass Global Battery Alliance – Greenhouse Gas Rulebook (Version 1.5)	JRC Rules CFB-EV (PEFCR)	EU PEF (current v6.3) Global Battery Alliance – Greenhouse Gas Rulebook (Version 1.5) EU Battery Pass JRC Rules CFB-EV (PEFCR)	

Nur produktbezogene Methoden, nicht abschließende Aufzählung.

Quelle: eigene Darstellung, Horváth.

Im Bereich der **übergreifenden Methoden** ergab die Reifegradbewertung, dass Methoden wie die ISO 14067, ISO 14040, der GHG Protocol Product Standard sowie das Catena-X PCF Rulebook in die Kategorie „Hoch“ einzuordnen sind. Diesen Dokumenten wird also eine hohe Praxisrelevanz zugeschrieben. Im mittleren Reifegrad in Bezug auf Bekanntheit und Anwendung unter den befragten Unternehmen wurden die ISO 14025 und ISO 14044 eingeordnet. Als vielversprechend für die Zukunft wurde die EU-PEF Methodik, das WBCSD Pathfinder Framework und das Catena-X PCF Rulebook bewertet. Auch diesen Dokumenten wird also eine hohe Praxisrelevanz zugeschrieben.

Insbesondere das Catena-X PCF Rulebook wurde von vielen Unternehmen in Bezug auf zukünftiges Potenzial der Methoden hervorgehoben. Dies liegt unter anderem an folgenden Faktoren:

- ▶ **Bekanntheit und Verbreitung:** Catena X ist bereits in der Industrie gut bekannt und wird von einer beträchtlichen Anzahl von Unternehmen erwartet. Dies deutet auf die Akzeptanz und Anerkennung der Methode hin.
- ▶ **Zukunftsfähigkeit:** Die Methode wird als zukunftsfähig eingeschätzt, was bedeutet, dass sie wahrscheinlich weiterhin relevant und wertvoll für Unternehmen sein wird. Dies liegt an der steigenden Bedeutung von Nachhaltigkeitsthemen und der verstärkten Nachfrage nach transparenten und verlässlichen Nachhaltigkeitsdaten.
- ▶ **Interesse von Unternehmen:** Die Tatsache, dass eine Vielzahl von Unternehmen auf die Veröffentlichung von Catena X wartet, zeigt, dass es eine hohe Nachfrage und ein Interesse an dieser Methode gibt. Dies kann darauf hinweisen, dass Catena X als Standardmethode in der Branche etabliert werden könnte.

Im **Stahlbereich** wurden spezifische Methoden wie ISO 20915, Responsible Steel und die World Steel Methodology als hochreif bewertet, während EPD PKR für Stahlprodukte in den mittleren Reifegrad eingeordnet wurden.

Im **Kunststoffbereich** erwies sich der TFS-Leitfaden aufgrund des hohen Reifegrades als besonders praxisrelevant. Mit einem mittleren Reifegrad wurden die EPD PKR nach ISO 14025

für Kunststoffe sowie das WBCSD Pathfinder Framework bewertet. Die Befragung ergab, dass der BASF PCF Methodology Leitfaden wenig bekannt ist und diesem somit ein geringer Reifegrad zugeordnet wird. Daher wird auch die Praxisrelevanz der BASF-Methodik als gering eingeschätzt, wobei beachtet werden muss, dass die zugrundeliegende Methodik ebenfalls im TfS-Leitfaden aufgegangen ist. Mit hohem Potential wurde die Plastics LCA Method EU eingestuft, obwohl die Anwendung in der Praxis noch nicht sehr weit fortgeschritten ist. Von Unternehmen, die den TfS-Leitfaden noch nicht in der Anwendung haben, wurde dieser dennoch als mit hohem Potential für die THG-Bilanzierungspraxis bewertet.

Im **Batteriebereich** wurden Methoden wie die des EU Battery Pass, EU Batterieverordnung und Global Battery Alliance als hochreif eingestuft. Die Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV) des Joint Research Institutes (JRC) der Europäischen Kommission wurden trotz ihrer (zum Zeitpunkt der Befragung) noch ausstehenden Veröffentlichung aufgrund ihres mittleren Bekanntheitsgrades und des Interesses von Unternehmen an ihrer Anwendung mit hohem Potenzial bewertet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Praxisrelevanz der Berechnungsmethoden in den verschiedenen Industriebereichen sehr unterschiedlich ausfällt. Häufig wird auf sektor-spezifische Methoden zurückgegriffen bzw. werden gerade die sektor-spezifischen Methoden als die mit hohem Potential und vermutlich zukünftig hoher Praxisrelevanz gesehen.

### 3.4 Auswahl von Methoden

In der Zusammenschau der Methoden (Abbildung 7) lassen sich mit Hilfe der zu Beginn des Kapitels 3 definierten Kriterien schließlich diejenigen Methoden identifizieren, welche für eine vertiefte Analyse anhand des in Kapitel 4 erstellten Analyserahmens, ausgewählt werden. Die Methoden, welche sich auf die Erstellung von THG-Bilanzierungen auf Unternehmensebene beziehen, werden nicht tiefergehend analysiert, da im Rahmen des Projektes der Fokus auf der Bilanzierung auf Produktebene liegt. Hierunter fallen folgende Methoden:

- ▶ ISO 14064: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene (ISO 14064-1:2018)
- ▶ PAS 2060 – Carbon Neutrality Standard and Certification
- ▶ EU OEF – EU Organisation Environmental Footprint
- ▶ GHG Protocol Corporate Standard
- ▶ ISO 14404: Berechnungsmethode für die Intensität von Kohlendioxidemissionen in der Stahl- und Eisenherstellung
- ▶ EN 19694: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung von Treibhausgasen (THG) aus energieintensiven Industrien – Teil 2: Stahl- und Eisenindustrie
- ▶ Responsible Steel International Standard
- ▶ World Steel CO<sub>2</sub> Data Collection
- ▶ WBCSD Chemicals – Guidance for Accounting & Reporting Corporate GHG Emissions in the Chemical Sector Value Chain
- ▶ IPICEA: Petroleum Industry Guideline

**Abbildung 8: Bestandsaufnahme der relevanten Methoden**

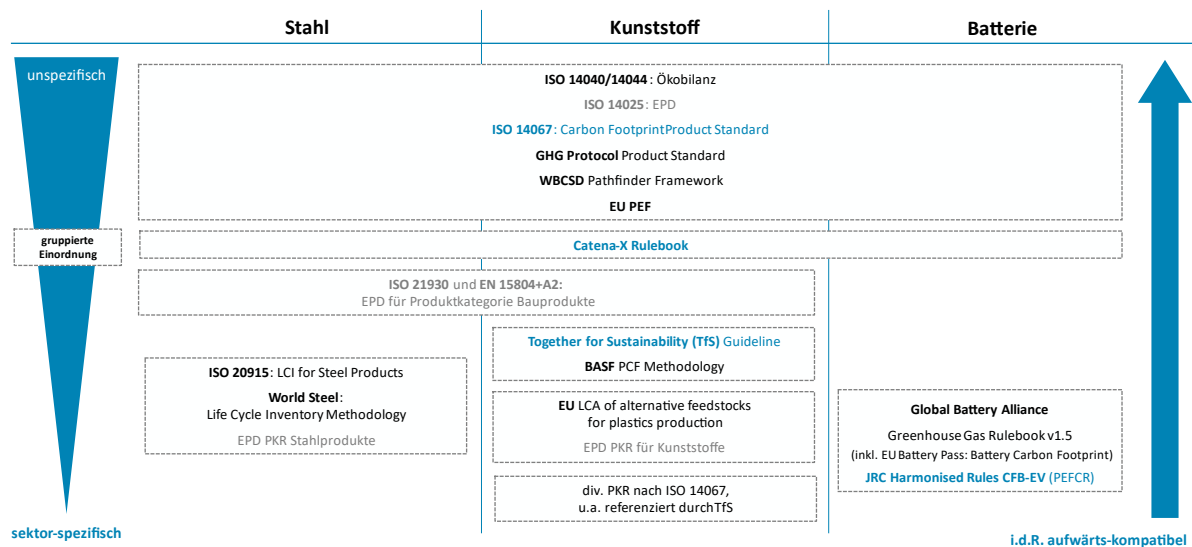
regulatorische Instrumente		freiwillige Instrumente	
	Normen	Standards	Weitere
Unternehmen	<b>ISO 14064</b> : CCF, Verifizierung <b>PAS 2060</b> : Klimaneutralität <b>ISO 14404</b> : Emissionsintensität der Eisen- und Stahlproduktion <b>EN 19694</b> : Emissionen aus stationären Quellen in der Eisen- und Stahlproduktion	<b>GHG Protocol</b> Corporate Standard (sector-specific: Iron and Steel) <b>EU OEF</b> <b>ResponsibleSteel</b> International Standard <b>WBCSD</b> : Chemicals <b>IPICEA</b> : Petroleum Industry Guidelines	<b>World Steel CO<sub>2</sub> Data Collection</b>
	<b>ISO 14040/14044</b> : Ökobilanz <b>ISO 14021</b> : Umweltkennzeichnung ISO <b>ISO 14067</b> : PCF <b>PAS 2050</b> : PCF <b>EN 15804/ISO 21930</b> : EPD (Bauprodukte) <b>ISO 20915</b> : LCI Steel Products Bspw. <b>EPD PKR</b> für Rohstahl und einfache Stahlprodukte (EPD International) <b>EPD PKR für Kunststoffe</b> (bspw. EPD International 2010:16, 2018:10)	<b>EU PEF</b> und <b>PEFCR</b> <b>GHG Protocol</b> Product Standard <b>JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries</b> (CFB-EV) (PEFCR) <b>Global Battery Alliance – Greenhouse Gas Rulebook</b> (Version 1.5) <b>EU Battery Pass</b> <b>EU PEFCR</b> für Metallbleche aus Stahl, Aluminium, Kupfer und Blei <b>World Steel</b> Life Cycle Inventory Methodology <b>Plastics LCA Method EU</b> <b>PlasticsEurope</b> (LCA Guidance for Eco-Profiles & Allocation Rules) <b>BASF Methodology</b> <b>Together for Sustainability (TFS) Guideline</b> <b>RMI – Product-level GHG Accounting method for Plastics</b>	<b>Catena-X Rulebook</b> <b>WBCSD</b> Pathfinder Framework Automobil-OEM PCF Requirements
<b>Datenquellen</b>			

Nicht abschließende Aufzählung, sektorspezifische Methoden in blau.

Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

Um sicherzustellen, dass die zur detaillierten Analyse ausgewählten Methoden die drei ausgewählten Sub-Wertschöpfungsketten, aber auch die gesamte automobilen Wertschöpfungskette abdecken, sollen je eine sektorspezifische Methode sowie zwei übergreifende Methoden ausgewählt werden. So können, wie in Abbildung 8 aufgezeigt, unterschiedliche Spezifizierungsgrade innerhalb der analysierten Methoden abgebildet werden.

Abbildung 9: Spezifizierungsgrad der unterschiedlichen Methoden zur THG-Bilanzierung



Nur produktbezogene Methoden, nicht abschließende Aufzählung.

Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

Vor dem Hintergrund unterschiedliche Spezifizierungsgrade abzudecken und unter Berücksichtigung der Praxisrelevanz der jeweiligen Methoden sowie der Anwendbarkeit auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungsketten wurden folgende fünf Methoden zur Berechnung von produktspezifischen THG-Bilanzen für eine detailliertere Analyse ausgewählt (in Abbildung 8 in blau dargestellt):

- ▶ ISO 14067: Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung (ISO 14067:2018)
- ▶ Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook – Version 2.0
- ▶ JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)
- ▶ ISO 20915: Life cycle inventory calculation methodology for steel products (ISO 20915:2018)
- ▶ Together for Sustainability: The Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry

In Bezug auf die übergreifenden Methoden fällt die Wahl zum einen auf die **ISO 14067**, die sich mit der Berechnung von PCFs auf übergeordneter Ebene beschäftigt und zum anderen auf das **Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook** in der Version 2.0, welches im Rahmen einer harmonisierten und transparenten PCF-Datenübertragung entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette, Methoden zur THG-Bilanzierung vorgibt.

Die ISO 14067 ist durch ihre Allgemeingültigkeit für Produkte und Dienstleistungen jeder Art und so für die gesamte automobilen Wertschöpfungskette sowie die angegliederten Sub-Wertschöpfungsketten gültig, wie in Abbildung 9 aufgezeigt. Dies spiegelt sich auch in der Anwendungspraxis wieder. Wie in Kapitel 3.3.5 beschrieben, zählt die ISO 14067 zu einer der am häufigsten verwendeten Methoden zur Berechnung von PCFs in der Automobilindustrie sowie den ausgewählten Sub-Wertschöpfungskette und wird daher eine hohe Praxisrelevanz zugeschrieben.



Auch das Catena-X PCF Rulebook lässt sich entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette sowie in den angrenzenden Sub-Wertschöpfungsketten anwenden (siehe Abbildung 10). In der Unternehmensbefragung zur Praxisrelevanz wurde diese in Bezug auf das Catena-X PCF Rulebook zudem als hoch angegeben. Viele Unternehmen erwarten bereits die finalisierte Version der Methodik und rechnen dieser ein hohes Potential bei der zukünftigen Berechnung von THG-Emissionen – insbesondere in der Automobilindustrie – zu.

**Abbildung 10: Anwendungsbereich der unterschiedlichen Methoden zur THG-Bilanzierung**

	Allgemein				
	ISO 14067: PCF				
	WBCSD Pathfinder Framework				
	Catena-X Rulebook				
	EU PEF Methodology				
Stahl	Eisenerzeugung/ Stahl-Recycling	Rohstahlherstellung (Primärroute/Sekundärroute)	Walzen und Veredeln	Pressen, Stanzen / Komponentenherstellung	Verschweißen und Einbau (OEM)
	World Steel: Life Cycle Inventory Methodology				
	ISO 20915: LCI for Steel Products				
	EPD PKR Stahlprodukte				
Kunststoff	Rohölgewinnung	Chem. Weiterverarbeitung (Distillation & Cracking)	Compounding (inkl. Recyclingzuführung)	Kunststoffspritzen und Weiterverarbeitung (inkl. Recyclingzuführung)	Einbau (OEM)
	Together for Sustainability Guideline				
	BASF PCF Methodology				
	LCA Plastics Method EU				
EPD PKR Kunststoffe					
Batterie	Rohmaterialgewinnung (Lithium, Cobalt, etc.)	Rohmaterialaufbereitung (inkl. Recycling)	Batteriezell- produktion	Batteriemodul- herstellung	Einbau (OEM)
	JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)				
	Global Battery Alliance Greenhouse Gas Rulebook v1.5				
	EU Battery Pass Carbon Footprint				

Nur produktbezogene Methoden, nicht abschließende Aufzählung.

Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

Zur detaillierteren Analyse wurden aus den sektorspezifischen Methoden für die Wertschöpfungskette Batterie die JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV) ausgewählt. Bei dem Dokument handelt es sich, wie in Kapitel 3.3.2 beschrieben, um Kategorieregeln im Sinne des EU PEF. Es wird als wahrscheinlich angesehen, dass diese die ausgewählte Methodik zum Vollzug der Anforderungen aus der Batterieverordnung darstellen und somit von höchster Bedeutung für Batterieherstellende sein wird. Auch aus der Befragung von Unternehmen zur Praxisrelevanz der Methoden ergibt sich, dass eine erhöhte Aufmerksamkeit auf dem Dokument liegt. Aufgrund der Bedeutung im regulatorischen Kontext werden die JRC CFB-EV daher den Arbeiten der Global Battery Alliance sowie des EU Battery Pass für eine detailliertere Analyse vorgezogen.

Für die Wertschöpfungskette Stahl wurde die ISO 20915 ausgewählt. Wie in Kapitel 3.3.3 und in Abbildung 10 beschrieben, stellen die World Steel Lifecycle Inventory Methodology und die ISO 20915 in Bezug auf die Abdeckung von Stufen in der Wertschöpfungskette vergleichbare Methoden dar. Mit Veröffentlichung in 2017 (World Steel) und 2018 (ISO) besitzen sie zudem eine vergleichbare Aktualität. Beide Dokumente sind deshalb grundsätzlich für die tiefere Analyse geeignet. Die ISO 20915 wurde schließlich in der Auswahl der World-Steel-Methode vorgezogen, da letztere primär der statistischen Datenerfassung nur sekundär für die Erstellung von LCI für kommerzielle Zwecke einzelner Unternehmen angelegt ist. Zudem bedingt eine ISO-Norm gegenüber einem Branchen-Standard ggf. umfangreichere Beteiligungs- und Reviewprozesse.

Der Tfs-Leitfaden wurde zur näheren Analyse als sektorspezifisches Dokument aus der Wertschöpfungskette Kunststoff ausgewählt. Der Standard deckt zwar genau wie die LCA Plastics EU Method als auch die BASF PCF Methodology einen Großteil der Kunststoffwertschöpfungskette ab (siehe Abbildung 10), hat jedoch zum Vorteil, dass diesem in Bezug auf die Praxisrelevanz ein hohes Potential zugeschrieben wird (siehe Kapitel 3.3.5). Zudem geht die BASF PCF Methodology im Tfs-Leitfaden auf. Im Gegensatz zu den EPD PKR nach ISO 14025, ist der Tfs-Leitfaden aktuell nur bis zur Herstellung von Plastikpellets anwendbar. Durch die Kooperation mit dem RMI, um die Abdeckung des Leitfadens ggf. auch auf andere Wertschöpfungsstufen zu erweitern, könnte die Anwendbarkeit über die gesamte Wertschöpfungskette Kunststoff jedoch zukünftig ermöglicht werden. Daher wird der Tfs-Leitfaden dennoch als aktuell relevantestes Dokument in Bezug auf die Wertschöpfungskette Kunststoff gesehen und somit zur tiefergehenden Analyse ausgewählt.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Entwicklungen in diesem Themenfeld derzeit sehr dynamisch sind und Regulatorik, Standards und Methoden stetig weiterentwickelt werden. Mit der Auswahl der Methoden wurde bewusst entschieden auch in der Entwicklung befindliche Methoden wie die Regeln zum PCF für Batterien und das Catena -X Regelwerk in die Analyse aufzunehmen. Hier können sich Änderungen ergeben die von der in diesem Bericht beschriebenen Analyse abweichen.

## 4 Analyserahmen

Zur vertieften Analyse der ausgewählten Methoden zur Quantifizierung von THG-Emissionen, wurde der in Tabelle 2 dargestellte Analyserahmen erstellt. Dieser soll dabei unterstützen, die Stärken und Schwächen einzelner Methoden herauszuarbeiten. Darüber hinaus sollen die Methoden in Beziehung zueinander sowie zu aktuellen regulatorischen und marktlichen Entwicklung im Rahmen der Dekarbonisierung der Automobilindustrie gesetzt werden.

Der Analyserahmen ist hierzu zweitstufig aufgebaut. In einem ersten Schritt wird die jeweilige Methode anhand der im Rahmen der THG-Bilanzierung relevanten Aspekte – orientiert an den übergeordneten und rahmengebenden Standards zur Ökobilanzierung ISO 14040 und ISO 14044 – analysiert. Zunächst wird betrachtet, in welchem Kontext die ausgewählten Methoden zu verorten sind. Darauf zielen die Aspekte **„Ziel und Anwendung“** sowie **„(Methoden-) Referenzen“** ab. Die Punkte **„Untersuchungsrahmen“** sowie **„Berechnung“** beschäftigen sich dezidiert mit der konkreten methodischen Ausgestaltung der THG-Bilanzierung. Ein besonderer Fokus wird hier auf wiederkehrende Fragestellungen gelegt. Hierzu zählen bspw. die Allokation, insbesondere im Kontext von Recycling oder auch die Bilanzierung von Energieströmen. Da die Qualität einer THG-Bilanzierung maßgeblich von der verwendeten Datenbasis abhängig ist, wird der Themenkomplex **„Daten“** im Analyserahmen entsprechend ausführlich behandelt. Ein im Rahmen der AhG „Dekarbonisierung“ häufig genanntes Anliegen ist es, die stärkere Nutzung von Primärdaten zu etablieren. Die Analyse wird deshalb ebenfalls verdeutlichen, welche Vorgaben diesbezüglich in den Methoden vorliegen.

Anhand der Punkte **„Report und Kommunikation“**, **„Vergleichbarkeit“** und **„Verifizierung und Zertifizierung“** lässt sich verdeutlichen, durch welche Hemmnisse bzw. Unklarheiten die Weitergabe von PCF-Daten in der aktuellen Praxis erschwert wird. Die Punkte **„Tools“** und **„Interpretation“** stellen periphere Aspekte dar, sollen zum vollständigen Durchdringen der einzelnen Methode dennoch mit betrachtet werden.

In einem zweiten Schritt soll in einer Zusammenschau der ausgewählten Methoden diskutiert werden, wie sich die unterschiedlichen Methoden in der automobilen Wertschöpfungskette ergänzen bzw. widersprechen und wie diese im Kontext aktueller oder kommender Regulatorik sowie marktlichen Entwicklungen zu bewerten sind. Dies soll anhand geeigneter weiterführender Leitfragen sowohl in Bezug auf einzelne Analyseaspekte als auch zur generellen Auswertung geschehen. So kann bspw. im Kontext des Analyseaspektes **„Systemgrenzen“** diskutiert werden, wie sich die analysierten Methoden entlang der automobilen Wertkette möglicherweise ergänzen bzw. Lücken offenlassen oder inwiefern bestimmte Methoden die Dekarbonisierung der Industrie unterstützen.

**Tabelle 2: Analyserahmen**

Analyseaspekt	Leitfragen	Weiterführende Überlegungen/ Fragestellungen
<b>Ziel und Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für welchen Zweck wurde die Methode entwickelt?</li> <li>• Von welcher Institution wurde die Methode entwickelt?</li> <li>• Welche Akteure entlang der automobilen Wertkette werden von der Methode angesprochen?</li> <li>• In welchen (regulatorischen) Kontexten soll/kann die Methode angewandt werden? (Bsp. EU PEF)</li> <li>• Wie weit ist die Nutzung dieser Methode bereits verbreitet (national, europäisch, international)?</li> <li>• Gibt es bereits Arbeitsprozesse zur Standardisierung und Harmonisierung für die Nutzung der Methode?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus welcher Richtung sind die betrachteten Methoden motiviert?</li> <li>• Was bedeutet dies für die Passgenauigkeit zu den aktuellen Herausforderungen an / Anforderungen in der Automobilbranche?</li> </ul>
<b>(Methoden-) Referenzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche weiteren Methoden werden referenziert?</li> <li>• Zu welchen Methoden wird Konformität angestrebt?</li> <li>• Welche weiteren Instrumente/Systeme werden referenziert (bspw. HKN-System)?</li> </ul>	
<b>Untersuchungsrahmen</b>		
Systemdefinition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie wird das zu untersuchende System definiert?</li> <li>• Auf welche Ebene bezieht sich der Betrachtungsrahmen (Organisation/Unternehmen/Produkt)?</li> <li>• Wie wird das System auf Produktebene definiert (Funktionelle/deklarierte Einheiten)?</li> </ul>	
Systemgrenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie werden die Systemgrenzen in Bezug auf die Betrachtung der automobilen Wertkette gesetzt (Scopes, Lebenszyklusphasen)?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie unterscheiden sich die Systemgrenzen und welche Wirkungen hat dies?</li> <li>• Wie groß ist die Menge der THG-Emissionen, die so unberücksichtigt bleiben?</li> </ul>

Analyseaspekt	Leitfragen	Weiterführende Überlegungen/ Fragestellungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Phasen/Stufen der automobilen Wertschöpfungskette werden einbezogen? Welche abgeschnitten?</li> <li>• Wie geht die Methode mit solchen abgeschnittenen Kettenteilen um?</li> </ul>	
Betrachtete Treibhausgas-emissionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Emissionen werden in die Methode einbezogen (CO<sub>2</sub>-Emissionen, THG-Emissionen, weitere Umweltemissionen)?</li> <li>• An welchen zugrundeliegenden Definitionen wird sich hierfür orientiert (bspw. Kyoto Protocol, IPCC Berichte)?</li> </ul>	
Cut-Off-Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie sind Abschneidekriterien und -regeln definiert?</li> <li>• Werden die unberücksichtigten Prozesse aufgezählt? Welche Annahmen werden getroffen?</li> </ul>	
<b>Berechnung</b>		
Allokation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Allokationsverfahren werden verwendet?</li> <li>• Wie werden Massenbilanzverfahren im Kontext des Standards bewertet?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sind die Methoden darauf ausgerichtet Unternehmen bei der Entwicklung grüner Produktlinien zu unterstützen?</li> </ul>
Allokation im Recycling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie wird mit Sekundärmaterial umgegangen?</li> <li>• Wie wird Sekundärmaterial definiert? Welche Konsequenzen hat diese Definition für die Bewertung von Sekundärmaterial?</li> <li>• Auf welche Stufen der automobilen Wertschöpfungskette bezieht sich die Methode?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird Recycling in unterschiedlichen Wertschöpfungsketten unterschiedlich behandelt?</li> <li>• Werden grüne Eigenschaften hierdurch doppelt angerechnet?</li> <li>• Welche Informationen bedarf es, um unterschiedliche Herangehensweisen zu identifizieren und mit diesen umzugehen?</li> </ul>
Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für welche Energieträger werden Methoden zur Bilanzierung aufgestellt?</li> <li>• Wie wird zwischen Eigenerzeugung und Energiebezug von außerhalb unterschieden?</li> <li>• Wie werden marktbasierete sowie ortsbasierete Methoden bewertet?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sind aktuelle politische Entwicklungen in Bezug auf Wärme/Kälte, Gase, Wasserstoff mit einbezogen?</li> <li>• Sind Anforderungen praktisch umsetzbar? (Zeitverzug in der Stromkennzeichnung als Hindernis)</li> <li>• Wie sind aktuelle Nachweissysteme vor dem</li> </ul>

Analyseaspekt	Leitfragen	Weiterführende Überlegungen/ Fragestellungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Emissionskategorien werden mit einbezogen?</li> <li>• Wie wird mit Vorkettenemissionen von Energie umgegangen?</li> </ul>	Hintergrund der für diese gesetzten Kriterien zu bewerten (z.B. I-REC)?
<b>Daten</b>		
Datensammlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werden Vorgaben zur Erfassung von direkten Emissionen gemacht?</li> <li>• Wie sollen Aktivitätsdaten erfasst werden? Gibt es Hinweise zur Automatisierung bzw. Digitalisierung des Messwesens?</li> <li>• Welche Tools (Software) werden genutzt/sollen genutzt werden, um die Daten zu erfassen?</li> </ul>	
Datenqualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Kriterien werden bzgl. Datenqualität definiert?</li> <li>• Wird ein Bewertungsraster implementiert?</li> <li>• Wie werden Daten verifiziert?</li> <li>• Wie werden Primärdaten vs. Sekundärdaten bewertet?</li> <li>• Gibt es Vorgaben, unter welchen Bedingungen man anstelle der Primärdaten auf Sekundärdaten gehen kann? Bzw. gibt es Vorgaben für zwingende oder bevorzugte Nutzung von Primärdaten?</li> <li>• Gibt es Vorgaben hinsichtlich der zu verwendenden Quelle für Sekundärdaten? Wie sehen diese aus?</li> <li>• Sind die Vorgaben derart gestaltet, dass sie aus Sicht der Transparenz und gegebenenfalls des Klimaschutzes sinnvolle Ergebnisse erwarten lassen (z.B. Verhinderung der Nichtberücksichtigung von Emissionen)?</li> <li>• Werden standortspezifische Daten gefordert?</li> </ul>	
Daten außerhalb der Organisationsgrenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie werden die einzelnen Schritte in der Lieferkette verifiziert?</li> </ul>	

Analyseaspekt	Leitfragen	Weiterführende Überlegungen/ Fragestellungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werden Empfehlungen bzgl. Sekundär- und Primärdatenquellen für Daten außerhalb der Organisationsgrenze ausgesprochen?</li> </ul>	
<b>Tools</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steht die Methode in Zusammenhang mit einem Softwaretool?</li> <li>• Werden Softwaretools empfohlen?</li> </ul>	
<b>Interpretation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welchem Ziel folgt die Interpretationsphase?</li> <li>• Wird der Fokus mehr auf Emissionsquellen oder methodische Varianzen gelegt?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lassen sich unterschiede in Dokumenten erkennen, die unterschiedliche Anwendungszwecke verfolgen?</li> </ul>
<b>Report und Kommunikation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gibt es Aspekte/Informationen, die zwingend veröffentlicht werden müssen?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche grundlegenden Informationen sowie methodischen Entscheidungen führen zu ausreichend Transparenz in der Emissionsberechnung?</li> </ul>
<b>Vergleichbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werden Kriterien für die Vergleichbarkeit von ermittelten Emissionswerten gesetzt?</li> <li>• Werden Produktkategorieregeln verlangt?</li> </ul>	
<b>Verifizierung und Zertifizierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist eine Verifizierung der Ergebnisse verpflichtend?</li> <li>• Werden Vorgaben zu Verifizierungsanforderungen gemacht?</li> <li>• Werden Zertifizierer vorgeschlagen?</li> </ul>	

**Weiterführende Fragen zur Auswertung**

- Welche Vorteile/Nachteile weist die Methode mit Blick gerade auf die automobiler Wertschöpfungskette und gegenüber anderen Ansätzen auf?
- Wie unterscheiden sich die Methoden hinsichtlich Vollständigkeit, Genauigkeit, Transparenz, Konsistenz und Vermeidung von Doppelzählungen? Inwieweit gestalten sie sich kompatibel?
- Welche Interpretationsspielräume lassen die Methode demnach Nutzern/Anwendern?
- Welche Herausforderungen erwachsen daraus speziell mit Blick auf die automobiler Wertschöpfung?
- Sind Methoden darauf ausgerichtet bei der Umsetzung von Dekarbonisierungsmaßnahmen zu unterstützen bzw. diese anzureizen?

## 5 Bewertung relevanter Methoden

Die in Kapitel 3.4 ausgewählten Methoden werden im Folgenden anhand des in Kapitel 4 vorgestellten Analyserahmens untersucht. Der Analyserahmen enthält die generellen Schritte einer PCF-Bilanzierung. Ziel ist es, Unterschiede und Schwachpunkte der Methoden zu identifizieren.

### 5.1 Ziel & Anwendungsbereich

Das Ziel und der Anwendungsbereich einer Methode prägen in vieler Hinsicht die Ausgestaltung in den nachfolgenden Aspekten. Zu Beginn der Analyse sollen daher die ausgewählten Methoden diesbezüglich eingeordnet werden. Da die Methoden bereits in Abschnitt 3.3 vorgestellt wurden, wird hier nur auf die wesentlichen Punkte eingegangen.

**ISO 14067:2018** ist eine Norm, die „Anforderungen an sowie Grundsätze und Leitlinien für die Quantifizierung und die Berichterstattung des Carbon Footprint eines Produkts“ festlegt. Sie wurde durch die International Standards Organisation entwickelt und stellt neben dem GHG Protocol Product Standard derzeit den weltweit meist verwendeten methodischen Standard für die PCF-Bilanzierung dar. Die Methodik dient dazu, Informationen zur Erforschung und Entwicklung von Produkten, Verbesserung von Technologien, PCF-Leistungsverfolgung und Kommunikation zu ermitteln. Für Vergleichsstudien werden im Anhang normative Voraussetzungen formuliert.

Die Norm soll mit Start im Herbst 2024 überarbeitet werden.

Die **ISO 20915** ist eine Norm, die Anforderungen und Richtlinien für die Erstellung einer Sachbilanz (engl. Life Cycle Inventory, kurz LCI) für Stahlprodukte beschreibt. Die LCI stellt ein wesentliches Element einer Ökobilanz-Studie dar (ISO 14044:2006). Ein besonderes Augenmerk der Methode liegt darauf, die Möglichkeiten des Stahl-Recycling abzubilden. Die Auswertung der Ergebnisse, beispielsweise im Rahmen einer Wirkungsabschätzung ist nicht durch die Methode abgedeckt. Über diese Punkte hinaus, wird der Anwendungsbereich der Methodik nicht näher spezifiziert.

Wie in Kapitel 3.3.2 beschrieben, stellt die **JRC Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)** einen Methodenentwurf des EU Joint Research Center (JRC) zur Berechnung des PCF von Batterien nach Artikel 7 der Batterieverordnung (EU 2023/1542)<sup>30</sup> dar. Im Kontrast zu den ISO-Normen ist die Methodik somit explizit für die Anwendung im regulatorischen Kontext vorgesehen.

Das im Jahr 2021 gegründete Catena-X Automotive Network e.V. mit etwa 170 Mitgliedsunternehmen (Stand Februar 2024) aus der automobilen Wertschöpfungskette versteht sich als Innovationsnetzwerk. Der Verein arbeitet am Aufbau eines kollaborativen IT-Ökosystems, welches den effizienten Austausch von Daten entlang der Lieferkette ermöglichen und gleichzeitig die Datensouveränität der beteiligten Akteure sichern soll. Der Verein wird durch Mittel der EU und der Bundesregierung gefördert.

Das **Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook** (Catena-X Rulebook) formuliert in diesem Kontext Regeln für die PCF-Bilanzierung. Das Rulebook folgt explizit dem Konzept der Attributional LCA-Ansatz (Catena-X, 2023, S. 12). Demnach ist es Ziel der Berechnung, THG-Emissionen zu identifizieren, die dem Produkt im Laufe des Lebenszyklus zugeschrieben werden können. Im Kontrast dazu werden Auswirkungen, beispielsweise vermiedene Emissionen, nicht

<sup>30</sup> VERORDNUNG (EU) 2023/1542 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG.



in der Bilanzierung berücksichtigt.

Nach herkömmlichen PCF-Methoden, bspw. ISO 14067, ist der Anwender aufgefordert, auch Emissionsquellen stromauf- und abwärts in der Wertschöpfungskette in der Bilanz zu erfassen und die dafür notwendigen Daten zu beschaffen. Mangels verfügbarer Lieferanteninformationen ergibt sich dadurch vielfach die Notwendigkeit, auf weniger repräsentative Sekundärdaten zurückzugreifen. Catena-X zielt hingegen auf eine möglichst hohe Primärdatenquote in der PCF-Berechnung. Die Akteure bilanzieren dafür nur THG-Emissionen in ihrem direkten Einflussbereich und speisen diese in die Catena-X-Datenbank ein. Der PCF ergibt sich schlussendlich aus der Summe der partiellen PCFs. Durch diese Methode sollen auch kleinere Unternehmen in der Lage sein, die Berechnungen durchzuführen.

Das Rulebook wird laufend weiterentwickelt. Insbesondere die Anschlussfähigkeit zu bestehenden Branchenstandards steht dabei im Fokus. Das Rulebook soll zunächst im Rahmen einer Übergangsphase erprobt werden, in der weniger restriktive Regeln Anwendung finden.

Die **TfS-Initiative** ist ein Zusammenschluss von Unternehmen aus der Chemiebranche mit dem Ziel, für die Branche eine führende Rolle hin zu einer nachhaltigeren chemischen Industrie zu übernehmen. Zum aktuellen TfS Steering Committee zählen die deutschen Unternehmen BASF, Bayer, Evonik, Henkel und Wacker.

Die **Product Carbon Footprint Guideline for the Chemical Industry** (nachfolgend TfS Guideline) beinhaltet sektorspezifische Lösungen zur Berechnung eines PCF sowie zur Berechnung von Emissionen in Scope 3.1. Gegenüber bestehenden Regelwerken und Produktkategorieregeln soll das Dokument eine Harmonisierung von Methoden herbeiführen. Dadurch soll perspektivisch eine Vergleichbarkeit der Klimawirkung von Produkten ermöglicht werden. Analog zum Catena-X Rulebook zielt auch diese Methodik auf eine gesteigerte Verwendung von Primärdaten.

#### Fazit: Ziel und Anwendungsbereich der Methoden

Die Methoden unterscheiden sich deutlich in ihrer Zielsetzung. Während die älteren ISO-Normen eher für die Anwendung in der Forschung und Entwicklung vorgesehen sind, zielen die übrigen drei jüngeren Regelwerke deutlich auf den Aspekt der Vergleichbarkeit ab. Dies spiegelt die Weiterentwicklung des PCF zu einem Wettbewerbs- und Regulatorik-Kriterium wider.

Auch im Anwendungsbereich lassen sich deutliche Unterschiede feststellen. Während die ISO 14067 als allgemeingültige Methodik jegliche Produkte abdeckt, zielen die übrigen Dokumente auf bestimmte Branchen (Automobil, Stahl, Batterie, Chemie). ISO 20915, TfS Guideline und CFB-EV gehen dabei nur auf die relevanten Elemente der jeweiligen Wertschöpfungskette ein, das Catena-X Rulebook sucht hingegen den Anschluss an bestehende Branchen-Methoden, u.a. auch TfS Guideline.

Anhand der ausgewählten Dokumente wird deutlich, dass relevante Bilanzierungsmethoden derzeit sowohl von Normungs-Organisationen (z.B. ISO), staatlichen Institutionen (z.B. EU) als auch Wirtschaftsinitiativen (z.B. TfS, Catena-X) erarbeitet werden. Dies zeugt einerseits von der hohen Relevanz des Themas, lässt aber auch erahnen, dass die Harmonisierung von Methoden ein hochpolitisches Unterfangen ist.

## 5.2 Referenzen

Im Abschnitt der Methodenreferenzen wurde untersucht, welche zusätzlichen Methoden in Betracht gezogen werden. Es wurde erörtert, auf welche Methoden die Konformität der jeweils betrachteten Methoden angestrebt wird und welche weiteren Instrumente oder Systeme als Referenz herangezogen werden.

Die **ISO 14067** stützt sich auf die grundlegenden Anforderungen an eine Ökobilanz nach ISO 14040 und 14044. Zusätzlich werden in dem Standard Referenzen zu weiteren ISO Standards insbesondere aus der 14020er und 14060er-Reihe hergestellt. So gibt es einen expliziten Verweis auf ISO 14027 zur Entwicklung von PKR und ISO 14071 zur kritischen Prüfung (zusätzliche Anforderungen an ISO 14044). Zusätzlich gibt es weitere Bezüge zu ISO Normen, wie der ISO 14064-3 für die Validierung und Verifizierung von THG-Erklärungen oder der ISO 14026 für die Kommunikation von Footprint-Angaben. (ISO 14067:2018, S. 15)

Verweise in der **ISO 20915** werden nur zu den grundlegenden Anforderungen an eine Ökobilanz nach ISO 14040 und 14044 gemacht. Darüber hinaus gibt es keine weiteren Referenzen, was sich unter anderem dadurch erklären lässt, dass der Standard nur die LCI umfasst. (ISO 20915:2018, S. 2)

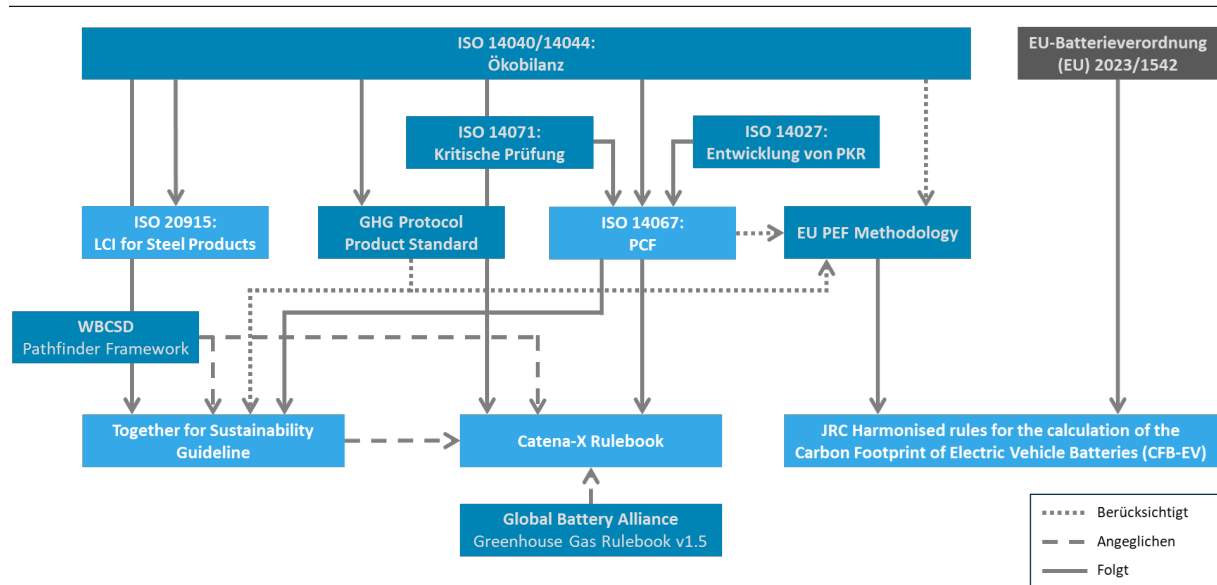
Bei der **CFB-EV** wird auf die Vorgaben der EU-Batterieverordnung EU/2023/1542 verwiesen, welche einige Aspekte wie die funktionelle Einheit und die Systemgrenze bereits definiert. Außerdem verweist die Verordnung und ebenso wie die CFB-EV auf die PEF Methodik und die relevanten PEFCR. Ebenso verweist die CFB-EV darauf technischen und wissenschaftlichen Fortschritt im Bereich der Ökobilanzierung in die Weiterentwicklung der Methode einzubeziehen. (JRC, 2023, S. 4)

Das **Catena-X Rulebook** verweist ebenfalls auf ISO 14040 und 14044 als grundlegende Anforderungen an eine Ökobilanzierung sowie auf ISO 14067 für die Erstellung eines PCFs. Zusätzlich verweist das Catena-X Rulebook auf eine enge Anlehnung an das WBCSD Pathfinder Framework und den begonnenen Harmonisierungsprozess mit der TfS Guideline und dem GBA Rulebook. Durch die verschiedenen Wahlmöglichkeiten innerhalb der Standards und zur Erhöhung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist im Catena-X Rulebook zusätzlich eine Methodenhierarchie eingeführt worden. Diese sieht vor, dass zuerst die Vorgaben von ISO 14067 zu befolgen sind, wonach die spezifischen Vorgaben für die Lieferanten der Automobilindustrie aus dem Cartena-X Rulebook zu befolgen sind. An dritter Stelle sollten die sektor- und produktspezifischen Vorgaben aus dem Cartena-X Rulebook angewendet werden. Zusätzlich schreibt das Cartena-X Rulebook vor, Informationen zu den angewandten Methoden und Standard als Bestandteil des Datenaustauschs an die nachgelagerte Wertschöpfungskette weiterzugeben. (Catena-X, 2023, S. 11)

Die Verweise in der **TfS Guideline** beziehen sich zuerst ebenfalls auf die grundlegenden Anforderungen an eine Ökobilanzierung nach ISO 14040 und 14044. Zudem folgt die TfS Guideline der ISO 14067 für die Erstellung eines PCFs und hebt dort insbesondere die Rolle von PKR hervor. Es wurden auch andere Dokumente, wie das GHG Protocol und das WBCSD Pathfinder Framework in der Erstellung TfS Guideline berücksichtigt. Analog zum Cartena-X Rulebook gibt die TfS Guideline eine Methodenhierarchie zur Erhöhung der Konsistenz von PCFs entlang der Wertschöpfungskette vor. Zuerst müssen PKR auf Grundlage der TfS Guideline genutzt werden, wonach andere sektor- oder produktspezifische Regeln auf Basis der ISO 14000er Reihe genutzt werden müssen. An dritter Stelle muss die TfS Guideline genutzt werden, sofern noch keine PKR vorhanden ist. Hiernach muss der ISO 14067 Standard und an fünfter Stelle das WBCSD Pathfinder Framework und der GHG Protocol Product Standard genutzt werden. Als letzte Möglichkeit müssen PEFCR genutzt werden. Sollte es verschiedene PKR für

dasselbe Produkt geben, werden die PKRs von TfS überprüft und sofern sie den Vorgaben der TfS Guideline entsprechen einmal im Jahr veröffentlicht. (TfS, 2022, S. 42)

**Abbildung 11: Beziehungen und Referenzen der betrachteten Methoden**



Quelle: eigene Darstellung, Hamburg Institut.

### Fazit: Referenzen

Alle ausgewählten Methoden mit Ausnahme des CFB-EV verweisen auf die Grundlagen zur Ökobilanzierung nach ISO 14040 und 14044. Der CFB-EV verweist auf die EU PEF Methodology und damit auch implizit auf ISO 14040 und 14044. ISO 14067 als übergeordneter Standard für die PCF Erstellung bezieht sich außerdem auf eine Reihe von weiteren ISO Standards. Hier insbesondere ISO 14071 zur kritischen Prüfung und ISO 14027 zur Entwicklung von PKR. Das Catena-X Rulebook und die TfS Guideline als sektorspezifische Methoden folgen der ISO 14067 und zusätzlich dem WBCSD Pathfinder Framework. Außerdem gibt es Bestrebungen, die Leitfäden aneinander anzugleichen und miteinander kompatibel zu machen. Da die beiden Leitfäden viele Referenzen haben, gibt es hier auch explizite Hierarchien, welchen Vorgaben zuerst zu folgen ist. Der ISO 20915 behandelt nur den LCI von Stahlprodukten und hat keine weiteren Referenzen. Der CFB-EV stellt auch einen Sonderfall da, da er einen konkreten Bezug zur EU-Batterieverordnung EU/2023/1542 hat und somit einer konkreten Gesetzgebung folgt.

## 5.3 Untersuchungsrahmen

### 5.3.1 Systemdefinition

Für die Definition des Systems ist zuerst die Ebene des Betrachtungsrahmens zu definieren. Hier wird zwischen Organisationen bzw. Unternehmen, Projekten und Produkten unterschieden. Für die Projekteben sind im nächsten Schritt die funktionelle oder deklarierte Einheit festzulegen. Die funktionelle Einheit bezieht sich auf die Funktionen des Produkts und nicht auf das physische Produkt selbst und wird als Referenzeinheit für die Berechnung der PCFs verwendet. Sollte die Funktion eines Produkts noch nicht festgelegt sein, da es beispielsweise am Anfang mehrerer Wertschöpfungsketten steht kann eine deklarierte Einheit verwendet werden. Die

Definition der funktionellen oder deklarierten Einheit ist essentiell für die PCF Erstellung und ermöglicht so unter anderem die Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Produkten.

Der Betrachtungsrahmen von **ISO 14067** bezieht sich auf die Produktebene. Hierfür muss in Übereinstimmung mit dem Ziel und Untersuchungsrahmen der PCF-Studie eine eindeutige definierte funktionelle oder deklarierte Einheit und der dazugehörige Referenzfluss festgelegt werden. Grundsätzlich dürfen deklarierte Einheiten jedoch nur für partielle PCFs verwendet werden. Wird für die Berechnung des PCFs eine PKR angewandt, so muss die vorgegebene funktionelle oder deklarierte Einheit der PKR verwendet werden. (ISO 14067:2018, S. 38)

Die **ISO 20915** betrachtet ebenfalls das Produktsystem als zentrales Element und spezifiziert dies noch weiter auf Stahlprodukte. Die funktionelle Einheit für die LCI sollte eine massenbasierte Einheit sein, welche für das ausgehende Stahlprodukt am Werkstor des Stahlwerks festgelegt wird. Sollte eine andere funktionelle Einheit verwendet werden, muss diese erklärt werden und eine entsprechende Anleitung zur Umrechnung beigefügt werden. (ISO 20915:2018, S. 3)

Das System in der **CFB-EV** wird auch auf Produktebene betrachtet und umfasst alle Elektrofahrzeug-Batterien, die unter Artikel 7 der EU-Batterieverordnung EU/2023/1542 fallen. Dies ist unabhängig von der chemischen Zusammensetzung der Batterie und der geplanten Anwendung, jedoch sind wiederverwendete Batterien vom System ausgenommen. (JRC, 2023, S. 6) Die funktionelle Einheit der Batterien ist im Einklang mit der Batterie-Verordnung definiert als *“eine kWh der Gesamtenergie, die das Batteriesystem während seiner Lebensdauer liefert”*. (JRC, 2023, S. 7) Der Referenzfluss beschreibt wie viele Einheiten eines Produkts für die Erfüllung der funktionellen Einheit notwendig sind und muss in kg Batterie pro funktionelle Einheit angegeben werden. Zusatzleistungen, wie eine Schnellladefunktion werden als sekundäre Funktionen angesehen und dürfen nicht in der funktionellen Einheit einbegriffen sein. Informationen zu diesen Zusatzleistungen dürfen jedoch separat veröffentlicht werden. (JRC, 2023, S. 8)

Der Betrachtungsrahmen des **Catena-X Rulebooks** liegt auf Produktebene und dient der Erstellung eine PCFs. Hierfür muss eine deklarierte Einheit verwendet werden, da eine funktionelle Einheit außerhalb des Systems des Catena-X Rulebooks liegt und nur von dem Datenempfänger definiert werden kann. Die deklarierte Einheit ist definiert als ein kg oder ein Stück unverpacktes, ausgehendes Produkt am Werkstor. (Catena-X, 2023, S. 14)

Die **TfS Guideline** definiert das System ebenfalls für ein Produkt. Da es einem Cradle-to-Gate Ansatz folgt und nicht den gesamten Lebenszyklus umfasst, muss eine deklarierte Einheit festgelegt werden. Die deklarierte Einheit ist festgelegt als ein kg unverpacktes, ausgehendes Produkt am Werkstor unabhängig vom Phasenzustand. Falls Verpackung in der Systemgrenze einbezogen ist, ist die deklarierte Einheit entsprechend ein kg verpacktes, ausgehendes Produkt am Werkstor. (TfS, 2022, S. 40)

### Fazit Systemdefinition

Alle Methoden beziehen sich auf die Produktebene. Die TfS Guideline stellt darüber hinaus den Bezug zur Scope-3-Bilanzierung von Produkten auf Unternehmensebene her. Zudem zeigt sich, dass der Begriff funktionelle Einheit nicht einheitlich in den Methoden verwendet wird. Dies hat aber keine direkte Auswirkung auf die Ergebnisse der Bilanzierung. Während ISO 14067 als allgemeingültiger Standard freie Wahlmöglichkeit für die Definition der funktionellen bzw. deklarierten Einheit und des Referenzflusses lässt, legen die anderen Methoden eine massenbasierte Einheit zugrunde mit Ausnahme des Catena-X Rulebooks, welche auch

Stückangaben erlaubt. Hierbei wäre es für eine Interoperabilität zumindest hilfreich, einen massenbasierten Referenzfluss zu definieren, wie im Fall von CFB-EV.

### 5.3.2 Systemgrenzen

Bei der Analyse von Umweltauswirkungen entlang des Produktlebenszyklus spielen die definierten Systemgrenzen eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich kann hier zwischen einer Cradle-to-grave- und Cradle-to-gate-Systemgrenze unterschieden werden. Im ersten Fall wird der gesamte Lebensweg, „von der Wiege bis zur Bahre“, betrachtet. Im zweiten Fall werden nur Prozesse bis zum Werkstor des bilanzierenden Unternehmens in die Berechnung aufgenommen.

Der Scope in ISO 14067 ist auf die komplette Wertschöpfungskette ausgerichtet und umfasst die Lebenswegphasen von Rohstoffwerb über Produktion und Verteilung bis zur Nutzung und der Behandlung am Ende des Produktlebenswegs. Somit handelt es sich bei ISO 14067 um einen Cradle-to-grave Ansatz, welcher eine ganzheitliche Betrachtung der Umwelteinflüsse gewährleistet. Zusätzlich müssen die Anforderung von PKR beachtet werden sofern diese verwendet werden. Generell ist der Ausschluss von Lebenswegabschnitten oder Prozessen ist nur erlaubt, wenn die allgemeinen Schlussfolgerungen nicht wesentlich verändert werden. Zusätzlich müssen die Gründe und Auswirkungen eines Ausschlusses erläutert werden. (ISO 14067:2018, S. 39)

Die **ISO 20915** verfolgt grundsätzlich einen Cradle-to-gate Ansatz und umfasst somit die Lebenswegphasen Rohstoff- und Schrotterwerb sowie Stahlproduktion. Die Besonderheit ist hierbei das zusätzlich auch das Recycling von Schrott im Scope enthalten ist, wodurch der geschlossenen Recyclingkreislauf für Stahl berücksichtigt werden soll. Hierbei gilt es besondere Berechnungsvorschriften zu beachten, sodass sowohl die Bürden durch die Verwendung von Schrott als auch die Gutschriften für die Rückgewinnung von Stahl inkludiert sind (für weitere Details siehe Abschnitt 5.4.1.2). Sollte das Ziel und der Anwendungsbereich dies vorsehen, darf auch ein Cradle-to-gate LCI ohne Schrottreycling erstellt werden. (ISO 20915:2018, S. 4) Der Standard schreibt vor, dass jeglicher vorgelagerte Transport von Waren oder Zwischenprodukten bis zum Stahlwerk sowie nach Möglichkeit auch jeglicher interne Transport im Scope einzubeziehen ist. Ebenfalls enthält der Standard eine detaillierte Auflistung von ausgenommenen Prozessen. Dies umfasst u.a. den Transport von Produkten nach dem Werkstor und allgemeine Unternehmenstätigkeiten wie Geschäftsreisen oder den Bürobetrieb. (ISO 20915:2018, S. 4–5)

Der Scope des **CFB-EV** lässt sich weder dem Cradle-to-gate noch dem Cradle-to-grave Ansatz zuordnen, sondern liegt dazwischen und schließt die Nutzungsphase explizit aus. Somit müssen die Lebenswegphasen Rohstoffwerb und Vorverarbeitung, Herstellung des Batteriesystems, Verteilung bis zum Endverbraucher und Ende des Produktlebenswegs betrachtet werden. Der Transport von Rohmaterialien und Zwischenprodukten bis zum Ort der Batterieproduktion und der Verpackung muss in der ersten Lebenswegphase mitbetrachtet werden. Abfälle sollte in die PCF Erstellung inkludiert werden und in der jeweiligen Lebenswegphase berechnet werden. Im Unternehmenskontext unterstützende Prozesse, wie der Bürobetrieb oder die Herstellung von Maschinen (Investitionsgütern) dürfen jedoch von der Betrachtung ausgenommen werden. (JRC, 2023, S. 10) Für das Ende des Produktlebenswegs gibt es im CFB-EV detaillierte Vorgaben. Es enthält alle Prozesse bis zur Herstellung von recycelten Rohmaterialien inklusive dem dafür notwendigen Energieeinsatz. (JRC, 2023, S. 11)

Das **Catena-X Rulebook** definiert die Systemgrenze als die gesamte Lieferkette von der Materialbeschaffung bis zur Fahrzeugauslieferung und folgt somit dem Cradle-to-gate Ansatz. Der Betrieb des Fahrzeugs bis zum Ende seiner Lebensdauer (EOL) ist ausgeschlossen. Letztlich

können weitergereichte CX-PCFs aber vom Kund\*innen (OEM) genutzt werden, um den PCF über den gesamten Lebenszyklus zu berechnen. Konkret sind in dem Leitfaden die Prozesse Rohstoffgewinnung und -erwerb, Produktion von Rohmaterialien und Zwischenprodukten, Produktion von Fahrzeugteilen und -komponenten sowie Verpackung, Abfallbehandlung und Verteilung zu betrachten. Hierbei sind alle zurechenbaren vorgelagerten und direkten Emissionen bei der Herstellung eines Produkts, einschließlich aller vorgelagerten Transportaktivitäten bei der Berechnung einzubeziehen. Das Catena-X Rulebook stellt somit recht detaillierte Anforderungen an Anwender\*innen und verlangt zudem auch alle zurechenbaren Prozesse zu dokumentieren, um die Systemgrenze genauer zu definieren. (Catena-X, 2023, S. 13)

Ebenfalls umfasst das Catena-X Rulebook weitere Anweisungen zum Umgang mit Transport, Abfall und auszuschließenden Prozessen. So sollten Prozesse, die nicht direkt mit dem Produktsystem im Verbindung stehen, wie die Mitarbeitendenmobilität oder der Bürobetrieb ausgenommen werden. (Catena-X, 2023)

Die **TfS Guideline** verfolgt ebenfalls einen Cradle-to-gate Ansatz und der Scope erstreckt sich somit von der Rohstoffgewinnung bis hin zum Produkt am Werkstor. Interessant ist hierbei, dass die TfS-Guideline sich an den Scopes des GHG Protocols orientiert. So müssen alle produktbezogenen direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) THG-Emissionen des Produktionsprozesses sowie folgende dem Produktionsprozesses vorgelagerte (Scope 3) THG-Emissionen einbezogen werden: Vorkettenemissionen des Energieverbrauchs, Versorgungsunternehmen, Herstellung, eingehender und interner Transport, Abfall- und Abwasserbehandlung sowie der Verbrauch von Rohstoffen, einschließlich der Vorkette und der verbrauchten Katalysatoren. Ausgenommen werden die THG-Emissionen von den weiteren Scope 3 Kategorien, also beispielsweise Investitionsgüter, Mitarbeitendenmobilität oder Geschäftsreisen. Somit gibt es sehr umfangreiche und detaillierte Vorgaben an die Prozesse, die in der Berechnung des PCFs zu inkludieren sind. Ausgehender Transport darf separat berichtet werden, während die Einbeziehung von Verpackung den Anwender\*innen freisteht, da der Einfluss häufig zu vernachlässigen ist. (TfS, 2022, S. 39)

Zur besseren Vergleichbarkeit der Systemgrenzen der Standards sind die inkludierten Lebenswegphasen pro Standard in folgender Tabelle dargestellt.

**Tabelle 3: Lebenswegphasen der betrachteten Standards**

ISO 14067	ISO 20915	CFB-EV	Catena-X Rulebook	TfS Guideline*
Rohstoffgewinnung	Rohstoff- und Schrotterwerb	Rohstoffgewinnung und Vorverarbeitung	Rohstoffgewinnung und -erwerb	Rohstoffgewinnung
Produktion	Stahlproduktion	Herstellung des Batteriesystems	Produktion von Rohmaterialien und Zwischenprodukten	Vorverarbeitung
Verteilung		Verteilung	Produktion von Fahrzeugteilen und -komponenten	Produktion
Nutzung			Verpackung	
Behandlung am Ende des Produktlebenswegs	Recycling von Schrott	Ende des Produktlebenswegs	Abfallbehandlung	
			Verteilung	

\* Der TfS Leitfaden folgt einem anderen Ansatz und bezieht sich Scope 1 und 2 auf sowie vorgelagerte Scope 3 Emissionen. Dies wurde übersetzt in obige Lebenswegphasen. Quelle: eigene Darstellung Hamburg Institut

### Fazit Systemgrenzen

Die Methoden unterscheiden sich deutlich in den gesetzten Systemgrenzen. Dies erklärt sich jeweils über die jeweiligen Ziele und Anwendungsbereiche. In universellen Methoden (ISO 14067) sind grundsätzlich alle Lebenszyklusphasen zu betrachten. Für die Methoden, die insbesondere auf die Weitergabe von PCF-Daten innerhalb einer Lieferkette abzielen (TfS Guideline und Catena-X Rulebook) ist ausschließlich die Cradle-to-gate-Systemgrenze relevant. Die CFB-EV betrachtet zusätzlich die EoL-Phase, ISO 20915 berücksichtigt EoL nur im Kontext Recycling.

Der Cradle-to-gate-PCF kann als „kleinster gemeinsamer Nenner“ der Methoden betrachtet werden. Die Methoden decken jedoch unterschiedliche Bereiche der automobilen Wertschöpfungskette ab. Die ISO 14067 bzw. das Catena-X Rulebook fungieren jeweils als allgemeingültiger Standard, sofern keine branchenspezifischen Leitlinien vorliegen.

### 5.3.3 Betrachtete Treibhausgasemissionen

Ebenfalls muss im Untersuchungsrahmen festgelegt werden, welche THG betrachtet werden. Neben einer reinen Betrachtung der CO<sub>2</sub> Emissionen können auch die THG des Kyoto-Protokolls oder die THG des IPCCs verwendet werden. Für die Umrechnung der verschiedenen THG-Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>Äq) werden Treibhauspotentiale (Global Warming Potential, GWP) für einen bestimmten Zeitrahmen verwendet. Die GWPs werden von der IPCC in ihren Sachstandsberichten veröffentlicht. Durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse wurden diese Werte im Laufe der Zeit angepasst. So können aktualisierte Umrechnungsfaktoren das Ergebnis des PCFs signifikant beeinflussen.

Nach der **ISO 14067** müssen für die Wirkungsabschätzung alle THG des aktuellen Sachstandsberichts des IPCC (derzeit AR 6) verwendet werden. Ausgenommen sind hiervon lediglich Wasserdampf und Ozon, welche anthropogene und natürliche THG sind. (ISO 14067:2018, S. 19) Zudem schreibt der Standard vor, die Emissionen in kg CO<sub>2</sub>Äq je kg Emissionen anhand des GWP 100 des aktuellen Bewertungsberichts umzurechnen. Wird das GWP aktualisiert, so müssen diese Werte für die Berechnung des PCFs genutzt werden, sofern

nicht anders begründet. Zusätzlich zum GWP 100 dürfen GWP für andere Zeiträume und Temperaturänderungspotential (GTP) des IPCC verwendet werden. Diese sollten aber separat angegeben werden. (ISO 14067:2018, S. 66)

Da die **ISO 20915** keine Wirkungsabschätzung beinhaltet, werden keine Aussagen zu betrachteten Treibhausgasemissionen getroffen.

Die **CFB-EV** verweist für die Wirkungsabschätzung auf die Methode des Environmental Footprints (EF3.1). Hierbei ist jedoch nur das GWP 100 zu betrachten und die Ergebnisse entsprechend in g CO<sub>2</sub>Äq pro kWh zu berichten. Die EF Methode bezieht sich hierbei auf den 5. Sachstandsbericht des IPCC (AR 5) und umfasst entsprechende THG und GWPs. (JRC, 2023, S. 12)

Für die betrachteten THG verweist das **Catena-X Rulebook** auf das GHG Protocol, welches sich wiederum auf die THG im Kyoto-Protokoll inkl. der Doha-Änderungen bezieht. Hierdurch müssen also Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffmonoxid (Lachgas, N<sub>2</sub>O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW/HFCs), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW/PFCs), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) betrachtet werden. Weitere THG können separat berichtet werden. Für die Umrechnung der THG in CO<sub>2</sub>Äq muss das GWP100 des 6. Sachstandsberichts des IPCC für das jeweilige THG benutzt werden. (Catena-X, 2023, S. 12)

Die **Tfs Guideline** verweist auch auf das GHG Protocol und umfasst daher die gleichen THG wie das Catena-X Rulebook. Für die Wirkungsabschätzung muss ebenfalls das GWP100 des 6. Sachstandsberichts des IPCC genutzt werden, sodass die THG Emissionen aggregiert in CO<sub>2</sub>Äq zu berichten sind. In Zukunft soll der Leitfaden immer auf den jeweils aktuellsten Bewertungsbericht aktualisiert werden. (Tfs, 2022, S. 47)

#### Fazit: Betrachtete Treibhausgasemissionen

Die Methoden, die eine Wirkungsabschätzung beinhalten, verweisen für die zu betrachtenden THG entweder auf den Sachstandsbericht des IPCC oder das Kyoto-Protokoll. Hierdurch dürfte es in der Praxis jedoch faktisch keine Abweichungen geben, da die relevanten THG durch das Kyoto-Protokoll abgedeckt sind. Einen größeren Einfluss besitzt hingegen das verwendete GWP. Hierbei ist mit Ausnahme vom CFB-EV der 6. Sachstandsbericht des IPCC zu nutzen, wobei bei neueren Sachstandsberichten diese für ISO 14067 und die Tfs Guideline zu verwenden sind.

#### 5.3.4 Cut-Off-Kriterien

Die Cut-Off- bzw. Abschneidekriterien definieren, welche Energie- oder Stoffströme aufgrund geringer Relevanz von der Ökobilanzstudie ausgeschlossen werden dürfen. Häufig stellt sich die Herausforderung, dass bestimmte Daten nicht verfügbar sind und nur mit hohem Aufwand ermittelt werden können. Um die Zuverlässigkeit der Ergebnisse des PCFs sicherzustellen und gleichzeitig den Aufwand vertretbar zu halten, können in den Methoden bestimmte Mindestanteile für einzubeziehende Stoff-, Energieströme oder Umweltauswirkungen in Bezug auf die Ergebnisse des PCFs festgelegt werden.

In der **ISO 14067** sind grundsätzlich alle Prozesse einzubeziehen, die dem analysierten System zugeordnet werden können. Es ist zulässig bestimmte Stoff- oder Energieströme, die für das Ergebnis des PCFs vernachlässigbar sind, aus praktischen Gründen auszuschließen. Hierfür müssen bei der Definition des Ziels und Untersuchungsrahmens einheitliche Abschneidekriterien festgelegt werden. Im Bericht müssen die Datenausschlüsse dann entsprechend angegeben



werden und die Auswirkungen der gewählten Abschneidekriterien auf das Ergebnis der Studie bewertet und beschrieben werden. (ISO 14067:2018, S. 40–41)

Die Abschneidekriterien müssen nach der **ISO 20915** klar beschrieben werden. Es dürfen hierbei Abschneidekriterien für die Energieströme aller Prozessschritte sowie für weitere Ströme der Schritte eisenhaltige Rohstoffe, Prozesskohle und nichteisenhaltige Rohstoffe festgelegt werden. Nach dem Standard sollten jedoch alle Energieströme einbezogen werden und die ausgenommenen Stoffströme sollten maximal 1 % der Masse, Energie oder Umweltrelevanz eines Prozessschritts und maximal 5 % des Systems ausmachen. (ISO 20915:2018, S. 5–6)

In der **CFB-EV** wird durch die Systemgrenze klar definiert, welche Prozesse einbezogen werden und welche Prozesse ausgenommen werden dürfen. Zusätzlich wird für die einzelnen Lebenswegphasen noch detailliert beschrieben, welche Prozesse einzubeziehen sind. Einzig periphere Prozesse, die nicht direkt mit dem Batterieproduktionsprozess zusammenhängen, wie die Heizung und Beleuchtung der zugehörigen Büroräume dürfen ausgenommen werden. Darüber hinaus gibt es keine allgemeinen Abschneidekriterien und es dürfen somit keine weiteren Prozesse ausgenommen werden.

Grundsätzlich müssen nach dem **Catena-X Rulebook** alle Prozesse und Ströme einbezogen werden. Wenn im Rahmen einer Screening-Studie festgestellt wird, dass bestimmte Stoff- oder Energieströme für den PCF vernachlässigbar sind, dürfen diese nach der ISO 14067 und der PEF-Methode aus praktischen Gründen ausgenommen werden. Hierbei dürfen die ausgenommenen Prozesse und Ströme maximal 1 % der PCFs ausmachen. Die Einhaltung der Abschneidekriterien (mind. 99 % erfasst) muss sichergestellt und in der Screening-Studie dokumentiert werden. (Catena-X, 2023, S. 13)

Auch nach der **TfS Guideline** müssen grundsätzlich alle Prozesse und Ströme einbezogen werden. Ebenfalls dürfen hier bestimmte Stoff- oder Energieströme, die für den PCF vernachlässigbar sind, aus praktischen Gründen ausgenommen werden, müssen aber entsprechend als Datenausschluss berichtet werden. Hierbei gibt der Leitfaden vor, mindestens 95 %, nach Möglichkeit jedoch 98 % der gesamten Masse- und Energieströme eines jeweiligen Prozessschritts einzubeziehen. Sollte der Einfluss auf den PCF unklar sein, sollte anhand einer Berechnung mit generischen Zahlen entschieden werden, ob die Abschneidekriterien angewendet werden können. Stoffströme mit signifikanten vorgelagerten Umweltauswirkungen, wie Edelmetalle für Katalysatoren sollten unabhängig vom Masseanteil im PCF berücksichtigt werden. Hierbei sollte mindestes der Materialverlust und entsprechende Ersatz durch Neuware unter Einbeziehung von Recyclingbemühungen berücksichtigt werden. (TfS, 2022, S. 42)

#### **Fazit: Cut-off Kriterien**

Grundsätzlich müssen nach allen Methoden alle Prozesse und Stoffströme einbezogen werden. Jedoch gibt es ebenfalls in allen Methoden mit Ausnahme der CFB-EV, die Möglichkeit vernachlässigbare Stoff- oder Energieströme aus praktischen Gründen auszuschließen. In der Handhabung der Abschneidekriterien gibt es allerdings Unterschiede zwischen den Methoden. Während ISO 14067 keine festen Vorgaben macht und auf eine Bewertung und Beschreibung der Auswirkungen der gewählten Abschneidekriterien verweist, setzen die anderen Methoden konkrete Werte fest. Nach der TfS Guideline bzw. der ISO 20915 müssen 95 % der Masse- und Energieströme eines Prozessschrittes bzw. des Systems erfasst werden. Beim Catena-X Rulebook müssen 99 % der Klimaauswirkungen erfasst werden und bei der CFB-EB dürfen keine Prozesse und Ströme ausgenommen werden.

## 5.4 Berechnung

### 5.4.1 Allokation

In der PCF Erstellung beschreibt Allokation nach ISO 14044 die Zuordnung der Material- und Energieflüsse, sowie deren Umwelteigenschaften zu einem oder mehreren Produktsystem(en) (ISO 14044:2006, S. 12). Dabei können unterschiedliche Anwendungsbereiche unterschieden werden. Im Folgenden wird Allokation insbesondere im Fall von multifunktionalen Prozessen, Recycling und Chain of Custody betrachtet.

#### 5.4.1.1 Allokation in multifunktionalen Prozessen

Multifunktionale Prozesse zeichnen sich dadurch aus, dass innerhalb eines Prozesses mehrere Waren oder Dienstleistungen, sogenannte Neben-, Co- oder Koppelprodukte mit jeweils eigenem Wert hergestellt werden. Nach ISO 14044 ist anzustreben, Prozesse so zu definieren, dass sie eindeutig einem Produkt zugeordnet werden können. In der Praxis ist dies vor allem in der Industrie oftmals nicht möglich, sodass eine Aufteilung von Material, Energie und Emissionen aus einem Prozess auf mehrere Produkte notwendig wird.

Die Allokationshierarchie der ISO 14044 beschreibt ein schrittweises Verfahren zur Bestimmung der anzuwendenden Allokationsmethode, bestehend aus

1. Anpassung der Systemgrenzen durch
  - a) Unterteilung des zu betrachtenden Produktsystems zur spezifischen Zuordnung von In- und Outputs. („Subdivision“)
  - b) Erweiterung des zu betrachtenden Produktionssystems um das Nebenprodukt, wobei alle dem Nebenprodukt zuzuordnenden Prozesse in die Bilanz einbezogen werden. („Systemraumerweiterung“)
2. Sind die vorgenannten Optionen nicht möglich, soll eine Allokation entsprechend der physikalischen Beziehungen, basierend auf Masse, Volumen oder Energie, vorgenommen werden. (ISO 14044:2006, S. 25)
3. Alternativ kann die Allokation entsprechend ökonomischer Beziehung zwischen den Nebenprodukten, z.B. dem relativen Marktwert, vorgenommen werden.

Hat ein Nebenprodukt keinen ökonomischen Wert, wird dieses allgemein als Abfall angesehen, denen im Rahmen einer PCF-Studie nach ISO 14044 und den nachfolgenden Standards keine In- und Outputs zugeordnet werden. Der entstehende Aufwand zur Abfallbeseitigung wird dem Produktsystem allerdings angerechnet.

Bei werthaltigen Nebenprodukten muss dagegen eine Allokation der über In- und Outputs mitgeführten Emissionen durchgeführt werden.

Zudem sollen innerhalb eines Produktsystems für ähnliche In- und Outputs einheitliche Allokationsverfahren angewandt werden: die Zuordnung auf Nebenprodukte, die das System verlassen, soll dem Verfahren entsprechen, mit dem ähnliche Produkte bewertet werden, die dem System zugeführt werden. (ISO 14044:2006, S. 25) Innerhalb der Bilanz sollen Zuordnungsmethoden einheitlich verwendet und im Bericht zum PCF transparent gemacht werden. Die Regeln zur Allokation aus der ISO 14044 werden in nachfolgend betrachteten Standards genutzt und zum Teil differenzierter beschrieben.

Nach einer Studie der „Industrial Deep Decarbonisation Initiative“ kann die Verwendung unterschiedlicher Allokationsmethoden im PCF je nach Sektor zu Abweichungen von 10 bis sogar 55 % führen. (Industrial Deep Decarbonisation Initiative, 2023, S. 13) Große

Abweichungen gibt es insbesondere bei Stoffen, bei denen die physikalische und ökonomische Bewertung stark auseinander geht (z.B. Wasserstoff, ein Stoff mit sehr geringem Volumen, der aber einen hohen Marktwert hat) (TfS, 2022, S. 69). Eine Sensitivitätsanalyse unterschiedlicher Allokationsverfahren, wie sie auch in der ISO 14044 gefordert ist, kann solche Abweichungen zwischen Allokationsverfahren aufzeigen und die Wirkung der Methodenwahl auf das Bilanzierungsergebnis verdeutlichen (Hochfeld & Jenseit, 1989, S. 2).

Einzelne Standards wie die EU-PEF oder auch TfS haben für Anwendungsfälle, die als besonders kritisch eingestuft werden, spezifische Allokationsanforderungen festgelegt und entsprechende Entscheidungshierarchien aufgestellt. So soll die konsistente Anwendung von Allokationsmethoden ermöglicht werden. (TfS, 2022, S. 69) (Europäische Kommission, 2021c, S. 73). Darüber hinaus spezifiziert der PEF, dass bei einer Erweiterung des Gesamtsystems die Ergebnisse nicht den individuellen Koppelprodukten, sondern nur dem Gesamtsystem zugeordnet werden dürfen. (Europäische Kommission, 2021c, S. 73)

**ISO 14067** folgt der in ISO 14044 beschriebenen Allokationshierarchie, wobei die Zuordnung entsprechend der physikalischen Beziehungen bevorzugt wird, und fordert ebenfalls eine Sensitivitätsanalyse. Für detaillierter beschriebene Verfahren verweist die ISO 14067 auf Produktkategorieregeln, die weitere Orientierung bieten können (ISO 14067:2018, S. 50). Allerdings erfordert dies wiederum ein einheitliches methodisches Vorgehen zur Entwicklung einer Produktkategorieregel.

**Die ISO 20915** für Stahlprodukte folgt der ISO 14044. Zudem stellt sie Allokationsregeln für die Nutzung und das Recycling von Stahl-Sekundärmaterial (scrap) sowie für die Zuordnung von Inputmaterial auf Nebenprodukte auf. Im Anhang C der Norm sind in einer kurzen Übersicht Beispiele für Nebenprodukte der Stahlproduktion aufgeführt, die außerhalb des betrachteten Systems eine neue Verwendung finden. Allerdings gibt der Standard keine Orientierung darüber, in welchem Fall welche Allokationsmethode angewendet werden soll. (ISO 20915:2018, S. 23)

Die neueren Branchenstandards verfolgen einen branchenübergreifenden, engen Abstimmungsprozess über zu verwendende Ansätze und werden spezifischer in den Anforderungen an die Allokation, auch wenn die Basis allgemein die ISO 14044 und die dort definierte Allokationshierarchie ist. Mögliche Ansätze werden bereits zwischen Catena-X, TfS und dem Pathfinder Framework diskutiert und eine Harmonisierung wird angestrebt. Dabei wird berücksichtigt, dass eine sektorübergreifende Abstimmung und Vereinheitlichung zwischen sektorspezifischen Standards notwendig ist, um zu größerer Transparenz und besserer Vergleichbarkeit der PCFs beizutragen. (Catena-X Automotive Network e.V. 2023) (TfS, 2022, S. 9)

Die **TfS Guideline** verfolgt drei zentrale Ziele: die Komplexität der Scope3-Bilanzierung soll vereinfacht und handhabbar gestaltet werden. Dazu sollen Anwendungshilfen sowohl für Unternehmen als auch deren Lieferanten angeboten werden und branchenübergreifend anwendbar sein, wobei der Schwerpunkt auf Industriebereichen liegt, die chemische Materialien verwenden. Schließlich zielt die Guideline darauf ab, die PCF-Bilanzierungsmethoden zu harmonisieren.

Die Methode erkennt an, dass unterschiedliche Allokationsmethoden sinnvoll sind, damit je Anwendungsfall und unter den Vorgaben unterschiedlicher Standards die passende Methode gewählt werden kann. Allerdings sollten Entscheidungskriterien festgelegt werden, die eine adäquate Wahl ermöglichen. Wenn vorhanden sollten Produktkategorieregeln genutzt werden. Sind keine Produktkategorieregeln vorhanden, wird festgelegt, dass auf Basis des Verhältnisses des ökonomischen Wertes entschieden werden soll, ob physikalisch oder ökonomisch allokiert werden soll. (TfS, 2022, S. 66) Zudem definiert die TfS Guideline Vorgehensweisen und

anzuwendende Allokationsmethode für einzelne Anwendungsfälle, z.B. sehr leichte Gase oder starke Preisschwankungen (TfS, 2022, S. 69)

Für die Systemerweiterung erlaubt die TfS Guideline auch Substitution, in dem die Emissionen des durch ein Nebenprodukt substituiertes Produkt vom Hauptprodukt abgezogen werden können. Für die Anwendung der Substitution legt die TfS Guideline folgende Kriterien fest:

- ▶ Das Hauptprodukt ist das Produkt, für das der Prozess vorgesehen und optimiert ist. Das Nebenprodukt wird mit dem Hauptprodukt in einem Prozess gefertigt und das Hauptprodukt hat einen höheren Wert als das Nebenprodukt.
- ▶ Das Nebenprodukt ersetzt direkt ein alternatives Produkt mit einem eigenen Produktionsverfahren auf dem Markt. Die Produktion dieses alternativen Produkts wird durch die Bereitstellung des Nebenproduktes reduziert.
- ▶ Daten über die Auswirkungen des alternativen Produktionsprozesses sind verfügbar, um den PCF des alternativen Produkts zu berechnen.
- ▶ Es besteht Konsens für einen vom TfS vereinbarten Produktionspfad des verdrängten Produkts.

Es ist geplant, dass TfS eine Positivliste der Verfahren und Produkte veröffentlicht, für die Substitution angewendet werden kann.

Das **Catena-X Rulebook** sieht vor, die Harmonisierung der Allokationsverfahren mit anderen Sektoren im noch zu initiierenden Regelungsprozess für sektorspezifische Leitfäden zu regeln. (Catena-X Automotive Network e.V. 2023). Auch wenn das Catena-X Rulebook primär einen Attributional LCA-Ansatz verfolgt, werden positive Umweltwirkungen anerkannt, die sich aus der Wahl einzelner Allokationsansätze ergeben können, auch wenn diese in der Allokationshierarchie der ISO 14044 noch nicht berücksichtigt sind. So kann die Wahl einer Allokationsmethode zu Technologieänderungen, Emissionsreduktionen oder Materialeffizienz beitragen. Um diese transformativen Prozesse zu unterstützen, sollen Allokationsansätze für spezifische Materialien und Regionen formuliert werden. Bereits bestehende Spezifizierungen werden dabei berücksichtigt. (Catena-X Automotive Network e.V. 2023)

Der **CFB-EV** stellt in Kapitel 6.7 explizite Allokationsregeln für multifunktionale Prozesse auf (JRC, 2023, S. 17). Zur Bestimmung des Vorgehens wird auf die in EU-PEF beschriebene Entscheidungshierarchie verwiesen, die wiederum auf der ISO 14044 basiert (EC Recommendations 2021/2279 (Annex I – section 4.5)). Für besondere Nebenprodukte werden explizite Allokationsregeln definiert: So soll für die Verwendung von Edel- und Basismetallen eine ökonomische Zuordnung durchgeführt werden. Die Zuordnung von Energie soll physisch nach Anzahl der Zellen oder Energiekapazität (kWh) erfolgen (JRC, 2023, S. 10).

Alle Standards fordern Transparenz, indem der angewandte Ansatz zur Lösung der Multifunktionalität stets angegeben und begründet wird. (TfS, 2022, S. 63)

### Fazit: Allokation in multifunktionalen Prozessen

In den verschiedenen Standards soll mehrheitlich die Allokationshierarchie nach ISO 14044 angewendet werden, wobei die physikalische Allokation bevorzugt wird. Wenn nicht klar ist, welche Allokationsmethode genutzt werden soll, soll eine Sensitivitätsanalyse die Unterschiede der einzelnen Methoden deutlich machen. Die spezifischeren Branchenstandards definieren dagegen sektorspezifische Allokationsregeln wie ISO 20915 und CFB-EV. TfS Guideline und Catena-X Rulebook verfolgen dagegen einen branchenübergreifenden, engen Abstimmungsprozess über

zu verwendende Ansätze und werden spezifischer in den Anforderungen an die Allokation. Zudem werden branchenspezifische Positivlisten oder Beispiele für Anwendungsfälle entwickelt. Positivlisten oder Anwendungskriterien wären auch für branchenübergreifende Anwendungsfälle relevant, damit die Bilanzierung sektorübergreifend einheitlich durchgeführt wird. Die feste Struktur der Allokationshierarchie wird von Fachexperten kritisiert. Stattdessen wird gefordert, dass Allokationsmethoden fallspezifisch definiert werden. Kriterien sollten Entscheidungshilfen für die jeweils geeignete Allokationsmethode bieten. Standards verweisen häufig auf Produktkategorieregeln, da diese ein spezifischeres Vorgehen für Allokation vorgeben können. Produktkategorieregeln tragen aber nicht unbedingt zur Harmonisierung der Bilanzierung bei, da kein einheitliches methodisches Vorgehen zur Entwicklung dieser besteht. Mit dem Substitutionsansatz bei der Systemraumerweiterung nach der TfS Guideline, wird ein wirkungsorientierter (engl. consequential) Mechanismus in die sonst inventarisierende (engl. attributional) Bilanzierung eingeführt. Dieser Wechsel des Bilanzierungsansatzes erfordert eine eingehendere Diskussion, damit die angestrebte Transparenz und Harmonisierung erreicht werden kann.

#### 5.4.1.2 Recycling

Dem Konzept der Ökobilanzierung (engl. Life Cycle Assessment, LCA) liegt der Anspruch zugrunde, die Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen von der Ressourcengewinnung bis zur Abfallbehandlung, von der „Wiege“ bis zum „Grab“ (engl. cradle-to-grave), zu erfassen. In dieser Struktur lassen sich lineare Produktlebenszyklen intuitiver abbilden als verzweigte zirkuläre Wertschöpfungsketten. Die Bilanzierung von Recyclingprozessen gehört auch deshalb zu den intensiv diskutierten Aspekten des LCA.

Die Diskussion dreht sich insbesondere um die Frage, welchem Produktsystem im Materialkreislauf die Einsparung von Treibhausgasemissionen zugeschrieben werden soll: dem Produktsystem, das am Lebensende (engl. end-of-life, EoL) recycelbar ist, dem Produktsystem, in welchem das recycelte Material eingesetzt wird, oder beiden. In der regulatorischen und wettbewerblichen Anwendung des Product Carbon Footprint erhält diese Diskussion eine stark wirtschaftliche Bedeutung für die beteiligten Unternehmen. Darüber hinaus besteht eine Herausforderung in der Klassifizierung und Nachverfolgung von Sekundärmaterialströmen.

Die Norm zur Ökobilanzierung ISO 14044:2006 beinhaltet Leitprinzipien zur Modellierung von Recyclingprozessen. Die Emissionen von Primärmaterialherstellung, Recycling und Entsorgung müssen innerhalb einer Produktkaskade den jeweiligen Produkten zugeordnet werden.

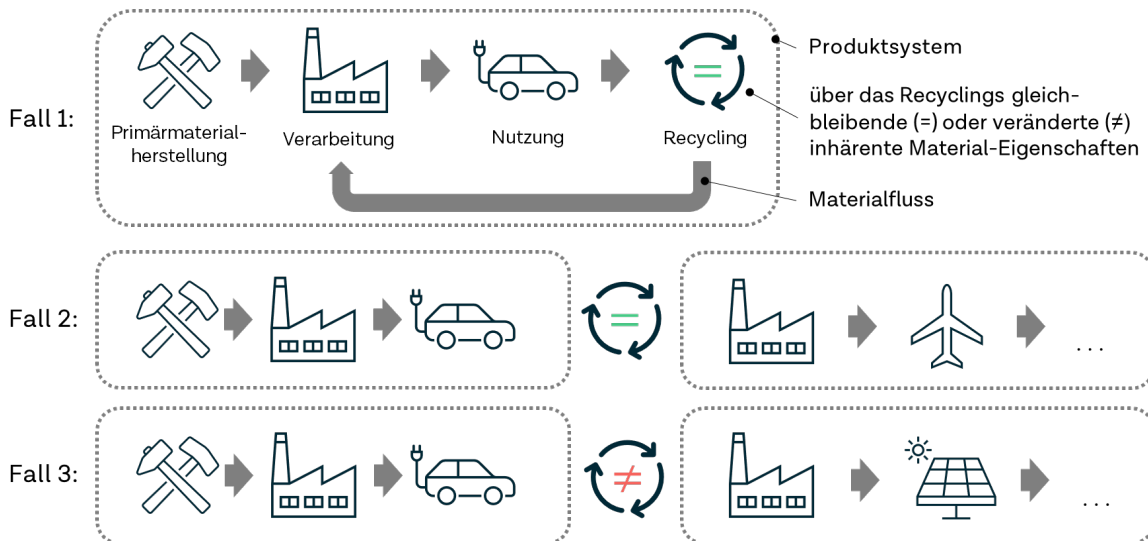
In der Modellierung solcher Systeme werden nach ISO 14044:2006 drei Fälle unterschieden, vgl. Abbildung 10. Im geschlossenen Kreislauf (engl. closed loop) wird das Material im selben Produktsystem wiederverwendet, in dem es entstanden ist (Fall 1). Eine Allokation zwischen verschiedenen Produktsystemen ist somit nicht notwendig.

Wenn das Material das ursprüngliche Produktsystem verlässt, die inhärenten Eigenschaften jedoch behält, kann der Prozess dennoch als closed loop modelliert werden (Fall 2). Das Eingangsmaterial des bilanzierten Produkts wird dann zunächst einheitlich mit dem Emissionsfaktor von Primärmaterial bewertet. Das Produkt erhält jedoch eine Gutschrift für dessen Wiederverwendbarkeit bzw. -verwertbarkeit (engl. recyclability). Über eine angenommene Recyclingrate wird berechnet, in welcher Höhe Emissionen vermieden werden, weil im nächsten Produkt auf die entsprechende Produktion von Primärmaterial verzichtet werden kann. Sie wird daher u.a. **Avoided-Burden-Approach** genannt. Diese Methodenbezeichnung ist jedoch nicht uneindeutig. Synonym verwendet werden, bspw. die

Begriffe Closed-Loop-Approximation-, 0/100-, End-of-Life- und (Recyclability-) Substitution-Approach.

Je besser im Avoided Burden Approach über die Recyclingrate die Recyclability von Produkten bewertet wird, desto geringer ist der Product Carbon Footprint des jeweiligen Produkts.

**Abbildung 12: Vereinfachte Darstellung der drei Fälle zur Allokation von Emissionen zu Produktsystemen für Recyclingprozessen nach ISO 14044:2006**



Quelle: Eigene Darstellung Hamburg Institut

Für den Fall, dass das Material mehrere Produktsysteme durchläuft und seine inhärenten Eigenschaften verändert (Fall 3), sieht ISO 14044:2006 die Allokation von Emissionen anhand von physikalischen Eigenschaften, ökonomischen Werten oder der Anzahl späterer Nutzungen (in dieser Priorisierung) vor (siehe Kapitel 5.4.1.1).

Der **Cut-Off-Approach**<sup>31</sup> stellt eine häufig verwendete Variante dieser Allokation dar. Die Emissionen der Primärmaterialherstellung werden demnach vollständig dem vorherigen Produkt im Materialkreislauf zugeordnet. Das Sekundärmaterial geht (üblicherweise) nur mit den Emissionen der Wiederaufbereitung, jedoch nicht mit denen der Material-Rückgewinnung, in das Produktsystem ein. Dieser sogenannte „Cut-Off-Point“ wird jedoch ebenfalls nicht einheitlich gehandhabt.

Je höher der Anteil von Sekundärmaterial (engl. recycled content) im Produkt ausfällt, desto geringer ist in der Regel der PCF nach dem Cut-off-Approach. Eine Ausnahme hierzu stellt das chemische Recycling von Kunststoff dar (Tfs, 2022).

Es existieren zahlreiche Varianten und Adaptionen der oben genannten Ansätze, vgl. Ekvall et al. (2020). Von besonderer Relevanz ist die **Circular Footprint Formula (CFF)** der Methodik zum Product Environmental Footprint (PEF). Diese berücksichtigt sowohl Recycled Content als auch Recyclability des Produkts, stellt also einen Kompromiss aus Avoided-Burden-Approach und Cut-off-Approach dar. Über einen Allokationsfaktor und einen Quotienten für die Materialqualität von Sekundär- zu Primärmaterial werden die Emissionen zwischen den Produkten aufgeteilt, welche das Material liefern bzw. verwenden. Für die Parameter sieht die PEF-Methodik Standardwerte, z.B. einheitlich für alle Metalle, vor. Die Bilanzierung von

<sup>31</sup> Analog zum Avoided Burden Approach, siehe oben. Synonym: 100/0-, Recycled-Content-Methode.

Zwischenprodukten<sup>32</sup> bzw. Cradle-to-gate<sup>33</sup>-Studien sollen in erster Linie nach dem Cut-off-Approach und zusätzlich informativ nach CFF durchgeführt werden. Neben einem Term für das EoL von Material beinhaltet die CFF weitere Terme für Energie und Abfall. (EC, 2021)

Alle in Kapitel 3.4 für die Analyse ausgewählten Methoden beziehen sich auf die oben erläuterten Methoden.

Im normativen Teil werden in ISO 14067:2018 im Wortlaut die oben beschriebenen Inhalte der (ISO 14067:2018; ISO 14044:2006) wiedergegeben. Zusätzlich finden sich im informativen Anhang D ausführlichere Beschreibungen für „mögliche Verfahren für den Umgang mit Recycling in CFP-Studien“, unterlegt mit expliziten Berechnungsformeln für die jeweiligen Allokationsverfahren. Für den offenen Kreislauf wird die grundlegende Allokationshierarchie aus ISO 14044 aufgegriffen. Demnach sollen die emittierten THG-Emissionen in erster Instanz nach physikalischen Eigenschaften zwischen den beteiligten Produktsystemen aufgeteilt werden. In zweiter Instanz soll ein Allokationsfaktor als Verhältnis von globalem Marktpreis von Sekundär- zu Primärmaterial errechnet werden. Für einen Faktor  $A=1$  wären beide wertgleich, für  $A=0$  würde das recycelte Material kostenlos abgegeben werden. Es wird eingeräumt, dass das Verfahren der Marktwertallokation aufgrund schwankender Preise anspruchsvoll sein kann. Für die dritte Option, eine Allokation anhand der Anzahl nachfolgender Nutzungen, wird auf ISO/TR 14049:2012 verwiesen (ISO 14067:2018, S. 84).

ISO 20915:2018 basiert auf der LCI<sup>34</sup>-Methodik von World Steel (ISO 20915:2018; WSA, 2017) und ist konform zu ISO 14040:2006 und ISO 14044:2006. Einschränkend geht die Methodik davon aus, dass für Stahl grundsätzlich von einem geschlossenen Materialkreislauf ausgegangen werden kann. Dieses Verständnis wird für eine Vielzahl von Metallen von den jeweiligen Branchenverbänden geteilt (Atherton, 2007, S. 60).

Dementsprechend soll der Einsatz von Sekundärmaterial sowohl im Eingang des Produktsystem als Bürde (engl. burden) als auch im Ausgang als Gutschrift (engl. credit) Berücksichtigung finden. Die Methodik fokussiert sich auf die Cradle-to-grave-Systemgrenze. Sofern Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie dies vorgeben, kann dennoch ein Cradle-to-gate-LCI ohne Allokation von THG-Emissionen erstellt werden.

Die Berechnung erfolgt in drei Schritten. Zunächst wird das LCI für das Stahlprodukt bilanziert, ohne THG-Emissionen für Sekundärmaterial zu allokalieren. Im zweiten Schritt werden die THG-Emissionen für den Einsatz des Sekundärmaterials als Differenz des LCI von Primär- und Sekundärmaterial berechnet. Schließlich wird auf Basis einer angenommenen Recyclingrate die Gutschrift für die Wiedergewinnung von Material am Produktlebensende ermittelt. Die LCI des Stahlprodukts berechnet sich aus der Summe dieser drei Komponenten. (ISO 20915:2018, S. 6) Diese Methodik entspricht im Wesentlichen dem Avoided-Burden-Approach. Die Normen für Environmental Product Declarations (EPD) von Bauprodukten folgen einem vergleichbaren Ansatz. Aufgrund der Langlebigkeit von Gebäuden darf die EoL-Gutschrift dort jedoch nur informativ angegeben werden (ISO 21930:2017; DIN EN 15804:2020-03).

Im vorliegenden Entwurf der CFB-EV ist die CFF, ohne die o.g. Ausnahme auf Cut-off-Approach für Zwischenprodukte, enthalten. Für alle Parameter der Gleichung werden Standardwerte vorgegeben. Für Recycled Content und Recyclability können unternehmensspezifische Werte

---

<sup>32</sup> Zwischenprodukte sind in der Nomenklatur des PEF solche Produkte, die weiterer Verarbeitung bedürfen, bevor sie an den Endverbraucher verkauft werden können (Europäische Kommission [EC] (2021).

<sup>33</sup> Die „Cradle-to-gate“-Systemgrenze umfasst alle Lebenszyklusphasen von der Rohstoffgewinnung bis zum Werkstor (i.d.R. des Unternehmens, welches das LCA erstellt).

<sup>34</sup> Life Cycle Inventory

angesetzt werden, sofern entsprechende Nachweise vorgelegt werden (JRC, 2023).

Das Konsortium des Battery Pass und eine Koalition von Akteuren der Automobilwirtschaft kritisieren diese Methode und sprechen sich stattdessen für den Cut-off-Approach aus (Braunfels & Teuber, 2023; European Association of Automotive Suppliers [CLEPA], 2023).

Für die TfS Guideline stellt der Cut-off-Approach wiederum eine unzureichende Abbildung von relevanten Beiträgen zur Kreislaufwirtschaft dar (Together for Sustainability, 2023, S. 11). In der TfS-Guideline wird vorrangig auf Produktkategorie-Regeln, z.B. PlasticsEurope, verwiesen. Erst in letzter Instanz soll der Cut-off-Approach angewendet und um eine informative EoL-Betrachtung ergänzt werden. Zudem wird die sog. Upstream-System-Expansion-Methode vorgeschlagen: ein Produkt aus recyceltem Kunststoff erhält darüber beispielsweise eine Gutschrift in der Rohstoffgewinnung, da im vorherigen Produktsystem kein Material verbrannt wurde. Im Unterschied zum Avoided-Burden-Approach basiert die Gutschrift somit nicht auf zukünftigen, sondern vorherigen Recyclingprozessen. (TfS, 2022, S. 61)

Das Catena-X Rulebook schreibt in einer Übergangsphase der Programmeinführung zunächst die Anwendung des Cut-off-Approach vor, da diese einfach in der Anwendung sei, Doppelzählung vermeide und eine höhere Vergleichbarkeit von PCF innerhalb von Catena-X ermögliche (Catena-X, 2023, S. 21). Nach dem Prinzip der Drop-in-Standards könnten in Zukunft jedoch auch andere, sektorspezifische Allokationsmethoden zur Anwendung kommen, etwa von TfS, World Steel oder der Global Battery Alliance.

In den ausgewählten Methoden spiegelt sich die eingangs beschriebene Kontroverse um das Allokationsverfahren für Recycling wieder. ISO 14067:2018 lässt die Methodenwahl gänzlich offen, (ISO 20915:2018; WSA, 2017) und CBF-EV kombiniert den Cut-off-Approach und Avoided-Burden-Approach auf unterschiedliche Weisen. Die TfS Guideline gibt eine Methoden-Hierarchie vor, in der der Cut-off-Approach nachrangig aufgeführt ist und führt mit der Upstream-System-Expansion einen neuen Ansatz ein. Das Catena-X Rulebook schreibt vorläufig die Anwendung des Cut-off-Approach vor, lässt jedoch eine Erweiterung der Methodenauswahl offen. Es ist somit offenkundig, dass es in diesem Aspekt einer Harmonisierung der Methodik bedarf.

An die obige Diskussion zur Allokation innerhalb einer Produktkaskade schließt sich die Frage an, wie in der Kaskade die Systemgrenzen gezogen werden und an welchen Punkten des Lebenszyklus Primär- zu Sekundärmaterial wird. Insbesondere unter Anwendung von Cut-off-Approach und CFF hat dies maßgeblichen Einfluss auf den PCF.

Die LCA nach ISO 14044:2006 unterscheidet drei Output-Kategorien. Produkte sowie Koppelprodukte sind wertvolle Waren oder Dienstleistungen, Abfall ist zur Entsorgung vorgesehen. Sekundärmaterial wird aus Abfall zurückgewonnen und entsprechend der oben dargestellten Methoden bewertet.

Häufig wird zur Begriffsdefinition zusätzlich die Norm für Umweltkennzeichnungen und -deklarationen ISO 14021:2016 herangezogen. Diese unterscheidet Recycled Content in Pre- und Post-Consumer-Material, je nachdem, ob dieses vor oder nach der Nutzungsphase anfällt.

Diese Unterscheidung wird von ISO 14067:2018 und GHG Protocol (WBCSD & WRI, 2011b) nicht aufgegriffen. In der Praxis ist die jeweilige Zuordnung daher nicht konsistent: Während Post-Consumer Material eindeutig als Sekundärmaterial eingestuft werden kann, fällt die Bewertung von Pre-Consumer Material unterschiedlich aus. Vielfach wird dieses als Sekundärmaterial eingestuft. Es kann jedoch ebenso argumentiert werden, dass bspw. Verschnitt oder Ausschuss in der Metallbearbeitung zu keinem Zeitpunkt zur Entsorgung vorgesehen oder wertlos ist.



Insbesondere die Aluminium-Branche befasst sich daher intensiv mit der Frage, wie Pre-Consumer Material bewertet werden soll (International Aluminium Institute, 2023). Laut TFS Guideline soll „wertvolles“ Pre-Consumer Material als Koppelprodukt klassifiziert und entsprechend in der Bilanzierung behandelt werden. (TfS, 2022) Die PEF-Methode erlaubt beide Optionen (EC, 2021). Im Methodenentwurf für den CFB-EV findet sich kein entsprechender Hinweis.

Darüber hinaus lässt die Definition von Recycled Content und Pre-Consumer Material in ISO 14021:2016 Interpretationsspielraum. Von diesen Kategorien ausgeschlossen sind Materialien, die „im selben Prozess“ wiederverwendet werden können, in dem sie angefallen sind. Der Begriff „Prozess“ ist hier nicht näher definiert. In einigen branchenspezifischen Methoden finden sich daher Konkretisierungen bezogen auf die jeweilige Wertschöpfungskette, u.a. in ISO 20915:2018 und WSA, 2017. Das Catena-X Rulebook adressiert diesen Aspekt nicht.

Relevant wird die Abgrenzung insbesondere mit Blick auf die Fertigungstiefe von Unternehmen. Einige Unternehmen decken große Teile einer Wertschöpfungskette ab. Im Sinne von ISO 14021:2016 könnte die Wiederverwendung von Material „im selben Prozess“ somit nicht als Recycled Content angerechnet werden. In anderen Fällen ist dieselbe Prozesskette zwischen mehreren Akteuren geteilt und es kann eine Anrechnung von Pre-Consumer-Material geltend gemacht werden.

#### Fazit: Recycling

Die Diskussion um das zu verwendende Allokationsverfahren für Recycling ist kontrovers und wird bereits lange geführt. Diese bisher nicht aufgelöste Diskussion spiegelt sich auch in den ausgewählten Methoden wieder, die sich für unterschiedliche Allokationsverfahren aussprechen.

Auch für die Definition von Sekundärmaterial lässt sich kein klarer Konsens finden.

In der Bilanzierungspraxis bedeutet dies, dass PCFs unter Verwendung unterschiedlicher Methoden erstellt werden und eine Vergleichbarkeit sowie ein Level Playing Field kaum gegeben ist.

#### 5.4.1.3 Chain-of-Custody

Die Zuordnung von Emissionen zur Vermarktung grüner Produkte entlang der Lieferkette mittels Massenbilanz wird kontrovers diskutiert und ist in verschiedenen Branchen sehr unterschiedlich akzeptiert. Während die Massebilanz in der Chemie- und Kunststoffindustrie breit akzeptiert ist, wird es in der Aluminium- und Stahlindustrie zum Teil kritisch gesehen. Im Bausektor und von der Verwendung in EPDs wird Mass Balance oftmals ausgeschlossen (Donath, 2023, S. 1). Eine Harmonisierung sollte hier angestrebt werden.

In der Aluminium- und Stahlindustrie kann Massenbilanz insbesondere nicht-integrierten Betrieben, die auf einzelne Produktionsschritte spezialisiert sind, die Möglichkeit zu einer schrittweisen Transformation und zum Angebot grüner Produkte bieten. Diese Betriebe sind durch ihre Spezialisierung auf die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen angewiesen und können für die Verarbeitung emissionsarmer Materialien keine separaten Produktionsprozesse aufbauen. Bei ihnen kann die Massenbilanz zu einer Erhöhung der Marktanteile klimafreundlicher Produkte führen. Dabei bezieht sich das Massenbilanzverfahren nicht nur auf die Nachverfolgung innerhalb der Lieferkette, sondern kann auch innerhalb eines Unternehmens umgesetzt werden.

Wird das Massenbilanz-Verfahren akzeptiert, sollte es nach klaren Regeln und in einem überprüfbar System umgesetzt werden. Eine zusätzliche Zertifizierung durch Dritte kann

sicherstellen, dass die grüne Eigenschaft nur einmal verwendet wurde. Zudem sollte durch eine klare Kommunikation über die Anwendung der Massenbilanz Transparenz geschaffen werden.

Für eine branchenübergreifende Akzeptanz ist eine breite Diskussion des Massenbilanzansatzes und das Aufstellen einheitlicher Umsetzungsregeln notwendig. Catena-X macht hier in Abstimmung mit dem Pathfinder Framework und TfS bereits praxisorientierte Vorschläge und hat das Massenbilanzverfahren mit Zusatzkriterien integriert. (Catena-X Automotive Network e.V. 2023). Massenbilanzierung wird demnach unter folgenden Prinzipien im PCF anerkannt:

- ▶ Die erzielte Transformation soll einen effektiven Übergang zu einer stärker zirkulären, biobasierten Produktion mit geringeren Treibhausgasemissionen in komplexen Wertschöpfungsketten bewirken.
- ▶ Die Umsetzung muss transparent, klar und glaubwürdig sein. Dies kann z.B. durch anerkannte Zertifizierungssysteme Dritter erreicht werden.
- ▶ Label und Marketingaussagen müssen definierte Anforderungen erfüllen.
- ▶ Doppelzählung muss durch eine eindeutige Nachverfolgung der Inputmengen ausgeschlossen werden.

Darüber hinaus definiert Catena-X weitere Anforderungen an ein Massenbilanzkonzept:

- ▶ Die Betriebsstätten stehen unter der Kontrolle desselben Unternehmens, wobei auch Unternehmensgruppen und Joint Ventures akzeptiert werden.
- ▶ Die Produktion des massenbilanzierten Produktes muss nach branchenüblicher Praxis technisch möglich sein. Dabei kann der Anteil an technisch verwendetem Material niedriger sein als der zugewiesene Anteil.
- ▶ Die für die Grenzen des Massenbilanzsystems angewandten Emissionsfaktoren müssen produkt- und prozessbezogen sein. (Catena-X Automotive Network e.V. 2023, S. 26)

Catena-X wird zudem die Verwendung von Zertifikaten prüfen. (Catena-X Automotive Network e.V. 2023, S. 25) Der Wissenschaftliche Beirat des BMWK geht bereits im Falle von Grünstahl über den Massenbilanzansatz hinaus und spricht sich für ein Book & Claim-System aus, da grüner und grauer Stahl physisch identisch sind und der Unterschied lediglich im CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Produktion liegt. Grünstahlzertifikate können zu Effizienzgewinnen in Stahl verarbeitenden Betrieben beitragen. Darüber hinaus können sie Unternehmen den Markteintritt erleichtern und sind gut regulierbar. Durch Vorgaben zu steigenden Grünstahlanteilen können die Marktanteile kontinuierlich erhöht werden. (BMWK, S. 16)

Da der Handel von Zertifikaten die Bilanzierung deutlich weiter von den In- und Outputströmen entkoppelt, bedarf der Umgang noch einer eingehenderen fachlichen Diskussion.

### **Fazit: Chain of Custody**

Die meisten Standards zur PCF-Erstellung behandeln die Verteilung der Emissionen auf einzelne Produkte nicht explizit. Die Nutzung von Zuordnungsmethoden zur Vermarktung von Premiumprodukten wird mit Verweis auf die ISO 14044 kritisiert: nach der Allokation insgesamt, wenn möglich, vermieden werden soll. Allerdings handelt es sich hierbei weniger um ein Bilanzierungsthema, sondern eines das vielmehr in den Normen zur Rückverfolgung von Lieferketten (Chain-of-Custody) behandelt wird und hier breitere Anerkennung findet.

Die Anwendung des Massebilanzansatzes findet unterschiedlich starke Akzeptanz in verschiedenen Branchen. Sollte diese Methode Anwendung finden, bedarf es einheitlicher Kriterien um die Transparenz und Glaubwürdigkeit zu stärken. Catena-X, TfS und Pathfinder machen hierfür einen ersten Vorschlag.

## 5.4.2 Energie

Die Bilanzierung von Energie, insbesondere die Bilanzierung von eingekaufter Energie, zählt zu den Aspekten der Treibhausgasbilanzierung, für die von Standards unterschiedliche Herangehensweisen vorgeschrieben werden.

Es kann hier zwischen zwei Bilanzierungsansätzen unterschieden werden. Im Kontext der Treibhausgasbilanzierung auf Unternehmensebene (CCF) haben sich – insbesondere geprägt durch die Standards des Greenhouse Gas Protocol (GHGP) – die Begriffe „marktbasiert“ und „ortsbasiert“ zur Unterscheidung dieser beiden Ansätze etabliert (vgl. z.B. World Resource Institute [WRI] & WBCSD, 2015; WRI & WBCSD, 2004). Diese Begrifflichkeiten werden zunehmend auch im Rahmen der Diskussionen zur PCF-Bilanzierung verwendet (z.B. in TfS, 2022; WBCSD & WRI, 2011a; WBCSD, 2023). Auch in der wissenschaftlichen Literatur wird sich dieser beiden Begrifflichkeiten bedient, um die Ansätze zur Bilanzierung eingekaufter Energie zu unterscheiden (z.B. in Bjørn, Lloyd, Brander & Matthews, 2022; Brander, Gillenwater & Ascui, 2018; Brander & Bjørn, 2023). Zumeist werden markt- und ortsbasierte Bilanzierungsansätze in Bezug auf die Bilanzierung von eingekauftem Strom spezifiziert. Grundsätzlich sind diese aber auch auf andere Energieformen anwendbar, bspw. eingekaufte Wärme, z.B. in (vgl. z.B. ISO 14067:2018).

Je nach Branche und Rahmenbedingungen findet einer der beiden Ansätze Anwendung, was im Product Carbon Footprint zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führt. Hierdurch wird die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Product Carbon Footprints (PCF) erschwert und es besteht das Risiko der Doppelzählung.

Im Folgenden werden die beiden Ansätze erläutert. Außerdem wird aufgezeigt, welche Vorgaben die zur Analyse ausgewählten Standards zur Anwendung der Bilanzierungsansätze für eingekaufte Energie machen.

### 5.4.2.1 Methodische Ansätze zur Bilanzierung eingekaufter Energie

Während im Kontext eines klassischen LCA (Life Cycle Assessment, dt. Ökobilanz) nach ISO 14044:2006 keine gesonderten Regelungen zur Verwendung von Emissionsfaktoren für die Berechnung der THG-Emissionen aus dem Energiebezug festgelegt sind, wird im Kontext der PCF-Erstellung nach ISO 14067:2018 eine Hierarchie zu verwendender Emissionsfaktoren zur Energiebilanzierung aufgestellt (ISO 14067:2018, S. 57–58). Hierbei werden in Bezug auf eingekaufte Energie Emissionsfaktoren, die aus vertraglichen Bindungen stammen, gegenüber netzbezogenen Durchschnittsemissionsfaktoren aus LCA-Datenbanken bevorzugt.

Unter Verwendung des **ortsbasierten Ansatzes** wird die durchschnittliche Emissionsintensität des Netzes, in dem der entsprechende Verbraucher zu verorten ist, als Grundlage zur Ermittlung der Emissionen aus eingekaufter Energie gesetzt. Die Größe des bilanzierten Netzes (lokal, regional oder national) ist nach GHGP (WRI & WBCSD, 2015) so zu wählen, dass die Erzeugungskapazitäten innerhalb der Bilanzgrenze Netzstabilität gewährleisten können. In Deutschland wird als Referenzwert üblicherweise der Emissionsfaktor des bundesdeutschen Strommix herangezogen. Dadurch, dass die Ermittlung der Emissionsfaktoren auf statistischen Informationen zu Emissionen in bestimmten geographischen sowie zeitlichen Abgrenzungen

basiert, ist der ortsbasierte Ansatz überall auf der Welt anwendbar; auch in nicht liberalisierten Märkten (Mundt, Werner & Maaß, 2019, S. 329; WRI & WBCSD, 2015, S. 53).

Wird der **marktbasierte Ansatz** verwendet, so beeinflusst die Beschaffungsentscheidung eines Unternehmens, welcher Emissionsfaktor für die PCF-Berechnung in Bezug auf den Energiebezug zu verwenden ist. Als Basis zur Bestimmung des Emissionsfaktors können vertragliche Bindungen zu Stromlieferanten, Verträge über differenzierte Stromprodukte, der Zukauf von Grünstromzertifikaten oder der Strombezug aus einer ausgewählten Erzeugungsanlage dienen. Innerhalb des marktbasiereten Ansatzes wird meist eine Hierarchie für die oben genannten vertraglichen Instrumente aufgestellt. Außerdem müssen diese auch bestimmte Kriterien erfüllen, um als Bemessungsgrundlage für den zur Strombilanzierung zu verwendenden Emissionsfaktor dienen zu dürfen. Vertragliche Instrumente sollten nach ISO 14067:2018 bspw. Angaben zu den Eigenschaften einer Stromeinheit übermitteln, das einzige vertragliche Mittel sein, in dessen Rahmen die Stromeigenschaft verwendet wird und entsprechend entwertet werden, um Doppelzählung zu vermeiden. Außerdem sollten sie eine zeitliche Nähe zum Strombezug aufweisen und aus den Marktgrenzen stammen, in denen der bilanzierte Energieverbrauch verortet ist. Kriterien für vertraglich geregelte Mittel sind je nach Standard unterschiedlich ausführlich ausdifferenziert, zielen generell aber darauf ab, die Doppelanrechnung von erneuerbaren Eigenschaften zu vermeiden (vgl. z.B. Catena-X, 2023, S. 22 f; JRC, 2023, S. 19 f; TfS 2022, S. 50; vgl. z. B. ISO 14067:2018, S. 57).

Die Europäischen Herkunftsnachweise (HKN) sind eine im Sinne der bestehenden Kriterien (bspw. nach GHP, ISO 14067/64, EU PEF) sicher anwendbare Grundlage für die marktbasierete Bilanzierung. Die Europäischen HKN-Register werden über die nationale Gesetzgebung reguliert und folgen einem gemeinsamen Europäischen Standard mit festgelegten Kontrollmechanismen (Association of Issuing Bodies [AIB], 2023a, 2023c). Internationale Nachweissysteme wären in Bezug auf die Erfüllung der Kriterien entsprechend zu prüfen.

Liegt kein vertragliches Instrument vor, so ist der Restenergiemix (Residualmix) zu verwenden, der die Emissionen des Gesamtenergiemix eines Landes abzüglich der mittels vertraglicher Instrumente nachverfolgten Energiemengen ausweist. Dieser wird von den entsprechenden Behörden berechnet und wird in Europa von der Association of Issuing Bodies (AIB), die Vereinigung der Europäischen Ausstellungsstellen für Herkunftsnachweise für erneuerbare Energien (EE), konsolidiert veröffentlicht (AIB, 2023b).

#### 5.4.2.2 Die Bilanzierungsansätze in den Standards

Die Verwendung der beiden Ansätze wird von Bilanzierungsstandards unterschiedlich vorgegeben. Es ist zu beobachten, dass Standards zur PCF-Berechnung zunehmend die Verwendung des marktbasiereten Ansatzes bevorzugen (vgl. Catena-X, 2023, S. 22; EC, 2021; European Aluminium, 2023; JRC, 2023, S. 19; TfS 2022, S. 48; ISO 14067:2018, S. 57–58).

Das **Catena-X Rulebook** bevorzugt vertragliche Instrumente, fordert allerdings, dass in dem jeweiligen Land ein Nachverfolgungssystem installiert und Mindestkriterien erfüllt sein sollen, damit Doppelvermarktung ausgeschlossen wird. Liegen keine vertraglichen Instrumente vor soll der Residualmix genutzt werden. Wenn dieser ebenfalls nicht verfügbar ist kann auf den durchschnittlichen Verbrauchsmix des Stromnetzes zurückgegriffen werden.

Auch in der **TfS Guideline** werden vertragliche Instrumente und damit der marktbasierete Ansatz bevorzugt, allerdings wird hier auf eine Direktleitung verwiesen. Bei dieser speziellen Situation fehlt der Weg über das nationale Stromnetz. Andernfalls stellt die TfS Guideline den durchschnittlichen Netzmix (marktbasierete) neben die von Energieversorgern vertraglich zugesicherten Daten (ortsbasierete). Sind diese Daten nicht verfügbar soll der Residualmix verwendet werden. Die Doppelzählung von Nachweisen soll ausgeschlossen werden

Die **ISO 20915** bevorzugt dagegen den ortsbasierten Ansatz für Netzstrombezug. Die ISO bezieht sich ebenfalls auf Dampf und fordert, dass für die Bilanzierung von Dampf LCI-Daten vom Versorger oder, wenn nicht vorhanden solche aus Datenbanken genutzt werden.

Im Entwurf der **CFB-EV** Eigenerzeugung oder die Nutzung vertraglicher Instrumente bevorzugt. Vertragliche Instrumente müssen dabei den Mindestkriterien entsprechen, um sicherzustellen, dass sie transparent und glaubwürdig sind. In der nachfolgenden Hierarchie kann auch der Versorgungsmix des Energieversorgers genutzt werden oder, wenn diese Daten nicht verfügbar sind der landesspezifische Residualmix. Als letzte Option kann auch der durchschnittliche Strommix des Landes und damit der ortsbasierte Ansatz für die Bilanz verwendet werden.

Entsprechend der **CFB-EV** sollen vertragliche Instrumente Informationen über den eingekauften Strom enthalten und Doppelzählungen ausschließen.

Es werden folgende Kriterien für eine Nachverfolgungssystem angesetzt:

- ▶ Es ist objektiv und transparent
- ▶ Die Zertifikate sollen maximal 12 Monate nach Stromerzeugung handelbar sein;
- ▶ Es gibt akkurate, glaubwürdige und fälschungssichere Übertragungswege
- ▶ Es ist ein Überwachungssystem oder Register eingerichtet
- ▶ Es werden Nachweise aus dem gleichen Markt verwendet

Es lässt sich zudem beobachten, dass in einigen Kontexten der ortsbasierte Ansatz präferiert verwendet wird. Dies gilt insbesondere für Branchen-LCI, die weiterhin auf dem ortsbasierten Ansatz beruhen (vgl. z.B. European Aluminium [EA], 2018; Verein Deutscher Ingenieure [VDI], 2023; WSA, 2017). Im Rahmen des CBAM wird als Default-Option ebenfalls auf ortsbasierte Standardwerte verwiesen, obwohl alternativ auch eine Direktverbindung zu einer EE-Anlage oder ein Power Purchase Agreement (PPA)<sup>35</sup> zur Berechnung der Emissionen aus dem Stromverbrauch angesetzt werden darf (EU/2023/956, Annex IV).

### Fazit: Energiebilanzierung

In Bezug auf die Bilanzierung eingekaufter Energie werden zur Zeit zwei unterschiedliche Bilanzierungsansätze – ortsbasiert oder marktbasierend – für die Bilanzierung des Energieverbrauchs im PCF angewendet. Während Sektorstandards einen marktbasierenden Ansatz zu bevorzugen scheinen, berufen sich klassische LCIs weiter auf einen ortsbasierten Ansatz. Dies kann zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen in einem PCF führen. Um vergleichbare PCFs zu erhalten, ist eine Harmonisierung der Methoden insbesondere im Bereich der Bilanzierung eingekaufter Energie notwendig.

Über die Bilanzierung von eingekaufter Energie hinaus, behandeln einige der analysierten Standards weitere energiebezogene Aspekte in der Bilanzierung. Hierzu zählen der Umgang mit Eigenerzeugungsanlagen und Energierückgewinnung sowie die Frage, wie grüne Energieeigenschaften innerhalb einer Organisation verschiedenen Produkten zugeordnet werden.

<sup>35</sup> Langfristiger Stromliefervertrag zwischen zwei Parteien. Meist ein bilateraler Vertrag zwischen Stromproduzent und Stromverbraucher.

## 5.5 Datensammlung, Datenverarbeitung und Datenqualität

Die Erhebung der notwendigen Daten zur Erstellung einer THG-Bilanz ist von enormer Bedeutung für das Ergebnis und stellt gleichzeitig die Unternehmen vor große Herausforderungen. Insbesondere Daten zu indirekten Emissionen aus der vor- und nachgelagerten Lieferkette sind nicht leicht zu bekommen. Gleichzeitig muss das Unternehmen beurteilen, welche Daten relevant sind und auf welche verzichtet werden kann. Diese Entscheidung wird im Life Cycle Assessment über die Analyse der Wesentlichkeit getroffen. Wenn auch weitgehend Einigkeit bei der grundlegenden Definition von Primär- und Sekundärdaten besteht, gehen die Standards zur PCF-Bilanzierung sehr unterschiedlich mit der Herausforderung der guten Datenlage um.

Die **ISO 14067** definiert drei unterschiedliche Datentypen: Primärdaten, standortspezifische Primärdaten und Sekundärdaten. Dabei umfassen Primärdaten quantifizierte Werte aus direkten Messungen oder Berechnungen basierend auf direkten Messungen. Diese können auch aus vergleichbaren Produktsystemen gewonnen werden. Standortspezifische Primärdaten beziehen sich hingegen auf das zu analysierende Produktsystem. Daten aus Datenbanken, Literatur, nationalen Berichten Schätzwerte oder repräsentative Daten von zuständigen Behörden zählen dagegen zu den Sekundärdaten. (ISO 14067:2018, S. 28)

Die ISO 14067 stellt eine Hierarchie der Daten auf, wobei standortbezogene Primärdaten am besten bewertet werden. Die Prozesse von höchster Bedeutung, die 80 % des CFP umfassen, sollen mit standortspezifischen Daten bilanziert werden. Ist das nicht möglich können andere verifizierte Primärdaten genutzt werden. Sekundärdaten sollen lediglich für die Bilanzierung von In- und Outputs genutzt werden, für die die Erfassung von Primärdaten nicht möglich ist, oder für Prozesse mit geringer Bedeutung. (ISO 14067:2018, S. 41) Dabei sieht die ISO eine Begründung für die Verwendung von Sekundärdaten vor.

Zur Beurteilung der Datenqualität sieht die ISO 14067 einen zweistufigen Prozess vor und beruft sich auf Kriterien der ISO 14044. Für eine Bewertung sollen die Daten im ersten Schritt nach den Kriterien zeitlicher, geografischer und technologischer Bezug, sowie Datengenauigkeit ausgewertet werden. Darüber hinaus können die Daten nach Vollständigkeit, Repräsentativität, Konsistenz und Reproduzierbarkeit der Daten beurteilt werden und eine Bewertung der Datenquellen und die Unsicherheit der Informationen vorgenommen werden. (ISO 14067:2018, S. 42)

Die Datenqualität soll insbesondere bei den Daten dokumentiert sein, die für Schlussfolgerungen aus dem PCF wesentlich sein können. Erfüllen die Daten die Anforderungen an die Datenqualität nicht, muss dies angegeben werden. (ISO 14067:2018, S.48)

Dabei ist es notwendig die Daten zu validieren sowie die Datenerfassung und deren Management zu beschreiben und zu dokumentieren. Dabei sollen sowohl die Erfassungsmethoden als auch etwaige Datenlücken und die Überwindung dieser festgehalten werden. (ISO 14067:2018, S.79) Eine Sensitivitätsanalyse soll zeigen, wie sich unterschiedliche Daten auf das PCF-Ergebnis auswirken.

Die **ISO 20915** zur Lebenswegbetrachtung von Stahlprodukten sieht ebenfalls eine Bewertung der genutzten Daten entsprechend der Kriterien aus der ISO 14044 vor und spezifiziert diese für den Werkstoff Stahl. Entsprechend sollen Daten bezüglich ihres zeitlichen, geografischen und technologischen Bezugs zum analysierten Produkt bewertet werden.

Hinsichtlich der Datenqualität sieht die ISO 20915 vor, dass die Stahlproduktion Primärdaten von den Lieferanten genutzt werden sollen. Für die Vorkettenemissionen sollen Lieferantendaten genutzt werden, wenn diese verfügbar sind. Sonst können Sekundärdaten aus LCA-Datenbanken genutzt werden, die geografisch relevant sind.

Die **CFB-EV** orientieren sich in ihren Anforderungen an die Datenqualität an Vorgaben und Empfehlungen der EU. Dabei werden zu den wichtigsten Prozessen für die Bilanz die gezählt, die 80% der insgesamt bilanzierten Emissionen ausmachen.

Es ist vorgesehen, dass für alle Produktionsprozesse unternehmensspezifische Daten genutzt werden, wobei nach Artikel 38a des Vorschlags zur Batterieregulierung ein Batteriehersteller verpflichtet ist, alle notwendigen Produktinformationen bereitzustellen. (JRC, 2023, S. 13) Darüber hinaus ist definiert, für welche Prozesse unternehmensspezifische und für welche Sekundärdaten genutzt werden sollen. Die Datenqualität ist dabei abhängig vom jeweiligen Einfluss, den das berichtende Unternehmen auf den betrachteten Prozess hat. Für Prozesse, die vom berichtenden Unternehmen selbst verantwortet werden, sollen Primärdaten genutzt werden. Je weiter der Prozess von der Verantwortung und den Einflussmöglichkeiten des berichtenden Unternehmens entfernt ist, desto mehr Sekundärdaten dürfen verwendet werden. (JRC, 2023, S. 15)

Die Hierarchie von Sekundärdaten, die im CFB-EV aufgestellt sind, orientieren sich an EU-Vorgaben für Umweltdaten in Ökobilanzen entsprechend der EU-Recommendation 2021/2279:

- ▶ das EU-Netzwerk von LCA-Daten LCDN
- ▶ andere Sekundärquellen
- ▶ technologische Durchschnittswerte, erläutert im PCF-Bericht
- ▶ Verwendung von Proxydaten, die konform mit der ILCD-Eingangsebene (entry level, EL) sind. Höchstens 10 % der Gesamtpunktzahl dürfen aus ILCD-EL-konformen Datensätzen abgeleitet werden. (JRC, 2023, S. 14)

Es soll ebenfalls eine den Vorgaben der EU-Empfehlung 2021/2279 entsprechende Qualitätsbewertung vorgenommen werden. Auch hier werden die vier Qualitätskriterien der ISO 14044 angesetzt: technologische, geografische und zeitbezogene Repräsentativität sowie Genauigkeit. Diese Kriterien sollen zur Bestimmung des Datenqualitätsniveaus nach einem Punktesystem bewertet werden. Aus der Bewertung der vier Datenqualitätskriterien lässt sich dann die gesamte Datenqualitätsrate ermitteln, die von ausgezeichnet bis mangelhaft reicht. (Europäische Kommission, 2021c, S. 84)

Der Austausch von repräsentativen und glaubwürdigen Daten ist das zentrale Element von **Catena-X Rulebook**. Daher spielt die Datenqualität hier eine große Rolle. Da die Interpretationsräume der bisherigen Standards wie ISO 14044 oder auch ISO 14067 und des GHG Protocols durch das Catena-X Rulebook verringert werden sollen, werden klare Anforderungen an die Datenqualität gestellt. Da Unternehmen nicht alle Informationen preisgegeben, hat das Catena-X Rulebook Kriterien für Datenqualität entwickelt, mit dem für alle Daten sowie für den gesamten PCF Qualitätsindikator berechnet werden kann.

Diese Bewertung der Primär und der Sekundärdaten (Data Quality Rating, DQR) wird vorerst für Primär und Sekundärdaten zusammen durchgeführt. Nach einer Übergangsphase sollen diese gegebenenfalls getrennt behandelt werden. .

Für das Data Quality Rating werden die Kriterien zeitliche, geografische und technologische Repräsentativität, sowie die Vollständigkeit und Glaubwürdigkeit mit 1- „exzellent“ bis 5 – „schwach“ bewertet. Aus den sich ergebenden Indikatoren kann dann die Bewertung des gesamten PCFs vorgenommen werden. Tabellen zur konkreten Bewertung sind im Catena-X-Rulebook enthalten. (Catena-X, 2023)

Zudem sollen zunehmend Primärdaten verwendet werden. (Catena-X, 2023, S. 9). Das Catena-X Rulebook definiert als Primärdaten gemessene Daten oder Berechnungsergebnisse aus direkten

Messungen. Werden Emissionsfaktoren aus nationalen oder regionalen THG-Inventaren zur Berechnung genutzt, handelt es sich beim Ergebnis nicht mehr um Primärdaten. (Catena-X, 2023, S. 27) Da jedoch nicht für alle Prozesse Primärdaten zur Verfügung stehen, erkennt das Catena-X Rulebook auch die Verwendung von Sekundärdaten - zumindest für eine Übergangsphase - an. Zur Qualitätssicherung setzt das Catena-X Rulebook Kriterien an Sekundärdaten, die branchenweit gültig sein sollen. So müssen diese konservativ gewählt sein, sie sollen repräsentativ und allen zugänglich sein und nicht zu Marktverzerrungen führen. (Catena-X, 2023, S. 27)

Da noch keine einheitlichen Sekundärdaten zur Verfügung stehen, hat das Catena-X Rulebook eine Hierarchie anerkannter Daten aufgestellt:

1. Daten von Industrie- oder Branchenverbänden
2. Allgemeine LCA-Daten, z.B. aus gewerblichen Datenbanken
3. Daten aus anderen Dokumenten, z.B. wissenschaftlicher Literatur

Emissionsfaktoren sollen den zeitlichen, geografischen und technischen Bezug zum analysierten Produkt aufweisen. Zudem soll der Anteil der Primärdaten im PCF für jeden Lieferanten und für den gesamten PCF transparent dargestellt werden.

Das übergeordnete Ziel der **TfS Guideline** ist ein konsistentes Datenmanagement zu erreichen entsprechend ausführlich wird der Umgang mit Daten und die Datenqualität im Leitfaden behandelt. Dabei wird insbesondere auf die Scope 3 Emissionen aus eingekauften Gütern und Dienstleistungen eingegangen, da diese die Unternehmen immer noch vor sehr große Herausforderungen stellen. Daten werden in der TfS Guideline als Basis der THG-Bilanz angesehen: Ihre konsistente Verwendung ermöglicht das Ziehen von Schlüssen über die Entwicklung der THG-Bilanz. Um eine sektorweite Harmonisierung der PCF-Erstellung zu erreichen, soll der Prozess der Datensammlung einheitlich gestaltet werden (TfS, 2022, S.9). Auch wenn in vielen Fällen der Zugang zu Daten schwierig oder die Qualität schwer zu beurteilen sind, ist die stetige Verbesserung der Datenqualität eine Zielsetzung der TfS Guideline.

Die TfS Guideline stellt Kriterien für die Zusammenstellung von Lieferantendaten für differenzierte Prozessschritte auf, die dabei unterstützen sollen, die Qualität der Aktivitätsdaten zu bewerten und zu verbessern. Diese Prozessschritte sind:

- ▶ Zusammenstellung und Verarbeitung der Daten
- ▶ Clusterbildung und Priorisierung der Daten
- ▶ Aktualisierung und Verbesserung der Aktivitätsdaten

Im Folgenden wird auf diese Prozessschritte kurz eingegangen.

Da der PCF auf Aktivitätsdaten aufbaut, sollen gut funktionierende Prozesse zur Zusammenstellung und Verarbeitung dieser Daten etabliert werden soll. Dabei kann unterschieden werden in Daten, die relevant für die Produktion sind und solchen, die nicht direkt in der Produktion verwendet, aber vom Unternehmen für den Unternehmensbetrieb insgesamt werden. Abbildung 11 zeigt den konkreten Ablauf des Datenmanagements nach TfS. (TfS, 22, S.17)



**Abbildung 13: Prozess der Zusammenstellung und Verarbeitung von Aktivitätsdaten**

Eigene Darstellung nach Tfs 2022

In diesem Prozess sollen die Datengenauigkeit verbessert und Datenlücken identifiziert und geschlossen werden. Die Tfs Guideline sieht ebenfalls vor, dass Lieferanten dazu bewegt werden sollen eigene THG-Bilanzen zu erstellen, um mögliche Datenlücken zu schließen.

Da die eingekauften Materialien und Zwischenprodukte oft sehr zahlreich sind, sollen sie zur einfacheren Handhabung in Clustern zusammengefasst werden. Die Clusterung soll nach Gemeinsamkeiten im Profil der Güter erfolgen, wobei verfügbare Emissionsfaktoren mitberücksichtigt werden sollen. Mögliche Gruppen sind Einkaufskategorien oder Materialgruppen.

Im Anschluss soll ein erstes Screening vorgenommen werden, in dem die Daten entsprechend ihrer Bedeutung in der THG-Bilanz priorisiert werden.

Für die Bilanzierung stellt die Tfs Guideline den 80:20 Ansatz in den Vordergrund: es sollen 80 % der Emissionen in die Bilanz einfließen. Für 20 % dieser Emissionen sollten Primärdaten genutzt werden. Für Emissionsquellen, die in der Bilanz wenig ausmachen, können ungenauere Daten, wie durchschnittliche PCFs, Industriedaten oder LCA-Datenbanken genutzt werden. Stehen auch diese nicht zur Verfügung, können Produkte gruppiert oder Näherungsdaten genommen werden. Allerdings soll darauf geachtet werden, dass die Quellen oder Datenbanken regelmäßig, im besten Falle jährlich, aktualisiert werden. Im Bericht soll dokumentiert werden, welche Emissionsfaktoren genutzt wurden (Tfs 2022, S.22ff).

Je nachdem ob die mengen- oder die kostenbasierte Methode zur Bewertung der eingekauften Güter mit Emissionsfaktoren verwendet wurde, fallen die bilanzierten Emissionen sehr unterschiedlich aus: Teuren Dienstleistungen, die aber geringe Emissionen verursachen oder Materialien, die geringe Kosten aber hohe Emissionen mitbringen, würden nach der einen oder der anderen Bewertungsmethode hohe oder geringe Emissionen zugeordnet werden. Die kostenbasierte Methode wird dabei als ungenau eingestuft, da sie von Faktoren wie Inflation, Steuern oder Wechselkurseffekte beeinflusst wird. Entsprechend umsichtig sollen Unternehmen mit dieser Methode umgehen und auch Güter identifizieren, die einen großen Einfluss auf die Emissionen haben aber nur geringe Kosten verursachen (TFS 2022, S.21).

Die Tfs Guideline sieht vor, dass eine jährliche Aktualisierung und Verbesserung der Aktivitätsdaten vorgenommen werden soll. Hat die Aktualisierung der Daten Auswirkungen auf die THG-Bilanz, soll entsprechend des GHG Protocols sowohl die aktuelle als auch die Bilanz des Vorjahres aktualisiert werden. Gegebenenfalls muss bei einer Aktualisierung des Datenmanagements auch das Basisjahr neu berechnet werden. Um Transparenz sicherzustellen und die Vergleichbarkeit im Zeitverlauf zu ermöglichen, soll jede Änderung im Bericht dargelegt werden. (Tfs, 2022, S. 15)

In Bezug auf die Datenqualität bevorzugt die TFS Guideline Primärdaten gegenüber Sekundärdaten, auch wenn erstere schwerer zugänglich sind. Verfügbare Datenbanken werden genannt und mit ihren Vor- und Nachteilen gegenübergestellt. Die Tfs Guideline trifft hier folgende Unterscheidung:

- ▶ **EEIO Emissionsfaktoren** (Environmentally extended input-output Emission Factors). Hierbei handelt es sich um kostenbasierte Emissionsfaktoren auf Sektor-, Länder- oder globaler Ebene. Diese Daten können verwendet werden. Allerdings sind sie limitiert in Bezug auf ihre Genauigkeit. Durch die Verwendung dieser Daten können keine Reduktionsmaßnahmen des Lieferanten in die Bilanz einfließen.
- ▶ **Durchschnittliche Industrie-LCA:** Durchschnittliche Emissionsfaktoren aus LCA-Datenbanken, die sich auf ein Produkt oder einen Industriezweig beziehen. Auch dies sind verwendbare Daten, je spezifischer die Produktpalette ist, desto weniger Daten sind jedoch in diesen Datenbanken verfügbar.
- ▶ **Spezifischer PCF:** Modelliertes Datenset, das die Technologie und Geographie genauer repräsentiert. Enthält eine höhere Spezifikation, ist allerdings nur für wenige Produktkategorien verfügbar
- ▶ **Lieferanten-PCF:** Ein produktbezogener Carbon Footprint vom Lieferanten hat die höchste Genauigkeit, ist allerdings aufwändig in der Erstellung. Diese kann ggfls. durch IT Tools vereinfacht werden. Die Verfügbarkeit ist stark abhängig vom Lieferanten. Ein Lieferanten-PCF sollte nach anerkannten Standards bilanziert und verifiziert sein und regelmäßig aktualisiert werden.
- ▶ **Hybrider Emissionsfaktor:** Der Lieferant nutzt für Scope 1&2 Daten aus dem Unternehmen Carbon Footprint (CCF) und für Scope 3 Emissionen durchschnittliche Emissionsfaktoren. Diese Kombination reduziert den Aufwand, die Verfügbarkeit ist allerdings abhängig vom Lieferanten.
- ▶ **Unternehmensbilanz:** Lieferantenspezifischer Footprint des Unternehmens für Scope 1,2,3. Diese Daten können allerdings nur für ein homogenes Produktportfolio des Lieferanten verwendet werden.

Die Tfs Guideline stellt im einen Entscheidungsbaum unterschiedliche Datenquellen gegenüber. Dies soll die Wahl der angemessenen Emissionsfaktors erleichtern. Allerdings sind nicht alle oben genannten Quellen für Emissionsfaktoren in diesem Entscheidungsbaum abgebildet.

#### Fazit: Datensammlung, Datenverarbeitung und Datenqualität

Alle Standards unterscheiden in Primär- und Sekundärdaten und bewerten Primärdaten, hierbei standortbezogene oder unternehmensspezifische Primärdaten höher. Auf Grund der zum Teil noch schwierigen Datenlage, werden Sekundärdaten aber noch eine Zeitlang notwendig sein. Die auf die ISO 14044 zurückgehenden Qualitätskriterien der zeitlichen, geografischen und technologischen Repräsentativität haben immer noch ihre Relevanz und werden weiterhin angewendet. Während das Ziel der ISO 14067 ist, Transparenz zur Datenqualität im Bericht herzustellen, nutzen die CFB-EV, die Tfs Guideline und das Catena-X Rulebook den Primärdatenanteil und die Datenqualitätsrate als Indikatoren für die Datenqualität des PCF.

## 5.6 Tools zur Nutzung von Daten außerhalb der Organisationsgrenzen

In Kapitel 3.1.3 wurde bereits die Bedeutung digitaler Tools und Softwarelösungen zur Übermittlung von Emissionsdaten, insbesondere aus dem Scope 3 beschrieben. Digitale Lösungen können ebenfalls für das unternehmensinterne Datenmanagementsystem relevant sein. Für den Transfer von Emissionsfaktoren und die Nutzung in THG-Bilanzen sind

Transparenz, Qualität und Glaubwürdigkeit von entscheidender Bedeutung. Digitale Lösungen reichen von der softwaregestützten THG-Erfassung bis zu Anwendungen für ein komplettes Lieferkettenmanagement.

Die hier betrachteten Standards und Methoden verweisen nicht auf konkrete Tools zur Nutzung für die Datenweitergabe. Bei allen hat der Umgang mit Daten eine besondere Bedeutung (siehe Kapitel 5.5). **ISO 14067 und ISO 20915** betrachten den Umgang mit Daten aus der Perspektive des Qualitätsmanagements und regeln die transparente Datensammlung und in gewissem Rahmen die Bewertung der Qualität.

Der **CFB-EV** verweist im Hinblick auf Emissionsfaktoren auf LCDN, das EU-Netzwerk von LCA-Daten. Damit wird eine Empfehlung für eine konkrete Datenbank abgegeben und auf die Qualitätskriterien dieser zur Beurteilung der Daten verwiesen.

Das **Catena-X Rulebook** zielt als Bestandteil der Initiative "Catena-X Automotive Network" darauf ab, die Datenintegration und -vernetzung zwischen Unternehmen entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette zu verbessern. Es fungiert nicht als eigenständiges Softwaretool, sondern vielmehr als ganzheitlicher Ansatz zur Digitalisierung und Vernetzung in der Automobilbranche. Für Sekundärdaten verweist das Catena-X Rulebook auf Daten von Industrie- oder Branchenverbänden vor herkömmlichen Datenbanken.

Bei der **TfS Guideline** spielt die vertrauenswürdige Weitergabe von Scope 3 Daten eine zentrale Rolle. So wird von der TfS Guideline die Data Sharing Platform SiGreen entwickelt, die die einfache und digitalisierte Übermittlung von Daten ermöglichen soll. (Smets et al., 2023). Über ein offenes Netzwerk soll die zuverlässige Nachverfolgung von Emissionsdaten eines Produktes über die gesamte Lieferkette ermöglicht werden. Dazu wird die Siemens-Technologie SiGreen genutzt. TfS hat ein PCF Data Model entwickelt, das bei der genauen Berichterstattung unterstützen soll. Allerdings ist die Nutzung digitaler Lösungen keine Anforderung im Leitfaden.

#### Fazit: Tools zur Nutzung von Daten außerhalb der Organisationsgrenzen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die neueren Bilanzierungsmethoden im CFB-EV, Catena-X Rulebook und der TfS Guideline Tools zur Datenweitergabe und -nutzung im Ansatz im Blick haben, allerdings wird nicht auf ein spezielles Tool oder eine besondere Art der digitalen Datenverarbeitung verwiesen. Für Sekundärdaten stellen der CFB-EV und das Catena-X Rulebook eine Quellenhierarchie auf. Der CFB-EV hebt explizit das EU-Netzwerk von LCA-Daten, LCDN, hervor, das Catena-X Rulebook verweist auf Daten von Industrie- oder Branchenverbänden.

## 5.7 Interpretation oder Auswertung der THG-Bilanz

In der Ökobilanzierung werden die Ergebnisse der Sachbilanz oder der Wirkungsabschätzung im Hinblick der definierten Ziele und Untersuchungsrahmen ausgewertet, um Schlussfolgerungen abzuleiten und Empfehlungen zu geben. Diese Interpretationsphase ist in der **ISO 14067** integriert und geht zurück auf die ISO 14044. Sie ist eine der vier Phasen der Ökobilanzierung. (ISO 14067:2018, S. 26)

In dieser Interpretationsphase sollen

- ▶ die bedeutenden Parameter identifiziert werden.
- ▶ eine Bewertung vorgenommen werden, die die Vollständigkeit, die Konsistenz und die Sensitivitätsanalysen berücksichtigt;

- ▶ Schlussfolgerungen, Beschränkungen und Empfehlungen formuliert werden. (ISO 14067:2018, S. 67)

Die Auswertung soll dann eine Bewertung der Unsicherheit enthalten, wobei Unsicherheiten durch Rechenschritte einbezogen sind. Die angewendeten Allokationsverfahren sollen identifiziert und ausführlich dokumentiert und die Einschränkungen der PCF-Bilanz identifiziert werden.

Darüberhinaus umfasst die Auswertung

- ▶ eine Sensitivitätsanalyse der signifikanten Inputs, Outputs sowie des gewählten methodischen Rahmens, einschließlich der Allokationsverfahren, um die Sensitivität Unsicherheit der Ergebnisse zu verstehen;
- ▶ eine Beurteilung des Einflusses alternativer Anwendungsprofile auf das Endergebnis;
- ▶ eine Beurteilung des Einflusses verschiedener Szenarien am Ende des Produktlebenswegs auf das Endergebnis;
- ▶ eine Beurteilung der Folgen der entwickelten Empfehlungen für das Endergebnis.

Diese Auswertung fließt in den PCF-Bericht ein und ermöglicht eine differenzierte Beurteilung der PCF-Studie. (ISO 14067:2018, S. 67)

Die Auswertung unterscheidet sich von der kritischen Prüfung. Während bei der kritischen Prüfung sichergestellt wird, dass die THG-Bilanz entsprechend der Anforderungen des Standards durchgeführt wurde, enthält die Interpretation eine Auswertung hinsichtlich der Aussagekraft der THG-Bilanz.

Der **CFB-EV** enthält ein Kapitel 8 „Conclusions“, unter dem sich Aspekte der Interpretationsphase wiederfinden können. Allerdings muss dieses noch definiert werden (JRC, 2023, S. 27).

Die **TfS Guideline** enthält kein separates Kapitel zur Auswertung der THG-Bilanz. Er fokussiert vielmehr innerhalb des Leitfadens auf einer Analyse und Interpretation der Daten, sowie der daraus resultierenden THG-Bilanz. (TfS, 2022, S. 17)

Das **Catena-X Rulebook** und die **ISO 20915** sehen keine Interpretationsphase vor.

### Fazit Interpretation und Auswertung der THG-Bilanz

Das Konzept der Interpretation eines PCF geht zurück auf die Ökobilanzierung und stellt hier eine eigenständige Phase der Bilanzierung dar. Sie soll dazu dienen die THG-Bilanz insgesamt zu bewerten, Lücken aufzuzeigen und Schlussfolgerungen zu ziehen. Durch die Interpretation der Ergebnisse der Datenauswertung und -analyse soll ein tieferes Verständnis für Muster, Trends und Abweichungen gewonnen werden. So können Empfehlungen für die Durchführung zukünftiger Bilanzen gegeben werden. Insgesamt dient die Interpretation in Bezug auf die Bilanzierung als Grundlage für fundierte Entscheidungen, Maßnahmenplanung und Problembekämpfung.

Während die ISO 14067 diese Phase übernommen hat, ist sie bei der CFB-EV, ISO 20915 und dem Catena-X Rulebook gar nicht zu finden. Die TfS Guideline legt einen Schwerpunkt auf die Erfassung und Interpretation der Daten. Hier soll auch eine Bewertung vorgenommen werden.

## 5.8 Bericht und Kommunikation

Der PCF-Bericht ist das finale Dokument, das das Vorgehen und das Ergebnis der Bilanzierung wiedergibt. Dabei ist ein Bericht mehr als die reine quantitative Darstellung der Bilanzierung. Vielmehr soll der Bericht die Bilanzierung mit den ihr zugrundeliegenden Annahmen und Vorgehensweisen verständlich und nachvollziehbar dokumentieren.

Der **ISO 14067** nach dient der Bericht der Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Neben der Dokumentation der Ergebnisse, Daten, Verfahren, Annahmen und Auswertung sollen Schlussfolgerungen dargestellt werden. So sollen auch die Komplexität und etwaige Zielkonflikte der Bilanzierung deutlich werden. (ISO 14067:2018, S. 68–69)

Die ISO 14067 stellt detaillierte Anforderungen an den Bericht und schlüsselt die zu dokumentierenden Elemente auf (Tabelle 4). Dabei unterscheidet der Standard in Elemente, die unbedingt innerhalb des Berichts dokumentiert werden sollen und solche, die separat im Bericht aufgeführt werden sollen. Zu den Pflichtangaben zählen alle innerhalb der Systemgrenzen entstandenen THG-Emissionen, sowie alle der Bilanzierung zugrundeliegenden Annahmen, Datenerhebungsverfahren und Datenquellen. Auch die Ergebnisse aus Allokationsverfahren, Sensitivitätsanalysen und Schlussfolgerungen sollen dokumentiert werden. Tabelle 4 verdeutlicht die Elemente, die verpflichtend in den Bericht aufgenommen werden müssen und die separat darzustellenden Informationen.

**Tabelle 4: Nach ISO 14067 im Bericht aufzuführende Informationen**

Verpflichtend zu berichtende Informationen	Informationen, über die separat berichtet werden soll	Informationen, über die berichtet werden soll, wenn sie bilanziert wurden
Direkte Emissionen aus <ul style="list-style-type: none"> <li>- stationärer Verbrennung</li> <li>- mobiler Verbrennung</li> <li>- Produktionsprozessen</li> </ul>	Emissionen aus Produktionsprozessen, wobei sowohl der absolute als auch der relative Beitrag dargestellt werden soll;	Resultate aus indirekten Landnutzungsänderung
Direkte flüchtige Emissionen	aus fossilen Rohstoffen	Emissionen aus der Landnutzung selbst
Indirekte Emissionen aus eingekaufter Energie	aus biogenen Rohstoffen	der biogene Kohlenstoffgehalt der Produkte
Weitere indirekte Emissionen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vor- und nachgelagerter Transport</li> <li>- Pendler-Berufsverkehr</li> <li>- Transport von Kund*innen und Besucher*innen,</li> <li>- Geschäftsreisen</li> <li>- produktbezogene und nicht-produktbezogene Waren und Dienstleistungen,</li> <li>- Produktionsmittel/ Anlagegüter,</li> <li>- Entsorgung fester und flüssiger Abfälle,</li> <li>- Leasinggegenstände der vorgelagerten Wertschöpfungskette,</li> <li>- Beschaffter Strom und Eigenerzeugung aus EE ,</li> </ul>	infolge der direkten Landnutzungsänderung	Sensitivitätsanalyse unter Verwendung der Stromkennzeichnung für den Stromverbrauch
	Emissionen aus der Luftfahrt	

Quelle: eigene Darstellung nach ISO 14067

Für die Kommunikation des PCF wird auf die ISO 14026 verwiesen und es werden keine Regelungen zur Kommunikation von Kompensationsmaßnahmen getroffen.

Das Reporting gemäß **ISO 20915** ist eher quantitativ gehalten und zielt darauf ab, eine transparente und konsistente Dokumentation der CO<sub>2</sub>-Bewertung von Stahlprodukten bereitzustellen, um die Vergleichbarkeit und Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Der Standard bietet vorbereitete Berichtblätter an, in denen die THG-Emissionen pro Material quantitativ erfasst werden können. Eine besondere Bedeutung haben in diesen Formblättern die Nutzung von Recyclingmaterial und die angewendete Allokationsmethode. Ein weiteres Formblatt ermöglicht die Beschreibung des Produktes.

Der **CFB-EV** enthält Anforderungen an eine technische Dokumentation, die eine den PCF „unterstützende Studie“ enthält und zur Verifizierung vorgelegt werden soll. (JRC, 2023, S. 24) Diese Studie solle alle innerhalb der PCF Bilanz unternommenen Schritte systematisch, geordnet und verständlich dokumentieren. Die Studie soll folgende Informationen enthalten:

- ▶ Die verwendeten Daten
  - Details zu Aktivitätsdaten,
  - Informationen zu Materialflüssen
  - Informationen zu genutzten Sekundärdatenquellen
- ▶ Die für den PCF verwendete Bilanzierungsmethode
- ▶ Eine unterstützende Dokumentation zentraler Unternehmensdaten zu:
  - Energieverbrauch, Strommix
  - Recyclingprozessen, Recyclinganteil, Recyclingrate,
  - Transportdaten,
  - Die Grenzen des PCF

Das **Catena-X Rulebook** strebt die gemeinsame Nutzung von (Cradle-to-Gate-) PCF-Daten im gesamten Catena-X-Netzwerk an. Daher ist ein separater Bericht nicht erforderlich. Vielmehr stellt das Catena-X Rulebook Anforderungen an die Daten, die für den Austausch mit anderen Akteuren innerhalb des Netzwerkes zur Verfügung gestellt werden. Durch einheitliches Vorgehen und hohe Datenqualität soll die Vergleichbarkeit unterschiedlicher PCFs erleichtert werden. Dazu sollen noch technische Spezifikationen veröffentlicht werden. Die weitergegebenen Daten sollen den Anforderungen der Datenqualität in Bezug auf zeitliche und geografische Korrelation entsprechen. Zudem sollen der Anteil der Primärdaten und die Qualitätsrate veröffentlicht werden.

Ansprüche an Emissionsreduktionen, die auf der Kompensation von Teilen und Komponenten beruhen, fallen nicht in den Geltungsbereich dieses PCF-Regelwerks. (Catena-X, 2023, S. 39)

Die **TfS Guideline** fordert, dass über die THG Emissionen nach den Prinzipien von Relevanz, Vollständigkeit, Konsistenz, Transparenz und Genauigkeit berichtet wird. (TfS, 2022, S. 12). Der Bericht soll das Bilanzergebnis ergänzen, eine Bewertung dieses ermöglichen und damit die Qualität der Daten entlang der Lieferkette sicherstellen. Basis für den Bericht sollen die Anforderungen aus der ISO 14067 sein. Diese sind in einer Tabelle übersichtlich dargestellt. Darüber hinaus sieht TfS vor, dass die Berichte ab 2025 um folgende Elemente erweitert werden:

- ▶ biogene Emissionen und Removals
- ▶ eine separate Aufteilung der Emissionsdaten in
  - Fossile Emissionen
  - Biogene Emissionen
  - Landnutzung und Landnutzungsänderungen
  - Biogene Removals als im Produkt enthaltenes CO<sub>2</sub>

- Flugemissionen
- ▶ Technologischer Bezug der Emissionsdaten, Datenqualitätsrating und Primärdatenanteil
- ▶ Biogener Kohlenstoffanteil als zusätzliche Information

Diese abgestufte Berichterstattung soll Unternehmen einen Übergang hin zu höheren Anforderungen ermöglichen (TfS, 2022, S. 85)

Die Anforderungen an die Kommunikation des Fußabdruckes richten sich an unterschiedliche Ebenen. So stellt TfS besondere Anforderungen an die Informationen, die innerhalb der Lieferkette weitergegeben werden. Dabei muss deutlich werden, auf welches Produkt von welchem Lieferanten sich die Informationen beziehen. (TfS, 2022, S.31) Darüber hinaus kann das Ergebnis der Bilanz in der öffentlichen Kommunikation als Carbon Footprint kommuniziert werden. Dabei bezieht sich TfS auf die ISO 14026:2017, in der die Anforderungen und Regeln zur Kommunikation von Fußabdrücken geregelt ist. (TfS, 2022, S. 85) Kompensationsmaßnahmen sollen nicht in den PCF einfließen und von der Bilanz abgezogen werden. Es darf jedoch über Kompensationsmaßnahmen berichtet werden. Dazu sollen die für die Kompensation genutzten Zertifikate nach international gültigen Regeln und Berechnungsmethoden quantifiziert sind. (TfS, 2022, S. 73) Wurde eine interne Verifizierung durchgeführt, dann muss immer dargestellt werden, dass der PCF nach dem TfS-Leitfaden erstellt wurde. Bei einer externen Verifizierung kann kommuniziert werden, dass der PCF nach TfS verifiziert wurde. (TfS, 2022, S. 84)

#### Fazit Bericht und Kommunikation

Das Bilanzergebnis des PCF und der zugehörige Bericht sind das zentrale Ergebnis der Anwendung der ISO 14067. Dabei dient der Bericht nicht nur der Darstellung der Bilanz, sondern soll diese auch erläutern und eine Interpretation ermöglichen, so dass die Qualität des PCF besser eingeschätzt werden kann. Darüber hinaus kann der Bericht auch zur Kommunikation des Bilanzergebnisses genutzt werden. Dementsprechend ausführlich sind die Anforderungen an die Berichtserstellung in diesem Standard. Auch nach TfS soll der Bericht eine qualitative Bewertung des PCF ermöglichen. TfS stellt weiterführende Anforderungen an die Weitergabe von Informationen innerhalb der Lieferkette. Während die ISO 14067 Kompensationsmaßnahmen explizit nicht abdeckt, kann nach TfS separat über diese berichtet werden.

Dagegen sieht die ISO 20915 eine quantitative Darstellung des PCF vor, die über vorbereitete Formblätter erbracht werden kann. So können die in der Bilanz verwendeten Daten transparent nachverfolgt werden und ein quantitativer Vergleich von Stahlprodukten gezogen werden. Der Schwerpunkt des Berichts zu CFB-EV liegt auf der technischen Dokumentation, in der neben den Daten auch die Vorgehensweise beschrieben ist. Diese Dokumentation soll in der Verifizierung genutzt werden.

Das Catena-X Rulebook stellt Anforderungen an den Datenaustausch und regelt die Nutzung der Bilanzergebnisse innerhalb eines Netzwerkes. Ein separater Bericht ist daher nicht erforderlich. Catena-X schließt eine Kommunikation von Klimaneutralität basierend auf Kompensationsmaßnahmen aus.

## 5.9 Vergleichbarkeit der Bilanzergebnisse verschiedener Produkte

Die transparente Darstellung der THG-Emissionen von Produktion dient mittlerweile als Kriterium zur Beurteilung oder Auswahl von Produkten. Die Wahl eines Produktes mit geringerem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bietet sich an, da sich ein niedriger Wert auch innerhalb der weiteren Lieferkette niederschlägt. Ein solcher Vergleich ist jedoch nicht per se von den Standards vorgesehen. Zudem sind in den Bilanzierungsmethoden oft Wahlmöglichkeiten



enthalten, die große Unterschiede in den Ergebnissen bewirken können. Direkte Vergleiche unterschiedlicher PCF sind nur in dem Fall möglich, wenn die Bilanzierungsschritte genau übereinstimmen.

Die **ISO 14067** ermöglicht nicht automatisch den Vergleich verschiedener Produkte. Die Anforderungen, die für eine Vergleichbarkeit von PCFs erfüllt sein müssen, werden in einem separaten Anhang zur Norm geregelt. Sollen Produkte verglichen werden, müssen die PCFs nach identischen Anforderungen an die Quantifizierung erfolgen. So müssen die Bilanzen den vollständigen Lebensweg umfassen oder, wenn es sich um partielle PCFs handelt, müssen die betrachteten Prozesse der Produktsysteme identisch sein. Der Norm nach trägt die Anwendung von gleichen PCF-PKR bereits zu einer erhöhten Vergleichbarkeit bei. Dies wäre jedoch genauer zu untersuchen, da die Erstellung von PKRs nicht immer nach einheitlichen Methoden erfolgt. (ISO 14067:2018, S. 75)

Im Gegensatz dazu ist die Erhöhung der Vergleichbarkeit verschiedener PCFs ein zentrales Ziel von Catena-X und Tfs. (Tfs, 2022, S. 9).

Die Anforderungen an die Vergleichbarkeit zu erhöhen, zieht sich durch das gesamte **Catena-X**-Regelwerk. Durch konkrete Regelungen und Anwendungsempfehlungen und zunehmende Standardisierung soll der Interpretationsspielraum in der Bilanzierung verringert und die Konsistenz der Bilanzen erhöht werden. So können Produkte innerhalb der Lieferkette, insbesondere von Zwischenprodukten für die Automobilfertigung, vergleichbarer gemacht werden. Da Unternehmen der Automobilindustrie sehr unterschiedlich aufgestellt sind, sieht Catena-X eine Übergangszeit vor, so dass die Umsetzung komplexer Regelungen nach und nach eingeführt werden kann (Catena-X, 2023, S. 9).

Darüber hinaus sollen Bilanzen durch die zunehmende Nutzung von immer genaueren Primärdaten die THG-Emissionen spezifischer widerspiegeln. Werden Sekundärdaten genutzt, sollen diese immer konservativ ausgewählt werden, um zu verhindern, dass die Emissionen aus Sekundärdaten geringer ausfallen als die aus Primärdaten. Diese Regelung soll zu einer Steigerung der Nutzung von Primärdaten führen. Innerhalb der Lieferkette sollen Informationen zu genutzten Standards und Bilanzierungsmethoden geteilt werden (Catena-X, 2023, S.27f). Auf Grund der weitreichenden und verzweigten Lieferbeziehungen in der Automobilindustrie ist es dazu notwendig, dass sektorspezifisch einheitliche Bilanzierungsregeln genutzt werden können. Aus diesem Grund besteht ein enger Austausch zu anderen Initiativen wie bspw. Tfs (Catena-X, 2023, S. 8).

**Tfs** strebt ein konsistentes Berichtswesen zu den produktinhärenten THG-Emissionen an. Insbesondere die Weitergabe verlässlicher und hochwertiger Daten ist hier von Bedeutung. Dazu sollen die Bilanzierungsmethoden konsolidiert werden. Tfs sieht Vergleichbarkeit als fortlaufenden Verbesserungsprozess an, der sich mit besserer Datenqualität erhöhen wird. (Tfs, 2022)

**ISO 20915** und **CFB-EV** machen keine Aussagen zur Vergleichbarkeit von PCFs.

#### Fazit Vergleichbarkeit der Bilanzergebnisse verschiedener Produkte

Die ISO 14067 hebt hervor, dass PCFs nur unter bestimmten Voraussetzungen dem Vergleich verschiedener Produkte dienen, nämlich wenn die identischen Bilanzierungsmethoden angewendet werden. Catena-X und Tfs dagegen streben die Vergleichbarkeit von PCFs an und stellen Regeln auf, die diese fördern sollen.

## 5.10 Verifizierung / Zertifizierung

Die Verifizierung beinhaltet die Überprüfung der PCF-Bilanzierung durch eine Person, die nicht an der Erstellung der Bilanzierung beteiligt war. Die Verifizierung kann je nach Anforderung unternehmensintern oder durch einen externen Gutachter oder eine Gutachterin durchgeführt werden. Aufgabe ist es zu überprüfen, ob die Bilanz entsprechend der jeweiligen Vorgaben der Bilanzierungsmethode durchgeführt wurde.

**ISO 14067** verweist zur Verifizierung der THG-Bilanz auf drei weitere ISO-Standards aus der 14060er Normenreihe:

- ▶ der dritte Teil der ISO 14064, die Norm zur THG-Bilanzierung von Organisationen enthält eine Anleitung zur Validierung und Verifizierung von THG-Bilanzen, 14064-3. In dieser Norm werden die Anforderungen an die Prüfung von THG-Bilanzen festgelegt und der Prozess der Verifizierung beschrieben.
- ▶ die ISO 14065 legt fest, welche Anforderungen verifizierende Stellen erfüllen müssen
- ▶ die ISO 14066 enthält Anforderungen an die Qualifikation und Zusammenstellung von Verifizierungsteams.

Zusätzlich zur THG-Bilanz sieht ISO 14067 vor, dass Primärdaten, die keine standortbezogenen Daten sind verifiziert werden. (ISO14067:2018, S.10)

Die **ISO 20915** stellt keine spezifischen Anforderungen an die Verifizierung von THG-Emissionen.

Der **CFB-EV** sieht vor, dass eine Verifizierung der EU-Empfehlungen 2021/2279 entspricht. Zudem werden Anforderungen an die Anmeldung einer Verifizierung und der einzureichenden Dokumente gestellt. Innerhalb der Verifizierung soll der Bericht zur Bilanz eingereicht und insbesondere folgende Punkte überprüft werden:

- ▶ Die Konsistenz, Verlässlichkeit und Nachverfolgbarkeit der Berechnungsdaten
- ▶ Die Berechnung selbst,
- ▶ die Berechnungsmethode,
- ▶ Die Übereinstimmung der Bilanz, Darstellung im Bericht und Abgleich mit der Situation vor Ort. Dazu kann sogar ein Vor-Ort-Besuch durchgeführt werden.
- ▶ Die verwendeten Quellen für Sekundärdaten
- ▶ Die unternehmensspezifischen Daten
- ▶ Die Bilanzierung von Strom
- ▶ Umrechnungsfaktoren und Schätzwerte

Zudem sollen in der Verifizierung Unsicherheiten identifiziert werden, die größer sind als erwartet und deren Einfluss auf den PCF bewertet werden.

**Catena-X** enthält keine separaten Anforderungen an eine Verifizierung der gesamten Bilanz. Allerdings sollen enthaltene Bilanzierungsschritte verifiziert werden. Dazu zählen:

- ▶ Datenqualität

- ▶ die Massenbilanz entlang der Lieferkette
- ▶ Energy Attribute Certificates (EAC) die als Belege für den marktbasieren Ansatz zur Bilanzierung eingekaufter Energie genutzt werden
- ▶ Stromeigenerzeugung

Es werden keine Anforderungen an die Durchführung der Verifizierung gestellt.

In der **TfS Guideline** sind unterschiedliche Stufen der Verifizierung enthalten, da neben der Gesamtbilanz auch einzelnen Bilanzierungsschritte überprüft werden sollen. So soll z.B. sichergestellt werden, dass die ausgewählten unternehmensinternen Daten genau und konsistent sind, die Abschneidekriterien richtig angewendet wurden und die Datenqualität den Anforderungen entspricht. (TfS, 2022, S. 81ff)

Die Verifizierung der Gesamtbilanz kann durch einen internen LCA Experten oder von einem unabhängigen Gutachtenden durchgeführt werden. Die Verifizierung soll systematisch durchgeführt werden und insbesondere folgende vier Punkte enthalten:

- ▶ Ziel und Anwendungsbereich und die zugehörigen Aspekte
- ▶ Die Berechnungsregeln
- ▶ Die Systemgrenzen und die Abschneidekriterien
- ▶ Die Datenqualität

TfS ermöglicht neben der Verifizierung auf Produktebene auch einen systematischen Ansatz, bei dem das methodische Vorgehen des Unternehmens zur PCF Erstellung überprüft wird. Dies bietet eine Erleichterung für Unternehmen, die zahlreiche PCFs erstellt. Die Verifizierung soll Teil des PCF-Berichtes sein. (TfS, 2022, S. 84)

#### **Fazit: Verifizierung und Zertifizierung**

Die Verifizierung ist in den Bilanzierungsmethoden sehr unterschiedlich geregelt und abhängig von der Zielsetzung, dem Anwendungsbereich und von der jeweiligen Branche, in der die Methode angewandt wird. Es ist in der Regel freigestellt, ob die Verifizierung intern oder durch einen externen Experten durchgeführt werden soll.

Das Ergebnis der ISO 14067 ist eine klassische Produktbilanz mit einem dazugehörigen Bericht. Entsprechend richten sich die ausführlichen Anforderungen an eine Verifizierung der Gesamtbilanz. Zudem verweist die ISO zur detaillierten Anwendung auf die Nutzung der 14060er ISO-Standardreihe. CFB-EV als von der EU entwickelte Leitlinie verweist auch zur Verifizierung auf eine EU-Empfehlung und spezifiziert zudem einzelne Elemente, die in der Verifizierung enthalten sein sollen. Das Datennetzwerk Catena-X fordert dagegen keine Verifizierung der Gesamtbilanz, sondern einzelner Bilanzierungsschritte.

TfS sieht sowohl die Überprüfung einzelner Bilanzierungsschritte als auch der Gesamtbilanz vor. Zudem kann das Unternehmen wählen, ob auf Produkt- oder Systemebene verifiziert werden soll. Dies ist eine Erleichterung für Unternehmen, die eine große Anzahl von Produkten herstellen, wie es in der Chemieindustrie der Fall ist.

Die ISO 20915 stellt dagegen keine Anforderungen an die Verifizierung.

## 6 Vertiefende Analyse ausgewählter methodischer Aspekte

Basierend auf der vorangegangenen Analyse wurden gemeinsam mit der AhG Dekarbonisierung methodische Aspekte zur vertieften Analyse und Diskussion von Lösungsräumen sowie Handlungsempfehlungen ausgewählt. Zu diesen zählen die Energiebilanzierung sowie die Themen Allokation und Recycling als spezielles Allokationsproblem. Außerdem wurde der Aspekt der Attribution in der Chain of Custody als bisher kontrovers diskutierter Bilanzierungsaspekt im Rahmen der Allokationsthematik identifiziert. Das Thema der Attribution wird nach der weiteren Analyse jedoch nicht als klassisches Allokationsproblem eingestuft und im Folgenden als alleinstehender Aspekt behandelt.

Die Ergebnisse der vertiefenden Analyse der Themen Allokation, Recycling und Attribution in der Chain of Custody und Energie wurden zunächst in drei Kurzpapieren veröffentlicht (Kemper, Mundt & Sünkel, 2024), um den Entstehungsprozess der Handlungsempfehlungen der AhG „Dekarbonisierung der Automobilen Wertschöpfungsketten“ aus der Begleitforschung heraus zu unterstützen. Die Kurzpapiere enthalten bereits erste Handlungsempfehlungen zur Harmonisierung von Methoden in der Automobilindustrie. Diese basieren auf den Prämissen der AhG bzgl. der Zielstellung eines PCF und folgen damit dem Grundsatz, die PCF-Erstellung einem Carbon Accounting Ansatz anzunähern. Das bedeutet, der Fokus soll auf der primärdatenbasierten Cradle-to-Gate Erfassung von THG-Emissionen liegen.

Die folgende vertiefte Analyse der ausgewählten methodischen Aspekte basiert auf diesen Kurzpapieren. Diese sind ergänzt um die fachliche Expertise aus den themenspezifischen Expert\*innen-Workshops, die im Rahmen des Projektes zu den Kurzpapieren durchgeführt wurden. Die Teilnehmer\*innen der Workshops waren Expert\*innen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Ihnen wurden die Kurzpapiere vorgestellt und die Inhalte dieser anschließend diskutiert. Die daraus resultierenden Impulse und Erkenntnisse sind in die Ausführungen in den Unterkapiteln 6.1 – 6.4 eingeflossen.

### 6.1 Allokation in multifunktionalen Systemen

Sowohl aus der Literaturrecherche als auch aus den Beiträgen im Expert\*innen-Workshop „Allokation“ geht hervor, dass es mittlerweile notwendig ist, die Allokationshierarchie, auf die sich die meisten Bilanzierungsstandards beziehen, im historischen Kontext ihrer Entwicklung zu betrachten: Unter anderem durch die zunehmenden Bemühungen Kreislaufwirtschaft umzusetzen werden Abfälle in werthaltige Produkte umgewandelt, die wiederum die Chance bergen in anderen Prozessen signifikant THG zu reduzieren<sup>36</sup>. Durch das zunehmende Recycling von Abfallstoffen und die Entwicklung neuer Produktionsprozesse, in denen bisherige Abfallstoffe gezielt Nebenprodukte werden ist es erforderlich, die Multifunktionalität von Prozessen neu zu bewerten. Während bisher vor allem ein Nebenprodukt betrachtet wurde, nehmen nun auch multifunktionale Prozesse mit mehreren Nebenprodukten zu, bei denen auch die Relationen der einzelnen Produktionsprodukte zueinander relevant werden.<sup>37</sup> Da jede Form

---

<sup>36</sup> Beispiel (Fernandez et al., 2024): Schlacke, das wichtigste Nebenprodukt der Stahlerzeugung, kann zur Herstellung von Zement verwendet werden und hier CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 50 % reduzieren (UKCSMA 2023). Schlacke wird ebenfalls für den Straßenbau und als Düngemittel verwendet. Weitere Nebenprodukte der Stahlproduktion sind Staub und Schlämme, die reich an Eisen und anderen Metallen sind und in den Prozess zurückgeführt werden können (ArcelorMittal, 2022).

<sup>37</sup> Fernandez et al. 2024 beschreibt dies am Beispiel der Stahlproduktion im Hisarna-Prozess, bei dem Neben dem heißen Stahl hochkonzentrierter Zinkstaub und Schlacke entsteht. Beide Nebenprodukte können weiterverwendet werden. Verschiedene Allokationsmethoden führen zu sehr unterschiedlicher Verteilung der Emissionen auf Haupt- und Nebenprodukte und können zu einer Reduktion der Emissionen des Hauptprodukts von über 30 % führen (Fernandez et al. (2024, S. 875)).

der Allokation das Ergebnis eines PCF direkt beeinflusst und unterschiedliche Methoden zu stark abweichenden Ergebnissen führen können, wurde in der ISO 14044 der Schwerpunkt auf die Vermeidung von Allokation gelegt. Dies wurde auch bei den Revisionen der ISO 14044 in 2006 und 2018 nicht angepasst.

Für die Fälle, in denen Allokation nicht vermieden werden kann, bietet die Allokationshierarchie der ISO 14044 Anhaltspunkte für die Anwendung. Da es bisher aber keine einheitlichen Vorgaben zur Umsetzung gibt, und für jede Bilanz entschieden werden kann, welche Methode passend ist, hat jede Allokation noch immer etwas willkürliches und kann durch die jeweilige Zielsetzung des Bilanzierenden beeinflusst werden. So kann eine bestimmte Allokationsmethode eingesetzt werden, um den Nebenprodukten mehr Emissionen mitzugeben und die Emissionen des Hauptprodukts zu verringern. (Fernandez et al., 2024, S. 876). Die Allokationshierarchie gibt einen Ablauf für die Auswahl der Allokationsmethoden vor, was mit einer Bewertung einhergeht, so dass die ökonomische Allokation als letztgenannte den geringsten Stellenwert hat. Diese standardisierte Abfolge der Methodenauswahl ist jedoch für zahlreiche Anwendungsfälle unterschiedlicher Branchen nicht funktional.

Seit der Diskussion von Allokation Ende der 1990er Jahre haben sich zentrale Kritikpunkte der bisherigen Praxis herauskristallisiert, die in den Expertengesprächen bestätigt wurden

- ▶ **Klare Vorgaben zur Umsetzung und transparente Darstellung der Allokationsmethoden:** Eine eindeutigere Regelung zur Anwendung von Allokationsmethoden fördert die Transparenz des PCF-Ergebnisses. Darüber hinaus ist die Kommunikation der Allokationsmethode für die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Bilanzierung entscheidend. (Feifel, Walk & Wursthorn, S. 49)
- ▶ **Veränderung der Systemgrenzen:** während eine Unterteilung der Systemgrenzen in multifunktionalen Prozessen nicht möglich ist, fehlen für die Anwendung der Systemraumerweiterung prüfbare methodische Kriterien. Dies widerspricht dem Anspruch eines transparenten und allgemeingültigen Verfahrens.
- ▶ **Stellenwert der ökonomischen Allokation:** Die auf ISO basierende Allokationshierarchie, insbesondere die Bevorzugung der physikalischen vor der ökonomischen Allokation, wird als nicht allgemein sachgerecht angesehen.
- ▶ **Sektorspezifische Ausgestaltung und Regeln für Sektorübergänge:** generische Normen passen nicht zu jedem Sektor, weshalb es sektorspezifischer Allokationsregeln bedarf. Zudem müssen die sektorübergreifende Übertragungen methodisch geklärt werden.

Im Folgenden sollen diese Punkte diskutiert sowie im Anschluss mögliche Lösungs- oder zumindest Diskussionsansätze vorgestellt werden.

### **6.1.1 Klare Vorgaben zur Umsetzung und transparente Darstellung der Allokationsmethoden**

Da bei der PCF-Erstellung unterschiedliche Allokationsmethoden gewählt werden können und diese wiederum einen großen Einfluss auf das Ergebnis haben, ist die transparente Darstellung der genutzten Methode notwendig. Solange für die Bilanzierung einzelner Produkte keine festgelegten Bilanzierungsmethoden bestehen, sind für ein umfassendes Verständnis und die Einordnung des PCF-Ergebnisses Erläuterungen zur Allokationsmethode erforderlich. Insbesondere wenn die wirkungsorientierte Substitution genutzt wird und vermiedene Emissionen berücksichtigt werden, müssen Interpretationshilfen bereitgestellt und die

Kommunikation der Randbedingungen der Substitution klar kommuniziert werden (Feifel et al., S. 48).

Bei der Wahl der passenden Allokationsmethode spielen die Ziele des PCF ebenso eine Rolle wie der Entscheidungskontext oder die Anwendbarkeit der einzelnen Methoden. Daher sollte ebenfalls diskutiert werden, ob ein inventarisierender PCF verfolgt wird, der den Status Quo widerspiegelt oder ob sozioökonomische Effekte der Allokation mit betrachtet und damit eine transformative Wirkung angereizt werden soll (dies ist ebenfalls für die Themenfelder Energie und Recycling relevant). Der Umweltnutzen von Allokation sollte berücksichtigt werden. Für einen wirkungsorientierten Ansatz, kann auch die Substitution eine adäquate Methode sein (Schrijvers, 2017). Hierzu kann auf die Diskussion und Erfahrungen aus der Recycling-Allokation zurückgegriffen werden.

Auch im Expert\*innen Workshop „Allokation“ wurde eine Klarheit in den Vorgaben, Methoden und Anwendung von Allokation gefordert, um der derzeitigen subjektiven Umsetzung von Allokation entgegen zu wirken. Notwendig sei vor allem eine klare Definition von Multiproduktprozessen, die zu unvermeidbaren Koppelprodukten führen, im PCF-Kontext.

Bei der Verwendung der Allokationshierarchie bedarf es klarer Informationen, wann zur nächsten Methode gesprungen werden darf. Die ISO 14044 gibt derzeit dazu keine Guidance, wodurch die Wahl der Allokationsmethode Auslegungssache wird und sowohl vom Hersteller als auch vom Käufer getroffen werden kann. Dies kann zu Inkonsistenzen und Glaubwürdigkeitsproblem führen.

### 6.1.2 Veränderung der Systemgrenzen

Treten in einem Prozess unvermeidbare Koppelprodukte auf, sieht die Allokationshierarchie eine Erweiterung des betrachtete Produktsystems um das jeweilige Nebenprodukt vor, wobei alle dem Nebenprodukt zuzuordnenden Prozesse in die Bilanz einbezogen werden sollen („Systemraumerweiterung“). Allerdings ist eine Systemraumerweiterung nicht immer sinnvoll, da der PCF so spezifisch wie möglich sein soll.

Auch im Expert\*innen-Workshop „Allokation“ wurde die Systemraumerweiterung für PCFs als eher ungeeignet angesehen, da die Ergebnisse an Rahmenbedingungen festgemacht werden, die außerhalb des betrachteten Systems liegen. Zudem ist nicht klar definiert, wie eine Systemraumerweiterung vorgenommen werden soll.

Ein besonderer Fall ist die Systemraumerweiterung mit Substitution, die insbesondere bei Koppelprodukten mit marktfähigen Alternativen angewendet wird. Das Koppelprodukt ersetzt also direkt Alternativen, die ansonsten auf dem Markt vorhanden wären. Die so vermiedenen Emissionen können in die Bilanz integriert werden. Substitution ermöglicht es Umweltauswirkungen unterschiedlicher Systeme zu erfassen und bilanzielle Vorteile einzelner Produkte zu quantifizieren.

Allerdings muss entschieden werden, welcher Folgeprozess für die Betrachtung herangezogen wird. Daraus ergibt sich eine Wahlmöglichkeit, die wieder einen willkürlichen Charakter haben kann. (Fernandez et al., 2024, S. 877)

Folgende Beispiele verdeutlichen Anwendungsfälle in der Automobilindustrie, bei denen Nebenprodukte direkt in anderen Prozessen genutzt werden, um primäre Rohstoffe oder Produkte zu ersetzen.:

- ▶ **Einsatz von Nebenprodukten zur Energieerzeugung:** Bei der Stahlherstellung entstehende Nebenprodukte wie Koks und Gichtgas werden zur Energieerzeugung verwendet und ersetzen konventionelle Energiequellen.

- ▶ **Ersatz von konventionellen Materialien durch Leichtbaumaterialien:** Kohlefaserverstärkte Kunststoffe (CFK) werden anstelle von herkömmlichem Stahl in der Karosserieproduktion verwendet.
- ▶ **Einsatz von Biokunststoffen anstelle von konventionellen Kunststoffen:** Biokunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wie Maisstärke werden anstelle von konventionellen erdölbasierten Kunststoffen verwendet.

Bei der Systemraumerweiterung mit Substitution handelt es sich um eine wirkungsorientierte Betrachtungsweise (consequential life cycle assessment), mit der Technologieänderungen angereizt werden können (TfS, 2022, S. 63). Allerdings wird damit ein Perspektivwechsel vorgenommen und der PCF stellt nicht mehr eine Beschreibung des Status Quo (Inventarisierung oder engl. attributional approach) dar, sondern nimmt vielmehr eine wirkungsorientierte Sichtweise (engl. consequential approach) ein. Bisher bestehen keine klaren Vorgaben zur Anwendung von Substitution.

### 6.1.3 Physikalische vs. ökonomische Allokation

Werden die Systemgrenzen nicht verändert, kann eine Allokation auf Basis der Zusammenhänge der Materialien zueinander, z.B. entsprechend der physikalischen oder ökonomischen Beziehungen vorgenommen werden.

Zahlreiche Standards bevorzugen eine physikalische Allokation nach Gewicht, Masse oder Volumen. Die ökonomische Allokation, bei der Emissionen auf Basis von Marktpreis, Produktwert oder erwartetem Gewinn zugeordnet werden, wird als weniger aussagekräftig angesehen. Begründet wird dies damit, dass Emissionen über eine externe, variable Größe zugeordnet und damit dem Einfluss von Preisschwankungen oder sich ändernden Währungskursen unterstellt werden. Darüber hinaus ist die Festlegung des Marktwertes für einige Nebenprodukte komplex, da keine transparenten Marktpreise vorliegen oder diese regional sehr unterschiedlich sind. Sobald ein ökonomisch allokiertes Nebenprodukt, auf Grund seiner emissionsmindernden Wirkung an Wert gewinnt, kann diese Allokationsmethode zu einer deutlichen Verschiebung im PCF führen.

Der Kritik an der ökonomischen Allokation wird entgegnet, dass Produktpreise den Produktnutzen und deren Funktionalität widerspiegeln. Eine Allokation nach Marktpreisen oder anteiligen Erträgen trage demnach zur Nutzenmaximierung bei, weshalb die ökonomische Allokation aus dieser Perspektive die bevorzugte Variante wäre (Feifel et al., S. 48).

Der auf die Preisschwankungen bezogenen Kritik wird erwidert, dass sich zum einen die relativen Preise deutlich weniger ändern als dies in absoluten Zahlen scheint, zum anderen können schwankende Preise als Zeichen sich ändernder Wertschätzung gesehen werden. Ein Aspekt, der in die Betrachtung einbezogen werden sollte (Feifel et al., S. 48). Den volatilen Wirkungen von Preisschwankungen kann zudem durch die Verwendung von Durchschnitts- oder Referenzwerten begegnet werden (Industrial Deep Decarbonisation Initiative, 2023, S. 13). Bei der Kritik an der ökonomischen Allokation sollte zudem berücksichtigt werden, dass die Zuordnung auf Basis von Marktwerten bereits bei der Definition der Systemgrenzen angewendet wird: wertlose Co-Produkte werden als Abfall definiert und ihnen werden keine Umweltauswirkungen zugeordnet. Haben Co-Produkte jedoch einen Marktwert, werden ihnen auch Umweltauswirkungen zugeordnet (Industrial Deep Decarbonisation Initiative, 2023, S. 13).

Auch im Expert\*innen Workshop „Allokation“ wurde die ökonomische Allokation als sinnvolle Methode betrachtet. Die sinnvolle Beziehung ergibt sich, da der monetäre Wert eines Produktes durch den Nutzen bestimmt wird, den dieses bietet. Wenn sich physikalische Eigenschaft und wirtschaftlicher Nutzen eines Produktes stark unterscheiden, bietet diese Methode sogar

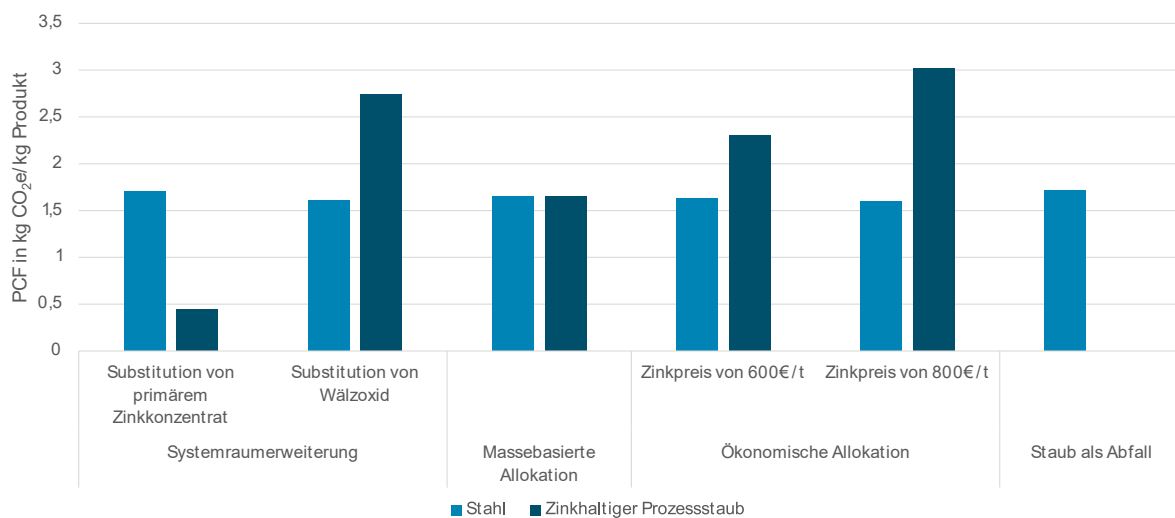
deutliche Vorteile. Insofern sollte die ökonomische Allokation mindestens gleichwertig mit der physikalischen Allokation betrachtet werden. Als praktische Entscheidungshilfe für die sinnvolle Anwendung der ökonomischen Allokation wurde die Faktor 5-Regel der Ökobilanzierung genannt. Dieser Regel nach sollte die ökonomische Allokation angewendet werden, wenn der Wertunterschied zwischen dem Haupt- und dem Nebenprodukt mehr als den Faktor 5 beträgt.

Der Unterschied, der bei der Anwendung der physikalischen und der ökonomischen Allokation entsteht, wird am Beispiel der Stahlproduktion erläutert:

Bei der Stahlherstellung entstehen neben dem Hauptprodukt Stahl Nebenprodukte wie Schlacke, Koks, zinkhaltiger Prozessstaub und Gichtgas. Diese Nebenprodukte haben unterschiedliche Marktwerte und Verwendungen, z.B. in der Zement- oder Zinkindustrie. So kann die Hochofenschlacke als Baumaterial im Straßenbau verwendet, das Gichtgas zur Energieerzeugung genutzt und der zinkhaltige Prozessstaub in der Zinkindustrie verwendet werden. Durch die Anwendung verschiedener Allokationsmethoden werden dem zinkhaltigen Prozessstaub ganz unterschiedliche Emissionen mitgegeben.

Abbildung 14 zeigt beispielhaft die Darstellung der Unterschiede bei Anwendung der Systemraumerweiterung mit Substitution, physikalischer und ökonomischer Allokation beruhend auf Fernandez et al. 2024. Die Wahl der Allokation führt zu einer Veränderung des PCFs von Stahl zwischen 1,60 und 1,72 kg CO<sub>2</sub>e/kg Produkt und einer Veränderung des PCFs von zinkhaltigem Prozessstaub zwischen 0 und 3,02 kg CO<sub>2</sub>e/kg Produkt. Für das Hauptprodukt Stahl ergibt sich so eine Veränderung um 7% bei der Betrachtung eines Koppelproduktes. (Fernandez et al., 2024, S. 873)

**Abbildung 14: Unterschiedliche Allokationsmethoden im Vergleich**



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

Hochfeld und Jenseits fordern bereits 1989, dass in den Fällen, in denen unterschiedliche Allokationsmethoden angewendet werden können, eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt wird. Diese soll die Wirkung der Methodenwahl auf das Bilanzierungsergebnis verdeutlichen (Hochfeld & Jenseit, 1989, S. 2). Im Zusammenhang mit der Sensitivitätsanalyse kann dann die jeweilige Wahl der Allokationsmethode begründet werden. Eine solche Transparenz fördert die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Produkte. Für Unternehmen scheint es allerdings wenig praktikabel, für jeden Prozess eine umfangreiche, wissenschaftliche Sensitivitätsanalyse durchzuführen. Insofern wurde auch im Expert\*innen Workshop „Allokation“ angemerkt, dass



es Handreichungen zur Begründung der angewendeten Allokationsmethode geben sollte und Regeln verdeutlichen, wann eine Sensitivitätsanalyse zwingend durchgeführt werden soll.

Wenn die ökonomische Allokation gleichgestellt wird mit der physikalischen, besteht jedoch weiterhin Klärungsbedarf. Das wurde von den Fachexperten bestätigt. Insbesondere sollte definiert werden, welche Größe als entscheidende ökonomische Variable angesehen werden soll, wie ein Marktpreis definiert und festgelegt wird und welche einheitlichen Regeln einen sicheren Umgang mit der Volatilität monetärer Systeme ermöglichen können. Zudem ist eine einheitliche Anwendung über Sektorgrenzen hinweg sehr wichtig, damit alle sich auf denselben Wert beziehen.

#### **6.1.4 Sektorspezifische Ausgestaltung und Regeln für Sektorübergänge**

Im Expert\*innen Workshop wurde insbesondere deutlich, dass eine generische Herangehensweise für die Vielfalt der Einzelfälle nicht praktikabel ist. Vielmehr sollten sektorspezifische Regelungen für die Allokation herausdefiniert werden.

Werden in den einzelnen Industriezweigen unterschiedliche Allokationsmethoden für ein Produkt verwendet, kann dies zu starken Abweichungen in den PCFs führen oder sogar dazu, dass Emissionen gar nicht bilanziert werden. Daher sind harmonisierte Regeln insbesondere dann relevant, wenn Nebenprodukte über Systemgrenzen hinweg sektorübergreifend verwendet und bilanziert werden. Hierzu ist eine industrieübergreifende Diskussion notwendig, in der einheitliche Allokationsmethoden formuliert werden. Im besten Fall werden Allokationsregeln prozessspezifisch von den beteiligten Parteien, Produzenten, Käufern und Weiterverarbeitern definiert (Fernandez et al., 2024, S. 886). Allerdings ist dies ein sehr aufwendiger Prozess, in dem unterschiedliche Interessen berücksichtigt werden müssen und der eine langfristige Steuerung benötigt. Hier können regulative Vorgaben unterstützen und den Prozess vorantreiben.

Um Konsistenz zu erzeugen, sollten dabei ähnliche Systeme ähnlich behandelt werden. So wäre es denkbar Allokationsmethoden, wie physikalische oder ökonomische Allokation oder Systemraumerweiterung für einzelne Produkte zu bestimmen. Diese Definition einer jeweils passende Allokationsmethode würde Klarheit in der Anwendung schaffen und das Bilanzierungsergebnis nachvollziehbarer machen.

Da es sich bei vielen multifunktionalen Prozessen um die Weiterverwendung von vormals als Abfall angesehenen Produkten handelt, kann die Harmonisierung von Allokationsmethoden nicht losgelöst von Allokationsmethoden für Recycling betrachtet werden. Vielmehr müssen diese aufeinander abgestimmt werden.

Das Regelwerk von Catena-X wird bereits in diese Richtung gestaltet, indem anerkannt wird, dass Allokationsverfahren außerhalb der Allokationshierarchie der ISO 14044 zu Technologieänderungen, Emissionsreduktionen oder Materialeffizienz beitragen können. Um diese transformativen Prozesse zu unterstützen, sollen Allokationsansätze für spezifische Materialien und Regionen formuliert werden. Bereits bestehende Spezifizierungen, z.B. in Produktkategorieeregeln sollten dabei berücksichtigt werden. (Catena-X Automotive Network e.V. 2023)

## **6.2 Recycling**

Auf Grund der bereits lang andauernden wissenschaftlichen Diskussion um Vor- und Nachteile der in Kapitel 5.4.1.1 vorgestellten Allokationsmethoden für Recycling kann grundsätzlich festgestellt werden, dass es keine naturwissenschaftlich „richtige“ Methode gibt. Die Wahl ist

vielmehr abhängig von den jeweiligen (politischen) Randbedingungen des LCA (Allacker, Mathieux, Pennington & Pant, 2017; Frischknecht, 2010). Einige Kriterien, die in der wissenschaftlichen Debatte relevant sind, werden nachfolgend kurz aufgegriffen.

Ekvall et al. (2020) bewerten zwölf Varianten der oben vorgestellten Konzepte anhand von zehn Kriterien. Das Ergebnis soll schwedischen Wirtschaftsakteuren als Diskussionsgrundlage dienen, daher wird keine abschließende Empfehlung ausgesprochen. Die Autor\*innen stellen lediglich fest, dass die Anforderungen an die Methode stark abhängig von der jeweiligen Anwendung (Policy, externe Kommunikation, interne Auswertung) sind.

Frischknecht (2010) diskutiert die Ansätze im kulturellen Kontext. Der Cut-off-Approach entspreche dem Konzept der starken Nachhaltigkeit, demnach natürliches nicht durch menschengemachtes Kapital ersetzt werden kann, und impliziere eine geringe Risikoaffinität. Im Kontrast dazu sei der Avoided-Burden-Approach einem schwachen Nachhaltigkeitsverständnis und einer hohen Risikobereitschaft zuzuordnen, da über die Gutschrift von künftigen Generationen ein Kredit für Umweltbelastungen aufgenommen wird, die den zunächst hypothetischen Recyclingprozess umsetzen müssen, um tatsächlich THG-Emissionen einzusparen.

Die Wahl der Methode ist ebenso abhängig von der Zielsetzung des LCA. Zwei grundsätzliche Zielsetzungen werden hier unterschieden: Der Attributional LCA-Ansatz ordnet die gegenwärtigen globalen Umweltauswirkungen dem jeweiligen Produkt zu, der Consequential LCA-Ansatz bewertet die künftige Änderung der Umweltauswirkungen durch Herstellung und Nutzung des Produkts (Ekvall, 2020). Der Cut-off-Approach ist dem Attributional LCA-Ansatz zuzuordnen, während die Avoided-Burden-Approach i.d.R. der Consequential LCA entspricht (Schrijvers, 2017).

Das GHG Protocol listet folgende Entscheidungskriterien: Wenn die Nutzungsdauer des Produkts kurz und bekannt ist, kann der Avoided-Burden-Approach angewendet werden. Gleiches gilt, wenn die Nachfrage nach Sekundärmaterial das Angebot übersteigt oder am Markt eine Unterscheidung zwischen Primär- und Sekundärmaterial nicht möglich ist. Für das jeweilige Gegenteil wird der Cut-off-Approach empfohlen, ebenso, sofern das Unternehmen uneingeschränkte Kontrolle über den Recycled Content im Produkt hat. (WBCSD & WRI, 2011b, S. 74)

Für die Entwicklung der CFF wurden folgende Anforderungen formuliert: Die Methode soll die Vergleichbarkeit von Produkten unterstützen, sowohl Recycled Content als auch Recyclability berücksichtigen, hohe Akzeptanz ermöglichen, universell auf Produkte anwendbar und physisch korrekt sein (Allacker et al., 2017). Finkbeiner, Bach und Lehrmann (2019) kritisieren, dass die CFF für vergleichende Aussagen nicht geeignet ist, insbesondere aufgrund der unzureichend abgebildeten Qualitätsverluste zwischen Primär- und Sekundärmaterial (engl. downcycling). Durch die sukzessive Implementierung des PCF als regulatorisches Instrument<sup>38</sup> erhöht sich der Entscheidungsdruck. Die Diskussion verlagert sich dadurch von der Wissenschaft in Politik und Wirtschaft. In den für die Automobilwirtschaft relevanten Branchen werden die nachfolgend dargestellten Ansätze diskutiert.

Die AhG zielt mit den vorliegenden Handlungsempfehlungen auf eine verstärkt primärdatenbasierte Erfassung von THG-Emissionen in der automobilen Wertschöpfungskette ab.

Unternehmen sollen ausschließlich ihre Gate-to-gate-Emissionen (Scope 1 & 2) in die PCF-Berechnung einbringen. Diese Zielsetzung entspricht einem Attributional LCA-Ansatz. Die Lebensdauer eines Automobils umfasst i.d.R. mehr als zehn Jahre, konkrete Annahmen zu Recyclability und Downcycling wären daher mit starken Unsicherheiten behaftet. Mit Blick auf

---

<sup>38</sup> Siehe Bericht der Begleitforschung von Prognos und Fraunhofer IAO als gesonderter Anhang zu den Handlungsempfehlungen der AhG.

die im Abschnitt „Vergleich der Methoden“ aufgeführten Kriterien ist die **Empfehlung des Cut-Off-Approach** durch die AhG eine logische Konsequenz. Das Pathfinder Framework kommt unter vergleichbaren Prämissen zum selben Schluss (WBCSD, 2023).

Wie in den Handlungsempfehlungen angedeutet wird, hat diese Entscheidung **Nebeneffekte**. Wesentlicher Knackpunkt ist, dass der Cut-off-Approach konkret den Einsatz von Sekundärmaterial incentiviert. Weitere Faktoren einer Kreislaufwirtschaft, die etwa auf die Recyclingfähigkeit von Produkten einzahlen, finden keine Berücksichtigung im PCF. Es ist zu diskutieren, inwiefern diese fehlenden Impulse für die automobilen Wertschöpfungsketten stattdessen anderweitig gesetzt werden. Als Teil des **EU Circular Economy Action Plan** liegt derzeit im Entwurf eine Verordnung (nachfolgend ELV Regulation) zur Stärkung der automobilen Kreislaufwirtschaft vor, mit der die gültige Altfahrzeugrichtlinie (2000/53/EG) sowie die 3R-Typgenehmigungsrichtlinie (2005/64/EG)<sup>39</sup> abgelöst werden sollen. Für Kunststoffe soll demnach bis 2031 in Neufahrzeugen ein Recycled Content von 25 % umgesetzt werden, ein Viertel davon wiederum aus Altfahrzeugen stammend. Für andere Rohstoffe, vorerst Stahl, sollen entsprechende Vorgaben erarbeitet werden. Bereits in 2000/53/EG wird für die Wiederverwendbarkeit oder Recyclingfähigkeit ein Zielwert von 85 % der Masse gesetzt. Für die Berechnung dieser Werte wird auf ISO 22628:2002-02 verwiesen. Die neue Verordnung sieht zur Unterstützung der Berechnung und Überprüfung der gleichbleibenden Vorgaben die Entwicklung einer neuen, einheitlichen **Berechnungsmethode** vor. Die Verordnung wird voraussichtlich im Herbst 2024 im Europaparlament und Europarat weitergehend diskutiert.

Komplementär dazu enthält auch die EU-Batterieverordnung neben dem PCF gesonderte Schwellenwerte für den Recycled Content und die Recyclingrate. Für die Bilanzierung von Recyclingprozessen sieht die Verordnung die Anwendung der Circular Footprint Formula vor, vgl. Abschnitt 5.4.1.2. Auch Taxonomie und CSRD in der EU adressieren Aspekte der Kreislaufwirtschaft.

Für die Wahl der PCF-Methodik sind Ziel und Anwendungsbereich der Studie wesentliche Randbedingungen, vgl. Abschnitt 5.1. Die AhG legt den Handlungsempfehlungen das Prinzip des primärdatenbasierten Carbon Accounting zugrunde. Im vorliegenden Entwurf der PCF-Methodik im Rahmen der EU-Batterieverordnung ist das Ziel der Bilanzierung nicht explizit benannt (EC, 2024a). Die Verordnung selbst verfolgt jedoch das Ziel, zirkuläres Wirtschaften in der Automobilindustrie zu incentivieren. In der Methodik wird zur Bilanzierung von Recyclingprozessen auf die CFF, vgl. Abschnitt 5.4.1.2, verwiesen.

Im **Expert\*innen-Workshop** „Recycling“ wurde der Cut-off-Approach als „pragmatischer Ansatz“ bewertet. Die Methode eigne sich gut zur Bewertung auf Produktebene, habe jedoch Schwächen auf Systemebene. Auch die Modellierung von chemischem Kunststoff-Recycling wird als ungenügend angesehen. Gleichzeitig wird die Notwendigkeit ergänzender Indikatoren gesehen, um eine Circular Economy zu erreichen. Erste Konzepte für sogenannte Circular Transition Indicators liegen bereits vor (WBCSD, 2021).

Gleichzeitig wurde prognostiziert, dass die EU künftig stärkeren Einfluss auf die Methodenkonventionen zur Berechnung von PCFs ausüben werde. Exemplarisch wurde in diesem Kontext angeführt, dass die Taxonomie-Verordnung für die Berechnung des PCF die PEF-Methodik mit der ISO 14067 auf eine Stufe stellt. Die Zielsetzung der Methoden auf regulatorischer Ebene sei zu diskutieren und mit denen der Wirtschaft zu harmonisieren. Insbesondere die Anwendung der CFF wird in dieser Hinsicht kritisch bewertet.

<sup>39</sup> RICHTLINIE 2005/64/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 26. Oktober 2005 über die Typgenehmigung für Kraftfahrzeuge hinsichtlich ihrer Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates.

*Das Zusammenspiel der PCF-Berechnung nach Cut-Off-Approach in den automobilen Lieferketten und der genannten Regulatorik im Sinne der Förderung von Kreislaufwirtschaft sollte tiefergehend diskutiert werden.*

Der starke Anreiz des Cut-off-Approach in Bezug auf den Recycled Content erfordert eine einheitliche Regelung in Bezug auf die **Differenzierung von Sekundärmaterial**. Die Entstehung von Pre-Consumer-Material stellt prinzipiell eine Ineffizienz im Produktionsprozess dar. Das jeweilige Material durchläuft Prozessschritte mehrfach, bevor es zu einem Produkt wird. So entstehen pro Produkteinheit (theoretisch) unnötige Emissionen. Die Wiederverwertung des Materials ist aus ökologischen und i.d.R. auch ökonomischen Gründen sinnvoll, da Zusammensetzung oder Reinheitsgrad bereits bekannt sind. Die Wiederverwertung, Aufarbeitung und Rückführung von Post-Consumer-Material in ein neues Produkt erfordern in den meisten Fällen einen deutlich höheren technischen und finanziellen Aufwand als der Einsatz von Pre-Consumer-Material. Eine unterschiedliche Bewertung von Pre-Consumer-Material, abhängig davon, ob es von einem oder mehreren Akteuren zum Endprodukt verarbeitet wird, erscheint zufällig und nicht zielführend.

Im **Expert\*innen-Workshop** wurde mehrheitlich keine Notwendigkeit zur Unterscheidung von Sekundärmaterial-Kategorien gesehen. Ausreichende Anreize zur Steigerung von Prozesseffizienzen sehen die Teilnehmer\*innen beispielsweise durch die Senkung des Energieverbrauchs gegeben.

Für die Bilanzierung von Pre-Consumer-Material als Koppelprodukt mit eigenem PCF wird derzeit insbesondere die mangelnde Nachverfolgbarkeit von Materialströmen als Hindernis wahrgenommen.

*Für die wichtigsten Grundstoffe der automobilen Lieferketten sollte jeweils eine Definition und Differenzierung von Sekundärmaterial und Koppelprodukten entwickelt werden. Zur Umsetzung dieser ist eine glaubwürdige Erfassung und Nachverfolgung von Materialströmen erforderlich. Insbesondere kleine Unternehmen benötigen Unterstützung im Aufbau geeigneter Strukturen und Prozesse.*

Für viele Grundstoffe, z.B. Stahl und Aluminium, wird prognostiziert, dass der weltweite Bedarf an diesen in den kommenden Jahrzehnten überwiegend *nicht* durch Sekundärmaterial gedeckt werden kann (Mission Possible Partnership [MPP], 2022, 2023). Die schnelle **Dekarbonisierung der Primärmaterialherstellung** ist somit essenziell für einen erfolgreichen Klimaschutz, unabhängig vom Erstarken der Kreislaufwirtschaft.

Unter Anwendung des Cut-off-Approach ist ein niedriger PCF derzeit in vielen Branchen deutlich kostengünstiger und schneller durch Einsatz von Sekundärmaterial (insbesondere Pre-Consumer-Material) umzusetzen als über investitionsintensive Technologiewechsel in der Primärmaterialherstellung. Vielfach sind diese technologischen Maßnahmen noch gar nicht im kommerziellen Maßstab verfügbar.

Im Kontext der Definition von Grünstahl verfolgen die IEA (2022) und ResponsibleSteel (2022) einen sog. **Sliding-Scale-Approach**, um eine methodenbedingte unverhältnismäßige Bevorzugung von Sekundärmaterial zu umgehen: Der PCF wird u.a. in Abhängigkeit von Primär- und Sekundärmaterialanteil in Bezug zu einem sektorspezifischen Dekarbonisierungs-Zielpfad gesetzt. Die Interpretation des PCF erfolgt somit nicht mehr rein anhand des Absolutwerts, sondern in (abstrahiertem) Bezug zu technologischen Rahmenbedingungen.

*Es ist zu diskutieren, ob eine Methode vergleichbar zum Sliding-Scale-Approach in der Automobilbranche für die Interpretation von PCF in der Lieferkette adaptiert und gegebenenfalls auf weitere Grundstoffe, insbesondere Metalle, ausgeweitet werden sollte und kann.*

Wie im Kurzpapier dargestellt (Kemper, Mundt & Sünkel, 2024), knüpft die Diskussion der genannten Punkte an bestehenden Arbeiten und Initiativen an. Die aktuelle Herausforderung besteht in der branchenübergreifenden Harmonisierung der Methoden für die Anwendungspraxis. Aufgrund ihrer weit verzweigten Wertschöpfungsketten eignet sich besonders die Automobilwirtschaft als Treiber dieser Harmonisierungsprozesse.

### **6.3 Attribution in der Chain of Custody: Zuordnung von Emissionen zur Vermarktung grüner Premiumprodukte**

In Gesprächen mit Fachleuten und im Experten Workshop „Allokation“ wurde deutlich darauf hingewiesen, dass die Zuordnung von Emissionen zur Vermarktung emissionsarmer Produkte nicht unter die methodischen Fragen der Allokation fällt. Vielmehr handelt es sich hierbei um Attribution.

Im Gegensatz zur Allokation, bei der Material und Energieflüsse methodisch einzelnen Koppelprodukten eines Produktsystems zugeordnet werden, bezeichnet die Attribution die direkte Zuordnung von Umweltauswirkungen zu spezifischen Produkten, Prozessen oder Aktivitäten innerhalb eines Systems. Wenn Umweltauswirkungen einzelnen physikalisch und funktionell identischen Outputs eines Produktionsprozesses mittels Massenbilanzierung zugeordnet werden, handelt es sich demnach um Attribution und nicht um Allokation, da hier kein methodischer Verteilungsbedarf besteht.

Insofern sollte die Diskussion, ob Massenbilanzierung genutzt werden kann um emissionsarme Produkte zu vermarkten, separat von der methodischen Allokationsfrage behandelt werden.

Nichtsdestotrotz ist anzuerkennen, dass Massenbilanz ein wichtiger Baustein für die Transformation sein kann und kostengünstigere Verfahren zur Dekarbonisierung ermöglicht. So kann schrittweise emissionsärmeres Material in bestehenden Produktionsprozessen eingesetzt werden, ohne dass die ganze Produktionsstrecke umgestellt werden muss. Für nicht-integrierte Unternehmen ist dies oftmals die einzige Möglichkeit, grüne Produkte anzubieten. Gleichzeitig kann so eine Nachfrage nach diesen Produkten geschaffen werden.

Allerdings wurde auch kritisiert, dass ein Massenbilanzsystem nur zu einer Umschichtung der Umweltauswirkungen führt, indem einigen Produkten wenige oder keine Emissionen zugeordnet werden und ein anderer Teil der Produkte dagegen alle Emissionen erhält. Befürchtet wird, dass die Massenbilanz zum Einfallstor für Greenwashing wird. Vielmehr sollte die Anwendung des massenbilanziellen Ansatzes zwingend eine ökologische Verbesserung herbeiführen. Zudem würden die grüneren Produkte nur den Kund\*innen zukommen, die bereit sind einen höheren Preis dafür zu bezahlen. Zudem ist fraglich, wie die verbleibenden grauen Produkte vermarktet werden. Für eine transparente Nachverfolgung wäre ein Residualmix für das verbleibende Material notwendig, bezogen auf die Umsetzung der Massenbilanz innerhalb eines Unternehmens, und es müssten also verbleibende Produkte eindeutig mit höheren Emissionswerten gekennzeichnet sein.

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass Massenbilanzverfahren nicht automatisch dazu führen, dass alternative Rohstoffquellen in größerem Umfang vorhanden wären. Vielfach müssen diese erst entwickelt werden oder das Angebot wird durch vorhandene Marktknappheiten begrenzt, wie dies bei recyceltem Aluminium der Fall ist.

Um eine sachgemäße Nutzung des Massenbilanzansatzes sicherzustellen bedarf es Regeln.

- ▶ Präzise Zuordnung der Emissionen
- ▶ Notwendigkeit einer physischen Verbindung

- Technische Äquivalenz der zugeordneten Mengen, in dem diese auf den techn. maximalen Wert des Produktionsstandortes begrenzt werden.

Um einen zusätzlichen Umweltnutzen zu erreichen, sollten weitere Additionalitätskriterien erfüllt werden.

Derzeit werden in einem laufenden ISO Prozess im Rahmen der Chain of Custody Standards Anforderungen und Leitlinien für die Umsetzung von Massenbilanz- und Book & Claim-System entwickelt. Da dieser Prozess mit viel Fachexpertise geführt wird, sollte eine weitere Diskussion auf diesen Ergebnissen aufbauen.

## 6.4 Energiebilanzierung

Im Folgenden wird vertieft auf die Diskussion um die beiden Ansätze zur Bilanzierung eingekaufter Energie in Wissenschaft sowie (Bilanzierungs-)Praxis eingegangen. Es werden Handlungsempfehlungen sowie Impulse zur weiteren Diskussion abgeleitet. Hierbei wird auf das im Rahmen des Projektes erschienene Kurzpapier „Product Carbon Footprint: Energie“ (Kemper, Mundt & Sünkel, 2024) aufgebaut, indem weitere Erkenntnisse aus dem Projektverlauf und insbesondere aus dem durchgeführten Expert\*innen-Workshop zum Thema Energie ergänzt werden.

### 6.4.1 Vergleich und Bewertung der Methoden zur Energiebilanzierung

Die in Kapitel 5.4.2 vorgestellten Ansätze für die Energiebilanzierung unterscheiden sich maßgeblich in Bezug auf die Bemessungsgrundlage zur Ermittlung der Emissionen aus einem zu bilanzierenden Energiebezug. Der ortsbasierte Ansatz nähert sich den physischen Gegebenheiten der Stromproduktion am Standort eines Unternehmens, der marktbasierter Ansatz spiegelt wiederum die Beschaffungsentscheidung eines Unternehmens wider. Hierbei weisen beide Ansätze Stärken und Schwächen auf.

Der ortsbasierte Ansatz lässt sich zwar global für alle Unternehmensstandorte anwenden, erschwert es Unternehmen jedoch den PCF eines Produktes durch die Dekarbonisierung des Strombezuges zu verbessern. Der Strombezug ist immer nur so grün, wie das Netz, aus dem dieser bezogen wird, auch wenn bspw. ein Ökostromvertrag abgeschlossen wurde. Die einzige Möglichkeit die Bemühungen der Dekarbonisierung des Strombezuges nach ortsbasiertem Ansatz auch im PCF ausweisen zu können, wäre der Abschluss eines PPA mit Direktleitung zum Unternehmen ohne Netzzugang. So würde die Direktleitung ein kleines eigenes Netz darstellen und könnte mit dem entsprechenden Netzemissionsfaktor ortsbasiert bilanziert werden. Eine Verpflichtung zur stringenter Bilanzierung nach dem ortsbasierten Ansatz kann dazu führen, dass Standortentscheidungen für Unternehmen auch vom jeweiligen lokalen Netzmix abhängig werden. (Mundt et al., 2019)

Der marktbasierter Ansatz hingegen wird als ortsunabhängiger und effizienter, marktgetriebener Mechanismus zur Incentivierung unternehmerischer Beiträge zur Dekarbonisierung der Energieversorgung diskutiert (EnergyTag, 2023; Styles, Werner & Maaß, 2021). Der zusätzliche Nutzen für die Energiewende ist jedoch schwer nachweisbar und daher umstritten (vgl. Bjørn et al., 2022; Brander et al., 2018). Mit dem marktbasierter Ansatz und vor allem der Verwendung von Grünstromzertifikaten aus verlässlichen Nachweissystemen kann besser auf Marktentwicklungen und -anforderungen reagiert werden. Es besteht bspw. mittels zeitlich und örtlich granular aufgelösten HKN die Möglichkeit sich einem Echtzeitnachweis des Strombezuges anzunähern. Dies ermöglicht es bspw. den Strombezug den physischen Realitäten der Stromerzeugung wieder anzunähern und Produktionsprozesse an die Verfügbarkeit fluktuierender EE nachweislich anzupassen (vgl. Energy Track and Trace, 2023; EnergyTag,

2023). Auch die rechtssichere Übertragung erneuerbarer Eigenschaften innerhalb eines PPA, oder der Nachweis von Zusätzlichkeitskriterien kann mittels HKN abgebildet werden. In der praktischen Anwendung stellt besonders in Deutschland jedoch die späte Veröffentlichung der Stromkennzeichnung sowie die Tatsache, dass HKN nur über Energieversorgungsunternehmen (EVU) entwertet werden können eine Herausforderung in Bezug auf den zeitlichen Genauigkeitsgrad einer THG-Bilanz unter Verwendung des marktbasierenden Ansatzes dar (vgl. Styles et al., 2023).

*Beide Ansätze führen bei konsistenter Verwendung dazu, dass PCFs unterschiedlicher Unternehmen untereinander vergleichbar gemacht werden.* Sich mittels PCF über den Bezug von EE und eine hieraus resultierende Reduktion in der Emissionsintensität eines Produktes vom Wettbewerb abzugrenzen, lässt sich jedoch fast nur mittels marktbasierter Energiebilanzierung abbilden.

#### 6.4.2 Doppelzählung in der Energiebilanzierung

Da die meisten PCF-Standards keine ausschließende Vorgabe zur Verwendung eines der beiden Ansätze machen und die Konformität mit diesen nicht verpflichtend ist, finden sich in der praktischen Anwendung beide Ansätze parallel wieder. Je nach Unternehmensstandort und Energiebeschaffungspraxis liefert einer der beiden Ansätze vorteilhaftere Ergebnisse im PCF. Dies führt nicht nur dazu, dass die Vergleichbarkeit von unterschiedlichen PCFs erschwert wird, sondern auch zur Doppelzählung von Energiemengen. Im Kontext der Bilanzierung von eingekauftem Strom ist die Doppelzählung von EE-Mengen ein kritischer Aspekt, da diese mit einer Über- oder auch Unterschätzung der energiebezogenen Umweltauswirkungen einhergeht (Holzapfel, Bach & Finkbeiner, 2023).

*Um Doppelzählungen von Stromeigenschaften zu vermeiden, muss konsequent entweder nach ortsbasiertem oder marktbasierendem Ansatz bilanziert werden.* Andernfalls könnte beispielsweise eine EE-Menge einerseits bei Unternehmen X über einen Ökostromvertrag im PCF X und andererseits bei Unternehmen Y über die Verwendung des Netzmix-Emissionsfaktors im PCF Y verrechnet werden (Holzapfel et al., 2023; Schneider, Kollmuss & Lazarus, 2015). Da Bilanzierungsstandards dahingehend nicht harmonisiert sind, kommt es in der aktuellen Bilanzierungspraxis zwangsläufig zu Doppelzählungen.

Selbst bei konsistenter Anwendung eines Ansatzes kann es zu Doppelzählungen kommen, etwa bei unterschiedlicher zeitlicher und geographischer Auflösung des verwendeten Strommix im Rahmen des ortsbasierten Ansatzes. Holzapfel et al. (2023) schlagen die Vorgabe von Emissionsfaktoren für festgelegte Netzgrenzen (bspw. Länderebene) und Zeitperioden (bspw. jährlich) vor. Eine granulare Auflösung von Emissionsfaktoren in Bezug auf Zeitperioden und Netzgrenzen, um akkuratere PCF-Ergebnisse zu erlangen (WBCSD, 2023), kann nur ohne Doppelzählungen ermöglicht werden, wenn ein Verrechnungssystem zwischen verschiedenen Strommixauflösungen besteht. Projekte wie der von TenneT und Gasunie entwickelte CO<sub>2</sub>-Monitor<sup>40</sup> für die Niederlande (NetAnders, 2023) können bei einheitlicher Anwendung eine Möglichkeit darstellen, mit granularer Auflösung Strom ortsbasiert zu bilanzieren. TenneT plant eine ähnliche Umsetzung in Deutschland zusammen mit der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) (TenneT, 2023).

Im Kontext des marktbasierenden Ansatzes wird die Doppelzählung durch die Verwendung des Restenergiemixes verhindert (Holzapfel et al., 2023; Mundt et al., 2019; WRI & WBCSD, 2015). Eine Herausforderung stellt laut Holzapfel et al. (2023) hier jedoch die Verwendung von Sekundärdaten dar. Die Emissionsfaktoren in LCA-Datenbanken basieren meist auf ortsbasierten Durchschnittswerten. Ein Lösungsansatz könnte die konsequente Verwendung

---

<sup>40</sup> [CO2monitor.nl](https://www.co2monitor.nl)

des jeweiligen Restenergiemix sein. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass einige Länder keinen Restenergiemix veröffentlichen, da eine Vollkennzeichnungspflicht besteht oder geförderte Mengen in separaten Systemen erfasst werden. Auch hierzu werden in der Studie von Holzapfel et al. (2023) konkrete Lösungsvorschläge gemacht.

### 6.4.3 Nutzen für die Energiewende

Im Kontext der konsistenten Verwendung eines Bilanzierungsansatzes für eingekaufte Energie, wird insbesondere in Bezug auf den marktbasieren Ansatz auch die Abbildung eines Energiewendennutzens diskutiert. Hiermit einher geht die Fragestellung, ob neben der Emissionsintensität weitere Faktoren der Dekarbonisierung in der PCF-Erstellung berücksichtigt werden sollten.

Im Zusammenhang mit dem marktbasieren Ansatz wird immer wieder ein **positiver Nutzen für die Energiewende** vermutet, da der Handel von HKN einen zusätzlichen Gewinn für Energieerzeuger darstellen könnte. Diese Finanzierungswirkung ist bisher jedoch nicht mit quantitativen Studien belegt und bedürfte womöglich einer höheren Nachfrage nach Grünstrom, um tatsächliche Finanzierungseffekte zu erzielen (Brander et al., 2018; Hamburger & Harangozó, 2018). Zuletzt stellte Galzi (2023) fest, dass in Frankreich kaum zusätzliche Investitionen in EE durch Ökostromkund\*innen erzielt wurden. Dennoch bleiben HKN bspw. ein wichtiger Bestandteil bei der Umsetzung von PPAs, um die grünen Eigenschaften innerhalb dieser übertragen zu können. Das Instrument unterstützt so zumindest indirekt die Dekarbonisierung der Energieversorgung (Kemper, Styles, Mundt, Werner & Kreis, 2024; vgl. Styles et al., 2021).

Der marktbasieren Ansatz steht zudem in der Kritik, keine tatsächlichen Emissionsreduktionen im PCF oder CCF abzubilden, so wie es über den ortsbasierten Ansatz bspw. der Fall wäre. Während eine Reduktion der Emissionen nach ortsbasiertem Ansatz bedeutet, dass sich der Netzmix durch den Zubau an EE verbessert hat, kann bei einer Reduktion der Emissionsintensität eines Produktes berichtet nach dem marktbasieren Ansatz nicht unbedingt davon ausgegangen werden, dass tatsächlich Emissionen durch den Zubau neuer EE-Anlagen reduziert wurden, sondern möglicherweise nur bereits bestehende EE-Mengen umverteilt wurden (Bjørn et al., 2022; Brander et al., 2018).

Um die **Zusätzlichkeit von Grünstrom und somit tatsächliche Emissionsreduktionen** sicherzustellen, müssten Grünstromqualitäten berücksichtigt werden. Solche Zusätzlichkeitskriterien für die Grünstrombeschaffung wurden bspw. vom UBA oder dem World Wide Fund For Nature (WWF) entwickelt (vgl. UBA 2017, S. 38 ff; WWF 2021). Auch die internationale Initiative RE100<sup>41</sup> legt Strombeschaffungskriterien fest (RE100, 2022).

In der aktuellen Ausgestaltung des marktbasieren Ansatzes finden Zusätzlichkeitskriterien keinen Eingang in die Methodik zur Emissionsberechnung. Im Rahmen der Aktualisierung der GHG Protocol Scope 2 Guidance wird dies jedoch überdacht. Entweder könnte künftig informativ oder in Form einer zusätzlichen Betrachtung über die tatsächlichen Umweltauswirkungen der Grünstromqualität berichtet werden oder die Kriterien für vertragliche Instrumente könnten um Zusätzlichkeitskriterien erweitert werden (WRI 2023). Inwiefern diese Änderungen auch auf die PCF-Berechnung nach GHGP Product Standard zutreffen werden, ist unklar.

Die beiden Alternativen zum Umgang mit Zusätzlichkeitskriterien würden unterschiedliche Ausrichtungen eines PCF bedeuten. Im Life Cycle Assessment (LCA) werden zwei Konzepte der Zieldefinition unterschieden. Eine Attributional LCA betrachtet die gegenwärtigen Umweltauswirkungen eines Produktes, während die Consequential LCA, künftige

---

<sup>41</sup> Die RE100 ist eine internationale Initiative in deren Rahmen sich Unternehmen weltweit dazu verpflichten zu 100% Energie aus erneuerbaren Quellen zu beziehen.



Umweltauswirkungen betrachtet, die durch die Produktion und Nutzung des Produktes beeinflusst werden (Ekvall, 2020). Eine Attributional LCA eignet sich nach Brander (2022) bspw. zur Zuweisung von Verantwortung von Emissionen innerhalb bestimmter Systemgrenzen, wie bspw. im Kontext von unternehmerischen THG-Bilanzen. Diese lassen sich schließlich aufaddieren zu den Emissionen eines Gesamtsystems. Für Wirkungsabschätzungen einer Maßnahme bezogen auf dieses Gesamtsystem sind wiederum Consequential LCA-Ansätze zu bevorzugen. Das Einbeziehen von Zusätzlichkeitskriterien in einen marktbasierten Berechnungsansatz mutet eher einem Consequential LCA-Ansatz an, während die marktbasierter Berechnung, wie sie aktuell ausgestaltet ist, einem Attributional LCA-Ansatz zugeordnet werden könnte.

#### 6.4.4 Diskussion und Empfehlung

Vor dem Hintergrund des Doppelzählungsrisikos von Energiemengen, die zur Über- oder Unterschätzung der energiebezogenen Umweltwirkungen von Produkten führen, **sollte auf eine Einigung zur konsistenten Verwendung nur eines Bilanzierungsansatzes hingewirkt werden** (siehe auch Kemper, Styles et al., 2024). Dieser Konsens konnte auch im Expert\*innen-Workshop zum Thema Energiebilanzierung wahrgenommen werden. Aus Anwender\*innenperspektive führt eine konsistente Verwendung eines Ansatzes zudem zu einer effizienteren Bilanzierungspraxis und schafft ein Level Playing Field unter den Marktakteuren.

**Die Priorisierung des marktbasierten Bilanzierungsansatzes könnte einen Treiber der Dekarbonisierung in der Automobilindustrie darstellen.** Zwar ist die zusätzliche Finanzierungswirkung für die Energiewende umstritten (vgl. Brander et al., 2018; Galzi, 2023) und wurde auch im Expert\*innen-Workshop sehr kontrovers diskutiert. Dennoch ermöglicht es der marktbasierter Ansatz den Unternehmen grundsätzlich selbst zu entscheiden, ob diese Grünstrom beschaffen und erlaubt die Anrechnung von ambitionierten Grünstromprojekten (bspw. PPA) auf den PCF und somit eine Differenzierung zum Wettbewerb. Des Weiteren kann aufgrund des steigenden Dekarbonisierungsdrucks eine ansteigende Grünstrom-Nachfrage erwartet werden, wodurch Finanzierungswirkungen laut Brander et al. (2018) dennoch greifen könnten.

Doch auch im Falle einer konsistenten Anwendung des marktbasierter Ansatzes lassen sich einige Herausforderungen feststellen. Zu diesen sowie möglichen Lösungsvorschlägen wurde im Expert\*innen-Workshop zur Energiebilanzierung ebenfalls diskutiert.

**Eine konsistente Anwendung des marktbasierter Ansatzes muss mit entsprechenden Kriterien für zugrundeliegende vertragliche Instrumente einhergehen.** Wobei hier zusätzlich zu überlegen wäre, ob bestehende Kriterien ausreichend sind, um die Doppelzählung von EE zu verhindern. Ein Nachweissystem, das den Kriterien für vertragliche Instrumente entspricht, sollte z.B. immer auch mit entsprechenden Kennzeichnungsregelungen in der betreffenden Regulatorik einhergehen (z.B. Stromkennzeichnungspflicht in der EU), die zur Nutzung des Systems zum Nachweis von Energieeigenschaften verpflichtet.

Das Europäische Herkunftsnachweissystem erfüllt, wie beschrieben, die Kriterien bestehender Standards. Im Expert\*innen-Workshop bestand **Unsicherheit bzgl. der Transparenz und Vertrauenswürdigkeit anderer außereuropäischer Nachweissysteme.** Diese müssten auf Kriterien für vertragliche Instrumente gegen geprüft werden, um als belastbares Instrument für die Klimabilanzierung verwendet werden zu dürfen.

Derzeit obliegen Analyse und Bewertung internationaler Nachweissysteme den einzelnen berichtenden Unternehmen, was auch im Expert\*innen-Workshop aus Anwendungsperspektive als herausfordernd eingeschätzt wird. Eine übergreifende Einstufung und Hilfestellung von

geeigneter Stelle könnte diesen Prozess vereinheitlichen und effizienter machen.

Expert\*innen aus der Praxis merkten zudem an, dass die unterschiedliche Behandlung verschiedener Unternehmensstandorte die Bilanzierung durch die ständigen Einzelprüfungen aufwändiger sowie ineffizienter werden lässt.

Eine alternative Übergangsmöglichkeit, bis das Zielbild einer vollständigen Harmonisierung erreicht ist, wäre es, in Bezug auf Energie außerhalb Europas (zunächst) nur eine ortsbasierte Bilanzierung zuzulassen. Eine Doppelzählung kann durch die Unterscheidung zwischen inner- und außereuropäischem Energiebezug verhindert werden. Ob dies zur Benachteiligung von Drittländern führt, wäre ebenfalls zu diskutieren.

Im Rahmen des Expert\*innen-Workshops zur Energiebilanzierung wurde deutlich, dass im Falle einer konsistenten Anwendung des marktbasierenden Ansatzes auch **Herausforderungen bzgl. der Datenverfügbarkeit für die PCF-Ermittlung bestehen**. Es wird bspw. nicht in allen europäischen Ländern ein Restenergiemix ausgewiesen (Bsp. Österreich wegen Vollkennzeichnung). Zudem wird die Stromkennzeichnung als marktbasiertes Instrument mit großem Verzug veröffentlicht, was die Annäherung an eine primärdatenbasierte Erfassung von THG-Emissionen auch unter einem marktbasierten Ansatz noch vor Herausforderungen stellt. Zudem wäre es von Vorteil, wenn HKN und somit Daten zu den Eigenschaften des Strombezuges teilweise in höherer Granularität vorliegen würden, um die PCF-Bilanzierung akkurater und aussagekräftiger gestalten zu können.

Die Herausforderung in Bezug auf die Datenverfügbarkeit und Granularität wird sich nicht über die Auswahl einer harmonisierten Bilanzierungsmethodik lösen lassen. **Vielmehr müssen die Bedarfe aus Klimabilanzierungssicht an den entsprechenden Stellen kommuniziert und adressiert werden**. Initiativen und Projekte wie EnergyTag oder Energy Track and Trace (Energy Track and Trace, 2023; EnergyTag, 2023), die bereits an Lösungen zu granularen Herkunftsnachweisen arbeiten, stellen ein Beispiel dar, in dessen Rahmen die Bedarfe aus der Klimabilanzierung entsprechend aufgegriffen wurden.

Neben der Festlegung nur eines Bilanzierungsansatzes sollte zudem geregelt werden, dass zusätzlich zu den direkten Emissionen der Energieproduktion **auch vorgelagerte Emissionen der Energieerzeugung (z.B. Extraktion der Rohstoffe, Netzverluste) zwingend im PCF berücksichtigt** werden. Dies ist im Rahmen des ortsbasierten Ansatzes meistens durch die Verwendung von Netzemissionsfaktoren aus LCA-Datenbanken sichergestellt.

Emissionsfaktoren, die über vertragliche Instrumente übermittelt werden, müssen hinsichtlich einer vollständigen Lebenswegbetrachtung der Stromproduktion überprüft werden. Im Expert\*innen-Workshop wurde zudem adressiert, dass dies die PCF-Logik in Richtung CCF-Berichterstattungslogik harmonisieren und so die Bilanzierungspraxis in einem Unternehmen effizienter gestaltet werden könnte, da im Kontext der CCF-Berichterstattung vorgelagerte Emissionen aus dem Energiebezug zu berücksichtigen sind.

Zudem sollte der **Umgang mit Eigenerzeugungsanlagen** ausführlich geregelt und mit entsprechenden Verifizierungsanforderungen versehen werden, damit eine Doppelzählung von EE vermieden werden kann. Dies ist bspw. für die Stahlindustrie ein häufiger Anwendungsfall (ISO 20915:2018; Wright, Liu, Wu & Chalasani, 2023, S. 19). Im Expert\*innen-Workshop wurde zudem die **Notwendigkeit der Spezifizierung des Umgangs mit Eigenerzeugungsanlagen im Kontext eines marktbasierenden Ansatzes** ersichtlich. Vor diesem Hintergrund sollte auch eine Spezifizierung zum Umgang mit Energie aus geförderten Anlagen überdacht werden. Die grünen Eigenschaften sollten aufgrund der staatlichen Finanzierung eigentlich allen Verbrauchenden zugutekommen. Dies wäre auch in Hinblick auf geförderte Anlagen zur Eigenversorgung zu durchdenken.

Die **Diskussion um die Zuträglichkeit** des marktbasierter Ansatzes **für die Energiewende** sollte auch im Kontext der PCF-Erstellung nicht außer Acht gelassen werden. Inwiefern Zusätzlichkeitskriterien Eingang in die Berechnungsmethodik finden sollten, ist auch abhängig von der Zielsetzung einer PCF-Berechnung. Dies wurde auch im Expert\*innen-Workshop sehr deutlich. Hier wurde kontrovers diskutiert, ob ein marktbasierter Ansatz Emissionen zuordnen sollte (Attributional LCA-Ansatz) oder auch Auskunft über die Veränderungen der Emissionen im Gesamtsystem, sprich Auskunft über die Zusätzlichkeit des Energiebezuges (Consequential LCA-Ansatz) geben sollte.

*Im Sinne der Diskussionen in der AhG wäre es zu empfehlen, dem Attributional-LCA-Ansatz folgend, Zusätzlichkeitskriterien nicht innerhalb der Bilanzierungsmethoden anzusetzen, sondern gegebenenfalls eine separate Ausweisung einzuführen.*

Eine zusätzliche Empfehlung könnte sein, grundsätzlich strengere Grünstrombeschaffungskriterien durch Förderprogramme wie bspw. EEW<sup>42</sup>, Dekarbonisierung der Industrie<sup>43</sup> oder Klimaschutzverträge (CfD)<sup>44</sup> zu incentivieren. Die Bewertungskriterien sind dort in der Regel streng an die quantitative Reduktion von Treibhausgasen geknüpft und diese muss konkret nachgewiesen werden.

Im Falle von Grünem Wasserstoff werden Zusätzlichkeitskriterien über den Delegierten Rechtsakt zu RFNBO EU/2023/1184 sogar bereits regulatorisch festgehalten. Selbiges könnte auch Eingang in Regularik und Initiativen finden, im Rahmen derer Unternehmen die durch den Energiebezug erreichten Emissionsreduktionen geltend machen können. Ein Beispiel ist die RE100-Initiative, die Grünstrombeschaffungskriterien setzt, um Emissionsreduktionen aus dem Energiebezug nachzuweisen.

Über den Umgang mit eingekaufter Elektrizität hinaus stellen sich weitere Fragen, die in Bezug auf die Bilanzierung von Energie eingehender betrachtet werden sollten.

Es ist bspw. zu beachten, dass die Methoden perspektivisch **weitere Energieträger (Wärme/Kälte, Gase, Wasserstoff)** und die mit diesen einhergehenden Nachweissysteme einbeziehen sollten. In Bezug auf Wärme/Kälte müsste, wie im Expert\*innen-Workshop diskutiert, bspw. näher analysiert werden, wie sich ein marktbasierter Ansatz vor dem Hintergrund der meist bilateralen Marktbeziehungen ausgestalten würde.

Das Thema der Energiebilanzierung findet sich auch in den Diskussionen im Rahmen von Allokationsfragen wieder, wenn es darum geht, wie **Energierückgewinnung** bilanziert werden soll oder wie die **Allokation grüner Energieeigenschaften** innerhalb einer Organisation vorgenommen werden sollte (vgl. TfS 2022, S. 50, 56ff).

*Abschließend ist festzustellen, dass eine Harmonisierung der Methoden zur Energie-Bilanzierung nur funktionieren kann, wenn die Anwendung durch entsprechende Regularik verpflichtend gemacht wird.*

Nur so kann im Kontext eingekaufter Energie eine konsistente Anwendung nur eines Bilanzierungsansatzes vorgeschrieben und die Doppelzählung von Energiemengen vermieden sowie die Glaubwürdigkeit von Nachweissystemen gestärkt werden.

---

<sup>42</sup> Richtlinie zur Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft. (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK], 2023).

<sup>43</sup> Richtlinie zur Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Investitionsprojekten mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität im Industriesektor. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [BMU], 2020).

<sup>44</sup> Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge. (BMWK, 2020).

## 7 Fazit

Durch die Analyse der verschiedenen Standards zur PCF-Erstellung in der Automobilwirtschaft konnten einige Harmonisierungsbedarfe in der Methodik zur Bilanzierung von THG-Emissionen für Produkte identifiziert werden. Die vertiefte Untersuchung einzelner Methoden Aspekte und anschließende Diskussionen von Lösungsräumen hat gezeigt, dass grundsätzlich für die Wahl der adäquaten Methode zur Harmonisierung der Bilanzierungspraxis die Zielsetzung der PCF-Erstellung klar abgestimmt sein muss. Ob ein inventarisierender oder wirkungsorientierter PCF erstellt wird, beeinflusst maßgeblich die Entscheidung, welche Methode zur Bilanzierung zu verwenden ist.

Der Zielsetzung nach verfolgt die AhG eine THG-Bilanzierung mit cradle-to-gate Systemgrenzen, wie sie für die automobiler Lieferkette praktikabel ist. Zudem bietet sich dieser Zielstellung folgend ein Attributional LCA-Ansatz für die PCF-Erstellung an, da eine Inventarisierung und Annäherung an ein primärdatenbasiertes Carbon Accounting erreicht werden soll. Über die Nutzung von Primärdaten, auch unter Berücksichtigung der schwierigen Datenlage entlang der Lieferkette, können Veränderungen im individuellen PCF eines Unternehmens sichtbar und innerhalb der Branche vergleichbar gemacht werden.

Auf dieser Grundlage können bereits einige grundlegende Methodenentscheidungen getroffen werden: Für die Bilanzierung von Recycling sollte der Cut-off-Approach genutzt werden. Energie sollte über den marktbasieren Ansatz und ohne die direkte Integration von Zusätzlichkeitskriterien innerhalb dieses Ansatzes bilanziert werden. Die Systemraumerweiterung mit Substitution sollte nicht als Allokationsmethode verwendet werden.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass der PCF dann von der ursprünglichen LCA-Logik, mit Erstellung einer kompletten Lebenszyklusanalyse abweicht. Da der PCF auf der Methodik der Ökobilanzierung basiert, wird bei Anpassungen der PCF-Bilanzierungsmethodik gegebenenfalls eine breite Diskussion der Grundlagen der Ökobilanzierung notwendig.

Mit dieser Zielsetzung kann die Klimabilanzierung als reines Erfassungstool für THG-Emissionen fungieren, welches eine transparente und faire Erfassung für alle Marktteilnehmenden ermöglicht. Transformative Anreize können dann wiederum über Vorgaben außerhalb der Bilanzierungsmethodik, z.B. über Politikinstrumente wie Regulierung oder Förderung implementiert werden.

Eine Harmonisierung von Bilanzierungsmethoden muss zudem über Sektorgrenzen hinausgedacht werden. Dieses Vorhaben in der Automobilwirtschaft anzugehen, ist aufgrund der komplexen Wertschöpfungskette, die verschiedenste Sektoren abdeckt, vorteilhaft. Es ist jedoch zu beachten, dass auch mit dem dynamischen Feld der Regulatorik eine Harmonisierung notwendig ist. Bei der Entwicklung von sektorspezifischen Vorgaben zur Harmonisierung ist eine Rückkopplung mit der regulatorischen Ebene notwendig (bspw. die Entwicklungen auf EU-Ebene in Bezug auf Bilanzierungsmethoden), damit Methodenentscheidungen auch mit entsprechender Regulatorik kompatibel sind. In den Dialog zu treten und sektorspezifische Methodenentscheidungen in die entsprechenden Prozesse aktiv einzubringen ist essentiell.

Zuletzt sollte eine Annäherung und mögliche Harmonisierung der PCF- und CCF-Erstellung in der weiteren Diskussion zur Fortentwicklung methodischer Vorgaben für die PCF-Erstellung mitgedacht werden. Derzeit besteht noch ein Unterschied zwischen der Unternehmens- und der Produktbilanz, da diese Konzepte sehr unterschiedlichen methodischen Prinzipien folgen. Das bedeutet, dass Unternehmen sowohl eine Unternehmensbilanz als auch eine (oder zahlreiche) Produktbilanz(en) erstellen müssen, wenn sie den Anforderungen aus Berichtspflichten und anderer Marktteilnehmer entsprechen möchten. Für eine praktikable Umsetzung der vielfältigen

Berichtsanforderungen an Unternehmen wäre eine Annäherung und Harmonisierung beider Methoden wünschenswert.

## Literaturverzeichnis

- Agora Verkehrswende. (2019). Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial (Agora Verkehrswende, Hrsg.).
- Allacker, K., Mathieux, F., Pennington, D. & Pant, R. (2017). The search for an appropriate end-of-life formula for the purpose of the European Commission Environmental Footprint initiative. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(9), 1441–1458. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1244-0>
- Association of Issuing Bodies. (2023a). EECS - European Energy Certificate System. Verfügbar unter: <https://www.aib-net.org/eecs>
- Association of Issuing Bodies. (2023b). European Residual Mixes 2022. Brüssel. Verfügbar unter: [https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2022/AIB\\_2022\\_Residual\\_Mix\\_Results\\_inclAnnex.pdf](https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2022/AIB_2022_Residual_Mix_Results_inclAnnex.pdf)
- Association of Issuing Bodies. (2023c). European Energy Certificate System (EECS) Rules. Release 8 v1.6. Brüssel.
- Atherton, J. (2007). Declaration by the Metals Industry on Recycling Principles. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(1), 59–60. <https://doi.org/10.1065/lca2006.11.283>
- BASF Corporate Sustainability. (2021). BASF Methodology for Product Carbon Footprint Calculation. Ludwigshafen.
- Bjørn, A., Lloyd, S. M., Brander, M. & Matthews, H. D. (2022). Renewable energy certificates threaten the integrity of corporate science-based targets. *Nature Climate Change*, 12(6), 539–546. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01379-5>
- BMWK.. Transformation zu einer klimaneutralen Industrie: Grüne Leitmärkte und Klimaschutzverträge. Verfügbar unter: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/transformation-zu-einer-klimaneutralen-industrie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/transformation-zu-einer-klimaneutralen-industrie.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Brander, M. (2022). The most important GHG accounting concept you may not have heard of: the attributional/consequential distinction. In *Carbon Management* (2022, VOL. 13, NO. 1, S. 337–339). <https://doi.org/10.1080/17583004.2022.2088402>
- Brander, M. & Bjørn, A. (2023). Principles for accurate GHG inventories and options for market-based accounting. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(10), 1248–1260. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02203-8>
- Brander, M., Gillenwater, M. & Ascui, F. (2018). Creative accounting: A critical perspective on the market-based method for reporting purchased electricity (scope 2) emissions. *Energy Policy*, 112, 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.051>
- Braunfels, A. S. & Teuber, A. (2023, April). Comparison of end-of-life allocation approaches. An analysis complementing the Battery Pass Rules for calculating the Carbon Footprint of the 'End-of-life and recycling' life cycle stage (Systemiq, Hrsg.). Verfügbar unter: [https://thebatteryass.eu/assets/images/content-guidance/pdf/2023\\_Battery\\_Passport\\_EOL\\_Analysis.pdf](https://thebatteryass.eu/assets/images/content-guidance/pdf/2023_Battery_Passport_EOL_Analysis.pdf)
- British Standard, PAS 2050:2011. PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- British Standard, PAS 2060:2014. PAS 2060: Specification for the demonstration of carbon neutrality.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2020). Richtlinie zur Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Investitionsprojekten mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität im Industriesektor. (Förderrichtlinie zur Dekarbonisierung in der Industrie) (Bundesanzeiger, Hrsg.) (BANz AT

15.01.2021 B5). Verfügbar unter: [https://www.klimaschutz-industrie.de/fileadmin/kei/Dateien/Foerderprogramm/Foerderrichtlinie\\_Dekarbonisierung\\_in\\_der\\_Industrie.pdf](https://www.klimaschutz-industrie.de/fileadmin/kei/Dateien/Foerderprogramm/Foerderrichtlinie_Dekarbonisierung_in_der_Industrie.pdf)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (2024). Europäische Lieferkettenrichtlinie (CSDDD). Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit/wirtschaft/lieferketten/europaeische-lieferkettenrichtlinie-csddd>

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2020). Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge. (Förderrichtlinie Klimaschutzverträge - FRL KSV). ENTWURF v. 6.6.2023. Verfügbar unter: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/klimaschutzvertraege-foerderrichtlinie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/klimaschutzvertraege-foerderrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

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

Cabernard, L., Pfister, S., Oberschelp, C. & Hellweg, S. (2022). Growing environmental footprint of plastics driven by coal combustion. *Nature Sustainability*, 5(2), 139–148. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00807-2>

Carbon Disclosure Project. (2023). Explore CDP data. Verfügbar unter: <https://www.cdp.net/en/data>

Catena-X Automotive Network e.V. (2023). Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook CX-PCF Rules. Version 2.0. Berlin. Verfügbar unter: [https://catena-x.net/fileadmin/user\\_upload/Standard-Bibliothek/Update\\_September23/CX-0029-ProductCarbonFootprintRulebook-v2.0.0.pdf](https://catena-x.net/fileadmin/user_upload/Standard-Bibliothek/Update_September23/CX-0029-ProductCarbonFootprintRulebook-v2.0.0.pdf)

EN 19694-2:2016. Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung von Treibhausgasen (THG) aus energieintensiven Industrien – Teil 2: Stahl- und Eisenindustrie; Deutsche Fassung EN 19694-2:2016. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN EN 15804:2020-03 (2020). Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

ECO Platform. (2023). ECO Platform Statement on Mass Balance Approach (MBA) from Dec 12, 2023. Zugriff am 03.01.2024. Verfügbar unter: [https://www.eco-platform.org/files/download/statements/ECO\\_2023.12.12\\_revised-Statement\\_MBA%20BGOOs.pdf](https://www.eco-platform.org/files/download/statements/ECO_2023.12.12_revised-Statement_MBA%20BGOOs.pdf)

Ekvall, T. (2020). Attributional and Consequential Life Cycle Assessment. In M. José Bastante-Ceca, J. Luis Fuentes-Bargues, L. Hufnagel, F.-C. Mihai & C. Iatu (Hrsg.), *Sustainability Assessment at the 21st century*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89202>

Ekvall, T., Björklund, A., Sandin, G., Jelse, K., Lagergren, J. & Rydberg, M. (2020, Mai). Modeling recycling in life cycle assessment (Swedish Life Cycle Center, Hrsg.) (2020:05). Göteborg, Schweden. Verfügbar unter: [https://www.lifecyclecenter.se/wp-content/uploads/2020\\_05\\_Modeling-recycling-in-life-cycle-assessment-1.pdf](https://www.lifecyclecenter.se/wp-content/uploads/2020_05_Modeling-recycling-in-life-cycle-assessment-1.pdf)

Energy Track and Trace. (2023). ABOUT ENERGY TRACK AND TRACE: Digital proof that sustainable energy choices make a real difference. Verfügbar unter: <https://energytrackandtrace.com/>

EnergyTag. (2023). EnergyTag and granular energy certificates: Accelerating the transition to 24/7 clean power. London. Verfügbar unter: <https://www.energytag.org/wp-content/uploads/2021/05/EnergyTag-and-granular-energy-certificates.pdf>

PCR, 2018:10. BOARDS, BLOCKS, PANELS, SHEETS OF PLASTICS, OR IN COMPOSITE SYSTEM, FOR STRUCTURAL APPLICATION (NON-CONSTRUCTION).

PCR 2010:16. PLASTICS IN PRIMARY FORMS.

EPD International. (2020). Basic iron or steel products & special steels, except constructions products. PCR 2015:03, Version 2.0 (EPD International, Hrsg.).

Eurometaux. (2019). Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for Metal Sheets for Various Applications (Eurometaux, Hrsg.).

Europäische Kommission. (2018). Product Environmental Footprint Category Rules Guidance (Version 6.3).

Europäische Kommission. (2021a). Understanding Product Environmental Footprint and Organisation Environmental Footprint methods.

Europäische Kommission. (2021b). Joint EU-US Statement on a Global Arrangement on Sustainable Steel and Aluminium. Brüssel. Zugriff am 09.10.2023. Verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_21\\_5724](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_5724)

Europäische Kommission. (2021, 15. Dezember). Product Environmental Footprint Method. Annex 1 zur Empfehlung (EU) 2021/2279 der EU-Kommission.

Europäische Kommission. Empfehlung zur Anwendung der Methoden für die Berechnung des Umweltfußabdrucks zur Messung und Offenlegung der Umweltleistung von Produkten und Organisationen entlang ihres Lebenswegs. Empfehlung (EU) 2021/2279 der Kommission. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021H2279>

Europäische Kommission. (2022). Environmental Footprint transition phase (E00470/1). Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&fromMainGroup=true&groupID=100615>

Europäische Kommission. (2024a). Annex to the Commission Delegated Regulation 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.

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

European Aluminium. (2023). Methodological guidance for the environmental assessment of aluminum intermediate and semi-finished products. Brussels.

European Association of Automotive Suppliers. (2023). Joint Letter of Concern: Final JRC draft of the “Rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV)” and the suggested approach to account for recycled materials. Verfügbar unter: [https://clepa.eu/wp-content/uploads/2023/07/Joint-Letter-of-Concern\\_Carbon-Footprint-Rules-EV-Batteries.pdf](https://clepa.eu/wp-content/uploads/2023/07/Joint-Letter-of-Concern_Carbon-Footprint-Rules-EV-Batteries.pdf)

European Commission.. European Platform on LCA | EPLCA. ILCD International Life Cycle Data system. Verfügbar unter: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/ilcd.html>

European Commission. (2024b). 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.

European Commission, Joint Research Center & Institute for Environment and Sustainability. (2010, März). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. General guide for LCA - Detailed guidance (1 Aufl.) (Europäische Kommission, Hrsg.). Luxembourg: Joint Research Center (JRC). Verfügbar unter: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>



Feifel, S., Walk, W. & Wursthorn, S. Die Ökobilanz im Spannungsfeld zwischen Exaktheit, Durchführbarkeit und Kommunizierbarkeit. In (Bd. 22, S. 46–55). <https://doi.org/10.1007/s12302-009-0107-8>

Fernandez, M. C., Grund, S., Phillips, C., Fradet, J., Hage, J., Silk, N. et al. (2024). Attribution of Global Warming Potential impacts in a multifunctional metals industry system using different system expansion and allocation methodologies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(5), 873–889. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02274-7>

Finkbeiner, M., Bach, V. & Lehrmann, A. (2019, Januar). Environmental Footprint: Der Umwelt-Fußabdruck von Produkten und Dienstleistungen. Abschlussbericht (Umweltbundesamt, Hrsg.) (TEXTE 76/2018). Dessau-Roßlau: Technische Universität Berlin.

Frischknecht, R. (2010). LCI modelling approaches applied on recycling of materials in view of environmental sustainability, risk perception and eco-efficiency. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(7), 666–671. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0201-6>

Galzi, P.-Y. (2023). Do green electricity consumers contribute to the increase in electricity generation capacity from renewable energy sources? Evidence from France. *Energy Policy*, 179, 113627. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113627>

Global Battery Alliance. (2023). Greenhouse Gas Rulebook - Generic Rules - Version 1.5.

The global oil and gas industry association for environmental and social issues, The American Petroleum Institute & International Association of Oil & Gas Producers. (2011). Petroleum industry guidelines for reporting greenhouse gas emissions. Second edition.

Hamburger, Á. & Harangozó, G. (2018). Factors Affecting the Evolution of Renewable Electricity Generating Capacities: A Panel Data Analysis of European Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(5), 161–172. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/327688474\\_Factors\\_Affecting\\_the\\_Evolution\\_of\\_Renewable\\_Electricity\\_Generating\\_Capacities\\_A\\_Panel\\_Data\\_Analysis\\_of\\_European\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/327688474_Factors_Affecting_the_Evolution_of_Renewable_Electricity_Generating_Capacities_A_Panel_Data_Analysis_of_European_Countries)

Hochfeld, C. & Jenseit, W. (1989). Allokation in Ökobilanzen und bei der Berechnung des Kumulierten Energieaufwandes (KEA). Arbeitspapier im Rahmen des UBA-F&E-Vorhabens Nr. 104 01 123: Erarbeitung von Basisdaten zum Energieaufwand und der Umweltbelastung von energieintensiven Produkten und Dienstleistungen für Ökobilanzen und Öko-Audits (UBA, Hrsg.).

Holzappel, P., Bach, V. & Finkbeiner, M. (2023). Electricity accounting in life cycle assessment: the challenge of double counting. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(7), 771–787. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02158-w>

Industrial Deep Decarbonisation Initiative. (2023). Driving consistency in the greenhouse gas accounting system. A pathway to harmonized standards for steel, cement, and concrete.

Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH, ecoinvent Association. (2024, Februar). Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (TEXTE 13/2024). Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/13\\_2024\\_texte\\_analyse\\_der\\_umweltbilanz\\_von\\_kraftfahrzeugen\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/13_2024_texte_analyse_der_umweltbilanz_von_kraftfahrzeugen_0.pdf)

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

ISO 14404-4:2020. Berechnungsmethode für die Intensität von Kohlendioxidemissionen in der Stahl- und Eisenherstellung.

ISO 14025:2010. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures.

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

ISO 14064-1:2018. Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene.

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

ISO 22628:2002-02 (Februar 2002). Straßenfahrzeuge - Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit - Berechnungsverfahren. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

ISO/TR 14049:2012 (2012). Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.

ISO 14021:2016 (März 2016). Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II). Berlin: Beuth Verlag GmbH.

ISO 21930:2017 (30.11.2017). Nachhaltigkeit von Bauwerken – Grundregeln für die Umweltdeklaration von in Bauwerken verwendeten Bauprodukten und technischen Anlagen. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

ISO 14044:2006 (2018). Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

ISO 20915:2018 (November 2018). Life cycle inventory calculation methodology for steel products. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

International Organization for Standardization. (2019). A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030. Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation. Insight Report (World Economic Forum (WEF), Hrsg.). Geneva, Switzerland. Verfügbar unter: [https://www.globalbattery.org/media/publications/WEF\\_A\\_Vision\\_for\\_a\\_Sustainable\\_Battery\\_Value\\_Chain\\_in\\_2030\\_Report.pdf](https://www.globalbattery.org/media/publications/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf)

Janjua, R. & Maciel, F. (2023). CO2 Data Collection. User Guide. Review 2022 (World Steel Association, Hrsg.) (Version 11). World Steel Association.

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

Kemper, Mundt & Sünkel. (2024). Product Carbon Footprint: Allokation, Energie, Recycling. 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). Verfügbar unter: [https://expertenkreis-automobilwirtschaft.de/media/pages/home/7b60121c03-1713348676/expertenkreis-transformation-automobilwirtschaft\\_uba-hir\\_kurzpaepiere\\_pcf\\_allokation\\_energie\\_recycling\\_januar\\_2024.pdf](https://expertenkreis-automobilwirtschaft.de/media/pages/home/7b60121c03-1713348676/expertenkreis-transformation-automobilwirtschaft_uba-hir_kurzpaepiere_pcf_allokation_energie_recycling_januar_2024.pdf)

Kemper, Styles, Mundt, Werner & Kreis. (2024). Carbon Accounting of Electricity: Managing the Gap between market- and location-based approaches. Discussion Paper. Hamburg: Hamburg Institut. Verfügbar unter: [https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2024/11/241004\\_HI\\_Discussion\\_Paper\\_managing\\_the\\_gap\\_between\\_market\\_and\\_location-based\\_approaches.pdf](https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2024/11/241004_HI_Discussion_Paper_managing_the_gap_between_market_and_location-based_approaches.pdf)

Kleimann, D. (2023, Juli). Section 232 reloaded: the false promise of the transatlantic 'climate club' for steel and aluminium. This paper sets out the EU and US perspectives on the ongoing negotiations and evaluates their

initial negotiation proposals. Bruegel. Verfügbar unter: <https://www.bruegel.org/working-paper/section-232-reloaded-false-promise-transatlantic-climate-club-steel-and-aluminium>

Mateo Ferrero, Devin McDaniels, Michelle Mokaya & Erik Wijkström. (2022). Decarbonization standards and the iron and steel sector: how can the WTO support greater coherence? (WTO, Hrsg.) (Trade and Climate Change Information brief no. 7). Geneva, Switzerland: World Trade Organisation (WTO).

Mission Possible Partnership. (2022). Making net zero steel possible. Verfügbar unter: <https://missionpossiblepartnership.org/wp-content/uploads/2022/09/Making-Net-Zero-Steel-possible.pdf>

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

Mundt, J., Werner, R. & Maaß, C. (2019). AP 4: Ausweisung der Umweltwirkung durch Strombezug von Unternehmen und öffentlicher Hand. In Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), Marktanalyse Ökostrom II. Marktanalyse Ökostrom und HKN, Weiterentwicklung des Herkunftsnachweissystems und der Stromkennzeichnung Abschlussbericht (Climate Change, 30/2019, S. 317–383).

Nessi, S., Sinkko, T., Bulgheroni, C., Garcia-Gutierrez, P., Giuntoli, J., Konti, A. et al. 2021. Life cycle assessment (LCA) of alternative feedstocks for plastics production. Part 1: the Plastics LCA method (Europäische Kommission, ed.) (JRC technical reports JRC125046). Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/271095>

NetAnders (TenneT & Gasunie Energy, Hrsg.). (2023). CO2 Monitor - Principles. Verfügbar unter: <https://co2monitor.nl/en/principles>

Pant, R., Schau, E. M., Zampori, L. & De Camillis, C. (2013). The Organisation Environmental Footprint (OEF) - a method recommendation by the European Commission (Europäische Kommission, Joint Research Centre (JRC), Hrsg.). Verfügbar unter: [https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\\_chain/gvc/en/files/en2013/session/1-4\\_Rana\\_Pant\\_en.pdf](https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/en/files/en2013/session/1-4_Rana_Pant_en.pdf)

PlasticsEurope. (2017). PlasticsEurope recommendation on Steam Cracker allocation.

PlasticsEurope. (2019). Eco-profiles program and methodology. PlasticsEurope (Version 3.0).

RE100. (2022). RE100 Technical Criteria. Version 4.1 (Carbon Disclosure Project (CDP), Hrsg.). London, New York, New Delhi. Verfügbar unter: <https://www.there100.org/sites/re100/files/2022-12/Dec%2012%20-%20RE100%20technical%20criteria%20%2B%20appendices.pdf>

RE100. (2023). RE100 - We are accelerating change towards zero carbon grids at scale. Verfügbar unter: <https://www.there100.org/>

ResponsibleSteel. (2022, September). ResponsibleSteel International Standard version 2.0.

Rocky Mountain Institute. (2022). A Product-Level GHG Accounting Approach to Increase Emissions Transparency in the Plastic Supply Chain. RMI Horizon Zero Project.

Industry Standard, Version 2023-06. Chemicals - Sustainability Accounting Standard.

Schneider, L., Kollmuss, A. & Lazarus, M. (2015). Addressing the risk of double counting emission reductions under the UNFCCC. *Climatic Change*, 131(4), 473–486. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1398-y>

Schrijvers, D. (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.

Science Based Targets initiative. (2023). Draft SBTi interim 1.5°C target-setting for automakers. Verfügbar unter: [https://docs.google.com/document/d/1BAPK4Ek5JdpjXE6E4KFibv0Cl\\_Myl0tJxe0aPoDWdZE/edit](https://docs.google.com/document/d/1BAPK4Ek5JdpjXE6E4KFibv0Cl_Myl0tJxe0aPoDWdZE/edit)

Smets, J., Lehmann, Petra (Akzonobel), Wagenbreth, Matthias and Heischkel, Yvonne, Spiekermann, Julia, Held, Torsten and Plambeck, Jens, Troost, Anne (Brenntag), Fischer, Rainer and Cueni, Natalie, Gruenebaum, Timm and Martius, Julia, Gaulke, Philipp et al.. The Tfs solution for a PCF sharing platform - Abstract (Together for Sustainability (TfS), Hrsg.). Verfügbar unter: <https://www.tfs-initiative.com/app/uploads/2023/07/Abstract-TfS-PCF-sharing-solution-platform.pdf>

Styles, A., Kemper, M., Jeuk, M., Herrmann, N., Fusar Bassini, C. & Krämer, K. (2023). Analyse eines Unternehmenswertungs-rechts für Strom-Herkunftsnachweise in Deutschland. Vorschläge und Auswirkungen (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Climate Change 24/2023). Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/24\\_2023\\_cc\\_analyse\\_ein\\_es\\_unternehmenswertungsrechts\\_fuer\\_strom-herkunftsnachweise\\_in\\_deutschland.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/24_2023_cc_analyse_ein_es_unternehmenswertungsrechts_fuer_strom-herkunftsnachweise_in_deutschland.pdf)

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: Hamburg Institut. Verfügbar unter: [https://go4industry.com/wp-content/uploads/2021/11/HIC\\_2021\\_Einsatzzwecke-von-Herkunftsnachweisen\\_final.pdf](https://go4industry.com/wp-content/uploads/2021/11/HIC_2021_Einsatzzwecke-von-Herkunftsnachweisen_final.pdf)

Systemiq. (2023, April). Battery Carbon Footprint - Version 1.0. Rules for calculating the Carbon Footprint of the 'Distribution' and 'End-of-life and recycling' life cycle stages (Battery Pass, Hrsg.).

TenneT, FfE (Mitarbeiter). (2023). TenneT Digital Data Days: Successful CO2 Monitor Workshop with FfE. Verfügbar unter: <https://www.tennet-digitaldataday.eu/updates/co2-monitor-workshop>

Theuringer, M. Dr., Endemann, G., Geres, R., Holzner, D., Weigert, S., Beckmann, M. et al. (2024). Regelbuch für das Klassifizierungssystem im Low Emission Steel Standard (Wirtschaftsvereinigung Stahl, Hrsg.). Wirtschaftsvereinigung Stahl; FutureCamp Climate GmbH; verico SCE.

Together for Sustainability. (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).

Together for Sustainability. (2023, Oktober). Improving and Harmonizing Scope 3 Reporting. Biogenic Carbon, Mass/Energy Balance, Recycled Content. Verfügbar unter: [https://www.tfs-initiative.com/app/uploads/2023/10/TfS-2097-White-Paper-EN\\_hi\\_single\\_page\\_no\\_crop\\_.pdf](https://www.tfs-initiative.com/app/uploads/2023/10/TfS-2097-White-Paper-EN_hi_single_page_no_crop_.pdf)

Umweltbundesamt. (2017). Beschaffung von Ökostrom - Arbeitshilfe für eine europaweite Ausschreibung der Lieferung von Ökostrom im offenen Verfahren. Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-03-17\\_broschuere\\_leitfaden-oekostrom-ausschreibung\\_korr.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-03-17_broschuere_leitfaden-oekostrom-ausschreibung_korr.pdf)

Verein Deutscher Ingenieure. (2023). VDI-Analyse der CO<sub>2</sub>q-Emissionen von Pkw mit verschiedenen Antriebssystemen. Wann wird Autofahren grün?

World Business Council for Sustainable Development. (2018). Chemicals - Guidance for Accounting & Reporting Corporate GHG Emissions in the Chemical Sector Value Chain.

World Business Council for Sustainable Development. (2021). Circular Transition Indicators V2.0. Metrics for business, by business.

World Business Council for Sustainable Development. (2023, Januar). Pathfinder Framework. Guidance for the Accounting and Exchange of Product Life Cycle Emissions. Verfügbar unter: <https://www.wbcsd.org/content/wbcsd/download/15625/226889/1>

World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute. (2011a). Greenhouse Gas Protocol - Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.

World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute. (2011b). Greenhouse Gas Protocol. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.

World Resource Institute; World Business Council for Sustainable Development. (2015). GHG Protocol Scope 2 Guidance. An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard. Verfügbar unter: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope%20%20Guidance.pdf>

World Resources Institute. (2023). Greenhouse Gas Protocol Detailed Summary of Responses from Scope 2 Guidance Stakeholder Survey. Verfügbar unter: [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-11/Scope%20%20Survey%20Summary\\_Final\\_0.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-11/Scope%20%20Survey%20Summary_Final_0.pdf)

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (2004). The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard.

World Steel Association. (2017). Life cycle inventory methodology report for steel products (World Steel Association, Hrsg.).

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

Wright, L., Liu, X., Wu, I. & Chalasani, S. (2023, Juni). Steel Emissions Reporting Guidance (Rocky Mountain Institute, Hrsg.). Verfügbar unter: [https://rmi.org/wp-content/uploads/2022/09/steel\\_emissions\\_reporting\\_guidance.pdf](https://rmi.org/wp-content/uploads/2022/09/steel_emissions_reporting_guidance.pdf)

Zampori, L. & Pant, R. (2019). Suggestions for updating the Organisation Environmental Footprint (OEF) method (Europäische Kommission, Hrsg.). Joint Research Center (JRC). Verfügbar unter: [https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/OEF\\_method.pdf](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/OEF_method.pdf)