

Abschlussbericht

Klimaschutz in globalen Wertschöpfungsketten durch Ressourceneffizienz in der produzierenden Wirtschaft (KligWeR)

von

Mario Schmidt, Christian Haubach, Pia Heidak, Alexandra Vogt

Hochschule Pforzheim
Institut für Industrial Ecology (INEC)

Förderkennzeichen: L75 20123

Laufzeit: 09.2020 - 09.2022

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre
Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Dezember 2022



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Abschlussbericht

Klimaschutz in globalen Wertschöpfungsketten
durch Ressourceneffizienz in der produzierenden
Wirtschaft (KligWeR)

Projektleitung: Prof. Dr. Mario Schmidt
MitautorInnen: Dr. Christian Haubach, Pia Heidak, Alexandra Vogt
Förderung: Finanziert aus Landesmitteln, die der Landtag
Baden-Württemberg beschlossen hat.

Zuwendungsempfänger: Institut für Industrial Ecology (INEC) an der Hochschule
Pforzheim
FKZ: L7520123
Laufzeit: 09/2020 – 04/2022 (Verlängerung bis 09/2022)
Datum: Dezember 2022



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

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

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	III
1. Einleitung	1
2. Wissenschaftlich-technischer Stand	2
3. Beschreibung der Projektarbeiten und Forschungsergebnisse	4
3.1. AP1: Systemvergleich verschiedener Berechnungsansätze	4
3.1.1. Methodik zum Vergleich der Verfahrensansätze	6
3.1.2. Quantitativer Vergleich der verschiedenen Verfahrensansätze	8
3.1.3. Empfehlung für den Anwendungsbereich der EEIOA-Daten	10
3.2. AP2: Weiterentwicklung und Validierung des estell-Ansatz	14
3.3. AP3: Pilotanalyse und zusätzliche Detailanalysen	14
3.4. AP 4: Entwicklung eines webbasierten THG-Berechnungstools	15
3.4.1. Datengrundlage für Scope 1-3	15
3.4.2. Tool- Beschreibung	18
3.5. AP 5: Weiterentwicklung und Pilotierung bei KMU in einer Lieferkette	19
3.6. AP 6: Einbindung in die Unternehmensorganisation	25
3.7. AP 7: Dokumentation in Anwenderbroschüre und weiteren und unterstützenden Medien	25
4. Fortschritte für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse	26
5. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen	26
6. Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen	28
7. Zusammenarbeit mit den Partnern	28
8. Publikationen	28
9. Schlussbetrachtung	30
Literaturverzeichnis	IV

Abkürzungsverzeichnis

CCF	Corporate Carbon Footprint
CDP	Carbon Disclosure Project
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d.h.	das heißt
EF	Emissionsfaktor
EEIOA	Environmentally Extended Input Output Analysis
GHG	Greenhouse Gas Emissions
GLO	Global
HS	Harmonized System
KEI	Kumulierten Emissionsintensitäten
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Standard Organization
LCA	Life Cycle Assessment
PCF	Product Carbon Footprint
RER	Europäische Region
RoW	Rest of the world
THG	Treibhausgas
u.a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
USD	US-Amerikanische Dollar
z. B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Differenzierung nach Scopes im GHG Protocol. Quelle: WRI and WBCSD (2011).....	1
Abbildung 2: Typische Erfahrungswerte der Autoren aus der Auswertung von Lieferketten von produzierenden Unternehmen. Alle Werte sind circa-Angaben. Quelle: Schmidt et al. (2021).....	2
Abbildung 3: Motivation und Fazit der Pilot-Anwender	27

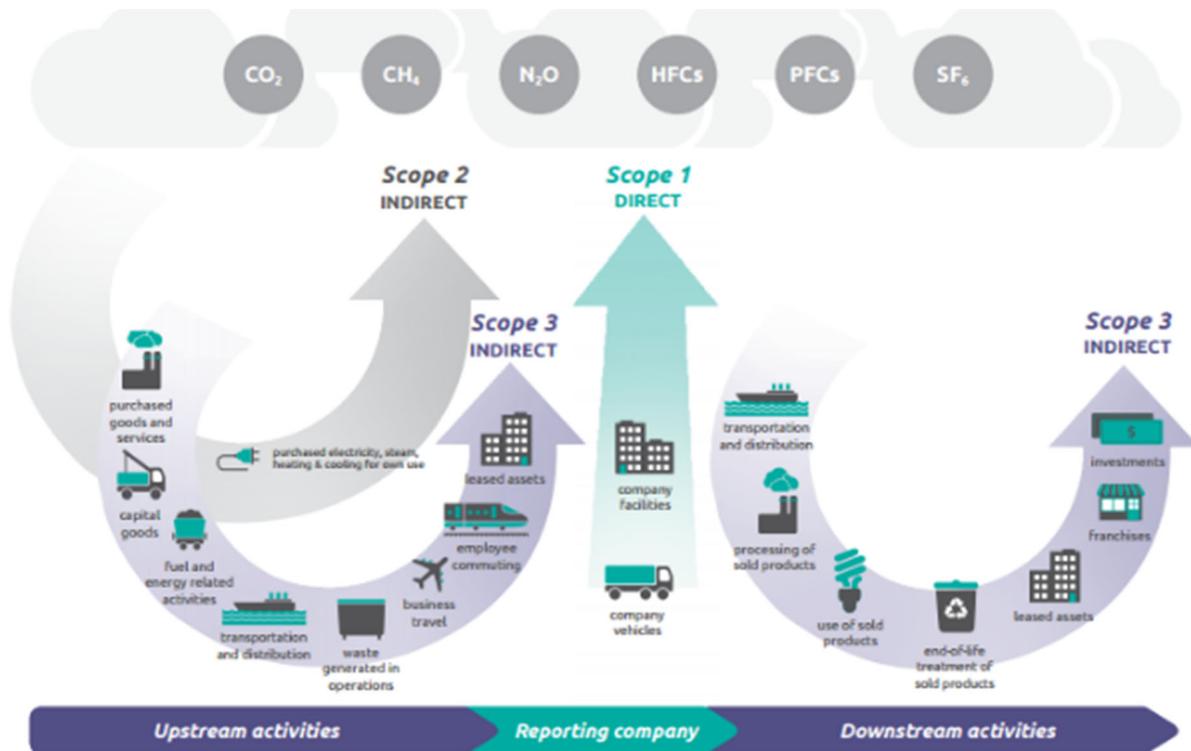
Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Methodische Ansätze der Treibhausgasbilanzierung auf Unternehmensebene	3
Tabelle 2: Methodische und datentechnische Differenzen zwischen PCF und EEIOA nach Steubing et al. (2022) und Castellani et al. (2019).....	4
Tabelle 3: Beispiel der Datencodierung in der BACI-Datenbank.....	7
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren ausgewählter Sektoren auf Basis von EEIOA-Daten und LCA-Daten.....	8
Tabelle 5: Anforderungen an die Scope 3-Bilanzierung im Carbon Accounting ...	10
Tabelle 6: Scope 3-Kategorien.....	16
Tabelle 7: Abweichung statistischer Daten zu Lieferantendaten	22

1. Einleitung

Treibhausgas-Emissionen (THG) treten nicht nur am Standort eines produzierenden Unternehmens (Scope 1) oder bei der Bereitstellung von Energie wie z. B. Elektrizität (Scope 2) auf, sondern auch durch vorgelagerte Aktivitäten wie den Einkauf von Rohstoffen, Vorprodukten und Dienstleistungen (Scope 3.1 nach WRI und WBCSD (2011)). Letztere Kategorie kann einen bedeutenden Anteil der Gesamtemissionen ausmachen, insbesondere bei Unternehmen des produzierenden Gewerbes (Schmidt et al. (2021)).

Abbildung 1: Differenzierung nach Scopes im GHG Protocol. Quelle: WRI and WBCSD (2011)



Analysen im Rahmen des NEXUS-Projektes (Scholz et al. 2020) haben beispielsweise gezeigt, dass die Treibhausgas-(THG)-Emissionen, die mit dem Metalleinsatz in der baden-württembergischen Industrie verbunden sind, in der gleichen Größenordnung liegen wie die Verkehrsemissionen in diesem Bundesland. Effizienzmaßnahmen, die sich auf Rohstoffe, Materialien oder Vorprodukte des produzierenden Gewerbes beziehen, haben deshalb einen ebenso wichtigen, manchmal sogar entscheidenden, Beitrag zum globalen Klimaschutz wie die direkten THG-Emissionen eines Unternehmens. Deshalb müssen bei THG-Bilanzen von Unternehmen diese indirekten Emissionen in den globalen Wertschöpfungsketten mitberücksichtigt werden. Nur damit lässt sich beurteilen, ob gewisse Klimaschutzmaßnahmen tatsächlich positiv auf die globale THG-Bilanz wirken oder nicht. Die Bilanzierung von begrenzten Subsystemen, egal ob räumlicher, zeitlicher oder sächlicher Art, kann dagegen zu Fehlentscheidungen in Wirtschaft und Politik führen. So würde z. B. die Verlagerung eines Produktionsstandortes ins Ausland die Territorialbilanz der THG-Emissionen

Deutschlands verbessern, die globale THG-Bilanz möglicherweise sogar verschlechtern. Deshalb ist die Einbeziehung der Scope-3-Emissionen wichtig¹.

Abbildung 2: Typische Erfahrungswerte der Autoren aus der Auswertung von Lieferketten von produzierenden Unternehmen. Alle Werte sind circa-Angaben. Quelle: Schmidt et al. (2021).

	Typ. Umsatz [€ a ⁻¹]	Typ. Anzahl an Tier-1-Lieferanten	Typ. Anzahl an Vorprodukten	Typ. Anzahl an Tier-1-Lieferländern
Große Konzerne	> 20 Mrd.	50 000	> 100 000	100
Große Unternehmen	1 Mrd.	1000–10 000	10–50 000	50
Große mittelständische Unternehmen	100 Mio.	< 1000	< 10 000	20

Lieferketten sind heute aufgrund geringer Fertigungstiefe und globaler Vernetzung komplex und sehr umfangreich. Will man die Emissionen bis zum Ursprung, also bis zur Gewinnung der Rohstoffe zurückverfolgen, so erfordert das einen sehr großen Aufwand. Für einzelne Produkte oder Produktgruppen wird dies üblicherweise mit sogenannten Life Cycle Assessments (LCA) gemacht, bei denen der gesamte Lebensweg eines Produktes von der Gewinnung und Produktion über die Nutzung bis zur Entsorgung analysiert wird, allerdings immer nur als einmalige Momentaufnahme. Für ein ganzes Unternehmen, das möglicherweise (Zehn-)Tausende von Produkten produziert und (Zehn-)Tausende von Lieferanten international hat (vgl. Abbildung 2), oder für Teile davon, ist diese Methode schon aus Aufwandsgründen nicht mehr anwendbar, erst recht nicht, wenn sie periodisch wiederholt werden soll. Trotzdem sind entsprechende Bilanzierungen notwendig, wenn das Unternehmen seine Klimabilanz erstellen, Maßnahmen zum Klimaschutz bewerten will oder gar Klimaneutralität anstrebt.

Die Forschungsfragen, die sich aus diesen Problemen ergeben und im Rahmen von KligWeR untersucht wurden sind: Mit welchen Methoden und Daten können umfassende THG-Emissionsbilanzen, welche explizit vorgelagerte Aktivitäten berücksichtigen, für die betriebliche Praxis unter Einbeziehung der Rohstofflieferketten erstellt werden? Wie kann das mit vertretbarem Aufwand und ausreichender Aussagekraft reproduzierbar und zeitlich aktualisierbar ermöglicht werden?

2. Wissenschaftlich-technischer Stand

Der inhaltliche Rahmen von THG-Bilanzen, das sogenannte Carbon Accounting, wurde von privaten Organisationen in den vergangenen Jahren vorgegeben, z. B. von der GHG Protocol Initiative (WRI und WBCSD 2004, 2011) oder dem Carbon Disclosure Project (CDP 2022). Auf ISO/DIN-Ebene existiert z. B. der 14064-Standard (2012/2019), „Treibhausgase - Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene“.

¹ Das gilt nicht nur für upstream-Emissionen in der Lieferkette, sondern auch für downstream-Emissionen bei der Produktnutzung und -entsorgung. Dort ist die Bilanzierung methodisch noch viel schwieriger und derzeit weitgehend unbetretenes Terrain, wenn man nicht mehr nur einzelne Produkte betrachtet.

Entgegen seines Titels behandelt er allerdings nicht eine Anleitung zur quantitativen Bestimmung, sondern stellt höchstens einen organisatorischen und definitorischen Rahmen dar. Hinsichtlich der Bestimmung der Scope 1-Emissionen besteht weitgehend Einigkeit, diese über Aktivitätsdaten zu ermitteln. Wie die Emissionen der vorgelagerten Aktivitäten methodisch konkret zu ermitteln sind, bleibt jedoch weitgehend offen und Gegenstand verschiedener Ansätze in der wissenschaftlichen Diskussion.

Der Technische Report der ISO TR 14069 (ISO/TR 14069:2013) wird an dieser Stelle schon konkreter. Er behandelt u.a. die Wahl der Bilanzgrenzen und beschreibt auch, wie prinzipiell der Einkauf von Produkten bewertet werden kann. Dabei wird auf den Carbon Footprint eingekaufter Produkte nach ISO 14067 (2011/2018) verwiesen, der von Lieferanten bereitgestellt werden könnte, auf die physischen Mengen der eingekauften Produkte oder auf deren monetären Wert. Wie dann im Einzelnen damit umzugehen ist, wird - mit Ausnahme der bekannten Methodik aus dem LCA-Bereich - nicht behandelt. Außerdem hat die TR 14069 keine normative Wirkung.

Folgende methodische Ansätze zur Bewertung der vorgelagerten Aktivitäten liegen in der Fachwelt derzeit vor:

Tabelle 1: Methodische Ansätze der Treibhausgasbilanzierung auf Unternehmensebene

Bezeichnung	Ansatz
Standortbilanz	Umfasst im Wesentlichen die Scope 1 und max. noch die Scope 2-Emissionen.
Produktspezifische LCA	Verfolgt für konkrete Produkte oder Produktklassen deren realen „Lebensweg“ durch umfangreiche Datenrecherche (spezifischer Bottom-up-Ansatz). Hierzu gelten die Regeln der ISO 14040 und ISO 14044.
Generische LCA	Verfolgt für Produkte oder Produktklassen einen generischen „Lebensweg“ anhand von Standarddatensätzen aus gängigen Datenbanken (generischer Bottom-up-Ansatz).
Product Carbon Footprint (PCF)	Product Carbon Footprint ist eine Art LCA, die auf die Wirkungskategorie „Beitrag zum Klimawandel“ beschränkt bleibt. Das Vorgehen wird durch die ISO 14067 (ISO 14067:2018) geregelt.
Lieferantenkettenanalyse	Verfolgt durch ein Berichtswesen alle Emissionsbeiträge in der Lieferkette und konsolidiert sie geeignet.
Environmentally Extended Input-Output-Analyse (EE IOA)	Ökonomische Input-Output-Analysen verwenden Daten aus der volkswirtschaftlichen und umweltökonomischen Gesamtrechnung, um damit für Produktklassen oder Branchen deren Beitrag in der gesamten Lieferkette zu quantifizieren (Top-down-Ansatz).
Hybrid-Modelle	Nutzen LCA- und IOA-Modelle und kombinieren sie geeignet, um Datenlücken zu schließen bzw. die Genauigkeit und Granularität der Daten zu verbessern.

Eine Lieferantenkettenanalyse wäre sicherlich das genaueste Mittel für eine THG-Bilanz, ist aber auch zugleich das aufwendigste und lässt sich derzeit höchstens in vergleichsweise einfachen Anwendungsfällen realisieren. Mit zunehmender Digitalisierung und dem Einsatz moderner Algorithmen (Distributed Ledger-Technologie) könnte das in der Zukunft eine verstärkte Rolle spielen, müsste allerdings global einsetzbar sein, was einen entsprechenden Ordnungsrahmen oder geeignete Anreize für die Datenlieferanten auf internationaler Ebene voraussetzt. Bei der

Allokation auf einzelne Leistungen und Produkte müsste sie aus Aufwandsgründen auf monetäre Schlüsselungen zurückgreifen, was insbesondere aus Sicht der Ökobilanzierung immer noch kontrovers diskutiert wird.

Der PCF ist auf der Produktebene die derzeit am meisten verbreitete Methode. Er erhebt die THG für ein spezifisches Produkt (oder eine Produktgruppe) und hat den Anspruch diese über den gesamten Lebenszyklus zu erheben. Für die Ermittlung werden meistens primäre Material- und Energieverbrauchsdaten aus der Unternehmensproduktion verwendet, welche dem Produkt zugeordnet werden können. Für die eingehenden Materialien setzen die Organisationen verbreitet auf generische LCA-Datenbanken. Diese Methode erlaubt es, z. B. über punktuelle Hotspot-Analysen und Produktvergleiche, Rückschlüsse für die Produktentwicklung zu ziehen, Ergebnisse für das Marketing zu verwenden und strategische Produktentscheidungen zu treffen. Aus Aufwandsgründen eignet sich diese Methodik jedoch nicht für die Erhebung der PCFs für sämtliche Produkte ganzer Organisationen. Der PCF ist außerdem ohne ein umfassendes IT-System nicht periodisch aktualisierbar und kann nur im begrenzten Bereich für ein Controlling eingesetzt werden. PCF, die ohne Primärdaten, sondern nur auf der Basis von generischen Hintergrunddaten aus Datenbanken erhoben werden, haben eine sehr eingeschränkte Aussagekraft und dienen höchstens als Orientierung.

EEIOA wurde in der Vergangenheit immer wieder als interessanter Ansatz diskutiert, scheiterte aber meistens an hinreichend differenzierten und international gegliederten Daten ((Lave et al. 1995), (Tukker und Dietzenbacher 2013), (Lenzen 2013)). Erst in den vergangenen Jahren wurden durch die OECD oder mit EXIOBASE geeignete Multi-Regional-Datensätze (MRIO) entwickelt, die zeitlich fortgeführt werden und sich nun für entsprechende Analysen in der unternehmerischen Praxis anbieten (Jungmichel et al. 2017; Jungmichel et al. 2020). Allerdings wird von vielen Umweltwissenschaftlern bis heute die starke Anbindung an das monetäre Datengerüst der Wirtschaft als Nachteil empfunden.

3. Beschreibung der Projektarbeiten und Forschungsergebnisse

3.1. AP1: Systemvergleich verschiedener Berechnungsansätze

Von den in Tabelle 1 gelisteten Ansätzen sind der PCF und die EEIOA zum heutigen Zeitpunkt mit vertretbarem Aufwand realisierbar. Zu beiden Verfahrensansätzen existieren Datenbanken, die für die Treibhausgasbilanzierung verwendet werden könnten. Die Ansätze zeigen wichtige methodische Unterschiede und Differenzen in der Datenbasis auf. Steubing et al. (2022) und Castellani et al. (2019) nennen eine Reihe an wichtigen Differenzen, die in Tabelle 2 aufgeführt sind.

Tabelle 2: Methodische und datentechnische Differenzen zwischen PCF und EEIOA nach Steubing et al. (2022) und Castellani et al. (2019)

Methodische Differenzen zwischen PCF- und EEIOA-Datenbanken	
Systemgrenzen	Es wird angenommen, dass PCF-Daten aufgrund angewandter Abschneide-Kriterien nicht die gesamte Wertschöpfungskette einschließen. EEIOA hingegen decken die gesamte Wirtschaftsleistung und deren Verflechtungen ab.

Zeitliche Systemgrenzen	PCF-Daten enthalten alle Prozesse, die im Lebenszyklus eines Produktes stattfinden, unabhängig vom Zeitraum. EEIOA hingegen bilden alle Prozesse ab, die im ausgewählten Referenzjahr stattfinden. Dies kann bei kapitalintensiven Prozessen zu stark divergierenden Aufwänden im Zeitverlauf führen.
Kapitalgüter	Durch die separate Listung von Kapitalgütern als Bruttoanlageinvestitionen nach nationalen Rechnungslegungsvorschriften spiegeln sich Kapitalgüter häufig nicht in den Emissionsfaktoren (EF) wieder. Dies kann aber methodisch angepasst werden. Bei PCF-Daten können ebenfalls Kapitalgüter berücksichtigt werden. In der Praxis geschieht dies jedoch rudimentär.
Umgang mit Allokation	Für beide Verfahrensansätze existieren verschiedene Modelle, um mit Multifunktionalität umzugehen. Diese haben einen großen Effekt auf die berechneten EF.
Daten-Differenzen zwischen PCF- und EEIOA-Datenbanken	
Produktflüsse	Die Daten für PCF und EEIOA werden unterschiedlichen Quellen entnommen. PCF werden „Bottom-up“ über die Sammlung prozessspezifischer Daten berechnet. EEIOA entnehmen die zugrundeliegenden Daten „Top-down“ aus volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen und bilateralen Handelsdaten. Die dort aufgeführten Sektoren werden teilweise weiter disaggregiert oder aggregiert.
Elementarflüsse	PCF-Datenbanken berücksichtigen im Vergleich zu EEIOA tendenziell mehr Elementarflüsse, die Erderwärmungspotential aufweisen.
Datenaktualität	PCF-Daten können aus sehr unterschiedlichen Jahren stammen und teilweise auch schon sehr alt sein. EEIOA weisen die EF immer in Referenz auf ein spezifisches Jahr auf.
Durchschnitts-Produkte	Die EEIOA bestimmt natürlicherweise die EF von Durchschnittsprodukten eines Sektors in einem Land. PCF-Daten hingegen stammen häufig aus einer bestimmten Anlage oder werden über einen Durchschnitt mehrerer spezifischer Anlagen gebildet. Auch im letzteren Fall wird in der Praxis nicht der Industriedurchschnitt abgebildet.

Ein Vergleich der Ergebnisse aus PCF- und EEIOA-Ansätzen ist auf Grund des unterschiedlichen methodischen Vorgehens nicht konsistent und daher unter Umständen irreführend. Da beide Ansätze zunehmend für den gleichen Zweck in der betrieblichen THG-Bilanzierung verwendet werden, drängt sich trotzdem regelmäßig unter Praktikern der quantitative Vergleich der Datensätze auf. Ein quantitativer Vergleich stiftet mehr praktischen Nutzen denn theoretischen Nutzen und kann bei der Einordnung der Daten helfen.

Es finden sich eine Hand voll quantitativer Vergleiche zwischen PCF-Daten und EEIOA-Daten in der Literatur. Steubing et al. haben z. B. alle einzelnen Datenpunkte der ecoinvent-Datenbank v3.4 mit dem äquivalenten Datensatz in der Datenbank EXIOBASE v3.3.18 verglichen und kamen zu dem Ergebnis, dass ca. die Hälfte aller Datenpunkte maximal um einen Faktor 2 voneinander abweichen. Die andere Hälfte hatte eine Abweichung um einen Faktor >2. Dabei konnte aber nicht erkannt werden, dass ein Verfahrenstyp zu konsistent höheren Emissionsfaktoren (EF) führte. Rama et al. (2021) haben PCF-Daten und EEIOA-Daten anhand des konkreten Beispiels einer spanischen Stadt verglichen und erkannten Ähnlichkeiten in den Ergebnissen, die sie als Zeichen deuteten, dass sich beide Ansätze für das Carbon Accounting auf Organisationsebene eignen und sich durch unterschiedliche Stärken und Schwächen auszeichnen. Castellani et al. (2019) untersuchten einen Konsumenten-Fußabdruck unter Verwendung eigens zusammengestellter Produkt-Sachbilanzen und Daten aus EXIOBASE 3. Daraus ergaben sich für die Kategorie Klimawandel nur geringfügige

(<15 %) Differenzen im Gesamtergebnis. Die Beiträge einzelner Lebenszyklusphasen und Prozesse variierte jedoch stärker. Beylot et al. (2020) führten eine ähnliche Analyse für europäischen Handel durch und gelangten hier zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse auf Basis der EEIOA-Daten in absoluter Hinsicht um den Faktor 2,7 – 3,6 höher abschneiden und auch hier die Hotspots variierten.

3.1.1. Methodik zum Vergleich der Verfahrensansätze

Im Rahmen des KligWeR-Projekts wurde eine daran anlehrende Analyse der Datenbasis des scope³analyzers, der estell-Datenbank, als Repräsentantin der EEIO-Daten, und der ecoinvent 3.7 Datenbank (cut-off) als Repräsentantin der LCA-Daten geleistet. ecoinvent ist aktuell die meistverwendete Datenbank für LCA-Daten und beinhaltet ca. 18.000 Datensätze für unterschiedliche Prozesse und deren Produkte (ecoinvent 2022).

Die Aufgabe bestand darin, einen Sektor aus estell mithilfe verfügbarer und diesem Sektor zugeordneten Produkten aus ecoinvent nachzubilden, um die jeweiligen Carbon Footprints, berechnet mit dem Erderwärmungspotential auf 100 Jahre (GWP_{100}) nach IPCC (2013) gegenüberzustellen.

Dieses Vorgehen stellt eine praktisch angewandte Vorgehensweise nach: bei der Erhebung des Carbon Footprints für die Wertschöpfungskette stehen einem Unternehmen (oder jeder anderen beliebigen Organisation) alle Verfahrensansätze offen. Für jeden eingekauften Produktposten können entweder EEIOA-Daten, welche den Produktposten einen Sektor zuteilen, ausgewählt werden. Zweitens bietet es sich an, möglichst passgenaue PCF-Datensätze aus LCA-Datenbanken zu verwenden. Passgenau wird in diesem Zusammenhang definiert als ein Höchstmaß an Äquivalenz hinsichtlich des Produkts und Region der Produktion.

Eine zentrale methodische Herausforderung bei einem Vergleich besteht darin, dass ecoinvent die Carbon Footprints in Bezug auf physikalische Einheiten, vornehmlich Masse (pro Kilogramm) angibt. estell hingegen stellt die Carbon Footprints in Bezug auf monetäre Einheiten (pro €) auf. Entsprechend ist eine Datenbank mit produktspezifischen Preisen und physikalischen Rahmendaten (z. B. Gewicht) erforderlich, welche eine Umrechnung der Carbon Footprints von der physikalischen Einheit auf die monetäre Einheit ermöglicht. In diesem Zusammenhang wurden sowohl die von ecoinvent angegebenen Preise sowie die BACI-Datenbank genutzt.

Die BACI-Datenbank (Gaulier und Zignago 2010) wird vom französischen Zentrum für Forschung und Expertise der Weltwirtschaft (Le Centre d'études prospectives et d'informations internationales (CEPII)), angeboten. Dort werden von CEPII-Daten zu internationalen Handelsflüssen von Produkten zwischen zwei Staaten veröffentlicht. Insgesamt erstreckt sich die Datensammlung über 200 Länder. Die Produkte entsprechen der Nomenklatur des harmonisierten Systems (HS). Das Angebot ist kostenfrei und für analytische Zwecke gedacht. Die Datenbasis bildet eine Sammlung und Harmonisierung von Daten aus unterschiedlichen Datenquellen, die regelmäßig aktualisiert werden. Das letzte Update wurde im Februar 2022 durchgeführt.

Auf der Homepage von CEPII können die Rohdaten des internationalen Produkthandels heruntergeladen werden. Um mit der großen Datenmenge umgehen zu können, wurde zunächst auf die Software „Texteditor“ zurückgegriffen. Die Download-Datei lässt sich damit vollständig öffnen und die Daten können daraus in Excel übertragen werden. Vor der Übertragung musste die Datenmenge noch eingegrenzt werden, in dem vorab Länder ausgewählt wurden. Im Texteditor kann dann das ausgewählte Land als Exportland gesucht und hierzu alle länderspezifischen Daten ausgelesen werden. Auf der BACI-Homepage findet man zusätzliche Hinweise zur Codierung der Daten.

Danach folgte die Übertragung der Daten mittels „copy und paste“ in eine Excel-Datei. In Excel können dann die Textdateien in eine tabellarische Form gebracht und weiterverarbeitet werden. Die Daten die der BACI-Datenbank entnommen wurden und dann länderspezifisch vorliegen sind folgende:

- Jahr
- Exporteur (ISO 3-digit country code)
- Importeur (ISO 3-digit country code)
- Produktgruppe (HS 6-digit code)
- Warenwert (in Tausend USD)
- Menge (in Tonnen)

Tabelle 3 zeigt beispielhaft ein Handelsfluss der aussagt, dass Deutschland im Jahr 2019 40.532 t „Meat: of bovine animals, boneless cuts, frozen“ im Wert von 240.202 Tausend USD nach Afghanistan exportierte. Teilt man nun den Warenwert durch die Menge des Produktflusses erhält man die spezifischen Preise für den Warenfluss.

Tabelle 3: Beispiel der Datencodierung in der BACI-Datenbank

Year	Exporter (ISO 3-digit country code)	Importer (ISO 3-digit country code)	Product Category (HS 6-digit code)	Value of the trade flow (in thousands current USD)	Quantity (in metric tons)
2019	276	4	020230	240.202	40.532

Da der BACI-Datenbank die HS-Codierung der Produkte zu Grunde liegt, bedarf es eines Mappings der HS-Produktkategorien mit den Produktflüssen aus ecoinvent, welche nach ISIC4 kategorisiert sind. Dies erfolgte manuell durch den Abgleich der Produktbezeichnung aus ecoinvent mit den Kategorie-Beschreibungen des HS-Systems. Gleichzeitig bedarf es eines Mappings, also einer Zuordnung, zwischen den ISIC4-Kategorien, welche die ecoinvent-Produkte einordnen, und den NACE 1.1.-Sektoren, welche die Basis für die estell-Sektoren liefern.

Für das Mapping wurde auf Tabellen der statistischen Abteilung der Vereinten Nationen (United Nations Statistics Division 2022) zurückgegriffen, die sowohl die Kategorien für HS-Daten (2017) als auch für ISIC4-Daten führt, jeweils in Referenz auf die Central Product Classification (CPC) v 2.1. (United Nations 2015).

Das Vorgehen wurde exemplarisch für fünf Sektoren und bis zu drei Regionen umgesetzt. Ausgangspunkt für den Vergleich war jeweils ein estell-Sektor in einem spezifischen Land, z. B. Basic Plastics, Kanada, dem ein Emissionsfaktor zugewiesen ist, hier 0,79 kg CO₂-eq/€.

Um diesen estell-Sektor nachzubilden, wurden über das ISIC4-/NACE-Mapping zunächst alle ecoinvent-Produkte herausgefiltert, welche dem Sektor zuzuordnen sind. Im zweiten Schritt wurden die ausgewählten ecoinvent-Daten auf das gewählte Land oder die entsprechend übergeordnete Region gefiltert. Dabei wurde der Datensatz, der genau dasselbe Land repräsentiert, in absteigender Reihenfolge vor den Datensätzen mit der nächstübergeordneten Region, dem Rest-of-the-World-Datensatz (RoW) sowie dem globalen Datensatz (GLO) bevorzugt. Beispielsweise würden für einen deutschen estell-Sektor je nach Verfügbarkeit zunächst ecoinvent-Datensätze mit der geographischen Zuordnung DE, gefolgt von RER (Europa), RoW und GLO ausgewählt. Exkludiert wurden market-Prozesse aus ecoinvent, da die Zusammenfassung zu einem Weltdurchschnitt bei Vorhandensein spezifischer Regionen nicht wünschenswert war. Außerdem wurden Prozesse, die nicht ein verarbeitetes Produkt, sondern lediglich die weiterverarbeitende Dienstleistung an einem Produkt abdecken, nicht berücksichtigt.

Auf Basis der HS-Produktgruppen, die jedem ecoinvent-Produkt zugeordnet wurden, konnte mithilfe der BACI-Daten auch die Höhe des entsprechenden Handelsflusses und Marktanteile der Produkte, aus denen sich der Sektor zusammensetzt, bestimmt werden. Wenn eine HS-Produktgruppe mehreren ecoinvent-Produkten zugeordnet werden konnte, dann wurde der gesamte Handelsfluss gleichmäßig unter den ecoinvent-Produkten aufgeteilt. Mithilfe der BACI-Preise und der ecoinvent-Preise konnten im Anschluss die Emissionsfaktoren mit physikalischer Referenz (kg CO₂-eq/kg) aus ecoinvent in Emissionsfaktoren mit monetärer Referenz (kg CO₂-eq/€) umgerechnet werden, um final den nach Handelsvolumina gewichteten Durchschnitt aller im Sektor vertretenen Produkte zu bilden. Dieser Emissionsfaktor stellt den Vergleichswert auf Basis von LCA-Daten dar, mit dem der Vergleich von EEIOA-Daten vorgenommen werden konnte.

3.1.2. Quantitativer Vergleich der verschiedenen Verfahrensansätze

Die Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren wurde in Tabelle 4 vorgenommen. Darin sind der EF der entsprechenden Sektoren aus estell sowie die EF auf Basis von ecoinvent-Produkten, einmal unter Verwendung der ecoinvent (ei) Preise und in der folgenden Spalte auf Basis der BACI-Preise. Die prozentuale Veränderung bezieht sich jeweils auf den EF aus estell.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren ausgewählter Sektoren auf Basis von EEIOA-Daten und LCA-Daten

estell-Sektor	Land	EF estell [kg CO ₂ e/€]	EF ei-Preis [kg CO ₂ e/€]	EF BACI-Preis [kg CO ₂ e/€]	Bemerkungen
D42 Aluminium Production	DE/EUR	1,64	1,94 (+18 %)	3,35 (+104 %)	Alu-Barren sind teurer oder ähnlich teuer wie einige Legierungen; vor allem ALi- und

						AlMg3-Legierungen haben hohen Marktanteil und hohe EF
D42 Aluminium Production	US	1,72	2,2 (+28 %)	1,33 (-23 %)		
D42 Aluminium Production	CA	1,75	3,6 (+106 %)	67,1 (+3734 %)		BACI: Alu-Barren sind sehr günstig (17ct); liquid alu wurde damit gleichgestellt, da keine passendere HS Nummer
D46 Copper Production	US	0,55	2,08 (+278 %)	1,28 (+133 %)		Preis der Kupferkathoden eher niedrig angesetzt
D25 Basic plastics	US	0,58	3,09 (+433 %)	2,11 (+264 %)		Relativ ausgewogene Marktanteile (max. 17 %), aber tendenziell viele Materialien mit höherem EF
D25 Basic plastics	DE	0,6	3,95 (+558 %)	4,23 (+605 %)		Relativ ausgewogene Marktanteile (max. 13 %), aber tendenziell viele Materialien mit höherem EF
D25 Basic plastics	CA	0,79	4,33 (+448 %)	1,85 (+134 %)		Relativ ausgewogene Marktanteile (max. 13 %), aber tendenziell viele Materialien mit höherem EF
D18 Pulp	DE	0,94	1,63 (+73 %)	1,68 (+79 %)		BACI: Markt wird dominiert durch vier Pulp/Papier-Typen; v.a. „paper, woodcontaining, lightweight coated“ treibt den EF hoch
D18 Pulp	CA	1,17	1,57 (+34 %)	1,11 (-5 %)		Sehr hoher Marktanteil von „sulfate pulp“ (Sulfatzellstoff), >90 %
D20 Paper	DE	0,8	1,28 (+60 %)	0,13 (-84 %)		BACI: relativ hohe Preise im Vergleich zu ecoinvent-Preisen; dadurch z. B. sehr niedrige EF der container boards
D20 Paper	CA	0,8	0,92 (+15 %)	0,75 (-6 %)		Hoher Marktanteil des „liquid packaging board container“

Der Vergleich der EF zeigt auf, dass die Differenzen stark variieren. Insbesondere für *D42 Aluminium*, *D18 Pappe* und *D20 Papier* weichen die EF maximal um einen Faktor von 0,5 oder 2 ab, mit Ausnahme der EF zur kanadischen Aluminiumproduktion. Die Streubreite der Ergebnisse zeigt, dass es nicht zu systematisch höheren THG-Werte bei Verwendung der EEIOA-Daten kommt. Auf der anderen Seite ergeben die EF-Berechnungen auf Basis der LCA-Daten für den Sektor *D25 Einfache Kunststoffe* stark abweichende Werte, die mindestens doppelt und maximal sechs Mal so hoch sind wie der EF aus estell. Weder die Schlussfolgerung, dass ein Verfahrensansatz, z. B. aufgrund von Abschneide-Kriterien, zu konsistent höheren EF führt, noch die Hypothese, dass die Ansätze bei der Betrachtung vieler verschiedener Produkte in ähnlichen Ergebnissen münden, sind haltbar.

Um Erkenntnisse zu den Unterschieden zu sammeln, wurden die LCA-basierten EF näher analysiert, sowohl die zugrundeliegenden EF aus ecoinvent, die zugeordneten Preise sowie die zugeordneten Handelsvolumina. Die bedeutendsten Auffälligkeiten werden in der Spalte Bemerkungen in Tabelle 4 aufgelistet. Dabei fällt auf, dass die Gründe unterschiedlicher Natur und sowohl auf methodische Grenzen des gewählten Vergleichsansatzes sowie Unsicherheiten in den Basisdaten zurückzuführen sind.

Zum einen führt die Einbindung von Preisdaten in die Berechnungen zu Unsicherheiten. Die ecoinvent-Preise sind teilweise veraltet und treffen heute nicht

mehr so zu. Die BACI-Preise sind zwar aktuell, bilden jedoch eine Produktkategorie und nicht einzelne Produkte ab. Dies kann zu Ungenauigkeiten in der Preiszuordnung führen. Außerdem hielten die Preise nicht immer Plausibilitätsprüfungen stand, z. B. im Fall des Sektors Aluminiumproduktion, der außerordentlich niedrige Preise für Aluminium-Barren ansetzt. Des Weiteren trat bei den exemplarischen Berechnungen mehrmals der Fall auf, dass die aus BACI verwendeten Marktanteile einer spezifischen Produktkategorie sehr hoch ausfallen. Dies rührt daher, dass auch ecoinvent hinsichtlich der Prozess- und Produktvielfalt in einzelnen Sektoren stark limitiert ist und nur wenige Datensätze für den Vergleich zur Verfügung stehen. Ausreißer-Werte, z. B. Werte für spezialisierte Technologien, haben entsprechend eine höhere Chance, in das EF-Ergebnis einzufließen. Dies fällt insbesondere dann ins Gewicht, wenn derselben HS-Produktkategorie keine weiteren Produkte zugeordnet wurden und der Handelsfluss dieser HS-Produktkategorie relativ hoch ist. Dabei kann bei der Berechnung des Sektor-EFs spezifischen Datensätzen eine hohe Gewichtung zugeschrieben werden. Im Fall des Sektors „Einfache Kunststoffe“ waren weder dominante Marktanteile eines Produkts noch die Preisunterschiede die dominierenden Faktoren. Die nach der LCA-Methode erhobenen EF lagen meistens höher als die EF aus ecoinvent. Zusätzlich gilt es auch die Grenzen des manuellen Mappings zwischen ecoinvent-Produkten und HS-Produktkategorien zu benennen. Diese ist fehleranfällig, da sie sich lediglich auf die Prozessbeschreibungen in ecoinvent sowie die Beschriftung der HS-Produktkategorie stützte und nicht durch Experten eines spezifischen Sektors durchgeführt wird.

Diese unterschiedlichen Schwachstellen, die durch die tiefere Analyse zutage traten, zeigen auf, dass der Vergleich der Datenbasis einer weiteren aufwendigen Analyse bedarf, um widersprüchliche Beobachtungen und Ausreißer aufzuklären, die von der angewandten Methodik des Vergleiches rühren. Gleichzeitig treten weiterhin die eingangs erwähnten Unterschiede in der Methodik und der Datenerhebung der beiden Verfahrensansätze auf, die auch unabhängig von den methodischen Herausforderungen des Vergleichs zu den Inkonsistenzen führen können.

3.1.3.2 Empfehlung für den Anwendungsbereich der EEIOA-Daten

Aufgrund der begründeten, weiter mangelnden Vergleichbarkeit der Verfahrensansätze (siehe Tabelle 2), ist es aktuell nicht ratsam, diese in einer hybriden Datenbank zu fusionieren. Folglich stellt sich die Frage, welche Stärken und Schwächen im Hinblick einer Anwendung in der unternehmerischen THG-Bilanzierung auf den EEIOA-Ansatz zutreffen und wie dadurch dessen Anwendungsbereich im Vergleich zu auf LCA bzw. PCF basierenden Datenbanken abgegrenzt wird.

Zu diesem Zweck wurde eine Literaturrecherche durchgeführt und um eigene Erfahrungen aus dem Projekt ergänzt. Im ersten Schritt wurden unternehmerische Anforderungen an die Bilanzierung der Wertschöpfungskette in der THG-Bilanzierung und an die Datenbasis formuliert (Tabelle 5). Im zweiten Schritt wurde bewertet, ob der EEIOA-Ansatz diese Anforderungen erfüllen kann, insbesondere in Anbetracht der alternativen PCF-Daten.

Tabelle 5: Anforderungen an die Scope 3-Bilanzierung im Carbon Accounting

Anforderung	Beschreibung der Anforderung
-------------	------------------------------

Genauigkeit	Die Genauigkeit gibt an, wie nahe eine Messung bzw. ein Datensatz, hier der EF, am realen Wert liegt. Da der reale Wert nicht bekannt ist, können nur Attribute des Datensatzes verglichen werden. Dazu gehört die Produktäquivalenz, die technologische Äquivalenz, die geographische Äquivalenz sowie die temporale Äquivalenz. Produktäquivalenz ist gegeben, wenn der Datensatz dasselbe Produkt mit seinen spezifischen Eigenschaften abbildet. Technologische Äquivalenz liegt vor, wenn das Produkt auf dieselbe Art und Weise produziert wurde. Geographische und temporale Äquivalenz erfordern eine geographische und zeitliche Übereinstimmung eines Datensatzes mit dem realen Wert. Systematische Abweichungen und Unsicherheiten sind gemäß DIN EN ISO 14064-1:2019-06 zu vermeiden.
Vergleichbarkeit	Die Bilanzen sollten einen fairen Vergleich der unternehmerischen Emissionen mit anderen Organisationen ermöglichen.
Konsistenz	Unternehmen fordern im Carbon Accounting methodische Konsistenz. Dies bezieht sich einerseits auf die verwendete Methodik innerhalb einer Bilanz, inkl. Annahmen, Systemgrenzen, Datenquellen usw. Darüber hinaus sollte diese Methodik über Zeitverläufe angewandt werden können.
Überprüfbarkeit	Für Unternehmen ist es wichtig, dass die Datenbasis transparent und sowohl durch interne als auch externe Prüfer überprüfbar ist.
Wirkungsorientierung	Die Ergebnisse des Carbon Accountings werden im internen Controlling und im externen Berichtswesen angewandt, üblicherweise um die aktuellen Emissionen darzustellen, Reduktionsziele zu setzen und die Erreichung dieser Reduktionsziele zu überprüfen. Die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Emissionsreduktion soll mit der Bilanzierung bewertet werden können. Gleichzeitig soll vermieden werden, dass methodische Änderungen oder Änderungen im Portfolio die Bewertung beeinflussen.
Vollständigkeit	Unternehmen richten sich beim Carbon Accounting nach den gängigen Standards. Insbesondere der organisatorische Standard des GHG Protocols ist weit verbreitet. Die Anforderungen dieses Standards an die Berücksichtigung der Scope 3-Kategorien soll eingehalten werden. Als zentrales Kriterium der Inklusion von Prozessen in der Wertschöpfungskette wird hier die Wesentlichkeit genannt (WRI und WBCSD 2011). Das heißt, dass keine Aktivitäten des Unternehmens unbegründet ausgeschlossen werden sollten, die die Relevanz der Bilanz beeinträchtigen.
Effizienz	Die Bilanzierung der Wertschöpfungskette sollte unter vertretbarem Aufwand hinsichtlich Zeit und Geld realisierbar sein.

Im Hinblick auf die Genauigkeit der Daten weist der EEIOA-Ansatz besonders bei der geographischen und temporalen Äquivalenz Stärken auf (Steubing et al. 2022). EEIOA-Datenbanken enthalten länderspezifische Daten für einen Großteil der Länder weltweit. Da das Carbon Accounting in der Praxis meistens die Emissionen eines Referenzjahres bilanziert, ist temporale Äquivalenz ebenfalls gegeben.

Aufgrund des „Top-down“-Ansatzes bei der Datenerhebung können die Emissionen lediglich Sektoren oder Produktgruppen zugeordnet werden. Eine weitere Disaggregation wäre mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Eine Produktäquivalenz sowie eine technologische Äquivalenz hinsichtlich eines spezifischen Produkts kann somit nicht erreicht werden (Goldhammer et al. 2017). Anders verhält es sich, wenn ganze Produktgruppen bilanziert werden sollen, wie es bei der Gesamtbetrachtung von Unternehmen der Fall sein kann. Durch Zuordnung spezifischer Produkte auf die Gesamtheit einer Produktgruppe, kann die durchschnittliche Äquivalenz einer Produktgruppe dem entsprechenden Sektor und den darin enthaltenen Technologien angenähert werden. Dieser Zusammenhang

entstammt der logischen Schlussfolgerung, dass durch die kumulierte Betrachtung einer Vielzahl spezifischer Produkte Ausreißer (wie z. B. ein Spezialstahl, der mehrere zusätzliche Prozessschritte durchläuft) durch die Betrachtung des Produktgruppen-Durchschnitts ausgeglichen werden. Zudem kommen die Einkäufe eines Unternehmens in einer Produktgruppe bei zunehmender Größe und steigender Anzahl der eingekauften Posten dem Sektordurchschnitt des Marktes immer näher. Es ist zudem zu berücksichtigen, dass die Daten dann auch auf einer höheren Ebene aggregiert sind und keine Rückschlüsse auf spezifische Produkte zu lassen. Im Vergleich dazu kann die Produktäquivalenz und die technologische Äquivalenz von PCF-Daten sehr stark ausgeprägt sein, wenn Daten verfügbar sind. Je niedriger die Verfügbarkeit an Daten, desto schwächer entwickelt sich die Äquivalenz von Produkten und Technologien. Auch die geographische und die temporale Äquivalenz hängen stark vom verwendeten Datensatz und somit der Verfügbarkeit ab und kann entsprechend stark oder schwach ausgeprägt sein. Zu beobachten ist, dass in der Praxis oftmals eine hohe Präzision einzelner Datensätze mit Genauigkeit verwechselt wird.

Der EEIOA-Ansatz nutzt für alle erhobenen Datensätze dieselbe Methodik. Gleichzeitig kann diese Methodik über viele Jahre so fortgeführt werden. Hier unterscheidet sich der Ansatz wesentlich von der Nutzung der PCF-Daten. Diese Daten entspringen häufig unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen im Hinblick auf Systemgrenzen, Datenquellen und Qualitätsprüfung.

Im Fall des EEIOA-Ansatzes ist die Überprüfbarkeit gegeben, da es sich um öffentlich verfügbare und von Regierungen überwachte Daten handelt. Bei PCF-Daten hängt es vom Einzelfall ab, ob der Datenersteller sowie der Besitzer des Datensatzes die Zusammenstellung eines Datensatzes transparent darlegen und dokumentieren.

Die Wirkungsorientierung ist bei der Verwendung von EEIOA-Daten grundsätzlich gegeben, kann aber durch einige Parameter eingeschränkt werden. Dazu zählt in erster Linie die Bedeutung der Produktpreise. Da die Analyse auf monetären Daten beruht, kann eine Preisänderung erhebliche Auswirkungen auf die THG-Bilanzierung haben, selbst wenn keine Änderung der realen Emissionen stattfindet (Jakobs et al. 2021). Dies ist im Gegensatz bei der Berechnung auf Basis physikalischer Daten nicht der Fall. Darüber hinaus ist zu beachten, dass bei Maßnahmen im Scope 3-Bereich lediglich Mengenreduktionen hinreichend bewertet werden können. Maßnahmen, die der angepassten Lieferantenauswahl zuzuordnen sind, können lediglich über die geographische Äquivalenz, nicht jedoch über die Produktäquivalenz und die technologische Äquivalenz, abgedeckt werden. An dieser Stelle weist die Nutzung von PCF-Daten eine vermeintliche Stärke auf, da die Produktspezifität ausreichen kann, um den Lieferantenwechsel zu bewerten (Kjaer et al. 2015). Allerdings stehen hier in der Praxis häufig nicht die benötigten Datensätze zur Verfügung oder sie ermangeln eines Äquivalenz-Aspekts.

Hinsichtlich der Vollständigkeit wird die EEIOA-Methode häufig als positives Beispiel hervorgehoben, da die Annahme besteht, dass die Handelsketten sämtliche wirtschaftlichen Verflechtungen abbilden und auf Systemgrenzen verzichtet werden kann (Goldhammer et al. 2017; Kjaer et al. 2015). Font Vivanco (2020) demonstrierte jedoch, dass auch EEIOA-Daten relevante Lücken aufweisen können, hauptsächlich

durch die nicht ausreichende Berücksichtigung von Kapital. Auf der anderen Seite neigen PCF-Daten dazu, willkürliche Abschneide-Kriterien einzelner Prozesse und Lebenszyklusphasen vorzunehmen sowie Dienstleistungen auszuklammern. Auch dies kann zu einer Unvollständigkeit führen. Diese Schwächen treten hingegen im EEIOA-Ansatz nicht auf. Daraus folgt, dass bei der Nutzung von EEIOA-Datenbanken darauf geachtet werden sollte, dass die Bruttoanlageinvestitionen ebenfalls in die Berechnungen der EF eingeschlossen werden (ähnlich zur finanziellen Abschreibung). Ist dieses Kriterium abgedeckt, kann von einer Berücksichtigung der wesentlichen Emissionen ausgegangen werden.

Eine große Stärke des EEIOA-Ansatzes ist die Effizienz (Kjaer et al. 2015). Die Datenerhebung findet über volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen und deren Modifikation statt. Dieser Prozess ist im Vergleich zur Sammlung von PCF-Daten deutlich weniger mühsam, vor allem für bestimmte geografische Räume. Auch die Zuordnung der verfügbaren Datensätze in Unternehmen ist weitaus weniger aufwendig. Dies ist erstens auf die niedrigere Granularität der Datenbank bezüglich der Produktauswahl zurückzuführen. Zweitens können die monetären Einkaufsdaten für die Datenerhebung verwendet werden. Dies erspart in der Praxis aufwendige Sammlungen und Umrechnungen von physikalischen Materialmengen.

Aus der Betrachtung der Stärken und Schwächen heraus ergibt sich ein Anwendungsprofil des EEIOA-Ansatzes. Dieses Profil wurde auch im veröffentlichten Leitfaden für Anwender des scope³analyzers beschrieben (Schmidt et al. 2022).

- Der Anwender ist eine Organisation. Zielgruppe können sowohl Nationen, Kommunen sowie mittelgroße bis große Unternehmen mit einer hohen Anzahl an eingekauften Gütern sein.
- Der Anwender strebt nach einer methodisch konsistenten Vorgehensweise in der THG-Bilanzierung.
- Der Anwender strebt nach einer Datenbasis, welche die wesentlichen Emissionen der Wertschöpfungskette vollständig abdeckt und welche einer unabhängigen Überprüfung standhält.
- Der Anwender kann oder will die Ressourcen für eine detaillierte Lieferkettenanalyse nicht aufbringen und bedarf einer zeit- und kosteneffizienten Methode in der THG-Bilanzierung.
- Der Anwender strebt nach einem Mittel zur Berechnung der Gesamtemissionen mit dem Ziel der Berichterstattung nach international gängigen Standards (insbesondere des GHG Protocols), des Benchmarkings mit anderen vergleichbaren Organisationen sowie der Identifikation der wichtigsten Hotspots.
- Der Anwender verfügt über ein ausreichendes Verständnis der Methodik, um die Auswirkungen von Preisänderungen bewerten zu können, falls ein Vergleich verschiedener Bilanzierungsjahre angestrebt wird.
- Der Anwender strebt NICHT an, den Beitrag einzelner Produkte zu den Gesamtemissionen zu berechnen.
- Der Anwender hat NICHT zum Ziel, Lieferantenanpassungen als Maßnahme zur Emissionsreduktion in der Bilanz abzubilden.

3.2. AP2: Weiterentwicklung und Validierung des estell-Ansatz

Zur Berechnung der upstream Scope 3-Emissionen (Lieferkette) wurde die estell-Datenbank der Firma Sustain Consulting GmbH als Basis verwendet. Diese Datenbank enthält Input-Output-Tabellen mit statistischen Daten aus umweltökonomischen Gesamtrechnungen (EEIOA-Daten). Um den Anforderungen innerhalb des Projekts gerecht zu werden, wurde die estell-Datenbank im Rahmen von KligWeR entsprechend weiterentwickelt. Zusätzlich wurde der methodische Ansatz vom INEC validiert. Insbesondere wurde bei der Weiterentwicklung darauf geachtet den Anforderungen aus AP3 und AP4 gerecht zu werden.

Eine ausführliche Beschreibung der Methodik findet sich im Fachartikel „Die Bedeutung der Lieferkette für den Klimafußabdruck von Unternehmen“ (Schmidt et al. 2021). Informationen zur Methodik für AnwenderInnen in der Praxis finden sich ebenso auf der Homepage des scope³analyzers und im Leitfaden.

3.3. AP3: Pilotanalyse und zusätzliche Detailanalysen

Die Pilotphase konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Die Betreuung der Praxispartner wurde überwiegend von der Sustain Consulting GmbH übernommen, die eng mit den Praxispartnern der ZEISS Gruppe und der Robert Bosch GmbH zusammengearbeitet hat. Zwischen den Partnern gab es einen bilateralen Vertrag, der es Sustain ermöglichte, auf vertrauensvoller Basis mit den Praxispartnern zusammenzuarbeiten.

Zunächst erfolgte eine Abstimmung der benötigten unternehmerischen Aktivitätsdaten, wie Einkaufs- und Energieverbrauchsdaten, mit den Praxispartnern. Anschließend wurden die Daten von den Unternehmen bereitgestellt, die dann von Sustain für den Einsatz im Modell aufbereitet wurden. Als Nächstes konnten die THG-Emissionen im Modell berechnet werden und eine Qualitätssicherung durchgeführt werden. Im Rahmen eines Workshops wurden die Ergebnisse von Sustain vorgestellt. Abschließend wurden die Ergebnisse an die Pilotunternehmen übergeben.

Durch die enge Zusammenarbeit mit den Praxispartnern in der Pilotphase, in diesem Fall Großunternehmen, konnten von Sustain Erfahrungen zur Eingabe und der Anpassung erforderlicher Daten, der Interpretation der Ergebnisse und den möglichen Schlussfolgerungen für Unternehmensentscheidungen gesammelt werden. Wichtige Erkenntnisse konnten direkt im Tool umgesetzt und, bei Bedarf, die Methode angepasst werden.

Ergänzend wurden von Sustain zusätzliche Analysen durchgeführt, die im Tool nicht umgesetzt wurden. Hierzu wurden zusätzliche Einkaufsdaten, detaillierter als im Tool benötigt, abgefragt. Zum Beispiel wurde die Differenzierung der Einkaufsdaten nach Kostenträgern und nach Lieferanten angeschaut. Die Praxispartner erhielten im Gegenzug die Auswertungen der THG-Emissionen nach Lieferanten, Kostenträger, Länder und Prozesse. Die Auswertungen ermöglichten Sustain, sowie den Praxispartnern, ein tieferes Verständnis über die Struktur der THG-Emissionen. Das bringt den Vorteil, dass passende THG-mindernde Maßnahmen unternehmensspezifisch abgeleitet werden können. Die Ergebnisse wurden dann den beiden Unternehmen übermittelt.

Nach Abschluss der Pilotphase konnten die gewonnenen Erkenntnisse von Sustain ins Tool eingearbeitet werden.

Im Anschluss an die Pilotanalyse hat ein Projekttreffen zwischen den Projektpartnern und dem INEC stattgefunden, um sich ein Feedback einzuholen. Die Kritik der Praxispartner ist überwiegend positiv ausgefallen. Besonders hervorgehoben wurde die Stärke des Tools in der Hotspotanalyse. Der Handlungsspielraum für entscheidende Maßnahmen kann damit genauer eingekreist werden. Das Tool kann auch als Basis für eine Zielableitung, die den Scope 3 betrifft, zum Einsatz kommen. Ein weiterer Vorteil der von den Projektpartnern genannt wurde war, dass mit dem Tool eine Datenbasis geschaffen werden kann. Als Unternehmen mit weit über 20.000 Lieferanten bestätigten die Praxispartner, dass eine Einzelabfrage der Lieferanten sehr zeitintensiv und damit nur schwer realisierbar ist. Das Tool liefert dafür eine gute Basis, um sich mit relativ geringem zeitlichem Aufwand einen Überblick der gesamten Lieferkette verschaffen zu können. Darauf aufbauend kann dann weitergearbeitet werden. Ein Vergleich mit Realdaten wird im nächsten Schritt von den Praxispartnern angestrebt.

Als etwas schwieriger erwies sich die Zuordnung der Scope 3-Kategorien im Tool, vor allem wenn die interne Unternehmensorganisation keinem gängigen Warenwirtschaftssystem folgt oder in einzelnen Geschäftsfeldern unterschiedliche Systeme angewandt werden. In diesem Fall muss eine sinnvolle Zuordnung/Harmonisierung stattfinden. Die Datenstrukturen in Unternehmen sind meist unterschiedlich und es gibt keine ganz klare Warengruppenzuweisung. Dann muss eine Aggregation der Eingabedaten vorgenommen werden, die gleichzeitig genügend Informationen zur Zusammensetzung der Emissionen liefert. Zudem kann keine Logistik erfasst werden. Auf Grund der Komplexität logistischer Prozesse kann dies vom Tool nicht erfasst werden, da die Ergebnisse zu ungenau werden, wenn auf einige Annahmen im Modell zurückgegriffen werden muss.

Die Pilotphase erwies sich als sehr wertvoll. Das überwiegend positive Feedback bestärkte die Methodik und das Tool, dass daraufhin in die abschließende Entwicklung übergehen konnte. Zu beachten galt, dass das Tool kostenfrei zur Verfügung stehen wird und allein dadurch Grenzen aufweist. Der scope³analyzer wird spezifischere Beratungsangebote nicht ersetzen können. Für einen umfassenderen Corporate Carbon Footprint, der für die Ableitung von Maßnahmen dient und damit auch zum Performance-Tracking genutzt werden kann, müssen weitere Angebote herangezogen werden.

3.4. AP 4: Entwicklung eines webbasierten THG-Berechnungstools

3.4.1. Datengrundlage für Scope 1-3

Das Ziel des webbasierten THG-Berechnungstools ist es, einen berichtskonformen Corporate Carbon Footprint (CCF) ermitteln zu können. Deshalb orientiert sich der Aufbau des Tools, die Auswahl der Emissionsfaktoren und die Einteilung der Emissionen am gängigsten Standard, dem GHG Protocol (WRI und WBCSD 2011).

Der Aufbau des Tools folgt grob folgender Logik: Abfrage der unternehmerischen Aktivitätsdaten, Upload der Aktivitätsdaten und webbasierte Berechnung. Dem Online-Tool sind Emissionsfaktoren hinterlegt. Die Berechnung der Emissionen ist dann eine

einfache Multiplikation mit den unternehmerischen Aktivitätsdaten sowie eine abschließende Aufsummierung aller Emissionen, die es ermöglicht, die Ergebnisse unterschiedlich aufbereitet darzustellen. Die AnwenderInnen selbst sind vor allem für die korrekte Aufbereitung der Aktivitätsdaten verantwortlich. Die anschließende Berechnung der unternehmerischen THG-Emissionen wird vom Tool mit der integrierten Datenbank übernommen. So kann eine einfache, effiziente und methodisch korrekte Erstellung des CCFs gewährleistet werden.

Gemäß GHG Protocol werden Emissionen in die unterschiedlichen Scopes eingeteilt (siehe Kapitel 1). Die Scope 3-Emissionen werden zusätzlich nach upstream und downstream differenziert. Dies bedeutet, dass THG-Emissionen, die in der Wertschöpfungskette vor (upstream) oder nach (downstream) dem zu bilanzierenden Unternehmen entstehen, unterschiedlich eingeteilt werden. Im Rahmen der Entwicklung, eines kostenfreien und selbsterklärenden Tools, mussten Eingrenzungen für die Berechnung des CCFs vorgenommen werden. Daher werden im Tool nur upstream-Emissionen berechnet. Für die Ermittlung der Scope 3 downstream THG-Emissionen müssten komplexere und unternehmensspezifische Berechnungsmodelle herangezogen werden, für die meist Annahmen getroffen und Szenarien aufgestellt werden müssen, die im besten Fall von ExpertInnen durchgeführt werden, um eine methodisch korrekte Vorgehensweise sicherstellen zu können. Für alle verbleibenden Scopes kann eine systematische und valide Berechnung der THG-Emissionen gewährleistet werden. Entsprechend deckt das Tool auch alle durch das GHG Protocol vorgeschlagenen Scope 3-Kategorien (Tabelle 6) ab.

Tabelle 6: Scope 3-Kategorien

Scope 3 (upstream)-Kategorien
3.1 Purchased goods and services
3.2 Capital goods
3.3 Fuel- and energy-related activities
3.4 Upstream transportation and distribution
3.5 Waste generated in operations
3.6 Business travel
3.7 Employee commuting

Die benötigten unternehmerischen Aktivitätsdaten zur Berechnung der Scope 1-3 Emissionen lassen sich im Wesentlichen in jahresspezifische Energieverbrauchsdaten und Einkaufsdaten einteilen. Die Energieverbrauchsdaten werden zur Berechnung der Scope 1, 2, 3.3 und 3.6 benötigt und in physikalischen Mengen abgefragt. Mit den monetären Einkaufsdaten können die Emissionen der Scope 3-Kategorien 3.1, 3.2 und 3.4-3.6 berechnet werden.

Zwei entscheidende Vorteile eines Online-Tools zur Berechnung des CCFs sind die konsistente Berechnungsmethode und die Hinterlegung von Emissionsfaktoren, deren Datenqualität geprüft wurde. Deshalb wurde bei der Auswahl der Emissionsfaktoren besonderen Wert auf Datenqualität und -aktualität gelegt. Ebenso mussten die Lizenzbedingungen eine Nutzung im kostenfreien Tool zulassen und es musste dafür gesorgt werden, dass eine Nutzung über mehrere Jahre gewährleistet werden kann. Zur Prüfung der Datenqualität der Emissionsfaktoren für Scope 1 und Scope 3.3 wurden daher unterschiedliche wissenschaftliche Quellen einander gegenübergestellt.

Für Scope 3.3 mussten zusätzlich die Vorketten-Emissionen der erneuerbaren Energien betrachtet werden.

Bei den Scope 1-Emissionen handelt es sich überwiegend um fossile Verbrennungsprozesse, deren Emissionsfaktoren anhand der Heizwerte relativ einfach und konsistent berechnet werden können. Verglichen wurden Emissionsfaktoren vom Umweltbundesamt (UBA), dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) und dem Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra). Wie im Vorfeld vermutet zeigte sich, dass sich die einzelnen Quellen nur geringfügig (Abweichung < 5 %) voneinander unterscheiden, was auf die unterschiedlichen Berechnungsmethoden, Datenbanken oder/und Literaturwerte zurückzuführen ist.

Letzten Endes wurden die Defra-Emissionsfaktoren ausgewählt. Die Daten erwiesen sich auf Grund der konsistenten Datenerhebung für Scope 1 und 3, der jährlichen Aktualisierung und die Angabe in CO₂-Äquivalenten, als besonders geeignet. Lediglich für die Vorketten-Emissionen der erneuerbaren Energien mussten zusätzliche Daten aus ecoinvent 3.7 herangezogen werden.

Etwas aufwendiger erwies sich die Schaffung der Datenbasis zur Berechnung der Scope 2-Emissionen. Als Berechnungsgrundlage diente der standortbezogene Ansatz des GHG Protocols Scope 2 Guidance (World Resources Institute 2015). Dabei werden die durchschnittlichen Emissionen der Stromerzeugung innerhalb eines geografischen Raumes berechnet. Im Tool wurde bewusst auf die Eingabemöglichkeit von grünem Strom/ Ökostrom verzichtet, da nicht nachvollzogen werden kann ob eine Kapazitätserweiterung regenerativer Energiequellen gewährleistet werden kann.

Deshalb mussten Länderemissions-Modelle entwickelt werden für dessen Datenbasis umfangreiche und aktuelle Daten über THG-Emissionen der länderspezifischen Strommixe benötigt wurden, die in Rechercharbeiten ermittelt werden mussten. Die Rechercharbeiten zeigten, dass die International Energy Agency (IEA) eine umfassende, jährlich aktualisierte und konsistente Datenbasis anbietet, die jedoch mit hohen jährlichen Anschaffungskosten und problematischen Lizenzbedingungen verbunden ist. So dürfen die Daten nicht in öffentlich verfügbare Tools zum Einsatz kommen, was sie für die vorgesehene Anwendung unbrauchbar macht. Die IEA- Daten wurden dennoch gekauft, um die eigenen Modelle der länderspezifischen Strommixe validieren zu können. Hierfür mussten eigene Länderemissions-Modelle erstellt werden, um die Emissionen der länderspezifischen Strommixe berücksichtigen zu können. Energiedaten der BP und der Europäischen Umweltagentur (EEA) wurden für die Abwägung der geeignetsten Energiedaten gegenübergestellt. Der Abgleich mit den kostenpflichtigen IEA-Energiedaten zeigte, dass es nur geringfügige Abweichungen zu den eigenen erhobenen Daten gibt. Das von Sustain entwickelte Länderemissions-Modell konnte damit als Datenbasis im Tool verwendet werden.

Wie in Kapitel 3.2 bereits beschrieben, wird die Berechnung der Scope 3-Emissionen auf Basis des weiterentwickelten estell-Ansatzes durchgeführt. Die Datenerfassung zur Berechnung der Scope 3-Emissionen erfolgt daher über monetäre Einkaufsdaten, die im Rahmen des gängigen betriebswirtschaftlichen Controllings erfasst werden.

Zusammenfassend setzt sich das Tool nun aus folgenden Datenquellen zusammen.

Scope 1:

- UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting (Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra) 2021)

Scope 2:

- European Environment Agency: Greenhouse gas emission intensity of electricity generation (European Environment Agency 2022)
- BP Statistical Review of World Energy 2021 (bp 2021)
- IPCC Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change – Working Group III Contributions of the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (Intergovernmental Panel on Climate Change 2014)

Scope 3:

- BP Statistical Review of World Energy 2021 (bp 2021)
- UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting (Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra) 2021)
- IO-Modell erstellt von Sustain: OECD ICIO (OECD 2021), U.S. Bureau of Economic Analysis (BEA) (U.S. Department of Commerce 2021), EXIOBASE (Exiobase 2021) und World Development Indicators (The World Bank 2021)
- Weitere Quellen: Statista, Mobilität in Zahlen Deutschland, Kraftfahrtbundesamt, BMWi, Umweltbundesamt, DIW

3.4.2. Tool- Beschreibung

Auf der Datengrundlage, die in Kapitel 3.4.1 beschrieben wurde, ist das Tool zur Ermittlung der betrieblichen THG-Emissionen einschließlich der Vorketten-Emissionen entwickelt worden und wurde „scope³analyzer“ genannt. Auf der technischen Seite wurde das Tool von der Firma Sustain, mit Unterstützung bei der IT-Entwicklung von der Otto Group Service Provider (OSP), entwickelt. Das INEC stand beratend bei der Datenauswahl zur Verfügung.

Im November 2021 konnte die Beta-Phase gestartet werden, die im Februar 2022 erfolgreich abgeschlossen wurde. Insgesamt haben zehn Beta-TesterInnen teilgenommen. Das Feedback der Testphase wurde anschließend ausgearbeitet und das Tool entsprechend angepasst. Seit dem 1. März 2022 ist das webbasierte und kostenfreie Tool öffentlich zugänglich. Unter der Webadresse <https://scope3analyzer.pulse.cloud/> kann der scope³analyzer ohne Login oder Registrierung verwendet werden. Seit Mai 2022 steht ebenfalls eine englische Version zur Verfügung. Sustain stellt für insgesamt drei Jahre (2020, 2021 und 2022) Daten zur Verfügung.

Es wurde großen Wert auf Datenschutz gelegt. So folgt das Modell den höchsten Sicherheitsanforderungen. Der scope³analyzer verfolgt das Grundprinzip des Datenminimalismus. Es werden nur Daten abgefragt, die für die Analyse zwingend erforderlich sind. Sollten im Ausnahmefall einmal Daten für zusätzliche Funktionen oder statistische Zwecke abgefragt werden, ist die Angabe stets optional. Mit der Angabe von Verbrauchs- und Einkaufsdaten werden zwar grundlegend sensible Daten

übermittelt, allerdings werden diese im Rahmen der Datenerfassung, durch die Eingabe in das Excel-Template, stark aggregiert. Zudem erfolgt die Nutzung des scope³analyzers anonym. Ein Rückschluss auf das Unternehmen ist nicht möglich. Außerdem kann der/die AnwenderIn das Aggregationslevel der Daten selbst wählen, in dem die Daten vor dem Upload skaliert, mit einem Faktor multipliziert oder als relative Werte angegeben werden. Durch die Bearbeitung der Daten per Excel liegt die volle Kontrolle über die hochgeladenen Daten beim Unternehmen. Auch werden die Daten lediglich zur unmittelbaren Berechnung hochgeladen. Auf eine Speicherung der Daten wird ausdrücklich verzichtet und der Upload auf der Homepage wird jeden Tag gelöscht.

Zum Zwecke der Reichweitenmessung, der Identifikation von Verbesserungspotentialen, der Gewährleistung eines reibungslosen Verbindungsaufbaus sowie der Auswertung der Systemsicherheit und -stabilität werden einige wenige ausgewählte statistische Daten, Metadaten und Logs gespeichert. Die Anonymität bleibt dabei gewährt. Auf den Einsatz von Cookies wird gänzlich verzichtet. Die Verarbeitung der Daten erfolgt in einem deutschen Rechenzentrum.

Auf der Startseite des scope³analyzers kann das Excel-Template heruntergeladen werden, welches anschließend lokal bearbeitet wird. Im Excel-Template werden die Energieverbrauchsdaten und monetäre Einkaufsdaten abgefragt. Bei den monetären Einkaufsdaten aus dem Warenwirtschaftssystem wird nach Warengruppe und Herkunftsland unterschieden.

Vor dem Upload der Daten müssen die Nutzungsbedingungen akzeptiert werden. Sobald das Dokument dann hochgeladen wurde, wird unmittelbar der Corporate Carbon Footprint des Unternehmens berechnet. Auf dem Dashboard werden dann die Ergebnisse angezeigt, die im PNG-, PPT- oder XLS-Format heruntergeladen werden können. Es wird eine Übersicht der Gesamtemissionen, aufgeteilt in Scope 1 (Emissionen am eigenen Standort), Scope 2 (Emissionen aus eingekaufter Energie) und Scope 3 (Emissionen der Lieferkette), ausgegeben. Ebenso wird die Emissionsintensität in CO₂-Äquivalenten je umgesetzten Euro errechnet. Des Weiteren werden die Scope 3-Emissionen aufgeteilt nach Kategorien, Herkunftsland des Lieferanten, nach Prozessen und nach Lieferkettenstufen angezeigt.

Die dem scope³analyzer zu Grunde gelegte Methodik ist berichtskonform mit dem aktuell gängigsten Berichtsstandard im Corporate Carbon Footprinting, dem GHG Protocol. Die NutzerInnen haben ein widerrufliches, einfaches, inhaltlich und räumlich unbeschränktes Nutzungsrecht an dem Modell. Das Modell darf von den NutzerInnen nur für die eigenen Geschäftszwecke und den vereinbarten Vertragszweck (Erhebung der THG-Emissionen) genutzt werden. Der Quellcode und die Basisdaten des Modells erstellt werden aus lizenzrechtlichen Gründen, aber auch aus Gründen der Qualitätssicherung und Fälschungssicherheit nicht bereitgestellt. Systain bleibt Inhaber des Modells.

3.5. AP 5: Weiterentwicklung und Pilotierung bei KMU in einer Lieferkette

Die Entwicklung des scope³analyzers ermöglicht nun eine Erhebung der THG-Emissionen auf Unternehmensebene. Die Scope 3-upstream-Emissionen werden

über EEIOA-Daten abgeschätzt. Die Scope 3-Daten sind immerhin nach Warengruppe und Herkunftsland unterschieden und umfassen auch die globale Wertschöpfungskette, aber sie können die Struktur der relevanten Wertschöpfungskette nur mit begrenzter Genauigkeit abbilden (Näherung 0. Ordnung). Das ändert sich in dem Augenblick, wo das Berechnungstool für die Scope 3-Emissionen nicht bei dem bilanzierenden Unternehmen, sondern eine Stufe früher - also bei Tier-1-Unternehmen - angewendet wird (Näherung 1. Ordnung). Denn hier werden immerhin schon die Scope 1- und 2-Emissionen der Tier-1-Lieferanten genauer erfasst, die Scope 3-Emissionen sind ebenfalls etwas genauer. Es ergibt sich daraus eine rekursive Berechnungsstruktur entlang der Wertschöpfungs- bzw. Lieferantenkette. Hat ein Unternehmen 100 Lieferanten auf Stufe Tier-1, so müsste das Tool also 100-mal angewendet werden und die Ergebnisse dann konsolidiert werden. Die Ergebnisse der 1. Ordnung wären genauer als die der 0. Ordnung. Und ebenso die der 2. Ordnung gegenüber der 1. Ordnung etc. Dies führt zu dem Konzept der Kumulierten Emissionsintensitäten (KEI) in Lieferketten, welches von Schmidt et al. (2009) eingeführt wurde. Haubach (2013) hatte die Nutzung von EEIOA-Daten als vorübergehende Näherung vorgeschlagen, welche schrittweise durch Primärdaten der Lieferanten präzisiert werden könnten.

Die Weitergabe des Tools an Tier-1-Lieferanten und in der Folge auch an die tiefere Lieferkette würde eine praktische Realisierung dieses Konzepts der KEI ermöglichen. Voraussetzung hierfür sind niedrige Barrieren zur Verwendung des Tools sowie eine globale Verfügbarkeit. In vielen europäischen Ländern ist Datenschutz ein weiteres zentrales Kriterium. Dieser Schritt der Weitergabe an Tier-1-Lieferanten sollte entsprechend mit den Praxispartnern erprobt werden, um Rückschlüsse auf die Akzeptanz des scope³analyzers in der Lieferkette zu ziehen.

Mit dem Praxispartner der ZEISS Gruppe fanden im Dezember 2021 die ersten Abstimmungstreffen statt, um die Pilotierung bei den KMUs in der Lieferkette anzugehen. Insgesamt konnten sieben Lieferanten der ZEISS Gruppe gewonnen werden, durch die ein enger Austausch mit potentiellen AnwenderInnen des scope³analyzers aus der Lieferkette ermöglicht wurde. Alle Lieferanten zeichneten sich durch eine jahrelange vertrauensvolle Zusammenarbeit mit der ZEISS Gruppe aus.

Im Januar 2022 erfolgten die Kick-Off-Termine mit den Lieferanten, die vom INEC geleitet wurden. Zum Start gab es ein Briefing und eine Einführung in den scope³analyzer. Es wurden Geheimhaltungsvereinbarungen abgeschlossen, damit eine vertrauliche Basis für den Austausch von Unternehmensdaten geschaffen werden konnte. Nachdem die Lieferanten sich mit dem scope³analyzer vertraut gemacht hatten, ging es an die Datensammlung im Unternehmen. Das INEC stand durchgehend als Ansprechpartner bereit, was von der Hälfte der Unternehmen in Anspruch genommen wurde. Diese Meetings fanden unter Ausschluss von ZEISS statt, damit die Daten offen geteilt werden konnten. Verständnisschwierigkeiten konnten in weiteren Gesprächen geklärt werden und wurden jeweils durch das INEC notiert. Zudem wurde zusätzliches Begleitmaterial in Form einer Hilfs-Excel mit einer Sektorenübersicht ausgehändigt, das sich als sehr hilfreich erwies. Nach der Anwendung des Tools teilten die Lieferanten die Ergebnisse der THG-Bilanz, welche mit dem scope³analyzer erhoben wurden. Die Einholung des Nutzerfeedbacks bei den Lieferanten bildete dann den Abschluss der Pilotierungsphase.

Neben der Anwendung des scope³analyzers sollten sich die Lieferanten einem Sektor zuteilen, sodass am Ende die Ergebnisse des scope³analyzers mit den generischen Sektordaten verglichen werden konnten, welche für diesen Lieferanten durch ZEISS angenommen würden, solange keine präzisere Analyse (1. Ordnung) zur Verfügung stand. Die Abweichungen sind in Tabelle 7 aufgeführt. Die Zeilen geben jeweils die Vergleichsdaten für einen der sieben teilnehmenden Lieferanten aus. Ein teilnehmendes Unternehmen wollte die Daten zu diesem Zweck nicht zur Verfügung stellen, da noch weitere Analysen im Gange waren. Die Lieferanten werden in Tabelle 7 nach dem scope³analyzer-Sektor benannt, dem sie sich über die Selbstabfrage zugeordnet hatten. Folgende Analysen sind in den Spalten der Tabelle enthalten:

- Gesamt-Übereinstimmung: Quotient der Gesamt-Emissionsintensität (in kg CO₂-eq/€) des Tier-1-Lieferanten laut Berechnungen mit dem scope³analyzer (1. Ordnung) und der statistischen Annahmen für die Gesamt-Emissionsintensität (in kg CO₂-eq/€) des Lieferanten, die sonst durch das Tier 0-Unternehmen getroffen werden.
- Scope 1 & 2-Übereinstimmung: Quotient der Emissionsintensität für Scope 1 & 2 (in kg CO₂-eq/€) des Tier-1-Lieferanten laut Berechnungen mit dem scope³analyzer (1. Ordnung) und der statistischen Annahmen der Emissionsintensität für Scope 1 & 2 (in kg CO₂-eq/€) des Lieferanten, die sonst durch das Tier 0-Unternehmen getroffen werden.
- Scope 3-Übereinstimmung: Quotient der Emissionsintensität für Scope 3 (in kg CO₂-eq/€) des Tier-1-Lieferanten laut Berechnungen mit dem scope³analyzer (1. Ordnung) und der statistischen Annahmen der Emissionsintensität für Scope 3 (in kg CO₂-eq/€) des Lieferanten, die sonst durch das Tier 0-Unternehmen getroffen werden.
- Verhältnis zwischen Scope 1 & 2 zu Scope 3 beim Lieferanten: Quotient der kumulierten Emissionen aus Scope 1 & 2 (in kg CO₂-eq) und der Scope 3 Emissionen (in kg CO₂-eq) des Tier1-Lieferanten laut Berechnungen mit dem scope³analyzer.
- Verhältnis zwischen Scope 1 & 2 zu Scope 3 im statistischen Datensatz des scope³analyzers: Quotient der kumulierten Emissionen aus Scope 1 & 2 (in kg CO₂-eq) und der Scope 3 Emissionen (in kg CO₂-eq) im statistischen Datensatz, der sonst durch das Tier 0-Unternehmen verwendet würde.

Tabelle 7: Abweichung statistischer Daten zu Lieferantendaten

	Gesamt	Scope 1 & 2	Scope 3	Verhältnis S 1 & 2 zu S 3	
				Lieferant	scope3-analyzer
Herkunftsland aller Lieferanten: DEU	Übereinstimmung	Übereinstimmung	Übereinstimmung		
Sektor	%	%	%	%	%
029 Fabricated metal products, except machinery and equipment	77.11%	68.96%	78.28%	28%	13%
034 Other (electrical) machinery and equipment (as consumable good)				11%	11%
017 Glass and glass products	25.23%	1.61%	51.80%	27%	53%
033 Medical, precision and optical instruments, watches and clocks (as capital good)	93.65%	30.43%	111.67%	20%	22%
033 Medical, precision and optical instruments, watches and clocks (as capital good) (50%) 062 Research and development services (50%)	74.35%	43.88%	84.66%	16%	25%
032 Medical, precision and optical instruments, watches and clocks (as consumable good)	59.41%	14.54%	72.20%	13%	22%

Bei dem Vergleich der Ergebnisse der Lieferanten mit den statistischen Ergebnissen des scope³analyzer wird deutlich, dass es vor allem in den Sektoren *017 Glass and glass products* und *032 Medical, precision and optical instruments, watches and clocks (as consumable good)* zu größeren Abweichungen im Ergebnis kommt. Es sei hier aber zusätzlich zu betonen, dass lediglich sieben Lieferanten befragt wurden und die Einschätzung der Sektorzuordnung von den Lieferanten selbst getroffen wurde. Die mangelnde Homogenität der Produktportfolios, welche auch verschiedene Sektoren umfassen kann, sowie der Mangel an externer Validierung, führt dazu, dass die Ergebnisse lediglich als Orientierung dienen. Beispielsweise handelte es sich bei dem Lieferanten, der sich dem Sektor *017 Glass and glass products* und *032 Medical, precision and optical instruments, watches and clocks (as consumable good)* zugeordnet hatte, um kein Unternehmen, das Glas produziert, aber überwiegend Glas einkauft. Das Unternehmen beschichtet das Glas und verkauft es weiter. Die Einordnung in den Sektor *032 Medical, precision and optical instruments, watches and clocks (as consumable good)* würde die geschäftlichen Aktivitäten des Unternehmens vermutlich besser darstellen. Für ein statistisch aussagekräftiges Ergebnis müssten weit mehr Lieferanten befragt werden. Trotzdem zeigte dieser erste Vergleich, dass die Größenordnung für die hier betrachteten Lieferanten in den meisten Sektoren stimmig ist und keine größeren Abweichungen zu den statistischen Daten zu beobachten sind. Tendenziell ist eine leichte Überschätzung der Einkäufe durch die statistischen Daten zu beobachten. Damit ließe sich eine konservative Schätzung der

Emissionen über den scope³analyzer ermöglichen, welche durch den Tier1-Lieferanten in einer eigenen Analyse präzisiert und tendenziell reduziert werden könnte. Um diese Schlussfolgerung jedoch zu bestätigen, müssten weitere Tests mit einer statistisch signifikanten Zahl an Lieferanten durchgeführt werden.

In der Pilotierungsphase konnten weitere qualitative Informationen gewonnen werden. Methodisch wurde auf Fragebögen zurückgegriffen, die schriftlich beantwortet werden konnten oder die im Rahmen eines semistrukturierten Interviews verwendet wurden. Der Fragebogen setzte sich aus offenen, geschlossenen und skalierten Fragen zusammen. In Interviews wurde der Fragebogen dann systematisch mit den Lieferanten durchgegangen. Insgesamt wurden sechs Interviews durchgeführt, sowie ein Fragebogen schriftlich ausgefüllt. Die Auswertung des Feedbacks zeigte, dass vor allem beim User-Handling der scope³analyzer durch die leichte Verständlichkeit des Vorgehens positiv auffiel. Der zeitliche Aufwand wurde auch überwiegend als vertretbar eingestuft. Besonders hervorgehoben wurde von den Lieferanten die schnelle und einfache Analyse. Die Mehrheit könnte sich vorstellen, das Tool auch weiterhin zu nutzen, vor allem wenn durch Kunden wie ZEISS gewünscht wird, das Tool zu verwenden.

Bezogen auf das User-Handling wurden aber auch Möglichkeiten zur Verbesserung aufgedeckt. Die Zuweisung der Sektoren der Scope 3-Kategorien erwies sich als herausfordernd. Dem konnte bereits während der Pilotierung mit einem Hilfsblatt entgegengewirkt werden, welches nun auch standardmäßig im Excelblatt, das im Rahmen der Toolnutzung verwendet wird, verankert ist. Ein weiterer Kritikpunkt war, dass das Mitarbeiter-Pendeln in Scope 1 und der hinterlegte Strommix für Scope 2 nicht angepasst werden können. Hier wurde zum Beispiel der Wunsch geäußert, auch den Bezug von Ökostrom berücksichtigen zu können. Das Projektteam hält aus den Gründen, die in Kapitel 3.4.1 dargelegt wurden, an der Entscheidung fest, für den Einkauf von Ökostrom keinen alternativen Strommix zuzulassen, solange kein Standard existiert, der eine Negierung von Emissionen verhindert. Allerdings wurde die Kommunikation der Bilanzierungsmöglichkeiten angepasst und auch im begleitenden Leitfaden thematisiert. Unternehmen, die auf eine Anrechnung von Ökostrom oder einem spezifischen Strommix, der nicht dem Markt-Mix entspricht, bestehen, sollten den Stromeinkauf im Tool auf 0 setzen und die Emissionen außerhalb des Tools mit dem entsprechenden EF berechnen. Im Reporting sollte dies explizit benannt werden.

Ebenso wurde dem Projektteam im Laufe der Pilotierungsphase auch klar, dass die zu Grunde liegende Methodik von den AnwenderInnen nicht in allen Fällen ganz durchdrungen wurde. Hier kam es des Öfteren zu Verständnisproblemen, die auch Auswirkungen auf das Ergebnis des scope³analyzers haben können. Ergänzend muss erwähnt werden, dass die Lieferanten eng vom INEC betreut wurden und sich eventuell auf die Hilfestellungen zu sehr verlassen wurde. Außerdem wurde das Tool als sehr einfach in der Handhabbarkeit beschrieben. Dies kann allerdings schnell missverstanden werden und den Eindruck erwecken, dass man sich im Vorfeld nicht ins Thema einarbeiten muss. Das Verständnis zur Vorgehensweise und dem methodischen Hintergrund sind entscheidend für die richtige Anwendung des Tools und die Aussagekraft vom Ergebnis. Im Vorfeld müssen sich Kenntnisse zum methodischen Vorgehen vor allem in Bezug auf das GHG Protocol angeeignet werden.

Um hier Missverständnissen vorzubeugen, wurde auch hier die Kommunikationsstrategie für die NutzerInnen des Tools angepasst. Im Leitfaden wird das Nutzerprofil beschrieben und betont, dass eine Einarbeitung in die Treibhausgasbilanzierung relevant ist.

Auch wurde von drei Lieferanten erwähnt, dass sie gerne Einblicke hätten, welche Emissionsfaktoren im Scope 3 dem Tool zu Grunde liegen. Hier wurde eine mangelnde Transparenz beklagt. Die Transparenz kann nicht weiter erhöht werden, da die Berechnungsmodelle Eigentum von Systain sind. Die verwendeten Datenquellen werden aber auf der Homepage des scope³analyzers und im Leitfaden angegeben.

Ein großes Interesse seitens nahezu aller Lieferanten bestand im Vergleich der Ergebnisse mit Benchmark-Daten. Dieser Faktor erwies sich in einem Fall auch als ausschlaggebend für die Bereitschaft zur Weitergabe der Ergebnisse an Kunden. Denn bevor Kennzahlen weitergegeben werden, möchten die Lieferanten den eigenen Standpunkt einschätzen können. Dies erweist sich aber generell als schwierig, da vergleichbare Benchmark-Daten demselben Bilanzierungsansatz zu Grunde liegen müssten. Ein ausreichend großer Pool an unternehmerischen THG-Bilanzen, welche bereits mit dem scope³analyzer erhoben wurden, steht nicht zur Verfügung und widerspricht dem Anspruch auf Schutz der Daten. Zudem sind die Emissionsintensitäten nur dann vergleichbar, wenn auch dieselben geschäftlichen Aktivitäten praktiziert werden. In der Praxis gleicht kaum ein Unternehmens-Portfolio dem anderen, sodass die mangelnde Äquivalenz der verglichenen Aktivitäten zu falschen Schlussfolgerungen im Benchmarking führen könnten oder zumindest stark erklärungsbedürftig sind. Der Punkt wurde dennoch durch das INEC aufgenommen, um ihn bei zukünftigen Weiterentwicklungen des Tools berücksichtigen zu können.

Ein weiterer Wunsch der Lieferanten bestand darin, direkt Maßnahmen für das eigene Monitoring ableiten zu können. Hier muss man aber ganz klar differenzieren wofür der scope³analyzer entwickelt wurde (siehe Kapitel 3.1.3). Das Tool ist kein Monitoring-Tool. Es eignet sich vor allem für die erste Hotspotanalyse und ist damit zum Monitoring nicht geeignet.

Des Weiteren wurde der Datenschutz positiv bewertet. Kein Lieferant äußerte Bedenken gegenüber dem Datenschutz bei der Anwendung des webbasierten Tools.

Bei der Weitergabe und/oder Empfehlung des Tools an Lieferanten der nächsten Tier-Stufe, die Tier-2 von ZEISS entsprechen würden, äußerten sich die Lieferanten zurückhaltend. Einige haben die fehlende Marktmacht als Grund genannt. Hier wird von den Lieferanten keine allzu große Zuversicht gesehen, Einfluss auf den Markt/ die Kunden nehmen zu können. Lediglich bei wirklich guten und langjährigen Kontakten könnten sie sich zumindest vorstellen auf das Tool aufmerksam zu machen.

Abschließend kann zur Pilotierung bei den Lieferanten von ZEISS gesagt werden, dass die Motivation der Lieferanten, ein solches Tool zu nutzen überwiegend extrinsisch ist. Die größte Wirkung wird erzielt, wenn ein großer und wichtiger Kunde wie ZEISS die Daten zum CCF/PCF eines Lieferanten anfragt. Großunternehmen können bei der Ausbreitung solcher Berechnungstools ein großer Multiplikator sein. Zumal die Lieferanten durchweg sehen, dass zukünftige Wettbewerbsentscheidungen anhand des Klimafußabdrucks getroffen werden könnten. Anfragen von Kunden

häufen sich hierzu zunehmend. Der Bedarf eine aussagekräftige Kennzahl zu ermitteln und sich dadurch mit anderen MitbewerberInnen vergleichen zu können, scheint sehr groß zu sein.

Zur Pilotierungsphase muss ergänzend gesagt werden, dass der scope³analyzer genauso wie jedes andere Bilanzierungstool Stärken und Schwächen hat. Nur wenn man diese kennt, kann man das Tool gewinnbringend einsetzen. Andere Methoden oder Tools sollen nicht durch den scope³analyzer abgelöst werden. Das Tool soll eine Ergänzung darstellen. Die größte Stärke bleibt die Erfassung der Scope 3 THG-Emissionen in einem überschaubaren zeitlichen Aufwand mit der Möglichkeit zur Identifikation von Hotspots, um den Einstieg in die Klimabilanzierung für Unternehmen zu erleichtern.

3.6. AP 6: Einbindung in die Unternehmensorganisation

Der scope³analyzer kann in unterschiedliche Unternehmensorganisationen eingebunden werden. Das THG-Bilanzierungstool eignet sich für das kontinuierliche Berichtswesen im Gesamtunternehmen, aber auch für Teilbereiche im Unternehmen. Gerade wenn ein Unternehmen ganz am Anfang steht bei der Klimabilanzierung kann der scope³analyzer zum Einsatz kommen. Durch ein erstes Screening der gesamten unternehmerischen Aktivitäten kann eine Identifikation der Hotspots vorgenommen werden. Diese Analyse kann die Richtung hin zur Klimastrategie weisen. Inwiefern einzelne Maßnahmen aussehen und wie diese integriert werden können muss im Einzelfall entschieden werden. Der scope³analyzer ermöglicht die Eingrenzung der potentiellen Maßnahmen mit den klimawirksamsten Verminderungspotentialen.

Grundsätzlich kann der scope³analyzer damit in jedes Managementsystem eingebunden werden. Bei allen Managementsystemen wird zunächst eine Status-Quo-Analyse vorgenommen, die durch den scope³analyzer unterstützt werden kann. Verschiedene Abteilungen, vor allem die die Nachhaltigkeit und Einkauf betreffen, müssen hier zusammen arbeiten, um das bestmögliche Potential aus dem Tool schöpfen zu können.

3.7. AP 7: Dokumentation in Anwenderbroschüre und weiteren und unterstützenden Medien

Auf der Homepage des scope³analyzers sowie im Excel-Template werden den NutzerInnen Hilfestellungen zur Datensammlung generell und zur Bedienung des Tools gegeben. Im Laufe der Projektzeit konnten in diversen Gesprächen und über Feedbackfragebögen die notwendigen Informationen, die zur Nutzung und zum Verständnis des Tools beitragen herauskristallisiert und eingepflegt werden. Dadurch kann der scope³analyzer in Zukunft selbsterklärend verwendet werden. Ergänzend hierzu wurde der scope³analyzer in mehreren Webinaren InteressentInnen vorgestellt. Die Webinare liegen als Aufzeichnungen vor, die verwendet werden können.

Abschließend ist der Leitfaden „scope³analyzer - Ein Leitfaden zur Anwendung des webbasierten kostenfreien Tools zur Ermittlung des Corporate Carbon Footprints von Unternehmen“ entstanden (Schmidt et al. 2022). Der Leitfaden wurde vom INEC inhaltlich konzipiert und vom THINKTANK für industrielle Ressourcenstrategien herausgegeben. Der Inhalt des Leitfadens dient Nutzerinnen und Nutzern zum

besseren Verständnis bei der Anwendung des scope³analyzers. Neben einer schrittweisen Anleitung zur Bedienung finden Anwender darin weitere Informationen rund um die Nutzung und das Reporting der Daten sowie die Datenbasis.

4. Fortschritte für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse

Die Berücksichtigung der Scope-3-Emissionen spielt für die Erstellung von unternehmerischen THG-Bilanzen, insbesondere vor dem Hintergrund der Klimaneutralität, eine besondere Rolle. Die Klimaneutralität, als ambitioniertes Klimaziel, wird von immer mehr Unternehmen, auch in Baden-Württemberg, angestrebt. Hierzu gehört eine im Unternehmen verankerte Klimastrategie. Denn mit dem Label „Klimaneutralität“ sind wichtige strategische Entscheidungen verbunden, die die zukünftige (globale) Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in vielerlei Hinsicht tangieren. Deshalb ist es umso wichtiger, methodisch korrekte Berechnungshilfen für die THG-Bilanz anzubieten. Dies gilt in Besonderen Maße für die Ermittlung der Scope 3-Emissionen, die nicht zu vernachlässigen sind, vor allem in Anbetracht des Strebens nach Klimaneutralität.

Unternehmen beziehen jedoch meist unzählige Mengen an Vorprodukten und Rohstoffen von Unternehmen, die in der Regel aus Aufwandsgründen keine einzelnen Ökobilanzen (LCA) oder Carbon Footprints zu lassen und deshalb andere Verfahren erfordern. Die MRIO-Methode ist zwar in wissenschaftlichen Kreisen keine neue Methode, da sie z. B. für Ländervergleiche eingesetzt wird, im Zusammenhang mit unternehmerischen THG-Bilanzen ist sie aber noch die Ausnahme. Mit dem webbasierten Tool wurde ein Ansatz geschaffen, der eine einfache Anwendung in Unternehmen ermöglicht. Das KligWeR-Projekt schlägt damit eine Brücke zwischen der wirtschaftswissenschaftlichen Anwendung der MRIO-Modelle und der praktischen Anwendung in der Wirtschaft und bietet als Ergebnis ein kostenfreies, einfach zu bedienendes Tool zur Anwendung der Methode an.

Der scope³analyzer bietet eine einfache Ermittlung der unternehmerischen THG-Emissionen von Scope 1, über Scope 2 und Scope 3. Die Ergebnisse können berichtskonform dem GHG Protocol verwendet und kommuniziert werden. Gerade für kleinere bis mittlere Unternehmen mit einer Vielzahl an Lieferanten bietet das Tool eine Erleichterung. Kostenfrei nutzbar bietet das Tool einen einfachen Einstieg in die Klimabilanzierung ohne große finanzielle Verpflichtungen. Nach einer Einarbeitungsphase können schon die ersten Ergebnisse ausgewertet werden. Anschließend kann die Hotspotanalyse folgen. So kann der Fokus auf Bereiche mit hohen Potentialen für THG reduzierende Maßnahmen gesetzt werden.

5. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Der scope³analyzer stellt einen immensen Mehrgewinn für Unternehmen dar, welche die Lieferkette im Rahmen der betrieblichen Klimabilanzierung berücksichtigen möchten. Sowohl erfahrene als auch unerfahrene Unternehmen profitieren von der Auseinandersetzung mit dem Tool. Einerseits, weil das Tool durch die kostenfreie

Bereitstellung und die einfache Bedienbarkeit sehr geringe Hürden zur Benutzung birgt. Andererseits, weil auch Unternehmen, die bereits Versuche unternommen haben, die Lieferkette zu bilanzieren, mit einem praktikablen Ansatz, einer geeigneten Datenbasis und einem passenden Software-Tool ausgestattet werden. Damit wird einer Großzahl an Unternehmen überhaupt erst ermöglicht, unter vertretbarem Aufwand eine Abschätzung der in der Lieferkette verursachten Treibhausgasemissionen durchzuführen und die Erkenntnisse bei der Entwicklung einer betrieblichen Klimastrategie zu berücksichtigen und im externen Reporting zu vermerken.

Diese Einschätzung wurde in den zahlreichen Beta-Tests, der Pilotierung bei ZEISS-Lieferanten und bei der Vorstellung in Webinaren und öffentlichen Veranstaltungen durch Unternehmen bestätigt. Zum Beispiel wurde im Projekt *Integratives Ressourceneffizienz-Management für mittelständische Unternehmen der chemischen Industrie (IRMa)* am INEC den mittelständigen Praxispartnern, dem Buzil-Werk Wagner GmbH & Co. KG, Memmingen, der Krumedia GmbH, Karlsruhe, und der Münzing Chemie GmbH aus Abstatt das Tool bereits aktiv vorgestellt. Die Anwendungspartner möchten das Tool in die betriebliche Klimaberichterstattung integrieren.

Einblicke zum Nutzen ergeben sich aus den Interviews mit Pilot-Unternehmen, deren Fazit in Abhängigkeit ihrer zugrundeliegenden Motivation in Abbildung 3 dargestellt werden. Keines der Unternehmen brachte nennenswerte Vorkenntnisse bei der Klimabilanzierung der Lieferkette mit.



Abbildung 3: Motivation und Fazit der Pilot-Anwender

6. Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

Der scope³analyzer ist an keine Branche gebunden. Dem MRIO-Ansatz sind unterschiedliche Sektoren zugeordnet die nahezu alle Branchen abbilden. Somit kann das Tool branchenübergreifend zum Einsatz kommen. Wichtiger als die Branche ist vor allem der Aufbau des Unternehmens. Statistischen Fehlern kann am besten durch eine Vielzahl an Lieferanten und ein damit einhergehendes breites Angebot an Produkten entgegengewirkt werden. Im Schnitt kann so eine höhere Genauigkeit im Ergebnis garantiert werden. Wurden diese Faktoren mitberücksichtigt kann der scope³analyzer in projektfremde Anwendungen problemlos integriert werden.

7. Zusammenarbeit mit den Partnern

Im Rahmen von KligWeR wurde mit dem THINKTANK für industrielle Ressourcenstrategien, der Systain Consulting GmbH sowie mit den Praxispartnern der ZEISS Gruppe und der Robert Bosch GmbH zusammengearbeitet. Das Kick-off-Meeting mit allen Beteiligten hat am 24.09.2020 stattgefunden. Zwischen den Projektpartnern wurde ein Kooperationsvertrag geschlossen, der insbesondere auch die Datennutzung und -geheimhaltung mit den Praxispartnern regelt. Während der Projektlaufzeit fanden weitere Projekttreffen mit allen Beteiligten statt.

Der geplante Unterauftrag konnte erwartungsgemäß an die Systain Consulting GmbH vergeben werden. Die Zusammenarbeit war, trotz der anhaltenden pandemischen Lage, zielführend und vertrauensvoll. Mit Hilfe von Videokonferenzen konnten teilweise auch kurzfristige Absprache-Termine gefunden werden. In den letzten Projektmonaten gründete sich die ctrl+s GmbH aus der Systain Consulting GmbH aus. Die Zusammenarbeit lief trotzdem reibungslos.

Der THINKTANK für industrielle Ressourcenstrategien war als informeller Partner im Projekt beteiligt. Der enge Austausch hat erheblich zum Gelingen des Projektes beigetragen.

Durch die gute Zusammenarbeit mit den Praxispartnern konnten einige neue Erkenntnisse gewonnen werden. Insbesondere die ZEISS Gruppe erwies sich als Praxispartner sehr kooperativ. Außerdem konnten sieben Lieferanten der ZEISS Gruppe für die Pilotierungsphase gewonnen werden. Auch hier erwies sich die Zusammenarbeit als offen und zielführend.

8. Publikationen

Bereits während der Projektlaufzeit wurde das Projekt einem breiten Publikum vorgestellt. Zielgruppen waren dabei zunächst akademische und politische Experten der Klimabilanzierung, um einen fachlichen Austausch zum methodischen und praktischen Vorgehen zu ermöglichen, sowie Verantwortliche für Klimabilanzierung aus größeren Unternehmen, deren Bedarfe früh in der Tool-Planung berücksichtigt werden sollten.

Im September 2021 wurde ein Artikel in der Fachzeitung „Chemie Ingenieur Technik“ veröffentlicht. Der Artikel erschien unter dem Titel „Die Bedeutung der Lieferkette für den Klimafußabdruck von Unternehmen“ in der Online-Bibliothek Wiley. Der Artikel ist auch in englischer Sprache verfügbar.

Des Weiteren wurde das Projekt im Oktober 2021 an der Hochschule Pforzheim im Rahmen einer öffentlich zugänglichen Ringvorlesung vor rund 50 Zuhörern mit vorwiegend akademischem Hintergrund vorgestellt. Im selben Monat gab es für das Projekt ein Forum auf dem Ressourceneffizienzkongress in Stuttgart. Dort wurden die Erkenntnisse einem Publikum bestehend aus überwiegend nationalen VertreterInnen aus Wirtschaft und Wissenschaft vorgestellt. Die Sustain Consulting GmbH sowie die Praxispartner ZEISS und BOSCH waren ebenfalls vertreten. Den Vorträgen schloss sich auch eine Fragerunde an. Dem Forum wohnten ca. 80 Teilnehmer vor Ort bei. Einem internationalen Publikum wurde das Projekt erstmals in einem Konferenzbeitrag auf der NIBES Research Conference im November 2021 vorgestellt.

Nach der Fertigstellung und Veröffentlichung des scope³analyzers im März 2022 richteten sich die Veröffentlichungen vorwiegend an potentielle Nutzer des Tools, also Unternehmen, die im Bereich der Klimabilanzierung erste Schritte unternehmen. Direkt nach der Veröffentlichung informierten in einer vernetzten Social-Media Initiative die LinkedIn-Accounts des INEC, des KIT THINKTANKs, der Firma Sustain sowie der Umwelttechnik BW über den scope³analyzer. Zusätzlich wurde durch Sustain ein Newsletter an Abonnenten versendet. Die Hochschule Pforzheim, der KIT THINKTANK, Sustain, das Umweltministerium und Umwelttechnik BW informierten auch auf den eigenen Webseiten zu den Fortschritten im KligWeR-Projekt. Weitere Online-Plattformen griffen das Thema auf und berichteten über das Tool, z. B. idw-online, Draht wire und Pius. Zusätzlich berichtete der IndustrieAnzeiger in der Novemberausgabe (sowohl in der gedruckten Ausgabe als auch in der Online-Version) über den scope³analyzer. Im Rahmen einer Veranstaltungsreihe von FairAntwortung wurde der scope³analyzer ebenfalls vorgestellt. Ein weiterer Vortrag in diesem Format ist für Frühjahr 2023 in Planung.

In Kooperation mit Sustain veranstaltete das INEC am 5. April 2022 ein Webinar zur Einführung in den scope³analyzer. Dabei wurde das Tool vorgestellt und eine exemplarische THG-Bilanzierung vorgestellt. Daran nahmen über 50 Interessenten teil. Im Dezember 2022 wurde durch den KIT THINKTANK ein Leitfaden herausgegeben, der Nutzer beim Einstieg in das Tool begleitet und bei der Interpretation der Ergebnisse unterstützt.

Nachdem das Tool auch in englischer Sprache zur Verfügung stand, wurden das Projekt und der scope³analyzer Ende Oktober 2022 auf der EcoBalance in Japan einem internationalen Publikum vorgestellt, darunter FirmenvertreterInnen und AkademikerInnen.

Am 14. November 2022 präsentierte eine INEC-Delegation unter Führung von Prof. Mario Schmidt den scope³analyzer und weitere Projektergebnisse dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, angeleitet durch Dr. Axel Kern, im Rahmen eines Online-Meetings. Dabei waren auch Vertreter von Umwelttechnik BW vertreten, sodass insgesamt 14 Teilnehmer dem Meeting

beiwohnten. Einem Vortrag von Prof. Schmidt folgte ein reger Austausch zu den Erfahrungen der Unternehmen mit dem Tool sowie Diskussionen zur Bilanzierung von Ökostrom im Tool.

Publikationsliste:

- Schmidt, Mario; Nill, Moritz; Scholz, Johannes (2021): Die Bedeutung der Lieferkette für den Klimafußabdruck von Unternehmen. In: Chemie Ingenieur Technik 93 (11), S. 1692–1706. DOI: 10.1002/cite.202100126.
- Vogt, Alexandra; Heidak, Pia; Haubach, Christian; Schmidt, Mario (2021): The challenge of scope 3 emission balancing for companies. Präsentation auf der „3rd NIBES Research Conference“. Online. am 23.11.2021.
- Heidak, Pia; Vogt, Alexandra; Kühne, Christian; Nill, Moritz; Schmidt, Mario (2021): Recursive calculation of scope-3 emissions in the supply chain with input-output analysis. Präsentation auf der “15th Biennial International Conference on EcoBalance”. Fukuoka, Japan. am 2.11.2022.
- Kühne, Christian (2022): Voller Fokus auf die Lieferkette. In: Industrieanzeiger (11/2022). Online verfügbar unter: <https://industrieanzeiger.industrie.de/management/voller-fokus-auf-die-lieferkette/>. Letzter Zugriff: 22.11.2022.
- Vogt, Alexandra; Heidak, Pia; Haubach, Christian; Schmidt, Mario (2022): scope3analyzer. Ein Leitfaden zur Anwendung des webbasierten kostenfreien Tools zur Ermittlung des Corporate Carbon Footprints von Unternehmen. Hg. durch: THINKTANK industrielle Ressourcenstrategien, Karlsruhe.

9. Schlussbetrachtung

Im Rahmen von KligWeR ist es gelungen, ein einfaches und kostenfreies Tool zur Berechnung der unternehmerischen THG-Bilanz zu entwickeln. Mit dem scope³analyzer ist es nun möglich, den CCF, unter Berücksichtigung der Scope 3 THG-Emissionen, in einem überschaubaren zeitlichen Aufwand ermitteln zu können. Dank den zugrunde gelegten erweiterten Input-Output-Modellen kann anhand statistischer Daten ein aussagekräftiges und berichtskonformes CCF-Ergebnis berechnet werden.

Die enge Zusammenarbeit mit den Praxispartnern und darüber hinaus mit den Lieferanten von ZEISS, hat gezeigt, dass einfache Berechnungstools, vor allem bei KMUs gefragt sind. Die sich häufenden Anfragen von Kunden zu Umweltkennzahlen werden als zukünftige entscheidende Wettbewerbsfaktoren gesehen. Deshalb ist es umso wichtiger, vertrauensvolle Tools anzubieten, dessen Berechnungsgrundlagen methodisch konsistent sind. Zudem haben gerade bei der Verbreitung solcher Tools große Unternehmen, wie die ZEISS Gruppe, eine große Hebelwirkung.

Die Arbeit im Rahmen von KligWeR hat auch gezeigt, dass sich statistische Daten durchaus eignen, um eine aussagekräftige THG-Bilanz aufstellen zu können. Gerade für die Hotspot-Analyse in der Lieferkette erwies sich der scope³analyzer als äußerst hilfreich. Wird das Tool zukünftig in der Lieferkette weitergereicht, kann eine rekursive Berechnung der THG-Emissionen in der gesamten Lieferkette erfolgen. Hierzu müsste allerdings die Möglichkeit zur Übertragung von Lieferanten-Daten innerhalb von Wertschöpfungsketten im Tool erweitert werden.

Abschließend kann gesagt werden, dass mit dem scope³analyzer ein erfolgreiches kostenfreies webbasiertes Tool entstanden ist, das nun weiter ausgebaut werden kann. Es zeigte sich deutlich, dass der Bedarf an solch einem Tool sehr groß ist. Bei der Integration weiterer Schnittstellen besteht noch Forschungsbedarf.

Literaturverzeichnis

Beylot, Antoine; Corrado, Sara; Sala, Serenella (2020): Environmental impacts of European trade: interpreting results of process-based LCA and environmentally extended input–output analysis towards hotspot identification. In: *Int J Life Cycle Assess* 25 (12), S. 2432–2450. DOI: 10.1007/s11367-019-01649-z.

bp (2021): Statistical Review of World Energy 2021. Online verfügbar unter <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

Castellani, Valentina; Beylot, Antoine; Sala, Serenella (2019): Environmental impacts of household consumption in Europe: Comparing process-based LCA and environmentally extended input-output analysis. In: *Journal of Cleaner Production* 240, S. 117966. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.117966.

CDP (Hg.) (2022): Guidance for companies. Online verfügbar unter <https://www.cdp.net/en/guidance/guidance-for-companies>, zuletzt geprüft am 02.12.2022.

Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra) (2021): Greenhouse gas reporting: conversion factors 2021. Online. Online verfügbar unter <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021>.

ecoinvent (Hg.) (2022): ecoinvent Database. Online verfügbar unter <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>, zuletzt aktualisiert am 02.12.2022.

European Environment Agency (2022): Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2022, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

Exiobase (2021): Exiobase Database. Online verfügbar unter <https://www.exiobase.eu/>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2022, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

Font Vivanco, David (2020): The role of services and capital in footprint modelling. In: *Int J Life Cycle Assess* 25 (2), S. 280–293. DOI: 10.1007/s11367-019-01687-7.

Gaulier, G.; Zignago, S. (2010): BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1994-2007 Version. Hg. v. CEPII (CEPII Working Paper, 2010-23).

Goldhammer, Bernhard; Busse, Christian; Busch, Timo (2017): Estimating Corporate Carbon Footprints with Externally Available Data. In: *J of Industrial Ecology* 21 (5), S. 1165–1179. DOI: 10.1111/jiec.12522.

Haubach, Christian (2013): Umweltmanagement in globalen Wertschöpfungsketten. Eine Analyse am Beispiel der betrieblichen Treibhausgasbilanzierung. Dissertation. Wiesbaden: Springer Fachmedien; Springer Fachmedien Wiesbaden.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press (Climate change 2014,

WG III). Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Unter Mitarbeit von Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

ISO/TR 14069:2013: ISO/TR 14069:2013 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations — Guidance for the application of ISO 14064-1.

Jakobs, Arthur; Schulte, Simon; Pauliuk, Stefan (2021): Price Variance in Hybrid-LCA Leads to Significant Uncertainty in Carbon Footprints. In: *Front. Sustain.* 2, Artikel 666209. DOI: 10.3389/frsus.2021.666209.

Jungmichel, N.; Schampel, C.; Weiß, D.; Nill, M. (2017): Umweltatlas Lieferkette. Umweltwirkungen und Hot-Spots in der Lieferkette. Hg. v. Systain GmbH. Hamburg.

Jungmichel, N.; Scholz, J.; Nill, M. (2020): Deutsche Maschinen und globale Umwelt. Fallstudie zu den globalen Umweltinanspruchnahmen des deutschen Maschinenbaus. Im Rahmen des Forschungsprojektes des Umweltbundesamtes: Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe.

Kjaer, Louise; Høst-Madsen, Niels; Schmidt, Jannick; McAloone, Tim (2015): Application of Environmental Input-Output Analysis for Corporate and Product Environmental Footprints—Learnings from Three Cases. In: *Sustainability* 7 (9), S. 11438–11461. DOI: 10.3390/su70911438.

Lave, L. B.; Cobas-Flores, E.; Hendrickson, C. T. (1995): Using Input- Output Analysis to Estimate Economy-wide Discharges. In: *Environmental Science and Technology* 29 (9), 420A-426A.

Lenzen, M. et al. (2013): Building EORA: A global multi-region input-output database at high country and sector resolution. In: *Economic Systems Research* 25 (1), S. 20–49.

OECD (2021): OECD Inter-Country Input-Output Database. Online verfügbar unter <http://oe.cd/icio>, zuletzt aktualisiert am 15.11.2022, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

Rama, Manuel; Entrena-Barbero, Eduardo; Dias, Ana Cláudia; Moreira, María Teresa; Feijoo, Gumersindo; González-García, Sara (2021): Evaluating the carbon footprint of a Spanish city through environmentally extended input output analysis and comparison with life cycle assessment. In: *The Science of the total environment* 762, S. 143133. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143133.

Schmidt, Mario; Haubach, Christian; Heidak, Pia; Vogt, Alexandra (2022): scope³analyzer. Ein Leitfaden zur Anwendung des webbasierten kostenfreien Tools zur Ermittlung des Corporate Carbon Footprints von Unternehmen. Hg. v. THINKTANK für industrielle Ressourcenstrategien. Online verfügbar unter <https://www.thinktank-irs.de/>.

Schmidt, Mario; Haubach, Christian; Walter, Sabine (2009): Kumulierte Emissionsintensität – Performancemessung für Unternehmen. In: *uwf* 17 (2), S. 161–170. DOI: 10.1007/s00550-009-0138-z.

Schmidt, Mario; Nill, Moritz; Scholz, Johannes (2021): Die Bedeutung der Lieferkette für den Klimafußabdruck von Unternehmen. In: *Chemie Ingenieur Technik* 93 (11), S. 1692–1706. DOI: 10.1002/cite.202100126.

Scholz, J.; Severith, M.; Nill, M.; Schmidt, M. (2020): Analyse des Einsatzes von Metallrohstoffen für Baden-Württemberg. Hg. v. Systain GmbH. Hamburg.

Steubing, Bernhard; Koning, Arjan de; Merciai, Stefano; Tukker, Arnold (2022): How do carbon footprints from LCA and EEIOA databases compare? A comparison ofecoinvent and EXIOBASE. In: *J of Industrial Ecology* 26 (4), S. 1406–1422. DOI: 10.1111/jiec.13271.

The World Bank (2021): World Development Indicators of The World Bank. Online verfügbar unter <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2022, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

ISO 14067:2018: Treibhausgase - Carbon Footprint von Produkten - Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung (ISO 14067:2018); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14067:2018.

DIN EN ISO 14064-1:2019-06, 2019-06: Treibhausgase - Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene.

Tukker, A.; Dietzenbacher, E. (2013): Global Multiregional Input-Output Frameworks: An Introduction and Outlook. In: *Economic Systems Research* 25 (1), S. 1–19.

U.S. Department of Commerce (2021): Bureau of Economic Analysis. Online verfügbar unter <https://www.commerce.gov/bureaus-and-offices/bea>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2022, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

United Nations (Hg.) (2015): Central Product Classification (CPC). Version 2.1. Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division. New York (Statistical Papers, Series M No. 77, Ver.2.1).

United Nations Statistics Division (Hg.) (2022): UNSD classifications. Online verfügbar unter <https://unstats.un.org/unsd/classifications/unsdclassifications/>, zuletzt geprüft am 23.09.2022.

World Resources Institute (2015): GHG Protocol. Scope 2 Guidance. An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard. Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope%202%20Guidance_Final_Sept26.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

WRI und WBCSD (Hg.) (2004): The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition.

WRI und WBCSD (Hg.) (2011): Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. USA.