



forschen.
vernetzen.
anwenden.

Innovationsreport 2024

Industrielle Gemeinschaftsforschung

IGF-Forschungsvorhaben 21899 N

Entwicklung eines Konzepts für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting

Laufzeit:

01.07.2021 – 30.11.2023

Beteiligte Forschungsstelle(n):

Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Logistik und Unternehmensführung

Schlussbericht vom 30.04.2024

zu IGF-Vorhaben Nr. 21899 N

Thema

Entwicklung eines Konzepts für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting

Berichtszeitraum

01.07.2021 bis 30.11.2023

Forschungsvereinigung

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. - IUTA

Forschungseinrichtungen

Institut für Logistik und Unternehmensführung, Technische Universität Hamburg

Gefördert durch:

Inhalt

Forschungsthema.....	5
Stand der Forschung im Scope 3 Carbon Accounting	8
1 Ermittlung des Umsetzungsstands von Scope 3 Carbon Accounting in Unternehmen (AP 1) 11	
1.1 Ziel und Kernergebnisse	11
1.2 Relevanz für Unternehmen.....	13
1.3 Pre-Adoption: Treiber zur Umsetzung	14
1.4 Unterstützungsarten.....	16
1.5 Adoption: Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting	17
1.6 Post-Adoption: Nächste Schritte.....	21
1.7 Barrieren	22
1.8 Handlungsfelder	26
2 Ableitung von Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting (AP 2).....	29
2.1 Ziel und Kernergebnisse	29
2.2 Schwachstellen im aktuellen Scope 3 Carbon Accounting	30
2.3 Anforderungen an das „optimierte“ Scope 3 Carbon Accounting	32
2.3.1 Ableitung von Anforderungen	32
2.3.2 Bewertung der Anforderungen	36
2.4 Darstellung von „optimierten“ Scope 3 Carbon Accounting Systemen.....	37
2.4.1 Carbon Management System für 1 Unternehmen	37
2.4.2 Datenaustausch-Lösung mit N Unternehmen.....	39
3 Identifikation und Bewertung von digitalen Technologien zur Unterstützung des „optimierten“ Scope 3 Carbon Accountings in KMU (AP 3).....	42
3.1 Ziel und Kernergebnisse	42
3.2 Umfeldanalyse	43
3.2.1 Interne Rahmenbedingungen.....	43
3.2.2 Externe Rahmenbedingungen.....	47
3.3 Identifikation analyserelevanter digitaler Technologien.....	48
3.3.1 Datenerfassung.....	49
3.3.2 Datenverarbeitung.....	50
3.3.3 Datenaustausch	55
3.3.4 Zusammenfassung.....	57
3.4 Bewertung der digitalen Technologien für Unternehmen	58
3.4.1 Bewertungskriterien	58

3.4.2	Technologieattraktivität	59
3.4.3	Unternehmensstärke	62
3.4.4	Bewertungsergebnis	65
4	Entwicklung eines Umsetzungskonzeptes für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting in KMU (AP 4)	69
4.1	Ziel und Kernergebnisse	69
4.2	Umsetzungskonzept.....	70
4.2.1	Initialisierung	70
4.2.2	Konzeptentwicklung	72
4.2.3	Technologiesuche und -auswahl	79
4.2.4	Umsetzung.....	85
4.2.5	Kontrolle.....	88
5	Überführung des Konzepts in einen webbasierten Demonstrator (AP 5)	90
5.1	Ziel und Kernergebnisse	90
5.2	Startseite und Einordnung des Anwenders.....	92
5.3	Einführung in das Scope 3 Carbon Accounting	96
5.4	Einsatzbereiche von Tools und Technologien	100
5.5	Einführungstipps für Unternehmen	103
6	Umsetzung und Validierung des webbasierten Demonstrators (AP 6).....	104
6.1	Ziel und Kernergebnisse	104
6.2	Validierungsworkshops	104
6.2.1	Bewertung im Workshop am 08.08.2023.....	105
6.2.2	Unternehmen 1, Großunternehmen, Manager Sustainability, 31.08.2023	106
6.2.3	Unternehmen 2, KMU, Sustainability Leader, 13.10.2023	109
6.2.4	Unternehmen 3, KMU, Bereichsleitung, 13.10.2023.....	110
6.2.5	Unternehmen 4, Großunternehmen, Sustainability Manager, 18.10.2023	111
7	Projektmanagement, Dokumentation und Ergebnistransfer (AP 7).....	113
	Gegenüberstellung der durchgeführten Arbeiten und des Ergebnisses mit den Zielen	114
	Verwendung der Zuwendungen.....	117
	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	118
	Innovativer Beitrag der Forschungsergebnisse	119
	Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsvorhabens für kleine und mittlere Unternehmen	120
	Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU	122
	Aussagen zur voraussichtlichen industriellen Umsetzung der Ergebnisse nach Projektende	

Transfermaßnahmen und Veröffentlichungen	124
Durchführende Forschungsstelle	128
Literaturverzeichnis	129

Forschungsthema

Die Corona-Krise und der Krieg in der Ukraine haben Wirtschaft und Gesellschaft spürbar aus den Fugen gebracht. Das zuvor dominierende Thema der Fridays-for-Future-Bewegung scheint in den Hintergrund gerückt zu sein. Es ist jedoch bereits jetzt erkennbar, dass nach dem „Krisenmodus“, der das Thema Resilienz in den Vordergrund gerückt hat, das Thema Nachhaltigkeit seinen besonderen Stellenwert zurückerlangt (von See et al. 2023). Denn der Klimawandel ist langfristig eine der größten globalen Herausforderungen für unsere Gesellschaft (Feulner 2017). Durch menschliche Eingriffe in das Klimasystem (z. B. das Verbrennen von fossilen Energieträgern) hat sich die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre weltweit erhöht (Kromp-Kolb 2020; Umweltbundesamt 2020; Intergovernmental Panel on Climate Change 2014). Dies führt zu spürbaren Folgen wie u. a. der Erderwärmung (Solomon et al. 2009; Lenton et al. 2019).

Um die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu reduzieren, sollte eine Transformation zur dekarbonisierten Weltwirtschaft angestrebt werden (Pee et al. 2018). Dieser Wandel erfordert ein z. T. radikales Umdenken vieler Unternehmen (Saeed & Kersten 2019; Kromp-Kolb 2020; Leregger 2020). Besonders bei Großunternehmen verstärken staatliche Regulierungen, gesellschaftlicher Druck und/oder Anforderungen des Marktes den Handlungsbedarf, verursachte Emissionen nachzuvollziehen (Saeed & Kersten 2019; Lammers 2020). Hierfür werden die Nachweise über Emissionen in der Supply Chain von Lieferanten, Kunden und Partnern des fokalen Unternehmens zunehmend notwendig (Nulkar 2014; Farsan Alexander 2020; Plas 2020). So gefährden beispielsweise die Pläne von Großkonzernen der Automobilbranche, ihre Produktion CO₂-neutral zu gestalten, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) der Zuliefererkette (Tier 1 bis Tier n¹) (Buchenau et al. 2019). Während größere Lieferanten die dabei entstehenden Kosten an die vorgelagerten Wertschöpfungsstufen weitergeben können, haben die KMU bereits heute mit kleinen Margen und damit verbundenen geringeren Investitionsmöglichkeiten in nachhaltige Technologien zu kämpfen (Buchenau et al. 2019). Zudem werden insbesondere in KMU Nachhaltigkeitsanforderungen oftmals zu spät erkannt, was ebenfalls zu existenzbedrohenden Folgen führen kann (Buchenau et al. 2019). Beispielsweise gehen laut einer aktuellen Studie ca. 60 % der befragten Logistikdienstleister und Verlager (Industrie und Handel) davon aus, dass in den kommenden Jahren Nachhaltigkeit als Anforderung an Transportaufträge für viele Anfragen bzw. Aufträgen gestellt wird (Kersten et al. 2020).

Daher ist es unabdingbar, dass sich auch KMU ein nachhaltiges Wirtschaften zum Ziel setzen. Hierbei ist das Carbon Accounting von besonderer Relevanz (Eitelwein & Goretzki 2010; Lammers 2020). Unter Carbon Accounting ist *„die Erfassung, die nicht-monetäre und monetäre Bewertung und die Überwachung von [...] Emissionen auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette“* (Stechemesser & Guenther 2012, S. 35) zu verstehen. Emissionen lassen sich dabei in direkte und indirekte Emissionsquellen untergliedern (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2011). Für das Carbon Accounting hat sich besonders die Unterteilung nach dem international anerkannten Standard – das Greenhouse Gas (GHG) Protocol – bewährt (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2013). Dieses ordnet wie in Abbildung 1 dargestellt die direkten und indirekten Emissionen den sog. Scopes 1, 2 und 3 zu.

¹ Tier n bezeichnet die Lieferantenebene in Abhängigkeit von der Entfernung zum Hersteller (z. B. Tier 1, 2, ...n)

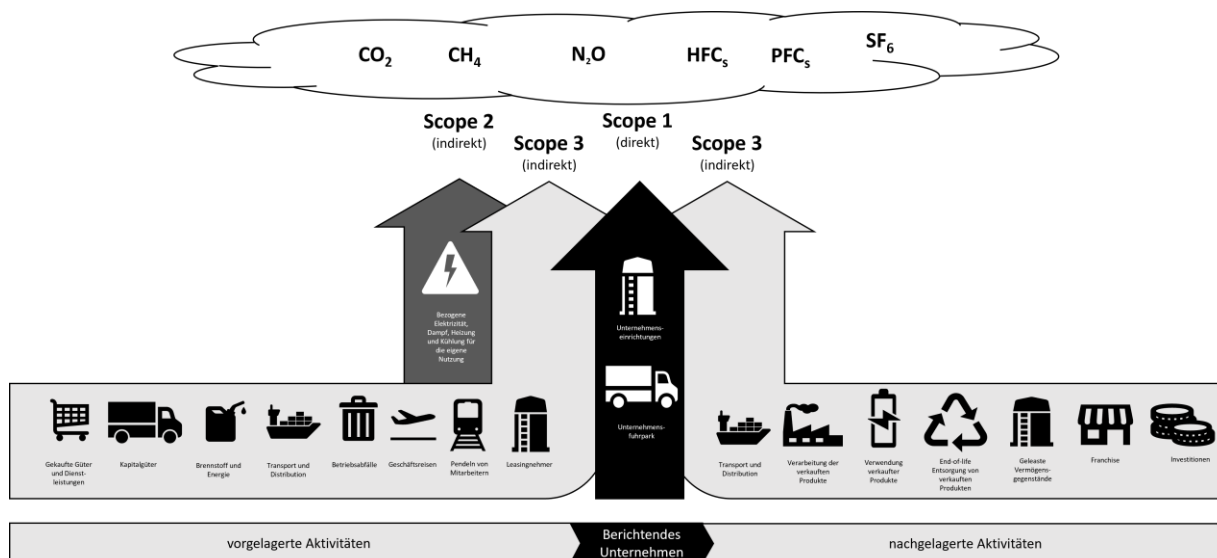


Abbildung 1: Scope 1, 2 und 3-Emissionen (Quelle: Eigene Darstellung nach WRI & WBCSD (2011, S. 5))

Aus der Praxis geht hervor, dass Unternehmen sich überwiegend auf die direkten Scope 1-Emissionen (aus unternehmensinternen bzw. kontrollierten Quellen) und indirekten Scope 2-Emissionen (aus der Erzeugung von zugekaufter Energie und Wärme) konzentrieren (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2013; Farsan et al. 2018). Emissionen entlang der vor- und nachgelagerten Geschäftstätigkeit (Scope 3) bleiben jedoch unberücksichtigt (Farsan et al. 2018). Diese untergliedert das GHG Protocol in 15 Kategorien (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2013). Vorgelagerte Aktivitäten beinhalten z. B. eingekaufte Güter und Dienstleistungen und nachgelagerte Aktivitäten betreffen bspw. die Nutzung von verkauften Gütern (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2013). Bei Unternehmen, die indirekte Scope 3-Emissionen erfassten, zeigte sich, dass diese zumeist deutlich höher lagen als diejenigen, die innerhalb der eigenen Geschäftstätigkeit erzeugt wurden (Kube et al. 2016; Farsan et al. 2018). Beispielsweise hat der Logistikdienstleister *DPDHL* im Jahr 2019 erfasst, dass ca. 77 % aller Treibhausgasemissionen aus Scope 3 Emissionsquellen stammen (Deutsche Post DHL Group 2019). Auch in dem mittelständischen Handelsunternehmen *VAUDE Sport GmbH & Co. KG* wurden 87 % aller Emissionen Scope 3 zugeordnet (Vaude 2022).

Demzufolge sollte die Messung und Offenlegung von Scope 3-Emissionen nicht von Unternehmen ignoriert werden (Blanco et al. 2016). Am oben geschilderten Beispiel der Automobilbranche zeigt sich, dass dies insbesondere in KMU notwendig ist, um zukünftig auf dem Markt wettbewerbsfähig zu bleiben. Denn ohne vollständige Kenntnis ihres ökologischen Fußabdrucks werden sie nicht in der Lage sein, die kosteneffektivste Strategie zur CO₂-Minderung zu verfolgen (Matthews et al. 2008), um letztendlich den Nachhaltigkeitsanforderungen der Lieferkette zu entsprechen. Daher ist es notwendig, dass für KMU neue Ansätze bereitgestellt werden, mithilfe derer sie Scope 3-Emissionen im Carbon Accounting vereinfacht berücksichtigen können.

Ausgehend davon ist das Forschungsprojekt "Entwicklung eines Konzepts für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting" entstanden. Im Rahmen des Projekts war es das Ziel, KMU Lösungsansätze von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting aufzuzeigen und Unternehmen bei der Nutzung digitaler Technologien zur Erfassung und Berechnung von Scope 3-Emissionen unabhängig von den Erfahrungswerten bei der Integration

von Scope 3 Carbon Accounting in logistikintensiven Branchen zu unterstützen. Im Ergebnis sollten Anforderungen der KMU an das Scope 3 Carbon Accounting abgeleitet, Einsatzmöglichkeiten der digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting identifiziert und bewertet sowie Leitfäden zur Umsetzung entwickelt werden. Eine abschließende Überführung der Ergebnisse in einen webbasierten Demonstrator unterstützt KMU systematisch bei der Entscheidungsfindung und Umsetzung.

Folgende Forschungsfragen standen im Fokus des Forschungsprojektes:

1. Welche Anforderungen werden von KMU an das Scope 3 Carbon Accounting gestellt?
2. Welche digitalen Technologien eignen sich, um das Scope 3 Carbon Accounting bei KMU zu implementieren? Welche Lösungen sind für KMU erreichbar?
3. Wie können KMU mit digitalen Technologien das Scope 3 Carbon Accounting in Unternehmen integrieren und welche Aspekte sind bei der Einführung zu berücksichtigen?
4. Welchen (branchenspezifischen) Mehrwert bietet ein digitalisiertes Scope 3 Carbon Accounting den KMU?

In sieben eng miteinander verknüpften Arbeitspaketen werden im Folgenden schrittweise die Forschungsfragen beantwortet. Die Übersicht der Arbeitspakete ist Abbildung 2 zu entnehmen.

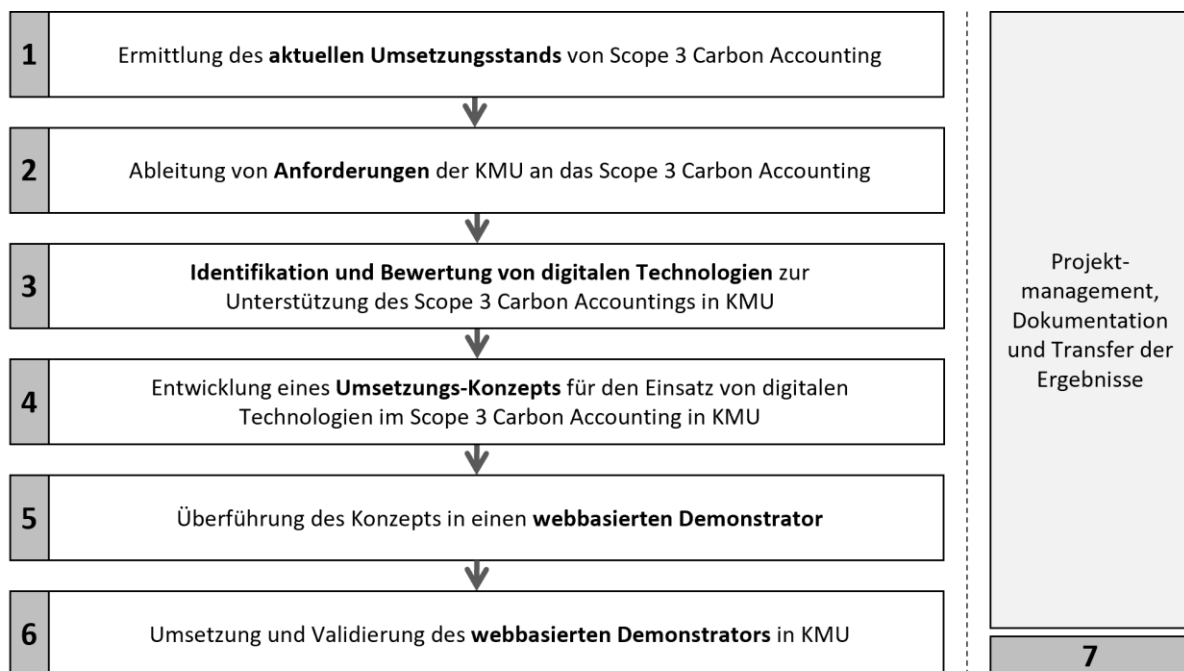


Abbildung 2: Arbeitspakete (AP) des Forschungsprojektes

Stand der Forschung im Scope 3 Carbon Accounting

Die Bemühungen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen stellen Unternehmen vor eine große Herausforderung. Eine vollständige Erfassung der Unternehmensemissionen ermöglicht es Unternehmen, ein umfassendes Verständnis ihrer Auswirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu gewinnen (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2013). Es ist jedoch unrealistisch, alle Kohlenstoffemissionen zu berücksichtigen, insbesondere diejenigen unter Scope 3, die indirekte Emissionen aus Aktivitäten der Wertschöpfungskette umfassen (Lee 2011). In vielen Branchen stellen Scope 3-Emissionen die größte Emissionsquelle für Unternehmen dar und bieten somit erhebliche Möglichkeiten zur Emissionsreduktion (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2013).

Zur Umsetzung des Scope 3 Carbon Accountings stehen in der Praxis verschiedene technische Lösungen zur Verfügung. Häufig greifen Unternehmen zur Erfassung der Gesamtemissionen auf Emissionsrechner zurück, die auf Tabellenkalkulationsprogrammen wie Microsoft Excel basieren (Melville & Whisnant 2014). Diese ermöglichen durch die Eingabe von Aktivitätsdaten aus betrieblichen IT-Systemen (z. B. ERP) die Berechnung und Visualisierung der Scope 3-Emissionen mithilfe hinterlegter Formeln. Diese Methode zeichnet sich durch eine niedrige Einstiegshürde und hohe Flexibilität aus, erfordert jedoch eine regelmäßige Aktualisierung der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren. Der erhebliche manuelle Aufwand führt dazu, dass sowohl Primär- als auch Sekundärdaten nicht kontinuierlich angepasst werden, was die Erfassung der Scope 3-Emissionen erschwert (Schmidt et al. 2021).

Darüber hinaus können webbasierte Tools für das Scope 3 Carbon Accounting genutzt werden (Harangozo & Szigeti 2017). Ähnlich wie die Excel-Emissionsrechner bieten sie eine geringe Einstiegshürde für Unternehmen. Da diese Tools jedoch häufig auf unterschiedlichen Modellberechnungen basieren, können die Ergebnisse der berechneten Scope 3-Bilanz erheblich variieren (Harangozo & Szigeti 2017). Zudem sind sie oft nicht flexibel anpassbar, sodass wichtige Emissionsfaktoren für Unternehmen mit langen und komplexen Lieferketten fehlen können. Daher eignen sich webbasierte Tools hauptsächlich für eine grobe Abschätzung der Scope 3-Emissionen (Harangozo & Szigeti 2017).

Um den manuellen und fehleranfälligen Erfassungsaufwand zu reduzieren, werden zunehmend spezialisierte Softwarelösungen für die Scope 3-Bilanzierung eingesetzt (Bütow et al. 2022). Diese sollen die Komplexität der Datenerfassung bewältigen und die Zusammenarbeit erleichtern. Aufgrund des Mangels an Primärdaten entlang der gesamten Wertschöpfungskette greifen auch diese Lösungen häufig auf generische Datenbanken zurück (Patchell 2018). Dies beeinträchtigt die Genauigkeit, Überprüfbarkeit und Konsistenz der Ergebnisse, wodurch sie die tatsächlichen Scope 3-Emissionen des Unternehmens nicht vollständig abbilden können. Besonders betroffen sind nachgelagerte Aktivitäten wie die Nutzung der verkauften Produkte (Schmidt et al. 2021).

Der Einsatz digitaler Technologien bietet Unternehmen großes Potenzial, das Scope 3 Carbon Accounting transparenter, konsistenter und genauer zu gestalten (Harbich et al. 2021).

Trotz der Verfügbarkeit technischer Lösungen stehen Unternehmen vor großen Herausforderungen bei der Erfassung von Primärdaten (Patchell 2018). Initiativen wie Catena-X arbeiten daher an einem digitalen Ökosystem mit einheitlichen Standards für den Datenaustausch entlang der Wertschöpfungskette, um die Digitalisierung von Emissionsdaten zu fördern (Bütow et al. 2022).

Die Anwendung unterschiedlicher Standards (z. B. ISO-Normen) und das Fehlen branchenspezifischer Richtlinien führen dazu, dass Scope 3-Ergebnisse von Unternehmen unterschiedlich und schwer nachvollziehbar sind (Schmidt et al. 2021). Neue technologische Innovationen können die Erfassung von Emissionsdaten zwischen Lieferanten und Kunden verbessern und so zu mehr Effizienz und Transparenz beim Scope 3 Carbon Accounting beitragen (Asif et al. 2022). Insbesondere die Integration digitaler Technologien wie Cloud Computing, Blockchain, Internet der Dinge (IoT) und künstliche Intelligenz (KI) kann Unternehmen wesentlich bei der Ermittlung ihrer Scope 3-Bilanz unterstützen.

Cloud Computing bietet Unternehmen beispielsweise Flexibilität und Skalierbarkeit bei der Berechnung von Emissionsdaten und der Bereitstellung dieser Daten für die verschiedenen Akteure entlang der Lieferkette (Xing et al. 2016). Eine cloudbasierte Lösung kann Daten aus den IT-Systemen verschiedener Akteure integrieren und diese Informationen zur Berechnung der Scope 3-Emissionen nutzen (Royo 2020). Dies erleichtert den Datenaustausch zwischen Lieferanten und Kunden und erhöht die Genauigkeit der Scope 3 Carbon Accounting Daten (Royo 2020). Darüber hinaus fördert Cloud Computing das Monitoring von Emissionsinformationen in vernetzten Lieferkettenprozessen und die interorganisationale Zusammenarbeit (Xing et al. 2016).

Die Bereitschaft zur Teilung von Emissionsdaten seitens der Lieferanten kann durch den Einsatz der Blockchain-Technologie verstärkt werden (Rusch et al. 2023). Die dezentrale Struktur des Blockchain-Netzwerks ermöglicht es, Daten mittels Kryptographie zu verifizieren und zu teilen (Cole et al. 2019). Dies verbessert die Rückverfolgbarkeit von Lieferantendaten und die Erfassung schwer zugänglicher Emissionsdaten von indirekten Lieferanten (Asif et al. 2022; Tang & Tang 2019). Ein Beispiel hierfür ist der Einzelhandelskonzern Walmart, der in Zusammenarbeit mit IBM die Blockchain-Technologie zur Nachverfolgung von Lieferantendaten einsetzt (Asif et al. 2022). Um die Teilnahmebereitschaft der Lieferanten an solchen Lösungen zu erhöhen, ist es sinnvoll, wenn Lieferanten mehr Ressourcen aufbauen (Lee 2011). Alternativ können berichtende Unternehmen in den Aufbau von Fähigkeiten ihrer Lieferanten investieren, um den Datenaustausch zu fördern (Asif et al. 2022; Lee 2011).

Das Internet der Dinge (IoT) gilt als vielversprechende Technologie, da über verteilte Sensoren Daten von Lieferanten automatisch gesammelt und in Echtzeit vernetzt werden können (Garrido-Hidalgo et al. 2019). IoT-Geräte können durch ihre Synchronisationsfähigkeit dazu beitragen, dass Emissionsdaten entlang der gesamten Wertschöpfungskette, auch nachgelagert, nachverfolgt werden können (Martindale 2022).

Auch künstliche Intelligenz, insbesondere maschinelles Lernen, wird im Scope 3 Carbon Accounting eingesetzt. Durch trainierte Datenmodelle können Datensätze automatisch aufbereitet, Datenlücken gefüllt und Scope 3-Emissionen genauer berechnet werden (Serafeim & Velez Caicedo 2022). Dies erhöht die Effizienz der Berechnungen und die Zuverlässigkeit der Daten beim Austausch.

Trotz der Verfügbarkeit technischer Lösungen stehen Unternehmen jedoch vor erheblichen Herausforderungen bei der Sammlung relevanter Daten (Stenzel & Waichman 2023). Erstens wissen Lieferanten oft nicht, welche Daten benötigt werden oder wie sie diese Informationen beschaffen können (Eckerman et al. 2023; Lee 2012). Dieses Problem ist besonders herausfordernd für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit begrenzten Ressourcen, Budgets und Personal (Stenzel & Waichman 2023). Zusätzlich verstehen Lieferanten in höheren Ebenen der Lieferkette möglicherweise nicht vollständig die Bedeutung dieser Daten (Gupta & Patel 2022), was

problematisch ist, da Unternehmen kontinuierlichen Zugang zu Lieferantendaten benötigen, um Scope 3-Emissionen zu berechnen (Stenzel & Waichman 2023). Zweitens treffen Lieferanten ihre eigenen Entscheidungen darüber, welche Informationen sie wann weitergeben (Fawcett et al. 2007). Aus Sorge um Wettbewerbsvorteile sind Lieferanten oft nicht bereit, Informationen zu teilen. Daher erhalten Unternehmen in der Praxis häufig keine spezifischen Daten von Lieferanten und greifen auf generische Berechnungsmethoden zurück, um ihre Scope 3-Emissionen zu messen (Harbich et al. 2023).

1 Ermittlung des Umsetzungsstands von Scope 3 Carbon Accounting in Unternehmen (AP 1)

1.1 Ziel und Kernergebnisse

Ziel und Forschungsfrage

Ziel des Arbeitspakets ist es, den Umsetzungsstand von Scope 3 Carbon Accounting in Unternehmen zu ermitteln. Dafür wurden die Bedarfe, Treiber, Vorgehen und Barrieren untersucht und Handlungsfelder mithilfe der Unternehmen abgeleitet. Zur Wegweisung diente folgende Leitfrage:

Wie setzen Unternehmen das Scope 3 Carbon Accounting aktuell um?

Hierbei stellte sich heraus, dass die Unternehmen bisher noch keine bis wenig digitale Technologien im Rahmen von Scope 3 Carbon Accounting anwenden. Vorgestellt wurden erste Ergebnisse des Arbeitspakets am 08.10.2021 zur offiziellen Einführungsveranstaltung des projektbegleitenden Ausschusses mit 10 Unternehmen.

Methodik

Im Rahmen des ersten Arbeitspakets wurde mithilfe einer Interviewstudie der Umsetzungsstand des Scope 3 Carbon Accountings in Unternehmen erhoben. In einem Zeitraum von August 2021 bis März 2022 wurden hierzu 19 Expert*innen befragt. Bei der Auswahl der Teilnehmer*innen wurde auf die Berücksichtigung unterschiedlicher Unternehmensgrößen, Branchenzugehörigkeiten und Reifegrade geachtet (siehe Tabelle 1).

Da zwischen Unternehmen verschiedener Größen aufgrund komplexer Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerken oftmals ein direkter bzw. indirekter Zusammenhang besteht und diese Unternehmen unterschiedliche Fähigkeiten und Rollen im Scope 3 Carbon Accounting haben, wurden in der Interviewstudie 9 kleine und mittlere Unternehmen (kurz: KMU, bis 500 Mitarbeitende), 8 Großunternehmen (kurz: GU, mehr als 500 Mitarbeitende) und 2 sonstige Unternehmen (NGO und Universität) befragt.

Um darüber hinaus einen möglichst branchenübergreifenden Eindruck von dessen Umsetzungsstand zu erhalten, wurden verschiedene Branchen in die Interviewstudie einbezogen. Hierbei handelt es sich um folgende Branchen: Dienstleistungen (5), Automobil (1), Transport (1), Kosmetik, (2) Chemie (2), Getränke und Lebensmittel (2), Bekleidung (1), Einzelhandel (1), Sonstige Waren (1), Technologie (1), Universität (1) und NGO (1).

Außerdem war für die Untersuchung relevant, dass Unternehmen einen unterschiedlichen Umsetzungsstand bzgl. des Scope 3 Carbon Accountings besitzen. So wurden Unternehmen befragt, die bisher keine Umsetzung durchgeführt haben (z.B. Interview 12, KMU), die sich aktuell in der Umsetzung befinden (z.B. Interview 16, KMU), die den Prozess bereits Scope 3 Carbon Accounting im Unternehmen integriert haben (z.B. Interview 19, GU) sowie Unternehmen, die sich am Markt platzieren wollen (z.B. Interview 18, GU).

Tabelle 1: Befragte Unternehmen in der Interviewstudie

Interview	Datum	Größe	Branche	Reifegrad
#1	24.08.2021	KMU	Dienstleistung	Erfahrung
#2	27.08.2021	GU	Chemie	Erfahrung
#3	09.09.2021	KMU	Dienstleistung	Erfahrung
#4	15.09.2021	GU	Automobil	In Umsetzung
#5	22.09.2021	Sonstiges	Universität	Erfahrung
#6	29.09.2021	KMU	Chemie	Erfahrung
#7	01.10.2021	KMU	Dienstleistung	Erfahrung
#8	13.10.2021	KMU	Dienstleistung	In Umsetzung
#9	13.10.2021	GU	Kosmetik	Erfahrung
#10	14.10.2021	Sonstiges	NGO	Erfahrung
#11	22.10.2021	KMU	Bekleidung	Erfahrung
#12	01.11.2021	KMU	Transport	Keine Erfahrung
#13	16.11.2021	GU	Dienstleistung	Erfahrung
#14	20.01.2022	GU	Getränke und Lebensmittel	In Umsetzung
#15	31.01.2022	KMU	Sonstige Waren	In Umsetzung
#16	02.02.2022	KMU	Kosmetik	In Umsetzung
#17	07.02.2022	GU	Getränke und Lebensmittel	In Umsetzung
#18	09.02.2022	GU	Technologie	Erfahrung
#19	17.02.2022	GU	Einzelhandel	Erfahrung

Analysiert und ausgewertet wurden die Interviews mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) mithilfe der Software MAXQDA. Die Bildung der Kategorien fand dabei sowohl deduktiv als auch induktiv statt.

Kernergebnisse

Mithilfe des ersten Arbeitspakets wurde für das Projekt ein erster Überblick über den aktuellen Umsetzungsstand zum Thema Scope 3 Carbon Accounting erhoben. So zeigte sich, dass Unternehmen jeglicher Größe bereits eine Relevanz in der Thematik sehen, jedoch nur bedingt

angefangen haben zu handeln. Dies passiert zumeist erst, wenn entsprechende Treiber (intern oder extern) die Umsetzung einfordern.

Entscheiden sich Unternehmen dann zur Umsetzung, gibt es verschiedene Arten, wie Unternehmen unterstützt werden. Hierbei spielen technische Hilfsmittel, Partner und auch das Netzwerk eine wesentliche Rolle für den Erfolg. Jedoch ergeben sich auch zahlreiche Barrieren (intern oder extern), weshalb die Umsetzung für Unternehmen nicht trivial ist. Die Barrieren reichen dabei von fehlenden Ressourcen in den Unternehmen über die fehlende Vergleichbarkeit und Kompatibilität von Standards bis hin zur mangelnden Datenverfügbarkeit und dem fehlenden Austausch der Daten. Um die Barrieren zu reduzieren und die Thematik stärker voranzutreiben, ergeben sich folgende Handlungsfelder zur Verbesserung: Kollaboration, Sensibilisierung, Unterstützung und Einsatz digitaler Technologien.

1.2 Relevanz für Unternehmen

Für Unternehmen wird Carbon Accounting zunehmend relevanter (Interview 3, KMU). Das kann daran erkannt werden, dass sich zunehmend mehr Unternehmen bei Initiativen wie Science Based Targets oder Carbon Disclosure Project verpflichten ihre Emissionen zu erfassen und zu berichten. Jedoch ist der Scope 3-Bereich durch das Greenhouse Gas Protocol bisher optional, also noch nicht berichtspflichtig (Interview 2, GU; Interview 13, GU). Entsprechend gehen Unternehmen unterschiedlich mit dem Scope 3 Carbon Accounting um.

Relevanz von Scope 3 Carbon Accounting für KMU

Für KMU ergibt sich ein Bedarf mit Scope 3 Carbon Accounting auf Grundlage dessen, dass es bei den meisten Unternehmen den größten Anteil an Emissionen ausmacht (Interview 16, KMU). Entsprechend stehen KMU in der Verpflichtung gemäß Interview 16 (KMU) sich daran zu beteiligen. Nichtsdestotrotz sind KMU in der Regel noch nicht so weit und werden nach Einschätzung von Interview 16 (KMU) auch erst mit entsprechendem Druck von ihren Partnern und Kunden aktiv. Dieser Druck wird nur teilweise von Unternehmen vernommen (Interview 6, KMU; Interview 11, KMU; Interview 12, KMU).

Auch sind KMU aktuell nicht bereit, für die Thematik zu bezahlen (Interview 12, KMU). Perspektivisch kann die Zahlungsbereitschaft allerdings zunehmen, wenn das Thema in Unternehmen strategisch verankert wird (Interview 6, KMU). Denn Scope 3 Carbon Accounting kann für Unternehmen auch zur Chance werden, sich in Zukunft zu entlasten (Interview 8, Sonstige).

Relevanz von Scope 3 für GU

Auch in Großunternehmen wird wahrgenommen, dass die Scope 3 Emissionen im Vergleich zu Scope 1 und 2-Emissionen deutlich größer sind und sich demgemäß auf diese auch fokussiert werden muss (Interview 17, GU). Auch hier ist der Druck allerdings von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich (Interview 8, GU). Hierbei spielt auch eine wesentliche Rolle, welcher Branche das Unternehmen angehört. Insbesondere in endkonsumentennahen Branchen sind die Scope 3-Emissionen besonders hoch.

Zusammenhang zwischen GU und KMU/Lieferanten

Große Unternehmen erwarten von ihren Zulieferern, unabhängig von deren Größe, die Weitergabe des CO₂-Fußabdrucks für bestimmte Produkte. (Interview 2, GU; Interview 7, KMU). Diese Informationen beinhalten auch die sogenannten Scope 3-Emissionen des jeweiligen

Unternehmens. Die Großunternehmen sind sich jedoch bewusst, dass KMU in ihren Kapazitäten oft limitiert sind, wenn es um die Berechnung und Bereitstellung von CO2-Fußabdrücken geht (Interview 2, GU).

1.3 Pre-Adoption: Treiber zur Umsetzung

Wie in der Übersicht der Stakeholder (Abbildung 3) dargestellt, unterliegt die Thematik diversen Stakeholdern, die Unternehmen zur Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting bewegen. Diese lassen sich in interne und externe Treiber untergliedern.

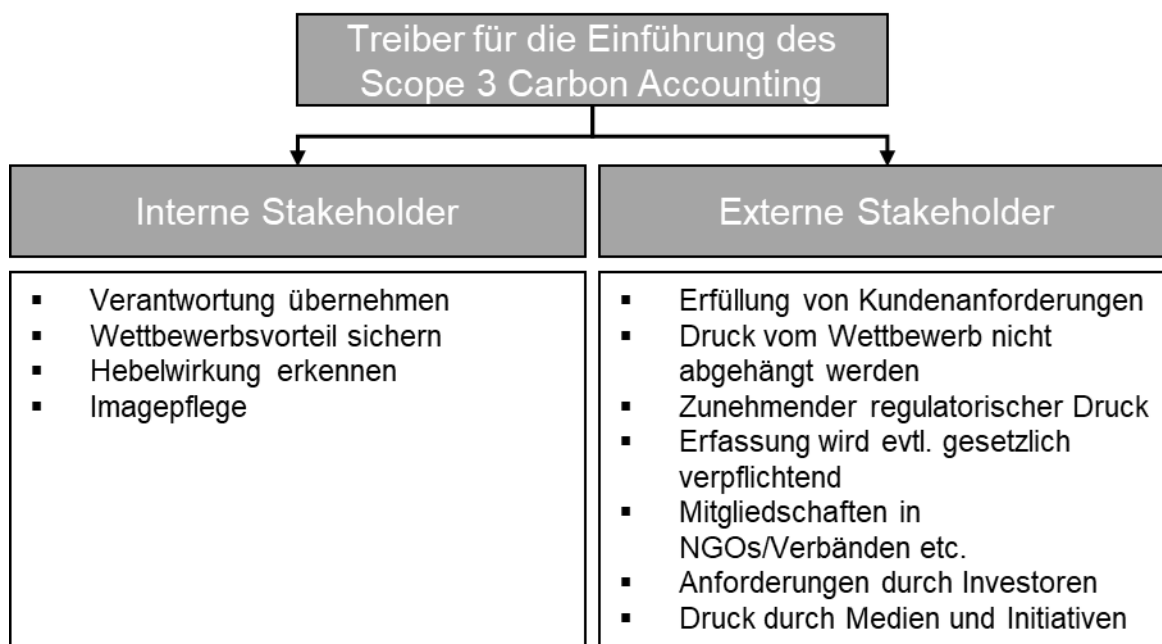


Abbildung 3: Treiber für die Einführung des Scope 3 Carbon Accountings (eigene Darstellung)

Interne Treiber

Bei den internen Treibern (siehe Tabelle 2) handelt es sich um die Geschäftsführung sowie die Mitarbeitenden, die zur Umsetzung des Scope 3 Carbon Accounting beitragen (Interview 2, GU; Interview 6, KMU; Interview 11, KMU; Interview 17, GU).

Unternehmen fühlen sich zunehmend in der **Verantwortung**, ihren Beitrag zum Klimaschutz zu leisten (Interview 13, GU). Auch wird das Thema Klimaschutz als zukünftiger **Wettbewerbsvorteil** gesehen (Interview 2, GU; Interview 15, KMU). Große Unternehmen wollen sich strategisch positionieren und KMU wollen sich transparenter aufstellen, d.h. wissen, wo ihre Hotspots liegen, und Verbesserungsbedarfe erkennen (Interview 7, KMU). In diesem Zusammenhang ist es entscheidend, dass Unternehmen wissen, wo die größten Einflussmöglichkeiten liegen, um **Hebelwirkungen** zu nutzen (Interview 9, KMU). Neben dem Verantwortungsgefühl spielen die Reputation und **Imagepflege** eine Rolle bei der Umsetzung (Interview 5, Sonstige).

Tabelle 2: Intern getriebene Motivation zur Einführung von Scope 3 Carbon Accounting

Motivation	KMU	GU	Sonstige
Verantwortung übernehmen		x	x
Wettbewerbsvorteil sichern	x	x	
Hebelwirkung erkennen	x		x
Imagepflege			x

Externe Treiber

Neben internen Treibern gibt es auch zahlreiche externe Treiber, die Unternehmen zur Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting veranlassen.

Unternehmen befassen sich zumeist auf Grundlage von Anforderungen, die der Markt (**Kunde**) stellt, mit der Thematik (Interview 6, KMU; Interview 15, KMU). Wenn Kunden eine Agenda verfolgen, dann fragen sie deren Lieferanten bzgl. umweltrelevanter Daten an (Interview 15, KMU; Interview 16, KMU; Interview 19, GU). Unternehmen müssen dementsprechend Maßnahmen ergreifen, um diesen Anforderungen gerecht zu werden (Interview 4, GU). Darüber hinaus entsteht für Unternehmen auch Druck durch den **Wettbewerb**, was sie dazu veranlasst, aktiv zu werden (Interview 13, GU).

Neben dem marktrelevanten Druck spielt auch der **regulatorische Druck** eine zunehmende Rolle (Interview 1, KMU). Die Gesetzgebung wird zunehmend verschärft, sodass das Risiko besteht, dass die Thematik in naher Zukunft gesetzlich geregelt wird (Interview 2, GU; Interview 16, KMU). Daher stehen Unternehmen unter wachsendem Druck, sich mit diesen Fragen auseinanderzusetzen, unabhängig von ihrer Größe.

Außerdem werden große Unternehmen durch **NGOs** gedrängt, sich mit dem Thema auseinander zu setzen bzw. Berichtspflichten durch die Mitgliedschaften nachzugehen und Emissionen zu erfassen (Interview 2, GU; Interview 13, GU; Interview 19, GU). Auch Impulse durch **Medien** (z.B. Zeitungsberichte) oder **Veranstaltungen** (z.B. Podiumsdiskussionen) waren für Unternehmen Anreiz sich mit der Thematik zu beschäftigen (Interview 5, GU; Interview 11, KMU). Zusätzlich legen von **Investoren** gesteuerte Unternehmen Vorgaben fest, denen andere Unternehmen folgen müssen, um Investitionen zu erhalten (Interview 13, GU; Interview 18, GU).

Dementsprechend gibt es unterschiedliche Gründe, weshalb Unternehmen mit Scope 3 Carbon Accounting beginnen. Eine Übersicht der Motivatoren findet sich in Tabelle 33. Insbesondere externe Stakeholder treiben die Thematik in die Unternehmen.

Tabelle 3: Extern getriebene Motivation zur Einführung von Scope 3 Carbon Accounting

Motivation	KMU	GU
<i>Kundenanforderungen erfüllen</i>	x	x
<i>Vom Wettbewerb nicht abgehängt werden</i>		x
<i>Regulatorischer Druck nimmt zu</i>	x	x
<i>Gesetzgebung ändert sich, wird verpflichtend</i>	x	x
<i>Berichtspflicht, verursacht durch Mitgliedschaften</i>		x
<i>Investoren stellen Anforderungen</i>		x
<i>Medien und Veranstaltungen wirken auf Unternehmen</i>	x	x

1.4 Unterstützungsarten

Unterstützung für Unternehmen gibt es in Form von technischen Hilfsmitteln, Partnern und Netzwerken (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Unterstützungsarten bei der Umsetzung

Unterstützungsarten	
<i>Technische Hilfsmittel</i>	Datenbanken Carbon Footprint Tools Datenaustausch-Plattformen
<i>Partner</i>	Berater/Dienstleister Universitäten
<i>Netzwerk</i>	Initiativen

Technische Hilfsmittel

Technische Hilfsmittel unterscheiden sich je nach Detaillevel und sind in Form von kostenlosen und kostenpflichtigen Lösungen erhältlich (Interview 18, GU). Einerseits können Unternehmen auf öffentliche/ private **Datenbanken** zurückgreifen (Interview 7, KMU). Andererseits können sie auch auf **Carbon-Footprint-Tools** zurückgreifen, wobei bereits Lösungen speziell für mittelständische Unternehmen angeboten werden (Interview 15, KMU). Mit kostenlosen Tools gewinnen Unternehmen einen ersten Überblick über die Scope 3 Emissionen (Interview 15, KMU; Interview 16, KMU; Interview 14, GU). Hierbei ist darauf zu achten, dass diese auf Basis des GHG-Protokolls oder der ISO-Norm erstellt wurden (Interview 7, KMU). Für eine Etablierung von Carbon Accounting im Unternehmen wird jedoch auf ganzheitliche Lösungen hingewiesen (Interview 16, KMU; Interview 7, KMU). Diese sind zumeist kostenpflichtig (Interview 7, KMU). Auch

Datenaustausch-Plattformen entwickeln sich, um die Vergleichbarkeit der Daten voranzutreiben (Interview 3, KMU).

Partner

Neben technischen Hilfsmitteln der Dienstleister werden auch Berater als Unterstützung bei der Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting eingesetzt (Interview 18, GU; Interview 7, KMU). Diese bieten unterschiedliche Beratungsleistungen, z.B. Abschätzung der Scope 3 Emissions-Hotspots, an. Alternativ können Unternehmen auch durch die Teilnahme an universitären Projekten Unterstützung zur Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting erhalten (Interview 16, KMU). Die Vergabe von Masterarbeiten kann ebenfalls dabei helfen, sich dem Thema zu nähern (Interview 7, KMU).

Netzwerk

Zuletzt ermöglichen Initiativen Unternehmen die Möglichkeit auf Standardisierung und Vergleichbarkeit mittels eines einheitlichen Vorgehens in Form von branchenspezifischen Leitfäden (Interview 10, Sonstige). Neben der Datenerfassung und Berechnung rückt hierbei auch zunehmend mehr die Datenteilung in den Vordergrund (Interview 10, Sonstige). Es zeigen sich demgemäß für Unternehmen verschiedene Möglichkeiten, sich zu Unterstützung bei der Thematik zu holen.

1.5 Adoption: Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting

Ziele

Unternehmen haben differenzierte Ziele, die sie mit dem Scope 3 Carbon Accounting erreichen wollen (siehe Tabelle 5). Zum einen möchten sich Unternehmen einen **Überblick** über ihren Corporate Carbon Footprint machen (Interview 4, GU), damit sie in den nächsten Jahren Klimaziele definieren können und eine Strategie erarbeiten, um das Ziel zu erreichen (Interview 17, GU).

Dementsprechend streben Unternehmen an, identifizierte **Emissionen zu reduzieren** (Interview 2, GU; Interview 8, GU). Darüber hinaus wollen sie Unternehmen helfen, mittels intelligenter Produkte **Emissionen bei Kunden einzusparen** (Interview 2, GU) um langfristig ein **klimaneutrales** Unternehmen zu werden (Interview 4, GU; Interview 16, KMU; Interview 18, GU).

Tabelle 5: Mit der Einführung von Scope 3 Carbon Accounting verfolgte Ziele

Ziele	KMU	GU
<i>Überblick schaffen</i>		x
<i>Emissionsreduktion vorantreiben</i>		x
<i>Lieferkette downstream unterstützen</i>		x
<i>Klimaneutral werden</i>	x	x

Standards

Unternehmen orientieren sich bei der Umsetzung des Scope-3-Carbon-Accountings an verschiedenen Standards wie dem GHG-Protokoll (Interview 2, GU; Interview 6, KMU; Interview 19, GU),

sowie auch an den ISO-Normen 14044, 14025 und 14067, die sich mit Nachhaltigkeitsthemen beschäftigen (Interview 4, GU).

Technische Umsetzung

Unternehmen setzen das Scope 3 Carbon Accounting innerhalb des Unternehmens mithilfe von einfachen Excel-Lösungen bis hin zu komplexen Software-Lösungen (**Carbon Management Systeme**) um. Zur Interaktion mit Lieferanten werden **Datenaustausch-Plattformen** entwickelt.

Einige Unternehmen nutzen **Excel-Tools** zur Umsetzung des Scope 3 Carbon Accountings (Interview 5, KMU; Interview 6, KMU; Interview 16, KMU; Interview 17, GU). Aus Kostengründen entscheiden sich KMU gegen kostenpflichtige Onlinelösungen (Interview 6, KMU). Bei besonders hohen Datenmengen automatisieren Unternehmen jedoch punktuell den Prozess mit Schnittstellen (Interview 6, KMU). Neben Excel-Tools nutzen KMU auch **kostenfreie Carbon Accounting-Tools** von öffentlichen Einrichtungen (Interview 15, KMU). Andere Unternehmen kaufen sich (punktuell für eine Scope 3-Kategorie oder für alle Kategorien) **Lizenzen von Externen** (Interview 2, GU; Interview 11, KMU). Diese ermöglichen den Unternehmen den Aufwand zu reduzieren (Interview 11, KMU). Unternehmen mit ausreichenden Ressourcen können sich auch ein **eigenes Carbon Accounting-System** aufbauen (Interview 8, GU). Dafür nutzen sie die internen Datenbanken und Systeme als Unterstützung (Interview 2, GU). Da es sich um interne Carbon Accounting-Systeme handelt, wird darauf geachtet, dass die Lösung zunächst firmenintern umgesetzt und nicht mit anderen Unternehmen geteilt wird (Interview 17, GU). Um die Datenerfassung von Lieferanten zu erleichtern, entwickeln Unternehmen **Plattformen** (Interview 18, GU). Diese sollen den Aufwand bei Lieferanten verringern und die Transparenz von CO2-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette erhöhen (Interview 2, GU).

Datenerfassung von Unternehmen

Im folgenden Abschnitt werden die Varianten zur digitalen Datenerfassung von Unternehmen aufgegriffen. Hierbei wird zwischen **unternehmensinternen** und **-externen Datenquellen und Systemen** unterschieden. Alle in der Interviewstudie identifizierten **unternehmensinternen** Systeme sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht über die unternehmensinternen Systeme

Unternehmensinterne Systeme	KMU	GU
ERP-System	x	x
Reisebuchungs-System		x
Warenwirtschafts-System	x	
Kennzahlen (API)-System		x
Energiemanagement-System	x	

Je nach Carbon Management System können die Daten direkt integriert werden, oder müssen separat von einer Abteilung eingepflegt werden (Interview 11, KMU). Die Vor- und Nachteile erläutert Interview 1 (KMU):

„man würde sich vielleicht einen Schritt teilen, wenn jeder vielleicht die Daten direkt eingibt, andererseits ist vielleicht gar nicht so schlecht, wenn das nochmal bei uns über den Tisch läuft, um zu gucken, ja, dann können wir gleich abschätzen, wie war es im letzten Jahr, ist es plausibel oder nicht? Manchmal passieren ja auch Erfassungsfehler, deswegen ist so ein Vieraugenprinzip, was eben mit eingebaut ist, vielleicht gar nicht so schlecht“ #Interview 11 (KMU)

Tabelle 7 liefert einen Überblick über die identifizierten **Einflussfaktoren auf die Datenerfassung bei Lieferanten**.

Tabelle 7: Übersicht über die Einflussfaktoren auf die Datenerfassung bei Lieferanten

Einflussfaktoren auf Datenerfassung bei Lieferanten	KMU	GU
Umsetzungsgrad von Lieferanten	x	
Marktmacht bei Lieferanten, Umsetzungsdruck	x	x
Einkaufskriterium/ Lieferantenbewertung		x
Worst Case Berechnung seitens anfragender Unternehmen		x
Vertrauensbeziehung	x	
Zusammenarbeit an gemeinsamen CO2-Projekten	x	x

Wie auch das GHG-Protokoll thematisiert, haben Unternehmen verschiedene Möglichkeiten **externe Daten von Partnern der Wertschöpfungskette** zu erheben. Hierbei spielen **Primärdaten von Lieferanten** insbesondere bei wirtschaftlichen bedeutsamen Produkten eine wichtige Rolle (Interview 6, KMU). Entsprechend werden **Fragebögen** entwickelt, die dann an die Lieferanten weitergeleitet werden (Interview 4, GU; Interview 6, KMU; Interview 19, GU). Wenn Unternehmen keine lieferantenspezifischen Daten vorliegen, werden auch **Sekundärdaten** aus bestimmten Quellen ausgesucht (Interview 2, GU). Diese Datenbanken sind öffentlich oder privat für Unternehmen zugänglich (Interview 6, KMU; Interview 11, KMU). Sie werden von Dienstleistern angeboten (Interview 19, GU; Interview; Interview 11, KMU), aber auch wissenschaftliche Publikationen werden genutzt (Interview 6, KMU). Dies nimmt im Verhältnis zur CO₂-Menge eines Produkts jedoch viel Zeit in Anspruch (Interview 6, KMU). Dennoch sind sie für Unternehmen bei bestimmten Warengruppen essenziell, da keine anderen Daten vorliegen (Interview 11, KMU).

Bei der **Datenerfassung von Mitarbeitenden** werden von Unternehmen verschiedene Methoden verwendet. Häufig werden **Umfragen** genutzt, um an empirische Informationen zu kommen (Interview 6, KMU; Interview 16, KMU). Teilweise werden von den Unternehmen auch **Schätzungen** vorgenommen (Interview 14, GU). Für die Datenerfassung von Dienstreisen kontaktieren Unternehmen häufig ihr Reisebüro. (Interview 8, GU; Interview 19, GU). Aber auch hier müssen Unternehmen in einigen Fällen auf Schätzungen zurückgreifen (Interview 14, GU).

Unternehmen stehen bei der Datenerfassung von Lieferanten vor einigen **Herausforderungen**. Wie bereits im Abschnitt „Relevanz für KMU“ thematisiert, spüren KMU oftmals noch **keinen Druck** mit dem Thema zu beschäftigen (Interview 6, KMU). Das führt dazu, dass Unternehmen von solchen Lieferanten bisher keine Daten erhalten. Des Weiteren kann es problematisch sein,

wenn sowohl Unternehmen nur über einen geringen Einkaufswert verfügen und dementsprechend **wenig Einfluss** auf ihre Lieferanten ausüben können (Interview 4, GU; Interview 14, GU; Interview 16, KMU). Auch hier wird die Motivation seitens der Lieferanten gering sein, Daten zu erfassen (Interview 16, KMU). Werden die Emissionen jedoch zum Einkaufskriterium, kann es auf Lieferanten einen Einfluss ausüben (Interview 2, GU; Interview 8, GU). Damit gibt es eine Möglichkeit, Lieferanten aktiv unter Druck zu setzen (Interview 2, GU).

Darüber hinaus führen Unternehmen in einigen Fällen **Worst-Case-Berechnungen** durch, um den Druck auf die Lieferanten zu erhöhen und sie zur Bereitstellung realer Daten zu motivieren (Interview 8, GU). Neben den Druckmitteln auf Lieferanten haben Unternehmen bei **langjährigen Vertrauensbeziehungen** auch die Möglichkeit Daten zu erhalten (Interview 6, KMU; Interview 11, KMU). Dabei müssen Lieferanten bereits über CO₂-Daten im Unternehmen verfügen, um diese entsprechend unkompliziert weiterzuleiten (Interview 6, KMU). Die **Zusammenarbeit mit Lieferanten**, bietet ebenfalls eine Möglichkeit an Daten zu kommen. Dabei werden auch persönliche Beratungsgespräche geführt (Interview 2, GU).

Berechnung

Abhängig von den gesammelten Daten nutzen Unternehmen unterschiedliche Berechnungsmethoden, wobei in den Interviews deutlich wird, dass die Berechnungen tendenziell generischer Natur sind:

„wir haben Annäherungen benutzt, zum Teil auch wo wir aber auch wussten, dass die Annäherung schlechter ist wie das Produkt, was wir eigentlich benutzen.“ #Interview 16 (KMU)

„wir schätzen das, wir haben Datenbanken [...] und dort werden die Sachen hochgerechnet.“ #Interview 4 (GU)

„wo wir es konnten [...] haben wir auch eine mengenmäßige Kalkulation. Wir kennen also Materialgewichte der eingekauften Produkte und können dort etwas genauer dann kalkulieren“ #Interview 19 (GU)

„wir hatten jetzt eine – wie heißt – Average based Methodik. Also nicht basierend auf Spend, sondern basierend auf den Volumina, die wir einkaufen“ #Interview 14 (GU)

„wir haben im Prinzip das [...] aufgrund von Buchungssätzen gemacht, ich glaub, Input-Output-Modellierung heißt das dann bei euch.“ #Interview 9 (KMU)

Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse der Berechnungen erhalten Unternehmen von ihren Dienstleistern z.B. in Form einer **Excel-Liste** (Interview 2, GU; Interview 13, GU; Interview 14, GU). Unternehmen können **Berichte** herunterladen oder Auswertungen anzeigen lassen (Interview 13, GU).

Kommunikation

Obwohl Unternehmen dann die CO₂-Werte vorliegen, veröffentlichen sie diese aus unterschiedlichen Gründen nur bedingt (Interview 13, GU). Dies hat den Hintergrund, dass Unternehmen sich

der Aussagekraft der Werte sicher sein müssen, bevor sie an die Öffentlichkeit gehen (Interview 15, KMU). Teilweise informieren Unternehmen jedoch gezielt Stakeholder, bei denen ein Interesse besteht (Interview 15, KMU). Weitere Unternehmen geben Daten an Plattformen weiter, da sie aufgrund von Verpflichtungen daran gebunden sind, diese Daten für Kunden zu platzieren (Interview 4, GU).

1.6 Post-Adoption: Nächste Schritte

Unternehmen planen verschiedene Schritte, um ihr Scope-3-Carbon-Accounting zu verbessern. Hierfür haben Unternehmen verschiedene Themenbereiche identifiziert, mit denen sie sich auseinandersetzen (siehe Tabelle 8).

Unter anderem wollen Unternehmen den **Digitalisierungsgrad** in der Thematik (z.B. Datensammlung) **erhöhen**, um den Aufwand zu verringern (Interview 17, GU). Dazu zählt auch, sich eine Software anzuschaffen (Interview 14, GU; Interview 16, KMU), oder sich eine zusätzliche Schnittstelle programmieren lassen (Interview 6, KMU). Darüber hinaus wollen Unternehmen die **Qualität ihrer Ergebnisse erhöhen**, was u.a. bedeutet, den Anteil an Primärdaten bei der Datenerfassung zu verbessern (Interview 11, KMU). Unternehmen beauftragen derzeit häufig externe Dienstleister mit der Erstellung ihres Carbon Footprints. Um Kosten zu senken, streben viele Unternehmen in Zukunft eine **Internalisierung** an (Interview 14, GU). Zudem wollen Unternehmen auch weitere **Standorte** ihres Unternehmens in die Bilanz **aufnehmen** und Prozesse aufbauen (Interview 9, KMU; Interview 17, GU). Diese befinden sich auch in anderen Ländern (Interview 9, KMU).

Tabelle 8: Geplante Schritte zur Verbesserung des Scope 3 Carbon Accounting

Nächste Schritte	KMU	GU
Verbesserung des Digitalisierungs-Reifegrads	x	x
Verbesserung der Datenqualität	x	x
Internalisieren		x
Erweiterung der Standorte	x	x

1.7 Barrieren

Unternehmen stehen vor vielfältigen Barrieren, wenn es darum geht, Scope 3 Carbon Accounting umzusetzen. Abbildung 4 fasst die Oberkategorien – unterteilt in unternehmensinterne, unternehmensexterne und Unterstützungs-Barrieren - zusammen, die sich an dem Technologie-Organisation-Umwelt Modell (Tornatzky et al. 1990) orientiert.

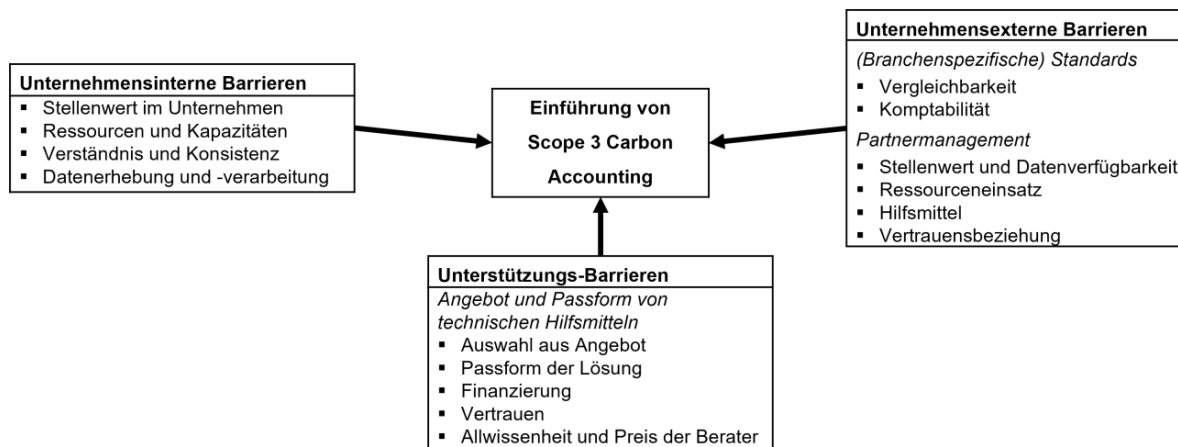


Abbildung 4: Klassifikation der Barrieren bei der Umsetzung des Scope 3 Carbon Accountings (Eigene Darstellung, in Anlehnung an Tornatzky et al. 1990)

Interne Barrieren

Im Folgenden werden die unternehmensinternen Barrieren vorgestellt, mit denen Unternehmen bei der Umsetzung des Scope 3 Carbon Accountings konfrontiert sind. Eine Übersicht der internen Barrieren findet sich in Tabelle 9.

Stellenwert im Unternehmen

Aufgrund der aktuellen Lieferengpässen rückt das Thema in den Hintergrund (Interview 15, KMU). Das Kerngeschäft hat Priorität (Interview 6, KMU). Es ist laut Interview 15 (KMU) zwar an der Zeit, sich über die Prozesse Gedanken zu machen, aber eine Umsetzung findet nicht statt.

Ressourcen und Kapazitäten

Neben dem Stellenwert und damit der Bereitschaft zur Investition im Unternehmen fehlt es den Unternehmen an Ressourcen und Kapazitäten (Interview 8, GU; Interview 7, KMU). **Immateriell** fehlt es den Unternehmen an Expertise sowie Fachkräften, z.B. für die Datenbeschaffung (Interview 13, GU), IT-Anbindung (Interview 19, GU) oder Schnittstellen-Programmierung (Interview 15, KMU). **Technisch** stoßen die Unternehmen an dieselben Integrationsprobleme in der IT- und OT-Umgebung, wie auch in anderen Bereichen (Interview 19, GU). **Finanziell** stellt dies eine Barriere für Unternehmen dar, wenn Kapazitäten nicht im eigenen Unternehmen aufgebaut werden können und externe Unterstützung beschafft werden muss (Interview 7, KMU).

Verständnis und Konsistenz

Unternehmen müssen zunächst verstehen, wie und warum sie das Scope 3 Carbon Accounting umsetzen (Interview 16, KMU). Beispielsweise haben Unternehmen Schwierigkeiten, entsprechende Daten von Kolleg*innen zu erhalten (Interview 17, GU). Hierbei ist auch wichtig, dass die

Unternehmen Konsistenz in das Vorgehen bringen, was aufgrund sich verändernder Parameter eine Herausforderung ist (Interview 17, GU; Interview 18, GU).

Datenerhebung und -verarbeitung

Insbesondere kleinere Positionen (im Vergleich zu Scope 3 Hotspots) kosten viel Zeit, wenn das Unternehmen den Anspruch hat, möglichst gute Daten zu erfassen (Interview 6, KMU). Auch sind explizite Scope 3 Kategorien, z. B. Kapitalgüter, sehr schwer umzusetzen (Interview 14, GU). Des Weiteren ist die Datenverarbeitung mit sehr hohem Aufwand verbunden, was es schwer macht, Daten einzupflegen (Interview 7, KMU). Aber auch Sekundärdaten sind nicht einfach zu erfassen und bedeuten Aufwand für das Unternehmen (Interview 15, KMU, Interview 16, KMU).

Tabelle 9: Interne Barrieren

Interne Barrieren	KMU	GU
<i>Stellenwert im Unternehmen</i>	x	x
<i>Ressourcen und Kapazitäten</i>	x	x
<i>Verständnis und Konsistenz</i>	x	x
<i>Datenerhebung und -verarbeitung</i>	x	x

An den identifizierten Barrieren zeigt sich, dass sowohl für große Unternehmen als auch für KMU das Scope 3 Carbon Accounting mit einem hohen Aufwand verknüpft ist.

Externe Barrieren

Neben internen Barrieren konnten im Rahmen der Interviewstudie auch eine Reihe von externen Barrieren identifiziert werden, die sich in **Standards** und **Partnermanagement** gliedern lassen (siehe Tabelle 10).

(Branchenspezifische) Standards

Neben internen Barrieren gibt es auch externe Barrieren durch fehlende Rahmenbedingungen (Interview 4, GU). Hierbei handelt es sich primär um fehlende Standards (Interview 3, KMU; Interview 12, KMU). Insbesondere werden branchenspezifische Standards bemängelt, welche den Unternehmen bei der Umsetzung weiterhelfen würden (Interview 4, GU; Interview 17, GU; Interview 19, GU).

Dadurch entstehen auch Probleme in puncto **Vergleichbarkeit** und **Kompatibilität** von Standards. Durch die fehlenden spezifischen Standards ist es schwierig, dass Daten und Informationen verschiedener Unternehmen vergleichbar werden (Interview 4, GU; Interview 11, KMU; Interview 14, GU). Gleiches gilt für Tools (Interview 15, KMU).

So stellen Unternehmen auch unterschiedliche Anforderungen an die Lieferanten, was dazu führt, dass Lieferanten unstrukturiert gefragt werden (Interview 3, KMU; Interview 7, KMU). Neben der Vergleichbarkeit ist auch die Kompatibilität von Standards eine wesentliche Barriere für

Unternehmen bei der Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting, um unterschiedliche Ansätze zu vermeiden (Interview 11, KMU; Interview 18, GU).

Partnermanagement

Unternehmen stoßen auf Barrieren bei der Umsetzung, wenn es darum geht, externe Daten und Informationen zu erhalten. Gründe hierfür liegen im **Stellenwert** und der **Datenverfügbarkeit**, dem **Ressourceneinsatz** von Partnern, **Hilfsmitteln**, sowie den **Vertrauensbeziehungen** von Partnern.

Externe Partner stellen entlang der Wertschöpfungskette auch eine Barriere für die eigene Verwirklichung des Scope 3 Carbon Accountings dar, da diese oft nicht die Notwendigkeit sehen, sich mit dem Thema zu beschäftigen (Interview 6, KMU). Auch ist es in manchen Märkten keine gängige Praxis, dass Daten regelhaft erhoben werden (Interview 14, GU; Interview 19, GU). Entsprechend fehlen diese Daten. Lieferanten wollen zudem oftmals keine Ressourcen in die Umsetzung investieren (Interview 15, KMU, Interview 17, GU). Das zeigt sich auch in der Kostenübernahme für eine Umsetzung (Interview 17, GU; Interview 19, GU). Darüber hinaus fehlen bei Lieferanten teilweise die technischen Hilfsmittel und Anleitung zur Umsetzung (Interview 6, KMU). Zudem herrscht bei Lieferanten Misstrauen und Sorge bei der Datenweitergabe (Interview 6, KMU). Bei internationalen Handelsbeziehungen muss dies bspw. verhandelt werden (Interview 19, GU).

Tabelle 10: Externe Barrieren

Externe Barrieren	KMU	GU
<i>(Branchenspezifische) Standards</i>	x	x
- <i>Vergleichbarkeit</i>	x	x
- <i>Kompatibilität</i>	x	x
<i>Partnermanagement</i>		
- <i>Stellenwert und Datenverfügbarkeit</i>	x	x
- <i>Ressourceneinsatz</i>	x	x
- <i>Hilfsmittel</i>	x	
- <i>Vertrauensbeziehung</i>	x	x

Unterstützungs-Barrieren

Neben internen und externen Barrieren haben Unternehmen auch Schwierigkeiten mit den unterschiedlichen Unterstützungsangeboten beim Scope 3 Carbon Accounting (siehe Tabelle 11).

Passform und Kosten von technischen Hilfsmitteln

Unternehmen fällt es oft schwer, das richtige technische Hilfsmittel zu finden (Interview 4, GU) und im Unternehmen anzubinden (Interview 19, GU). Hierbei stehen KMU auch vor der Herausforderung, dass die Unterstützungsangebote oft nicht für ihre Unternehmen geeignet sind (Interview 15, KMU)

Es gibt zwar kostenlose CO2-Rechner, allerdings sind die CO2-Werte im Ergebnis sehr allgemein und kaum branchenspezifisch ausgerichtet (Interview 17, GU). Bei den kostenpflichtigen Software-Lösungen und Plattformen sehen Unternehmen Barrieren bei der Finanzierung sowie bei der Transparenz (Interview 12, KMU; Interview 16, KMU). Darüber hinaus ist der Aufwand für Unternehmen bei der Nutzung von Plattformen oft hoch (Interview 7, KMU).

Jedoch sind einstiegfreundliche Excel-Lösungen ab einer bestimmten Datenmenge und Unternehmensgröße nicht geeignet (Interview 17, GU) und unsicher (Interview 19, GU).

Berater

Für Unternehmen stellt der Preis bei der Inanspruchnahme von Beratern eine Barriere dar (Interview 14, GU). Auch können Berater nicht alle Fragen bzgl. Emissionsfaktoren von Rohstoffen klären (Interview 17, GU). Hinzu kommt, dass sie aus lizenzrechtlichen Gründen auch Emissionsdaten nicht herausgeben dürfen (Interview 13, GU).

Tabelle 11: Unterstützungs-Barrieren

Unterstützungs-Barrieren	KMU	GU
<i>Angebot und Passform von technischen Hilfsmitteln</i>	x	x
- <i>Auswahl aus Angebot</i>		x
- <i>Passform der Lösung</i>	x	x
- <i>Finanzierung</i>	x	
- <i>Vertrauen</i>	x	x
<i>Allwissenheit und Preis der Berater</i>		x

1.8 Handlungsfelder

Neben Barrieren gibt es auch eine Reihe an Möglichkeiten, die Unternehmen unterstützen können, das Scope 3 Carbon Accounting langfristig besser umzusetzen. Diese lassen sich in die vier Bereiche **Kollaboration**, **Sensibilisierung**, **Unterstützung** und **Digitale Transformation** einteilen und werden im Folgenden erläutert (siehe Abbildung 5).

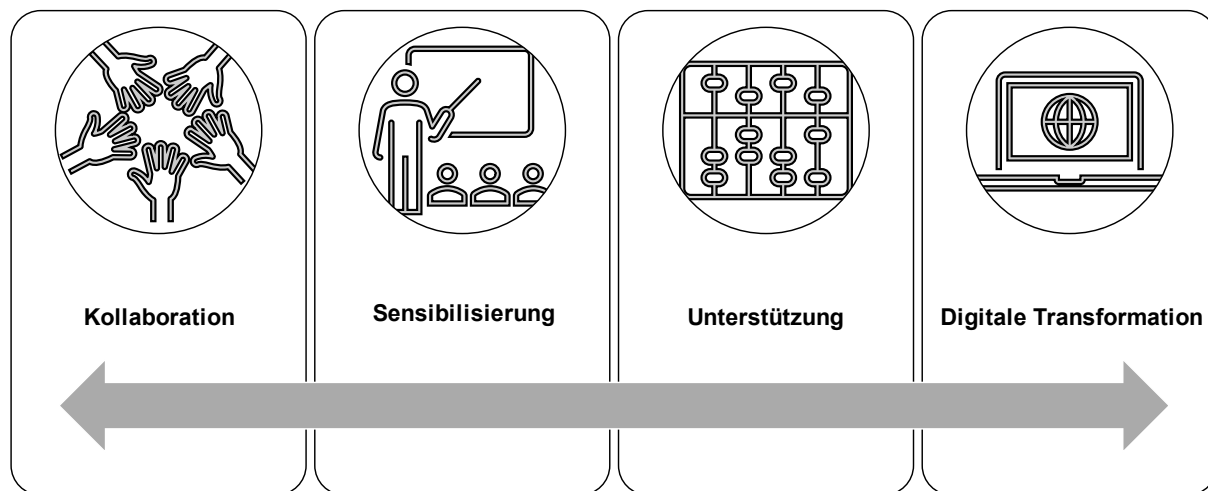


Abbildung 5: Übersicht über die Handlungsfelder (Eigene Darstellung)

Kollaboration mit externen Stakeholdern

Hierzu gehören insbesondere die Zusammenarbeit und der Dialog mit externen Stakeholdern (Interview 15, KMU). Denn Unternehmen wünschen sich vor allem einheitliche Standards (Interview 12, KMU; Interview 14, GU). Auch die Tools sollten nach Standards vorgehen, um Ergebnisse vergleichbar zu machen (Interview 15, KMU; Interview 17, GU).

Branchenzusammenschlüsse und Industrieinitiativen

So können Unternehmen über Branchenzusammenschlüsse und Industrieinitiativen an solchen Themen wie Standardisierung und IT-Tools arbeiten (Interview 2, GU; Interview 19, GU).

„wir wollen soweit wie möglich gerne im Bereich Industrieinitiativen [...] zusammen vorgehen, weil wir denken, dass es dann deutlich schneller geht, also wenn jedes Unternehmen seine eigene Lösung baut, ist das sicherlich ein wenig schwierig oder auch zeit- und kostenintensiv.“ (Interview 2, GU).

Vorteile werden darin gesehen, dass Unternehmen:

„von der Nachfrager-Seite her einfach gemeinsam auf Lieferketten und Lieferanten zugeht, je mehr Leute das tun und je harmonisierter sie das mit ihren Anforderungen auch tun, desto größer die Chance, dass er, wenn wir die Daten auch bekommen und in die Richtung auch weitergearbeitet wird.“ (Interview 19, GU).

Auch KMU können sich an den Initiativen beteiligen (Interview 15, KMU).

„Und die Chance für KMU besteht darin, sich zu engagieren [...] und dort gemeinsam diskutieren, wie das aussehen soll, also nicht abwarten, bis dann die Vorgaben kommen, sondern vielleicht auch versuchen, das selbst in die Hand zu nehmen, was am Ende gut und sinnvoll und auch umsetzbar ist.“ (Interview 15, KMU).

Partnermanagement

Auch sehen Unternehmen die Chance in einer Zusammenarbeit mit ihren Lieferanten (Interview 6, KMU).

„ich würde das sehr begrüßen eine enge Zusammenarbeit und dann ein enger Datenaustausch. Müssen beide Seiten wollen, ist bisher noch kein Thema hier und auch bei unseren Partnern, aber das wäre ja für eine wirklich valide Datenlage sicher sehr wünschenswert.“ (Interview 6, KMU).

„jeder will sein Scope 3 Accounting verbessern, muss es verbessern, das Thema genau, wo Lieferanten oder auch Kunden da es eben Primärdaten einzusammeln und eben sich wirklich zu vernetzen und es eben nicht mehr als sozusagen reine Rechenübung anzusehen.“ (Interview 2, GU).

Sensibilisierung und Unterstützung von Wertschöpfungsketten-Partnern

Neben der Zusammenarbeit mit externen Stakeholdern wird auch die Sensibilisierung und Unterstützung seitens der Unternehmen bei Lieferanten als große Chance gesehen (Interview 2, GU; Interview 8, GU). Denn die Regulierungen werden immer schärfer und die Nachfrage nach grünen Produkten steigt (Interview 1, KMU). Große Unternehmen stehen dort insbesondere in der Pflicht und sollten KMU unterstützen (Interview 8, GU).

Staatliche Unterstützung

Auch werden Chancen in staatlichen Vorgaben, Förderungen und Anreizen von Seiten der Unternehmen gesehen (Interview 12, KMU).

„und da hätte ich auch gerne mehr Unterstützung vom Staat, dass der einfach die Rahmenbedingungen so schafft, dass ein Lieferant sich da nicht rauswinden kann, sondern das er abliefern muss. Und das ist halt im Moment noch nicht der Fall, das macht es halt so schwer.“ (Interview 4, GU).

„Du musst ja Anreize schaffen und du musst ja irgendwie ne Bemessungsgrundlage schaffen an denen die Leute bewertet werden und im Moment ist es das Geld und solange das nicht anders ist, wird es sich auf der Branche heraus sich nicht ändern.“ (Interview 12, KMU).

Einsatz digitaler Technologien

Neben der Kollaboration und Unterstützung von Unternehmen, sehen Unternehmen Chancen bei effizienten Methoden und neuen Technologien (Interview 2, GU).

„für kleinere Unternehmen wird es noch schwieriger sein, weil sie eben auch nicht dieses Knowhow oder die Möglichkeiten sind begrenzt und ich glaube, da muss man stark unterstützen und da braucht man auf jeden Fall intelligente Tools und gute Technologien, um das so standardisiert und schnell und effizient wie möglich durchzuziehen und nur so kommen wir weiter in der ganzen Thematik sag ich mal.“ (Interview 2, GU).

2 Ableitung von Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting (AP 2)

2.1 Ziel und Kernergebnisse

Ziel und Forschungsfrage

Das Ziel des zweiten Arbeitspakets ist es, Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting abzuleiten. Dafür wurden zuerst Schwachstellen mithilfe der Erfahrungsberichte der interviewten Unternehmen identifiziert, kategorisiert und bewertet. Im Anschluss wurden daraus Anforderungen an das zu optimierende Scope 3 Carbon Accounting abgeleitet. Hierbei wurde auch auf die technische und wirtschaftliche Machbarkeit von Unternehmen (insb. KMU) geachtet. Verbildlicht sind diese in Anwendungsfällen. Hierzu wurden auch Ergebnisse aus Arbeitspaket 1 verwendet. Zur Wegweisung dienten folgende Forschungsfragen:

Welche Schwachstellen besitzt das aktuelle Scope 3 Carbon Accounting?

Welche Anforderungen stellen Unternehmen an das „optimierte“ Scope 3 Carbon Accounting?

Wie können Anwendungsfälle von „optimierten“ Scope 3 Carbon Accounting Lösungen aussehen?

Sind die Anwendungsfälle technisch und wirtschaftlich realistisch?

Methodik

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde in dem Arbeitspaket – wie folgt – vorgegangen:

Identifikation von Schwachstellen und Anforderungen mithilfe einer Interviewstudie

Mithilfe der Interviewstudie vom August 2021 bis März 2022 wurde das Arbeitspaket 2 bearbeitet. Das methodische Vorgehen entspricht Arbeitspaket 1 (vgl. Kap. 1.1., S. 13).

Kategorisierung mithilfe des Scope 3 Standard-Prozessmodells

Dabei wurde die Kategorisierung mithilfe des Scope 3-Standards, d.h. GHG Protocol (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2011), vorgenommen. Hierbei wurden die Schwachstellen in Systemgrenzen, Datenerfassung, Datenverarbeitung, Berechnung und Ergebnisdarstellung kategorisiert. Gleichsam wurden diese auch für die Anforderungen verwendet, wobei darüber hinaus auch Anforderungen von den Barrieren (siehe Arbeitspaket 1) abgeleitet wurden.

Bewertung mithilfe der Workshops

Bewertet wurden die Anforderungen mithilfe eines Workshops mit dem projektbegleitenden Ausschuss am 26.04.2022 mit 13 Teilnehmenden.

Kernergebnisse

Mithilfe des zweiten Arbeitspakets wurden Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting abgeleitet. Dafür wurden zuerst Schwachstellen mithilfe der Erfahrungsberichte der interviewten

Unternehmen identifiziert, kategorisiert und bewertet. Im Anschluss wurden daraus Anforderungen an das zu optimierende Scope 3 Carbon Accounting abgeleitet. Verbildlicht sind diese in zwei Konzepten von „optimierten“ Scope 3 Carbon Accounting Systemen. Hierbei wurde auch auf die technische und wirtschaftliche Machbarkeit für Unternehmen (insb. KMU) geachtet.

2.2 Schwachstellen im aktuellen Scope 3 Carbon Accounting Systemgrenzen

Unternehmen haben Schwierigkeiten bei der Definition von Berichtsgrenzen, besonders zu Beginn der Auseinandersetzung mit dem Thema (Interview 11, KMU). Dabei werden Scope 3-Kategorien aus der Bilanz ausgegrenzt, wenn keine Emissionsdaten erhoben (Interview 2, GU) oder gefunden werden konnten (Interview 17, GU). Es ist nicht möglich, die Kategorien vollumfänglich wiederzugeben, da zu viele Produkte betrachtet werden müssten (Interview 2, GU).

Aus Zeitgründen werden Emissionskategorien ausgegrenzt (Interview 6, KMU). Auch müsste der Dialog zwischen den Akteuren gestärkt werden. Dies scheitert an dem gemeinsamen Erfassungskonzept, sowie an dem dadurch entstehenden Aufwand (Interview 6, KMU).

Datenerfassung von Unternehmen

Neben der Festlegung der Systemgrenzen sehen Unternehmen auch Schwachstellen in der Datenerfassung bei den Scope 3-Kategorien (siehe Tabelle 12). Eine besondere Herausforderung für Unternehmen liegt in der **Verfügbarkeit der Daten**, da es herausfordernd sein kann an Primärdaten zu gelangen (Interview 2, GU; Interview 7, KMU; Interview 11, KMU). Häufig müssen Scope 3-Emissionen geschätzt werden, weil sonst keine Werte vorhanden sind (Interview 4, GU). Hierzu greifen Unternehmen auf Datenbankwerte zurück, die jedoch nicht ideal passen (Interview 2, GU). Darüber hinaus wird versucht, die Daten von den Lieferanten abzufragen, was aber eine große Herausforderung darstellt (Interview 4, GU).

Auch die **Bereitschaft zum Datenaustausch** bei Lieferanten ist nicht unbedingt gegeben (Interview 11, KMU; Interview 14, GU). Entsprechend müssen Unternehmen auf Sekundärdaten zurückgreifen (Interview 11, KMU). Allerdings gestaltet sich dieser Austausch sehr schwierig, da Lieferanten ungern Details der Produktion mit dem Kunden teilen (Interview 14, GU).

Zudem ist die **Datenqualität** der erhaltenen Daten aktuell ungenügend, sodass diese nicht für die Scope 3-Bilanzierung verwendet werden können (Interview 2, GU; Interview 19, GU). Trotz einer hohen Anfrageanzahl werden wenig Informationen von Lieferanten bereitgestellt und diese beinhalten selten wirkliche Informationen (Interview 2, GU).

Ebenfalls haben Unternehmen Schwierigkeiten, die **Vergleichbarkeit der Daten** zu prüfen (Interview 3, KMU; Interview 19, GU). Deutlich wird dies, wenn das gleiche Produkt von unterschiedlichen Lieferanten CO₂-Werte aufweist, welche bis zum Faktor 100 variieren (Interview 19, GU).

Tabelle 12: Schwachstelle Datenerfassung

Schwachstelle: Datenerfassung	KMU	GU
Verfügbarkeit der Daten	x	x
Bereitschaft zum Datenaustausch	x	x
Qualität der Daten		x
Vergleichbarkeit der Daten		x

Datenverarbeitung

Eine weitere Schwierigkeit besteht bei Unternehmen in der Datenverarbeitung (Interview 3, KMU). Dabei spielt die **Komplexität der Datenmenge** eine wesentliche Rolle. Durch die Darstellung als komplexe Datentabelle inklusive aller Wareneingänge, ist ein hoher Aufwand erforderlich, um diese bearbeitbar und auswertbar zu machen (Interview 17, GU).

Auch die **Zuordnung** gestaltet sich hierbei für Unternehmen schwierig. Herausfordernd ist die Anwendung des Product Carbon Footprint eines Rohstoffs auf die Summe des gesamten Einkaufsprodukts. Um upstream die Informationen zu haben, aber auch darüber hinaus, muss dieser Wert auch dahingehend bewertet werden, ob dies die richtige Information ist (Interview 2, GU).

Berechnung

Sobald die Daten vorhanden und verarbeitet sind, kann die Berechnung erfolgen. Insbesondere eine Berechnung auf Produktebene gestaltet sich hierbei schwierig (Interview 1, KMU). Daher werden Annäherungen verwendet, wobei die Datenbankwerte die Produkte möglicherweise unzureichend darstellen und den **Wahrheitsgrad** der Berechnung einschränken. Dies kann dazu führen, dass Produkte mit grundsätzlich besseren Aussichten durch die Annäherungen schlechter bewertet werden als andere Produkte. Bei Überprüfungen dieser Annäherungen in Beispielfällen zeigen sich oft sehr hohe Abweichungen von den tatsächlichen Werten (Interview 3, KMU; Interview 16, KMU).

Ergebnisdarstellung

Zudem zeigen sich für Unternehmen auch Herausforderungen bei der Auswertung der Scope-3-Emissionen. Dabei fällt es den Unternehmen oft schwer, aus den Berechnungen Erkenntnisse zu gewinnen. Diese Erkenntnisse sind jedoch für die Unternehmensführung von hoher Relevanz (Interview 17, GU).

Bewertung der Schwachstellen

Im Zuge eines Workshops vom 26.04.2022 wurden 13 Unternehmen die Schwachstellen im Scope 3 Carbon Accounting vorgestellt, um diese zu validieren. Hierbei stellte sich heraus, dass besonders die Vergleichbarkeit und Darstellung der Daten Schwachstelle darstellen. Besonders bei dem Reporting der Daten ist eine Sensibilisierung für die Hintergründe der Ergebnisse nötig. So muss auf unterschiedliche Lieferketten z. B. im Ausland, technische Kapazitäten und Saisonbedingte Abweichungen aufmerksam gemacht werden. Bei der Berechnung des Basisjahrs sehen sich die Unternehmen der Herausforderung gegenüber, dass durch eine Inkonsistenz über mehrere Jahre die Vergleichbarkeit sehr schwer zu erreichen ist. Darüber hinaus wurden weitere Schwachstellen im Scope 3 Carbon Accounting genannt. Tabelle 13 zeigt die Ergänzungen.

Tabelle 13: Schwachstellen Auswertung und Ergänzung

Schwachstellen	Ergänzungen durch Teilnehmende des Workshops
<i>Systemgrenzen</i>	Lieferantenproblematik
<i>Datenerfassung</i>	Vergleichbarkeit der Datengrundlage
<i>Berechnung</i>	Basisjahr zu kalkulieren schwierig durch Inkonsistenz innerhalb des Jahrs
<i>Ergebnisdarstellung</i>	Darstellung der Daten; Sensibilisierung für die Hintergründe der Ergebnisse nötig

2.3 Anforderungen an das „optimierte“ Scope 3 Carbon Accounting

Im nächsten Schritt wurden die Schwachstellen genutzt, um Anforderungen an ein „optimiertes“² Scope 3 Carbon Accounting zu formulieren.

2.3.1 Ableitung von Anforderungen

Die in Tabelle 14 dargestellten Anforderungen sind aus den Informationen aus Arbeitspaket 1 sowie den identifizierten Schwachstellen im Scope 3 Carbon Accounting Prozess entstanden. Zusätzlich wurden weitere Anforderungen durch gezielte Fragen zu den Bedürfnissen der Unternehmen in der Interviewstudie erhoben.

Tabelle 14: Schwachstellen und Anforderungen an das optimierte Scope 3 Carbon Accounting

Barrieren und Schwachstellen	Anforderungen an das optimierte Scope 3 Carbon Accounting	KMU*	GU*
Rahmenbedingungen			
<i>Vergleichbarkeit der Standards</i>	<i>Lösungen standardisieren</i>	x	x
<i>Passform der Lösung</i>	<i>Angebot für KMU erweitern</i>	x	x
Unternehmen			
<i>Ressourceneinsatz</i>	<i>Einsatz von Ressourcen verringern</i>	x	x
<i>Finanzierung</i>	<i>Kosten reduzieren</i>	x	
<i>Verständnis und Konsistenz</i>	<i>Verständnis innerhalb des Unternehmens fördern</i>	x	x
Lieferanten			
<i>Vertrauen</i>	<i>Vertrauen bei Lieferanten schaffen</i>	x	x
<i>Unterstützung</i>	<i>Unterstützung für Lieferanten anbieten</i>	x	x
Prozess			
<i>Systemgrenzen</i>	<i>Aufwand verringern</i>	x	x
<i>Datenerfassung</i>	<i>Verfügbarkeit von Daten herstellen</i>	x	x
	<i>Bereitschaft zum Datenaustausch erhöhen</i>	x	x
	<i>Qualität der Daten verbessern</i>		x
	<i>Vergleichbarkeit der Daten herstellen</i>		x
<i>Datenverarbeitung</i>	<i>Komplexität der Datenmenge verringern</i>		x
	<i>Zuordnung von Daten erleichtern</i>		x
<i>Berechnung</i>	<i>Wahrheitsgrad erhöhen</i>	x	
<i>Auswertung</i>	<i>Erkenntnisse ableiten</i>		x

² Optimiert bedeutet in dem Fall, ein Wunschzustand eines Unternehmens.

Standardisierung der Lösungen

Die Optimierung des Scope 3 Carbon Accounting erfordert die Vergleichbarkeit und Kompatibilität der Lösungen (Interview 11, KMU; Interview 14, GU; Interview 18, GU). Dies kann durch **Standardisierungen** erreicht werden (Interview 18, GU). In den Interviews wurde erwähnt, dass die Unternehmen nun in die Phase eintreten, in der Product Carbon Footprints aufgrund der großen Datenmengen skalierbar oder halbautomatisiert, und teilweise automatisiert erstellt werden müssen (Interview 18, GU). Es wird betont, dass eine starke Standardisierung und die Umstellung auf Maschinenlesbarkeit erforderlich sind. Außerdem wird daran gearbeitet, maximale Transparenz über die Kompatibilität von ausgetauschten Informationen zu erreichen. Die Interviewpartner betonen die Bedeutung der Vergleichbarkeit von Daten im Bereich Scope 3 und diskutieren die Herausforderungen bei der Entscheidungsfindung in Unternehmen hinsichtlich des Kaufs von Produkten, insbesondere im Hinblick auf die Emissionswerte und die Zuverlässigkeit der verfügbaren Daten, wie beispielsweise beim Recyclingpapier, wo verschiedene Hersteller unterschiedliche Daten liefern (Interview 11, KMU).

Reduzierung von Kosten

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Lösungen nicht nur für Großunternehmen geeignet sind, sondern auch für KMU anwendbar sein müssen. Dabei ist es wichtig, dass Scope-3-Carbon-Accounting-Lösungen auch für Unternehmen erschwinglich sind (Interview 6, KMU).

In diesem Zusammenhang wurde darauf hingewiesen, dass sich die Organisation in einer günstigen Situation befinde. Softwarelösungen seien üblicherweise mit hohen Kosten verbunden und nicht leicht verfügbar. Dennoch bestehe die Bereitschaft, sich mit einer Lösung auseinanderzusetzen, die den individuellen Anforderungen entspreche, sofern das Gesamtpaket angemessen sei. Gegenüber solchen Lösungen bestehe also keine grundsätzliche Ablehnung (Interview 6, KMU).

Reduzierung der Komplexität

Darüber hinaus ist es wichtig, dass die Lösung für Unternehmen greifbar und der Aufwand gering ist (Interview 11, KMU). Dies kann erreicht werden, wenn möglichst **einfache Tools** zur Verfügung gestellt werden, die geringe Einstiegsbarrieren besitzen (Interview 3, KMU; Interview 14, GU). Beispiele sind u.a. Plattformen und Open Source-Lösungen. Es wurde angemerkt, dass es für Unternehmen, insbesondere kleine Unternehmen, eine Hürde sein kann, sich mit Themen wie Emissionen und Nachhaltigkeit zu befassen. Eine Lösung, die den Prozess vereinfacht und leicht verständliche Daten bereitstellt, könne dabei helfen. Es wurde betont, dass nicht jedes Unternehmen die Ressourcen habe, um eine spezielle Abteilung für Nachhaltigkeit zu etablieren (Interview 11, KMU). Daher könnten digitale Technologien als Unterstützung dienen, um Unternehmen bei diesem Thema zu unterstützen und anzuleiten (Interview 14, GU). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, komplexe Prozesse in nutzerfreundliche Oberflächen zu übertragen (Interview 5).

Ebenso ist wichtig, dass Informationen schnell verfügbar sind und der Aufwand einer Suche reduziert wird (Interview 4, GU). Eine große Bedeutung kommt dem schnellen Zugriff auf die relevanten Daten, ohne mühsame Recherche im Internet zu. Dies könne Zeit sparen und Verwirrung verhindern, da es oft schwierig sei, in der Fülle von Dokumenten und Aussagen klare Entscheidungen zu treffen (Interview 4, GU).

(a) Bereitstellung von Plattformen für Datenaustausch

Unternehmen benötigen Plattformen, um den Austausch von Daten zu ermöglichen (Interview 2, GU; Interview 4, GU; Interview 12, KMU). Die Bereitstellung von Möglichkeiten zum Datenaustausch bzw. zur Dateneingabe müssen durch größere Unternehmen erfolgen, damit die Schwelle für KMU geringgehalten wird. Eine Bereitstellung durch KMU ist lediglich bei einem finanziell sehr gut aufgestellten Unternehmen möglich, welches die Kapazitäten hat, sich mit dieser Aufgabe intensiv zu beschäftigen. Eine Umsetzung „nebenbei abends“ sei nicht realistisch (Interview 4, GU). Entscheidend ist, dass KMU angemessene Daten von ihren Lieferanten erhalten müssen. Dazu wurde vorgeschlagen, dass diese einen Teil dieser Datenerfassung selbst durchführen könnten, während sie gleichzeitig in ein übergeordnetes System integriert werden, um die gesammelten Daten zu zertifizieren und in ein intelligentes Tool einzubinden. Auf diese Weise könnte ein transparenter Prozess geschaffen werden, der es ermöglicht, die Umweltauswirkungen entlang der gesamten Lieferkette zu verfolgen und die Daten kontinuierlich zu aktualisieren, um fundierte Kaufentscheidungen zu unterstützen (Interview 2, GU).

(b) Bereitstellung von Open Source

Darüber hinaus ist es wünschenswert, dass die Lösungen als Open Source angeboten werden, wobei der Fokus weiterhin auf einer einfachen Anwendung liegt (Interview 14, GU).

Verringerung des Ressourceneinsatzes

Des Weiteren kann der Ressourceneinsatz durch ein optimiertes Scope-3-Carbon-Accounting verringert werden. Unternehmen wünschen sich dabei Hilfestellungen, Anleitungen, Automatisierungen und Schnittstellen, um diesen Prozess zu erleichtern.

(a) Bereitstellung von Hilfestellungen und Anleitungen

Es ist wünschenswert, dass für die Nutzung der Lösung nur einen **geringer immaterieller Ressourceneinsatz** notwendig ist. Dabei helfen insbesondere Hilfestellungen und Anleitungen in den Lösungen (Interview 11, KMU, Interview 16, KMU). Dies trägt auch dazu bei, das Verständnis im Unternehmen schneller aufzubauen (Interview 16, KMU). Es wurde festgestellt, dass für KMU die Herausforderung darin besteht, angemessene Lösungen zu finden, die sowohl preislich als auch in Bezug auf die Möglichkeiten der Anbindung sowie das Handling geeignet sind. Eine hilfreiche Unterstützung besteht darin, klare Richtlinien darüber zu haben, welche Daten erfasst werden müssen, idealerweise mit Erklärungen, wo diese zu finden sind. Dies könnte die Hürden für Unternehmen senken (Interview 11, KMU). Die Vorstellung einer Software, die sich selbst erklärt und keine langwierige Einarbeitung erfordert, wurde als wünschenswert betrachtet (Interview 16, KMU).

(b) Automatisierung der Datenerfassung

Ein zentrales Thema im Bereich des Scope-3-Carbon-Accountings ist die Automatisierung. Unternehmen wünschen sich insbesondere, dass die Datenerfassung automatisiert erfolgt, indem die Daten automatisch in das entsprechende Tool oder Programm einfließen (Interview 16, KMU; Interview 17, GU).

(c) Schnittstellen

Um dieses Ziel zu erreichen, spielen Schnittstellen eine entscheidende Rolle, da sie die nahtlose Integration der Lösung in das Unternehmen ermöglichen (Interview 6, KMU; Interview 17, GU). So spart das Unternehmen Ressourcen. Bei einer erfolgreichen Umsetzung kann die Effizienz durch die automatische Übertragung in das Tool gesteigert werden. Ebenfalls erhöht sich die Schnelligkeit der Berechnung bei einer Reduzierung des Aufwands (Interview 16, KMU).

Bereitstellung von Fragebögen für Lieferanten

Wie auch innerhalb des Unternehmens können lieferantenspezifische Fragebögen helfen, Daten besser zu erfassen. Dabei müssen die Fragebögen an die entsprechende Produktkategorie bzw. die Materialarten des Lieferanten angepasst sein. (Interview 19, GU).

Ausgestaltung von Tools

Zuletzt haben Unternehmen noch Anforderungen an die Inhalte von Tools formuliert. Insbesondere erscheint für Unternehmen die Ergebnisdarstellung wichtig zu sein, denn sie fordern die Visualisierung von Ergebnissen, das Schaffen von Transparenz, die Sicherstellung von Informationssicherheit sowie die Darstellung von Verbesserungshebeln.

(a) Visualisierung von Ergebnissen

Grafiken sind für das Verständnis von Ergebnissen wichtig und gewünscht, es wird die Wirkung auf den Adressaten betont. Durch die Visualisierung wird eine Aufmerksamkeitssteigerung erwartet (Interview 16, KMU).

(b) Schaffen von Transparenz

Transparenz bei der Berechnung von Daten ist wichtig, damit die Ergebnisse nachvollziehbar sind. Hierzu wurde ein konkretes Beispiel erwähnt, bei dem die Berechnungen im Hintergrund durchgeführt wurden, ohne dass der Prozess für den Benutzer sichtbar war. Dies führte zu Unklarheiten darüber, wie die Ergebnisse zustande kamen. (Interview 16, KMU).

(c) Sicherstellen der Informationssicherheit

Es ist außerdem wichtig, Sicherheitsprüfungen durchzuführen, um sicherzustellen, dass keine falschen oder nicht validierten Daten eingetragen werden (Interview 10, Sonstige). Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass die Zertifizierung einfacher wird, wenn sie über eine Software abgewickelt wird. In diesem Fall sind die Standards und CO₂-Faktoren bereits festgelegt und zertifiziert, was es den Zertifizierungsstellen erleichtert, den Prozess nachzuvollziehen und Datenzertifikate auszustellen. Dies ermöglicht es Unternehmen, die CO₂-Neutralität erreichen möchten, dies auf eine einfachere Weise zu tun. Zudem wird betont, dass die Qualität der Zertifizierung gewährleistet ist, da sie auf festgelegten Standards basiert und nicht nur auf internen Berechnungen (Interview 17, GU).

(d) Darstellen von Verbesserungs-Hebeln

Es ist für Unternehmen wichtig, dass sie anhand der Ergebnisse erkennen können, welche Hebel zur Verbesserung existieren. Als empfohlene Vorgehensweise wird die Identifizierung des Hebels und erst nach ausführlicher Analyse die Nutzung desselben dargestellt. Nach der Quantifizierung kann dann der Austausch mit dem Lieferanten gesucht werden, um Druck auszuüben oder Incentives anzubieten, um diesen in die Einkaufsentscheidung miteinzubauen (Interview 14, GU).

Tabelle 15: Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting in Abhängigkeit zu Unternehmensgröße

Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting	KMU	GU
<i>Lösung standardisieren</i>		x
- <i>Kompatibilität der Lösung herstellen</i>		x
- <i>Vergleichbarkeit der Daten herstellen</i>	x	x
<i>Kosten reduzieren</i>	x	
<i>Komplexität reduzieren mittels einfacher Tools</i>	x	x
- <i>Bereitstellen von Plattformen für Datenaustausch</i>	x	x
- <i>Bereitstellen von Open Source Lösungen</i>		x
<i>Einsatz von Ressourcen verringern</i>		
- <i>Bereitstellen von Anleitungen und Hilfestellungen</i>	x	
- <i>Automatisierung der Datenerfassung</i>	x	x
- <i>Schnittstellen</i>	x	x
<i>Bereitstellen von Fragebögen für Lieferanten</i>		x
<i>Ausgestaltung der Tools</i>		
- <i>Visualisierung von Ergebnissen</i>	x	
- <i>Schaffen von Transparenz</i>	x	
- <i>Sicherstellen von Informationssicherheit</i>		x
- <i>Darstellen von Verbesserungs-Hebeln</i>		x

2.3.2 Bewertung der Anforderungen

Im Zuge eines Workshops vom 26.04.2022 wurden 13 Unternehmen die Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting zur Validierung vorgestellt. Dabei stellte sich heraus, dass eine besondere Bedeutung der einfachen Benutzeroberfläche, der vereinfachten Beschaffung von Sekundärdaten, niedrigen Einstiegsbarrieren und wenig Anforderungen zukommt. Darüber hinaus wurden die Aspekte transparente Prozesse, standardisierte Prozesse, verwendbare Primärdaten und strukturiertere Anforderungen an Supply Chain Partner sowie eine konsistente Berechnung als wichtig eingestuft.

Zudem wurden weitere Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting formuliert. Insbesondere wurde ein gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis gefordert, da diesem gerade in KMU eine große Bedeutung zukommt. Außerdem ist, angelehnt an die niedrige Einstiegsbarriere, eine Flexibilität in der Dateneingabe gewünscht. Diese soll im Zeitverlauf von manuell auf automatisch übergehen. Damit einher geht die Zukunftsfähigkeit des Tools, da spätere Anpassungen grundsätzlich möglich sein müssen. Außerdem wird ein Excel-Import als Dateneingabeoption als wichtig eingestuft.

Tabelle 16: Bewertung der Anforderungen an das optimierte Scope 3 Carbon Accounting

Anforderungen	Ergänzungen durch Teilnehmende des Workshops
Rahmenbedingungen	Gutes Kosten-Nutzen Verhältnis,
Unternehmen	Schnittstelle mit Datenbank zur Datenhinterlegung
Lieferanten	Dezentrale Erfassung; Lieferanten können Daten selbst einpflegen
Prozess	Zukunftsfähigkeit; Entwicklung von manuell zu automatisch

2.4 Darstellung von „optimierten“ Scope 3 Carbon Accounting Systemen

Nachdem die Anforderungen herausgearbeitet wurden, die KMU sowie Großunternehmen an das „optimierte“ Scope 3 Carbon Accounting stellen, werden im folgenden Gestaltungsideen zukünftiger Systeme entwickelt. Diese sind in Form von Abbildungen dargestellt. Dabei wurde, wie bereits in Arbeitspaket 1 identifiziert, zwischen unternehmensinternen Carbon Management Systemen, die auch Scope 3-Emissionen abbilden, und unternehmensübergreifenden Carbon Management Systemen unterschieden. Letztere dienen primär dem Datenaustausch zwischen Unternehmen.

2.4.1 Carbon Management System für 1 Unternehmen

Um den Anforderungen seitens der Unternehmen (insb. KMU) zu entsprechen, wurden aus den Anforderungen Prämissen abgeleitet, die ein „optimiertes“ Scope 3 Carbon Accounting System erfüllen sollte.

Prämissen

Folgende **Prämissen** muss das technische Hilfsmittel erfüllen:

- *Standards einhalten (Vergleichbarkeit und Kompatibilität)*
- *Für KMU geeignet sein*
- *Einsatz von Ressourcen verringern*
- *Kosten bei Unternehmen reduzieren*
- *Benutzerfreundlichkeit erhöhen*
- *Systemgrenzen ohne Aufwand identifizieren*
- *Datenerfassung und -verarbeitung erleichtern via Automatisierung*
- *Erkenntnisse einfach erfassen via Grafiken*
- *Komplexität verringern via einfache Tools*
- *Mitarbeiter unterstützen via Hilfestellungen und Anleitungen*
- *Integration in Unternehmen erleichtern via Schnittstellen*

Konzept eines technischen Hilfsmittels

Aus den Prämissen wurde der in Abbildung 6 dargestellte Designvorschlag für das technische Hilfsmittel abgeleitet. Das technische Hilfsmittel bietet für Unternehmen verschiedene

Möglichkeiten zur Datenerfassung. Unternehmen können Daten manuell eingeben oder über Schnittstellen aus internen Systemen in das technische Hilfsmittel übertragen. Anleitungen können dabei helfen, das benötigte Wissen aufzubauen. Automatisierungen innerhalb des technischen Hilfsmittels sorgen dafür, dass die Datenverarbeitung und Berechnung für Unternehmen aufwandsarm realisiert werden können. Mithilfe von Visualisierungen sollen Erkenntnisse leicht ablesbar werden.

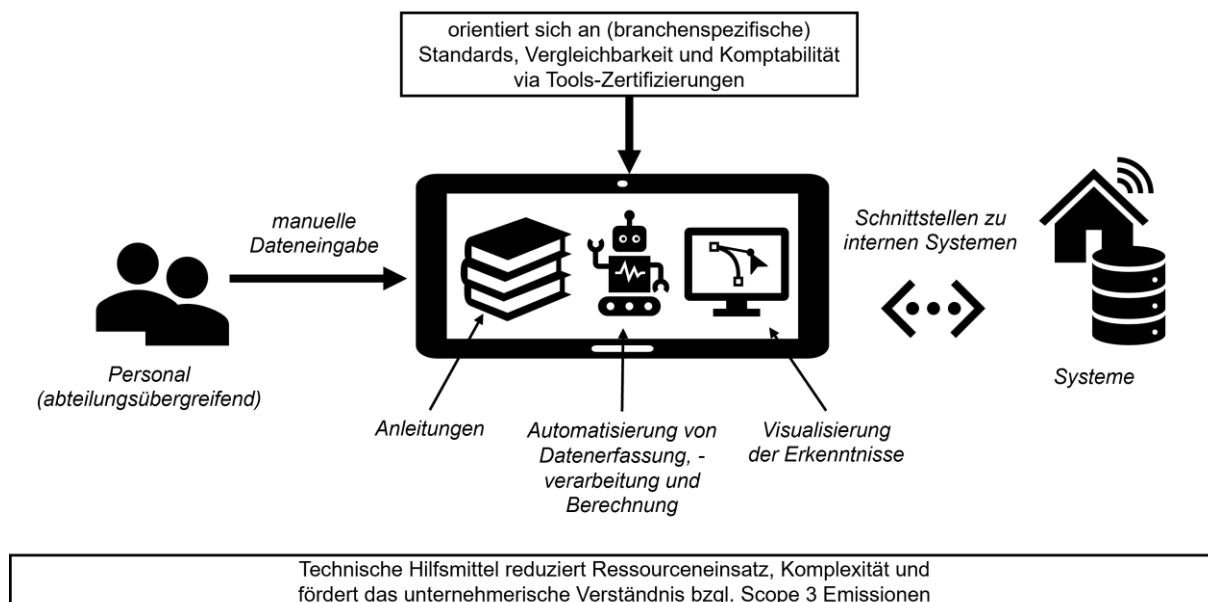


Abbildung 6: Konzept eines Carbon Management Systems (Eigene Darstellung)

Entsprechend soll damit der Ressourceneinsatz, die Komplexität sowie das Verständnis gefördert werden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und Kompatibilität mit anderen Systemen herstellen zu können, orientieren sich die Tools an den aktuellen Standards.

Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit

Um die Umsetzung eines solchen technischen Hilfsmittels in Unternehmen realisieren zu können, ist es wichtig, auf die differenzierten technischen und wirtschaftlichen Ressourcen der Unternehmen einzugehen.

Wie in Abbildung 6 dargestellt, lassen sich insbesondere bei der Datenerfassung Individualisierungen vornehmen, da nicht jedes Unternehmen Schnittstellen zu eigenen IT-Systemen herstellen kann. Dies hat den Hintergrund, dass Unternehmen (insb. KMU) nicht unbedingt für das Scope 3 Carbon Accounting relevante IT-Systeme besitzen. Daher sollte das technische Hilfsmittel die Komplexität der Datenerfassung minimiert. Hierbei können auch Anleitungen für die manuelle Dateneingabe helfen. Unter bestimmten Umständen, wie einer sehr geringen Datenmenge, ergibt ein Softwaresystem insbesondere bei sehr kleinen KMU keinen Sinn.

Ist die technische Machbarkeit im Unternehmen vorhanden, sollten Schnittstellen geschaffen werden, um den Aufwand im Betrieb zu reduzieren und einen kontinuierlichen Datenfluss herzustellen. Dies setzt allerdings voraus, dass ausreichende finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen, um sich eine solche interne Integration leisten zu können. Entsprechend ist das technische Hilfsmittel grundsätzlich für KMU geeignet und kann abhängig von deren Ressourcen angepasst werden. Zur besseren Einordnung wurde das in Tabelle 17 dargestellte Portfolio formuliert.

Tabelle 17: Portfolio zur Einordnung des Carbon Management System

Technische Ressourcen (z.B. IT-Systeme)	hoch	Automatisiertes Tool (nach Standard); über Schnittstellen zur Datenerfassung nachdenken	Automatisiertes Tool (nach Standard); Datenerfassung mit Schnittstellen automatisieren	Automatisiertes Tool (nach Standard); Datenerfassung mit Schnittstellen automatisieren
	mittel	Automatisiertes Tool (nach Standard); manuelle Datenerfassung	Automatisiertes Tool (nach Standard); über Schnittstellen zur Datenerfassung nachdenken; über interne Digitalisierung nachdenken	Automatisiertes Tool (nach Standard); Datenerfassung mit Schnittstellen automatisieren
	gering	Automatisiertes Tool (nach Standard); manuelle Datenerfassung	Automatisiertes Tool (nach Standard); manuelle Datenerfassung	Automatisiertes Tool (nach Standard); interne Digitalisierung für Datenerfassung vorantreiben
	gering		mittel	hoch
	Wirtschaftliche Ressourcen			

2.4.2 Datenaustausch-Lösung mit N Unternehmen

Neben den internen Carbon Management Systemen, die sich Unternehmen für das Scope 3 Carbon Accounting wünschen, haben Unternehmen insbesondere Anforderungen an die Datenverfügbarkeit, -qualität und -vergleichbarkeit. Hierzu werden Möglichkeiten zum Datenaustausch mit ihren Lieferanten gewünscht. Um eine entsprechende Lösungsmöglichkeit vorschlagen zu können, werden zunächst die Prämissen definiert, die das System erfüllen soll.

Prämissen

Folgende **Prämissen** muss das technische Hilfsmittel erfüllen:

- *Standardisierung (Vergleichbarkeit und Kompatibilität)*
- *Lösung ist für KMU geeignet*
- *Einsatz von Ressourcen werden verringert*
- *Kosten werden reduziert*
- *Benutzerfreundlichkeit ist hoch*
- *Systemgrenzen sind ohne Aufwand zu identifizieren*
- *Datenerfassung und -verarbeitung wird erleichtert via Automatisierung*
- *Datenverfügbarkeit und -qualität wird verbessert*
- *Datenvergleichbarkeit wird ermöglicht*
- *Lieferanten werden unterstützt via Fragebögen*
- *Lieferanten haben Vertrauen in den Datenaustausch*
- *Erkenntnisse sind einfach zu erfassen via Grafiken*
- *Komplexität verringern via Plattformen*

Konzept eines technischen Hilfsmittels

Aus den Prämissen wurde der in Abbildung 7 dargestellte Designvorschlag für das technische Hilfsmittel abgeleitet. Das Ziel ist es, nicht jeden Lieferanten oder Kunden einzeln abfragen zu müssen, sondern eine gemeinsame Nutzung eines Systems zu erreichen. Das bedeutet, dass Datenlieferanten die Daten einmal erfassen und verschiedenen Datennutzer zur Verfügung stellen. Wie in der Abbildung dargestellt, zeigt sich, dass auch das technische Hilfsmittel für Unternehmen entlang der Lieferkette verschiedene Möglichkeiten zum Datenaustausch bietet. So können Unternehmen entlang der Lieferkette sowohl manuell Daten eintragen als auch über Schnittstellen Daten aus internen Systemen in das technische Hilfsmittel übertragen. Hierbei können Anleitungen helfen, um bei Datenlieferanten Wissen aufzubauen. Beides soll dazu beitragen, die Datenverfügbarkeit entlang der Lieferkette zu erhöhen.

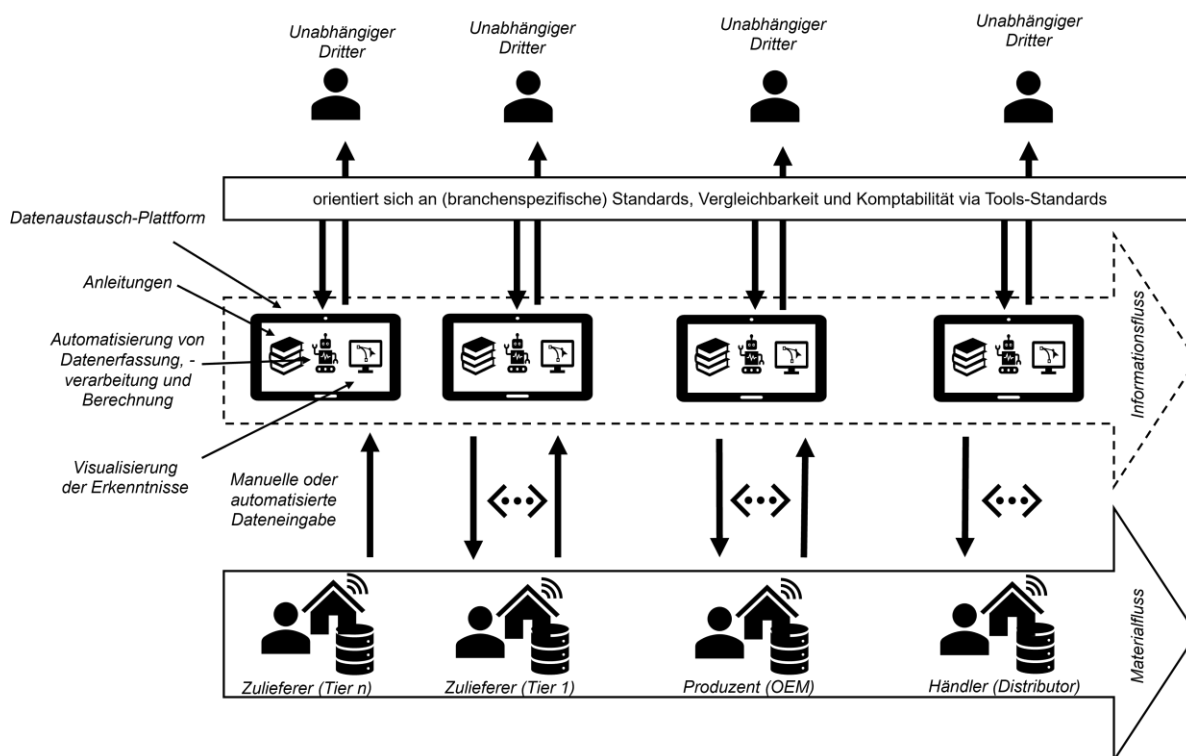


Abbildung 7: Designvorschlag für ein technisches Hilfsmittel (Eigene Darstellung)

Automatisierungen innerhalb des technischen Hilfsmittels sorgen dafür, dass die Datenverarbeitung und Berechnung für Unternehmen aufwandsarm realisiert werden können. Da es sich um externe Daten handelt, die entlang der Lieferkette weitergegeben werden, müssen die Daten von unabhängigen Dritten geprüft und geschützt weitergegeben werden. Damit kann Vertrauen zwischen Datenlieferanten und -nutzern geschaffen und die Datenqualität gleichzeitig verbessert werden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und Kompatibilität mit anderen Systemen herstellen zu können, orientieren sich die Tools an den aktuellen Standards. Mithilfe von Visualisierungen sollen für Datennutzer Erkenntnisse leicht ablesbar sein. Diese kann auch die Definition von Systemgrenzen für Datennutzer erleichtern.

Zusammenfassend kann ein solches technisches Hilfsmittel zum Datenaustausch dazu beitragen, dass der Ressourceneinsatz, die Komplexität sowie das Verständnis bei Unternehmen entlang der Lieferkette gefördert werden.

Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit

Um die Umsetzung eines solchen technischen Hilfsmittels entlang der Lieferkette realisieren zu können, ist es wichtig auf die unterschiedlichen technischen und wirtschaftlichen Ressourcen der Unternehmen einzugehen. Dabei spielt neben der eigenen Machbarkeit auch die Realisierbarkeit eines Datenaustausches bei Lieferanten eine Rolle. Denn ohne die Teilnahme externer Unternehmen kann ein kontinuierlicher Datenfluss nicht realisiert werden.

Um dem entgegenzuwirken, lassen sich insbesondere bei der Datenerfassung Individualisierungen vornehmen, da nicht jedes Unternehmen entlang der Lieferkette Schnittstellen zu eigenen Systemen herstellen kann. Dies hat den Hintergrund, dass insbesondere KMU nicht unbedingt für den Scope 3-Emissionsaustausch relevante Systeme besitzen. Daher ist es wichtig, dass das technische Hilfsmittel die Komplexität sowie die Kosten des Datenaustauschs reduziert und Vertrauen bei den teilnehmenden Unternehmen schafft. Wenn jedoch die technische Machbarkeit im Unternehmen gegeben ist, sollten auch Schnittstellen geschaffen werden, um den Aufwand für die Dateneingabe zu reduzieren und einen kontinuierlichen Datenfluss zu gewährleisten. Hier ist allerdings darauf zu verweisen, dass ausreichende finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen müssen, um sich eine solche interne Integration leisten zu können.

Ist ein Unternehmen auch Initiator eines solchen technischen Hilfsmittels, dann sind ebenfalls Ressourcen für die Unterstützung bei der externen Integration bei Lieferanten einzuplanen. Hierbei können auch Anleitungen für die manuelle Dateneingabe helfen. Zur besseren Einordnung wurde das in Tabelle 18 dargestellte Portfolio formuliert.

Tabelle 18: Portfolio der Datenaustausch-Lösungen

Technische Ressourcen (z.B. IT-Systeme)	hoch	Automatisiertes Tool (nach Standard); über Schnittstellen zur Datenerfassung nachdenken	Automatisiertes Tool (nach Standard); Datenerfassung mit Schnittstellen automatisieren	Automatisiertes Tool (nach Standard); Datenerfassung mit Schnittstellen automatisieren
	mittel	Automatisiertes Tool (nach Standard); manuelle Datenerfassung	Automatisiertes Tool (nach Standard); über Schnittstellen zur Datenerfassung nachdenken; über interne Digitalisierung nachdenken	Automatisiertes Tool (nach Standard); Datenerfassung mit Schnittstellen automatisieren
	gering	Automatisiertes Tool (nach Standard); manuelle Datenerfassung	Automatisiertes Tool (nach Standard); manuelle Datenerfassung	Automatisiertes Tool (nach Standard); interne Digitalisierung für Datenerfassung vortreiben
	gering		mittel	hoch
	Wirtschaftliche Ressourcen			

3 Identifikation und Bewertung von digitalen Technologien zur Unterstützung des „optimierten“ Scope 3 Carbon Accountings in KMU (AP 3)

3.1 Ziel und Kernergebnisse

Ziel und Forschungsfrage

Das Ziel des dritten Arbeitspakets war es, den Anforderungen entsprechend passende digitale Technologien für das Scope 3 Carbon Accounting von Unternehmen abzuleiten.



Abbildung 8: Zusammenhänge der Arbeitspakete (Eigene Darstellung)

Dafür wurden zuerst digitale Technologien mithilfe einer Literaturanalyse sowie den Erfahrungsberichten der interviewten Unternehmen identifiziert, kategorisiert und bewertet. Hierbei wurde auch auf die Erreichbarkeit für KMU geachtet. Im Anschluss wurde daraus eine Übersicht erstellt, die alle potenziellen Einsatzbereiche von digitalen Technologien zur Unterstützung des Scope 3 Carbon Accounting in Unternehmen darstellt. Unterstützt wird das Vorgehen im weiten Sinne von der Technologie-Portfolio-Methode nach (Pfeiffer & Dögl 1990). Zur Wegweisung dienten folgende Forschungsfragen:

Welche digitalen Technologien eignen sich, um das Scope 3 Carbon Accounting in Unternehmen zu implementieren?

Welche Lösungen sind für KMU erreichbar?

Methodik

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde in dem Arbeitspaket – wie folgt – vorgegangen:

Identifikation von digitalen Technologien mithilfe der Interviewstudie sowie Literaturrecherche

Mithilfe der Interviewstudie vom August 2021 bis März 2022 wurde das Arbeitspaket 3 bearbeitet. Hierbei wurden wesentliche digitale Technologien vor allem durch die Unternehmen aus der Dienstleistungs-/Technologie-Branche identifiziert. Das Vorgehen entspricht Arbeitspaket 1. Darüber hinaus wurden weitere digitale Technologien mittels einer Literaturrecherche identifiziert.

Kategorisierung mithilfe des Technologie-Portfolios

Im nächsten Schritt wurden die identifizierten digitalen Technologien nach Beschreibung, Einsatzbereiche, Chancen und Herausforderungen kategorisiert.

Bewertung der digitalen Technologien mithilfe der Interviewstudie, eines Workshops und einer Veranstaltung des projektbasierten Ausschusses

Danach wurde der Einsatz von digitalen Technologien mithilfe der Interviewpartner*innen sowie Workshop-Teilnehmer*innen bewertet. Hierfür wurden zuerst Bewertungskriterien – wie bei (Pfeiffer & Dögl 1990) – aus den Interviews herausgearbeitet. Dafür wurde auch eine Umfeldanalyse explizit vorgenommen, um die digitale Technologie für KMU besser bewerten zu können.

Kernergebnisse

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Technologie als maßgeblicher Enabler fungiert, der Prozesse vereinfacht und deren Auslagerbarkeit für sämtliche Parteien ermöglicht. Es ist nicht nur wünschenswert, sondern auch zunehmend unerlässlich, dass diese technologischen Lösungen nicht nur zugänglich, sondern letztendlich verpflichtend werden. Digitalisierung, ist ein Schlüssel, um den Anforderungen der modernen Geschäftswelt gerecht zu werden und die Chancen für Unternehmen, insbesondere KMU, zu maximieren.

3.2 Umfeldanalyse

In der Umfeldanalyse wurden zuerst die technischen und nicht-technischen Rahmenbedingungen untersucht, die Unternehmen intern sowie extern betreffen (Pfeiffer und Dögl, 1990). Diese bilden die Basis für die technologische Bewertung und die Strategieformulierung.

3.2.1 Interne Rahmenbedingungen

Um die internen Rahmenbedingungen eines Unternehmens festzulegen, ist es entscheidend, die vorhandenen Ressourcen und Kapazitäten genau zu betrachten (Interview 3, KMU). Diese Analyse ermöglicht es, die geeignete Umsetzungsstrategie zu bestimmen, die den individuellen Bedürfnissen und Möglichkeiten des Unternehmens entspricht. Insbesondere KMU stehen vor Herausforderungen, da sie nicht über die gleichen Ressourcen verfügen wie große Unternehmen (Interview 14, GU). Während große Unternehmen sich aufgrund ihrer Kapazitäten intensiv mit verschiedenen Optionen und Strategien auseinandersetzen können, sind KMU möglicherweise eingeschränkter und müssen daher ihre internen Rahmenbedingungen sorgfältig abwägen, um effektive Entscheidungen treffen zu können.

Haben Unternehmen ausreichend Ressourcen und Kapazitäten, können sie die Umsetzung selbstständig durchführen (Make). Fehlen die Ressourcen und Kapazitäten, sind Unternehmen auf externe Unterstützung angewiesen (Buy). Im Folgenden werden daher die technischen und nicht-technischen (d.h. finanziellen und immateriellen) Ressourcen von Unternehmen untersucht und Unterschiede hervorgehoben.

Technische Ressourcen

Die technischen Ressourcen eines Unternehmens beziehen sich auf die vorhandenen IT-Systeme sowie technischen Möglichkeiten, die zur Integration des Scope 3 Carbon Accounting in den Unternehmenskontext zur Verfügung stehen. Dazu wurden die Unternehmen gemäß den untersuchten Unternehmen aus der Interviewstudie in gering, mittel und hoch digitalisiert unterschieden.

Fall 1: Unternehmen ist gering digitalisiert

In dem Fall hat das Unternehmen wenig interne Digitalisierung, d. h. Kerngeschäftsprozesse sind noch nicht digitalisiert, und besitzt keine bis wenig gängige IT-Systeme, was dazu führt, dass die Umsetzungsfähigkeit von Scope 3 Carbon Accounting tendenziell mit höherem Aufwand zu bewerkstelligen ist. Wenn Daten nicht als Datensatz vorliegen, sondern als Dokumente ohne Such- und Filterfunktion ist eine Bearbeitung sehr zeitaufwendig (Interview 15, KMU).

Fall 2: Unternehmen ist mittel digitalisiert

In diesem Fall besitzt das Unternehmen gängige IT-Systeme (Interview 12, KMU; Interview 16, KMU), was als gute Grundlage für die interne Datensammlung dient. Zu diesen zählt ein ERP-System (Interview 16, KMU). Darüber hinaus haben Unternehmen bereits Erfahrung mit Digitalisierungsprojekten zur Effizienzsteigerung in anderen Bereichen des Unternehmens abgeschlossen (Interview 16, KMU), was helfen kann, auch das Scope 3 Carbon Accounting technisch umzusetzen.

Auch haben Unternehmen eine eigene IT-Abteilung, die sich mit den technischen Hilfsmitteln des Unternehmens beschäftigt und bereits IT-Tools in anderen Abteilungen eingeführt hat (Interview 14, GU). Allerdings bedeutet dies nicht, dass diese Unternehmen ein eigenes Tool entwickeln können; vielmehr wird die Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern bevorzugt. (Interview 14, GU; Interview 19, GU).

Fall 3: Unternehmen ist hoch digitalisiert

In diesem Fall ist das Unternehmen hoch digitalisiert und besitzt bspw. ein Innovation Center (Interview 4, GU) oder bietet selbst technische Hilfsmittel an (Interview 12, KMU).

Finanzielle Ressourcen

Die finanziellen Ressourcen eines Unternehmens ermöglichen die Erfüllung der Anforderungen an die technischen Hilfsmittel. Hierbei unterscheiden sich die finanziellen Ressourcen in interne und externe Mittel.

Fall 1: Unternehmen hat geringe finanzielle Ressourcen

Mit begrenzten finanziellen Ressourcen ist es für Unternehmen schwierig, den Anforderungen des Scope 3 Carbon Accountings gerecht zu werden, da ihnen die Mittel für die erforderlichen technischen Hilfsmittel fehlen. Daher sind sie auf externe Mittel wie Förderungen und Projekte angewiesen. Die Beantragung von Fördermitteln sind mit einem erheblichen zeitlichen Aufwand verbunden (Interview 7, KMU) und es gibt bedeutende Unterschiede zwischen den Branchen (Interview 8, GU).

Fall 2: Unternehmen hat mittlere finanzielle Ressourcen

Mit mittleren finanziellen Ressourcen stehen dem Unternehmen interne Mittel zur Verfügung, um Software und digitale Plattformen zu erwerben. Dabei werden die Gesellschafter immer mit einbezogen (Interview 16, KMU).

Fall 3: Unternehmen hat finanzielle Ressourcen

Hat ein Unternehmen die finanziellen Ressourcen, ist es möglich, dass das Unternehmen auch technische Hilfsmittel mitentwickelt. Der finanzielle Aufwand setzt sich dabei neben der Programmierung auch aus einer ständigen Qualitätskontrolle zusammen. Diese kann nicht von der künstlichen Intelligenz übernommen werden (Interview 15 KMU).

Immaterielle Ressourcen

Die immateriellen Ressourcen eines Unternehmens, wie Personal und Wissen, tragen dazu bei, mit der Thematik zeiteffizient umzugehen. Es ist hilfreich für das Unternehmen, wenn es bereits Erfahrungen aus anderen Nachhaltigkeitsbereichen besitzt. Auch hier können die Ressourcen, die Unternehmen für die Thematik mitbringen, in gering, mittel und hoch unterschieden werden.

Fall 1: Unternehmen hat geringe immaterielle Ressourcen

Hat ein Unternehmen geringe immaterielle Ressourcen, so besteht wenig Personal und/oder wenig Erfahrung bzgl. der Thematik im Unternehmen. Entsprechend lange dauert die Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting. Häufig haben die Teammitglieder in der Arbeitsgruppe andere Aufgaben im Unternehmen, weshalb sich die Umsetzung deutlich verzögerte (Interview 8, GU).

Fall 2: Unternehmen hat mittlere immaterielle Ressourcen

Hat ein Unternehmen geschultes Personal zur Umsetzung zur Verfügung, dann ist der Aufwand der Realisierung deutlich geringer. Es wurde in einem Interview erwähnt, dass das Nachhaltigkeitsteam aus zwei Personen besteht und weitere Unterstützung erhalten wird (Interview 11). In einem anderen Interview wurde betont, dass die interne Stelle des Befragten zur Steigerung der Kompetenz beiträgt. Darüber hinaus wurde erwähnt, dass es eine Herausforderung ist, sich als KMU kontinuierlich mit Nachhaltigkeitsthemen auseinanderzusetzen (Interview 14, GU). Außerdem wurde festgestellt, dass vor der Einrichtung eines CO₂-Emissionsmanagementsystems bereits ein Energie- und Umweltmanagement existierte, jedoch der Fokus auf CO₂-Emissionen fehlte (Interview 4, GU).

Fall 3: Unternehmen hat hohe immaterielle Ressourcen

Hat ein Unternehmen viel Personal und Wissen innerhalb des Unternehmens, dann ist eine Umsetzung inhouse einfach möglich (Interview 6, KMU). Die Verantwortung für bestimmte Aufgaben wird intern übernommen, ohne die Unterstützung externer Partner. Ein anderer Teilnehmer betonte die Bedeutung von Erfahrung im Bereich Ökobilanz und Lebenszyklusanalyse (LCA), wobei interne Expertise in diesem Bereich als vorteilhaft angesehen wird (Interview 6; Interview 2 (GU)).

(Umsetzungs-)Kapazität

Entsprechend der technischen, finanziellen und immateriellen Ressourcen des Unternehmens ist es möglich, die Kapazität für das Scope 3 Carbon Accounting einzuschätzen.



Abbildung 9: Unternehmen, welches geringe Kapazitäten aufweist (Eigene Darstellung)

Fall 1: Unternehmen hat geringe Kapazität im Unternehmen

Hat ein Unternehmen nur eine geringe Kapazität im Unternehmen, ist es sinnvoll, wenn das Thema nicht Teil des Kerngeschäfts des Unternehmens ist, das Thema an externe Partner auszulagern (Interview 3, KMU). Unternehmen, die nicht über interne Kapazitäten verfügen, sollten sich externe Partner suchen, um ihre Bedürfnisse zu erfüllen. Ein anderes Interview konstatiert, dass trotz der Möglichkeit, Aufgaben intern zu erledigen, die Zusammenarbeit mit externen Beratern bevorzugt wird, um die Projektumsetzung zu erleichtern und Ressourcen effektiver einzusetzen (Interview 7; Interview 11, KMU).

Ansonsten dauert der Prozess länger, weil entsprechende Ressourcen und Kompetenzen nicht vorhanden sind (Interview 4, GU; Interview 8, GU). Es wurde festgestellt, dass aufgrund von operativer Anspannung und begrenzten Ressourcen die notwendige Expertise fehlte (Interview 8, GU Interview 14, GU). Zudem wurde in Interview 15 betont, dass die Suche nach Werten in Datenbanken ohne spezifische Fachkenntnisse und zeitliche Ressourcen nicht erfolgreich war (Interview 4, GU; Interview 8, GU).

Entsprechend wählen Unternehmen ihre externen Partner nach deren Kompetenz und Erfahrung aus (Interview 11, KMU). Die Preise richten sich dann zumeist nach der Größe des Unternehmens (Interview 17, GU). Im Interview 11 wurde erwähnt, dass ein Anbieter aufgrund seiner Kompetenz und Erfahrung ausgewählt wurde, dem Vertrauen entgegengebracht wurde, die geeignete Technologie zur Durchführung des Projekts auszuwählen. In Interview 8 wurde betont, dass Fachleute mit Kompetenz in Unternehmen spezifische Kennzahlen anfordern, um eine aussagekräftige Bilanz zu erstellen. Unterstützen können externe Partner die Unternehmen bei den folgenden Themen:

- **Corporate Carbon Footprint** (Interview 8, GU; Interview 14, GU): Es gab vereinzelt Versuchsmodelle, aber es wurde sich im Endeffekt für einen externen Partner entschieden.
- **Product Carbon Footprint** (Interview 6, KMU; Interview 8, GU; Interview 14, GU; Interview 15, KMU): In den Interviews 6, 8, 14 und 15 wird auf die Bedeutung des Product Carbon Footprint hingewiesen, wobei Unternehmen externe Beratungspartner einbeziehen müssen, da dies über die eigenen Ressourcen hinausgeht.
- **Benchmarking** (Interview 13, GU; Interview 14, GU): Das Benchmarking wird als wichtiger Prozess erwähnt, um Vergleiche zu ziehen und eine Baseline zu haben, wie in Interview 13 und 14 betont wird.

- **Druckmittel für Lieferanten:** In Interview 7 wird erwähnt, dass größere Unternehmen ihre Lieferanten unter Druck setzen, um Informationen über ihren Scope 3 zu erhalten und primäre Werte anzunehmen, was auf die Relevanz dieses Druckmittels hinweist.

Fall 2: Unternehmen hat mittlere Kapazität im Unternehmen

Hat ein Unternehmen mittlere Kapazität, können sie das Scope 3 Carbon Accounting gemeinsam mit externen Partnern umsetzen (Interview 8, GU; Interview 19, GU). Dazu wurde gemeinsam ein Vorgehen entwickelt (Interview 8, GU).

Auch können externe Partner für spezifische Themen, indem dem Unternehmen die Ressourcen fehlen, z. B. Schnittstellen-Programmierung oder Fragebogenerstellung, eingekauft werden (Interview 6, KMU).

Fall 3: Unternehmen hat hohe Kapazität im Unternehmen

Hat ein Unternehmen eine hohe Kapazität zur Verfügung, um sich dem Scope 3 Carbon Accounting anzunehmen, kann es sinnvoll selbstständig eine Lösung zu entwickeln. Im Bereich der Lebenszyklus-Analyse wurde festgestellt, dass bei der Berechnung von Fußabdrücken für Produkte hauptsächlich auf statistische oder industrielle Durchschnittswerte zurückgegriffen wird, die maximal regional spezifiziert sind. Es wurde erkannt, dass die Weitergabe von Lebenszyklus-Inventardaten aufgrund hoher Vertraulichkeitsprobleme erschwert ist. Dies hat zu der Schlussfolgerung geführt, dass in Zukunft aggregierte Produkt-Carbon-Fußabdrücke für individuelle Produkte geteilt werden müssen. Dieser Ansatz ermöglicht es, spezifische Emissionsdaten für einzelne Produkte zu erhalten und sie in die eigene Bilanzierung zu integrieren. Als Folge davon wurde ein Ansatz identifiziert, der die höchste Wahrscheinlichkeit bietet, dass die Stakeholder bereit sind, Informationen zu teilen (Interview 18, GU).

Darüber hinaus ist es wichtig, dass die Struktur der Lieferkette, das Land sowie die Beziehungen zu den Lieferanten und Kunden von Unternehmen untersucht werden, um einen Eindruck hinsichtlich der Adoptionsfähigkeit neuartiger technischer Hilfsmittel bei Partnern abschätzen zu können. Zu beachten sind dabei die Ergebnisse, welche in Arbeitspaket 1 und Arbeitspaket 2 bereits abgebildet wurden.

Komplexität der Lieferkette

Je nach Größe der Lieferkette ist die Zusammenarbeit mit Lieferanten sehr aufwändig, jedoch werden insbesondere bei komplexen Produkten genaue Daten für die Bestimmung des Carbon Footprints benötigt. Es wurde darauf hingewiesen, dass ihre Commodities relativ wenig verarbeitet sind, was bedeutet, dass die Supply Chain im Vergleich zu stark verarbeiteten Produkten wie in der Automotive-Industrie immer noch vergleichsweise kurz ist. Daher können sie immer noch effektiv mit Durchschnittswerten arbeiten, während sie feststellten, dass sie bei stark verarbeiteten Produkten wie einem Teil von ZF-Getrieben, das sie als [OEM] erhalten, nicht mit Durchschnittswerten arbeiten können und stattdessen eine spezifische Lieferung von ihren Lieferanten benötigen (Interview 14, GU).

3.2.2 Externe Rahmenbedingungen

Neben den internen Rahmenbedingungen spielen auch externe Einflussfaktoren eine wesentliche Rolle für Unternehmen. Dieses hängt damit zusammen, dass durch neuartige Entwicklungen

im Scope 3 Carbon Accounting auch weitere Möglichkeiten für Unternehmen entstehen, die den Handlungsfeldern (vgl. Arbeitspaket 1) sowie den Anforderungen (vgl. Arbeitspaket 2) entgegenkommen.

Es wird betont, dass es wichtig ist, insbesondere wenn es sich um ein System handelt, festzustellen, dass die Pläne interoperabel mit den anderen Anbietern aus dem Konsortium sind, während auch weiterhin an der Interoperabilität mit anderen Lösungen gearbeitet wird und der entsprechende Standard erarbeitet wird, wobei die Verknüpfung mit internen Systemen je nach Kunde variieren kann, ob eine SAP-Lösung oder andere interne Systeme einzubinden sind (Interview 1, KMU). Insbesondere digitale Plattformen³ werden für dieses Thema zunehmend relevanter. So können digitale Plattformen die Vernetzung bei der Datenerhebung als auch -auswertung verbessern (WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2019). Dementsprechend kann Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette geschaffen werden (Pagano & Krause 2019). Hierbei ist das Erreichen einer kritischen Masse an Nutzern für die erfolgreiche Implementierung wesentlich (Interview 18, GU).

3.3 Identifikation analyserelevanter digitaler Technologien

Im nächsten Schritt werden die im Unternehmen für das strategische Geschäftsfeld aktuell verwendeten Technologien identifiziert, um dessen Bedeutung für das Unternehmen zu bestimmen (Pagano & Krause 2019). Da bereits im Arbeitspaket 1 deutlich wurde, dass Unternehmen primär einfache technische Hilfsmittel (d.h. Excel-Tools) als Lösung verwenden, wird sich hier auf potenzielle, zukünftige Substitutionstechnologien oder sich ergänzenden Technologien konzentriert, um eine vorausschauende Betrachtungsweise einzunehmen. Hierbei wurde versucht, auch den Anforderungen an ein „optimiertes“ Scope 3 Carbon Accounting aus Arbeitspaket 2 gerecht zu werden, um aktuelle Schwachstellen zu reduzieren. Bei der Suche wurde primär auf eine Literatur- sowie Interviewrecherche zurückgegriffen. Grundsätzlich werden dabei zwei Bereiche unterteilt (siehe Arbeitspaket 2 für nähere Erläuterungen):

- Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen
- Datenaustausch-Plattform für n Unternehmen

Diese Bereiche können sich anhand der technologischen Komplexität sowie Kooperationsintensität entlang der Lieferkette unterscheiden werden. Hierbei ergeben sich – nach Literaturrecherche und Interviewstudie – differenzierte Möglichkeiten für digitale Technologien im Scope 3 Carbon Accounting. Diese werden nachfolgend vorgestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die digitalen Technologien zumeist nicht als Einzeltechnologie agieren, sondern oftmals in Kombination angewendet werden. Dies wird auch nachfolgend deutlich. Bei der folgenden Analyse wird ein Fokus auf die in Abbildung 10 hell hinterlegten Technologien gelegt.

³ Digitale Plattformen stellen zwei oder mehreren unterschiedlichen Akteursgruppen (Mitarbeiter*innen, Kunden Lieferanten, Nutzer, Dienstleister, Sonstige) eine digitale Infrastruktur zu Verfügung, welche die Vernetzung und Verknüpfung der Akteursgruppen optimieren und automatisieren soll. (Vihl et al. 2021c)

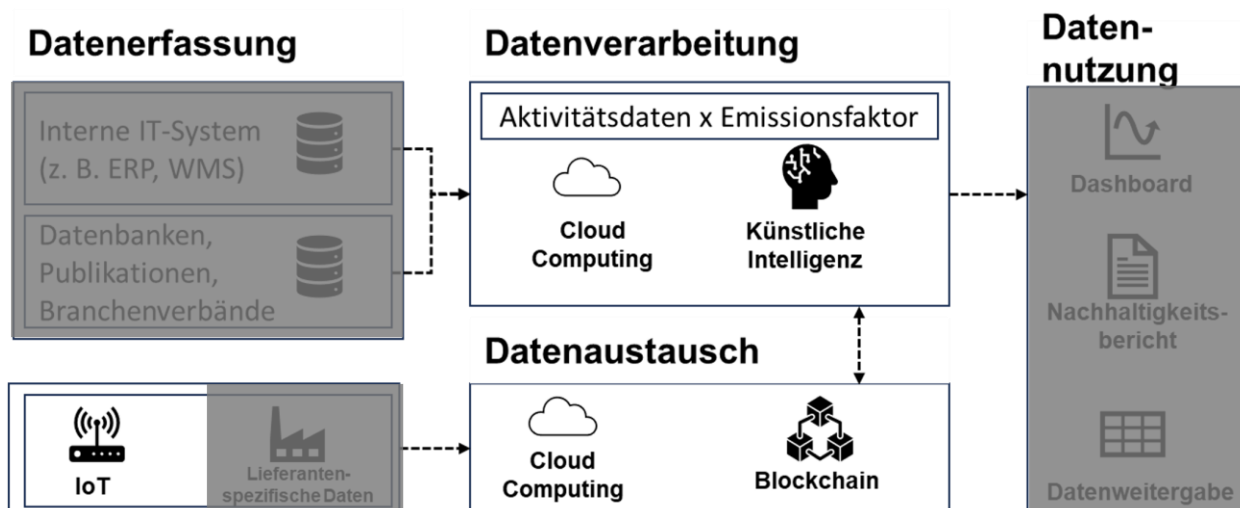


Abbildung 10: Identifizierte analyserelevante digitale Technologien (Eigene Darstellung)

3.3.1 Datenerfassung

Internet of Things

Der Begriff Internet of Things (IoT) beschreibt die Vernetzung von physischer und digitaler Infrastruktur in Interaktion mit der Umwelt, um Systeminformationen zu sammeln, zu verarbeiten und Prozessen und Produkten zu verbessern (Santarius und Pohl 2019).

Hierbei vernetzen sich Dinge, die mit physischen Identitätsträgern wie z. B. Barcodes, QR-Codes oder RFID ausgestattet werden und kommunizieren über Bluetooth, Near-Field Communication (NFC) oder Mobilfunk mit dem Internet (Beier et al. 2018). Entsprechend umfasst IoT keine einzelne Technologie, sondern eine Verzahnung mehrerer Technologien (WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2019).

Voraussetzung für den Einsatz der Technologie ist die Implementierung einer geeigneten IKT-Software und -Hardware (WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2019). Hierbei ist auf datenschutzrechtliche Aspekte zu achten (Pagano & Krause 2019). Entsprechende fachliche Kompetenzen können dies unterstützen.

Einsatzbereiche

Eingesetzt können vor allem die physischen Identitätsträger wie Sensoren das Scope 3 Carbon Accounting unterstützen, um relevante Informationen, die wichtig für die Berechnung sind, wie Daten von Produkten, zu erfassen. Auch können QR-Codes oder RFID-Produktinformationen entlang der Lebensphasen nachverfolgen und Lieferantendaten speichern.

Tabelle 19: Einsatzbereiche des Internet of Things

Internet of Things	Einsatzbereiche
Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserte Messung durch automatische Datenlieferung mit Hilfe von entsprechenden Sensoren (Vihl et al. 2021e) ▪ Vernetzung von Anlagen (Pagano & Krause 2019)
Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfassung von Daten und Informationen in Echtzeit ▪ Erfassung der gesamten Lebensgeschichte eines Objekts ▪ Erstellung von Digitalen Zwillingen durch IoT-Sensoren zur Nachverfolgung der Lieferkette eines Produkts (Gentermann 2019) ▪ Nachverfolgung und Steuerung ganzer Wertschöpfungsketten (WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2019)

Chancen und Herausforderungen

Das führt dazu, dass die Transparenz und das Monitoring mithilfe von IoT verbessert werden. Gleichzeitig können diese mit digitalen Plattformen und KI die Prozesse optimieren sowie automatisieren. Außerdem werden durch Cloud Computing Sensordaten verwertet und durch Blockchain-Technologien IoT-Interaktionen dokumentiert. Allerdings können Unternehmen bei IoT mit unzureichender Cybersicherheit, fehlender Interoperabilität und Sicherstellung von Datensicherheit und -schutz Probleme bekommen (Gentermann 2019).

Tabelle 20: Chancen und Herausforderungen des Internet of Things

Chancen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung der Transparenz und Monitoring ▪ Optimierung und Automatisierung von Prozessen mithilfe von digitalen Plattformen und KI ▪ Verwertung von Sensordaten auf cloud-basierten Plattformen (Pagano & Krause 2019) ▪ Dokumentation von IoT-Interaktionen mittels Blockchain 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unzureichende Cybersicherheit (WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2019) ▪ Fehlende Interoperabilität (Gentermann 2019) ▪ Sicherstellung der Datensicherheit sowie -schutzes (WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2019)

3.3.2 Datenverarbeitung

Cloud Computing

Cloud Computing ist ein Ansatz, mithilfe dessen jeder Akteur unabhängig von Ort und Zeit eine Schnittmenge von geteilten Rechnerressourcen, d. h. Netz, Server, Speichersysteme,

Anwendungen sowie Dienste, über das Internet nutzen kann (Vihl et al. 2021b). Dabei stehen die Ressourcen mit minimalen Managementaufwand und hoher Reaktionsgeschwindigkeit zur Verfügung (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2014). Als Voraussetzung benötigen Unternehmen eine verlässliche Datengrundlage mit einheitlicher Methodik, Kenntnisse in Datenschutz sowie Informationssicherheit und Fachpersonal (Pagano & Krause 2019).

Einsatzbereiche

Cloud Computing kann im Scope 3 Carbon Accounting an verschiedenen Stellen eingesetzt werden. Wie bereits thematisiert, müssen Unternehmen unterscheiden, inwieweit die Partner entlang der Lieferkette in das Scope 3 Carbon Accounting einbezogen werden. Konzentrieren sich Unternehmen primär auf das Management von Corporate Carbon Footprint Management, so wird das Cloud Computing zumeist als Software-Grundlage eingesetzt, um die Datenerfassung, -analyse und -management vorzunehmen.

Sollen hingegen auch Lieferketten-Partner in das Scope 3 Carbon Accounting einbezogen werden, bietet sich das Cloud Computing als Plattformdienst für eine verbesserte Transparenz sowie Kontrolle von Emissionen entlang der Lieferkette an. Es wurde festgestellt, dass zunächst Transparenz durch die Kette der Beteiligten geschaffen wird. Anschließend wird jedoch nur noch isoliert die Information über die Emissionen weitergeleitet, zusammen mit allen relevanten kontextuellen Zusatzinformationen, die beispielsweise relevant sein könnten. Des Weiteren wird überlegt, Empfehlungen zur Erneuerung oder Modernisierung der Flotte auszutauschen. Diese Entscheidungen würden dann wieder direkt bei der Partei verbleiben (Interview 3, KMU).

Mithilfe cloudbasierter Plattformen ist es für Unternehmen möglich, dass individuelle Umfragen erstellt sowie CO₂-Informationen gesammelt, analysiert und verbessert werden können. Es wurde erläutert, dass es sich grundsätzlich um eine Datenplattform handelt, auf der transportierende Parteien sich mit transportdurchführenden Parteien vernetzen können. Auf dieser Plattform ist es möglich, Daten auszutauschen und eine umfassende Berechnung aller Transportemissionen durchzuführen. Diese Berechnungen können im Verhältnis zu den transportierten Strecken, den transportierten Gewichten und den Auftragsdaten gesetzt werden. Dadurch wird es ermöglicht, nachträglich Optimierungen vorzunehmen (Interview 3, KMU). Hierbei wird auf eine flexible Integration von verschiedener Datenquellen und -formaten geachtet (Interview 3, KMU).

Tabelle 21: Einsatzbereiche des Cloud Computing

Cloud Computing	Einsatzbereiche
<i>Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Cloudbasierte Software für Datenerfassung, -analyse und -management
<i>Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Cloudbasierte Plattformdienste für verbesserte Transparenz und Kontrolle von Emissionen entlang der Lieferkette durch das Erfassen und Analysieren von CO₂-Informationen über alle Lieferanten • Erstellen von (individuellen) Umfragen für Lieferanten • Durchführen von multimodalen Analysen und CO₂-Emissionszuordnung zu einzelnen Kunden/Produkten

Chancen und Herausforderungen

Durch den Einsatz von Cloud Computing Lösungen ergeben sich vor allem Chancen für das Unternehmen. Entsprechend wird bei Entwicklung von neuartigen technischen Hilfsmitteln darauf geachtet, dass Aufwand und Kosten von solchen Systemen gering bleiben (Interview 3, KMU). Es wurde erklärt, dass das gesamte Angebot zu dem angegebenen Preispunkt nur möglich ist, wenn die gesamte Infrastruktur in der Cloud betrieben wird. Dies gewährleistet Skalierbarkeit und Flexibilität entsprechend den Anforderungen (Interview 3, KMU).

Darüber hinaus kann der Einsatz von Cloud Computing Hindernisse bei der Erfassung von Daten reduzieren und Einblicke in komplexe Lieferketten schaffen. Hierbei ist wichtig, dass auch die Partner für die Erfassung und Weitergabe von Daten einen Datenzugang erhalten und auch die Bereitschaft vorhanden ist, da sonst der Informationsfluss unterbrochen ist.

Tabelle 22: Chancen und Herausforderungen des Cloud Computing

Chancen	Herausforderungen
<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zugang zu Branchenlösungen für KMU (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2014) ▪ Schnelle Implementation von Anwendungen (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2014) ▪ Orts- und zeitunabhängige Informationsbereitstellung (VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH 2017) ▪ Reduzierung von Aufwand und Kosten (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2014) ▪ Ersetzen von Tabellenkalkulationen und Online-Rechnern <p>Speziell:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Beseitigung von Hindernissen bei der Erfassung von Lieferantendaten ▪ Gewährleistung eines sofortigen und kosteneffizienten Datenaustauschs ▪ Gewinnen eines Einblicks in komplexe Lieferketten 	<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schwierigkeiten bei der Beurteilung des vorhandenen Dienstangebots und der Kalkulation dessen Kosten (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2014) ▪ Fehlende Strategie zur Integration von Cloud-Diensten in die eigene IT- und Unternehmensarchitektur (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2014) ▪ Herstellung von Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit (VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH 2017) ▪ Widerstände und fehlendes Vertrauen in (IT-)Abteilungen (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2014) <p>Speziell:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenzugang (manuell/ Schnittstelle) von Partnern für Erfassung und Übermittlung der Daten an Unternehmen ▪ Bereitschaft zum Datenaustausch

Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) gilt als Sammelbegriff für Technologien, die basierend auf großen und heterogenen Datensätzen mittels digitaler Methoden in einem komplexen maschinellen Verarbeitungsprozess, der menschliche Intelligenz in gewisser Weise nachbildet, ein Ergebnis ermitteln,

das ggf. automatisiert umgesetzt wird (WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2019). Damit kann es als Problemlösungsfähigkeit verstanden werden (Jetzke et al. 2019). Maschinelles Lernen ist eine Teildisziplin von KI (Jetzke et al. 2019). Dabei lernt der Algorithmus anhand von Daten und entwickelt selbständig Regeln in einem definierten Rahmen (Fraunhofer IPA & Fraunhofer IAO 2019). Es eignet sich, um statistische Zusammenhänge in den Daten zu erkennen und daraus Abhängigkeiten, Vorhersagen oder Klassifikationen abzuleiten (Jetzke et al. 2019).

Als Voraussetzung für KI spielt die Datenverfügbarkeit und -qualität eine Rolle (Jetzke et al. 2019). Darüber hinaus müssen leistungsstarke Rechenkapazitäten sowie sichere digitale Speicherarchitekturen vorliegen. Hierfür benötigt es IT-Fachkräfte (Gemeinsam digital & Der Mittelstand BVMW e.V 2020).

Einsatzbereiche

Eingesetzt kann die KI bei der Datenerfassung, -zuordnung, -analyse und -überwachung in Carbon Management-Systemen. Dabei werden die CO₂-Emissionen automatisch berechnet. Darüber hinaus kann die KI bei der Identifikation von CO₂-Hotspots sowie bei der Entscheidungsfindung hilfreich sein. Entlang der Lieferkette kann die KI ebenfalls bei der Erfassung und Austausch von Daten in Echtzeit sowie bei der Identifizierung und Bewertung von Risiken und Compliance eingesetzt werden.

Tabelle 23: Einsatzbereiche der Künstlichen Intelligenz

Künstliche Intelligenz	Einsatzbereiche
<i>Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenerfassung, -zuordnung und -analyse ▪ Automatisierung der CO₂-Berechnung ▪ Aufdecken von CO₂-Hotspots ▪ Unterstützung bei der Entscheidungsfindung ▪ Kontrolle über CO₂-Maßnahmen
<i>Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erfassung und Austausch von Daten in Echtzeit ▪ Identifizierung und Bewertung von Risiken und Compliance in Lieferketten

Chancen und Herausforderungen

KI bietet das Potenzial die Datenerfassung und Verarbeitungszeit zu beschleunigen sowie die Fehlerquoten zu (Fraunhofer IPA & Fraunhofer IAO 2019). Das führt zur verbesserten Überwachung der Scopes und genaueren Emissionsdaten. Es wurde im Interview angemerkt, dass die Daten deutlich präziser sind, als diejenigen, die vor fünf Jahren in einer wissenschaftlichen Studie als globaler Durchschnittswert festgelegt wurden (Interview 3).

Allerdings ist es schwierig die erforderliche umfassende Datenbasis bereitzustellen (Fraunhofer IPA & Fraunhofer IAO 2019) sowie die KI die Daten mit entsprechender Datensicherheit behandelt (Gemeinsam digital & Der Mittelstand BVMW e.V 2020). Entsprechend unsicher sind die Nutzer bei der Anwendung.

Tabelle 24: Chancen und Herausforderungen der Künstlichen Intelligenz

Chancen	Herausforderungen
<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschleunigung der Datenerfassung und Verarbeitungszeit (Vihl et al. 2021f) ▪ Senkung von Fehlerquoten(Fraunhofer IPA & Fraunhofer IAO 2019) ▪ Reduktion von Betriebskosten(Fraunhofer IPA & Fraunhofer IAO 2019) <p>Speziell:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserte Überwachung der Scopes ▪ Genauigkeit von Emissionsdaten 	<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unsicherheit bei Anwendern(Gemeinsam digital & Der Mittelstand BVMW e.V 2020) ▪ Erforderliche umfassende Datenbasis (Fraunhofer IPA & Fraunhofer IAO 2019) ▪ fehlende Datensicherheit, DSGVO (Gemeinsam digital & Der Mittelstand BVMW e.V 2020)

Big Data Analytics

Big Data beschreibt die Sammlung, Verarbeitung und Anwendung von strukturierten Datenmengen für die Gewinnung von entscheidungsrelevanten Erkenntnissen in Echtzeit (Pagano & Krause 2019). Um Zusammenhänge zu erkennen, erfordert es den Einsatz von Analytics (Ward & Barker 2013). Charakterisiert wird Big Data durch die „5 Vs“ (Bauernhansl et al. 2015): (1) Volume, (2) Variety, (3) Velocity, (4) Value und (5) Veracity.

Als Voraussetzung zur Nutzung von Big Data benötigen Unternehmen u.a. eine ausreichende Anzahl an Zähler- oder Sensorsystemen sowie Tools zur Analyse von Big Data (Pagano & Krause 2019). Darüber hinaus benötigen sie Kenntnisse und Zugriff auf Daten (Beier et al. 2018). Hierbei sind auch datenschutzrechtliche Aspekte zu beachten, wofür geschultes Personal benötigt wird (Pagano & Krause 2019). Mit Big Data Analytics können Unternehmen in Plattformen Scope 3 Daten in Echtzeit sammeln und auswerten, Prognosen erstellen sowie Muster identifizieren.

Tabelle 25: Einsatzbereiche von Big Data Analytics

Big Data Analytics	Einsatzbereiche
<i>Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellung von Life Cycle Assessments von Produkten (Song et al. 2018) ▪ Erstellung von Prognosen und Identifikation von Mustern (Pagano & Krause 2019)
<i>Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sammeln und Analysieren von Scope 3 Daten in Echtzeit ▪ Einblicke entlang der Lieferkette

Chancen und Herausforderungen

Das hat den Vorteil, dass durch die Nutzung von Plattformen mehr Daten beschafft, werden sowie die Transparenz entlang der Wertschöpfungskette erhöht wird (Beier et al. 2018). Allerdings sind hochwertige und sichere Daten eine Herausforderung und werden von Unternehmen nicht gerne offengelegt (Vihl et al. 2021a).

Tabelle 26: Chancen und Herausforderungen von Big Data Analytics

Chancen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhe Datenmenge auf Plattform ▪ Mehr Transparenz entlang der Wertschöpfungskette (Beier et al. 2018) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenverfügbarkeit und Sicherheit (Bauernhansl et al. 2015) ▪ Offenlegung von Daten ▪ Bereitschaft zum Datenaustausch mit Lieferanten (Beier et al. 2018)

3.3.3 Datenaustausch Blockchain-Technologie

Die Distributed Ledger-Technologie, im Speziellen die Blockchain-Technologie, beinhaltet eine Kette an Transaktionen, die aufgrund von Anpassungen beteiligter Akteure stetig zunimmt (Vihl et al. 2021d). Die Kette ist anstatt auf einem zentralen Server auf den Rechnern sämtlicher beteiligter Akteure gespeichert. Zentrale Elemente der Blockchain-Technologie umfassen die Dezentralität, die Transparenz, die Nachverfolgbarkeit von Transaktionen und den Konsens-Mechanismus.

Als Voraussetzung zur Nutzung einer gängigen Applikation benötigen Unternehmen keine besonderen Kenntnisse (Viktor Peter et al. 2017). Jedoch benötigen sie zur Investition ausreichend finanzielle Ressourcen sowie geschultes Fachpersonal zur Sicherstellung von Datenschutz und Informationssicherheit (Pagano & Krause 2019). Es lässt sich feststellen, dass das Hauptziel darin besteht, dass die Nutzer möglichst wenig Vorkenntnisse mitbringen müssen. Dies ist insbesondere im Kontext der Blockchain eine Herausforderung. Das Ziel ist daher nicht, dass jeder zum Experten in Blockchain werden muss und seinen eigenen Node betreiben muss. Stattdessen wird das Angebot als Software-as-a-Service bereitgestellt, was bedeutet, dass Nutzer einfach über eine Webanwendung ihre Daten eingeben und teilen können (Interview 1, KMU).

Einsatzbereiche

Die Blockchain-Technologie wird im Bereich des Scope 3 Carbon Accounting primär eingesetzt, um die Prozesse entlang der Wertschöpfungskette transparenter, nachvollziehbarer, resilienter und/oder manipulationssicherer zu machen. Durch eine verbesserte Nachvollziehbarkeit der Lieferkette sollen CO₂-Informationen entlang der Vorkette besser erfasst und analysiert werden, um die Messbarkeit zu erhöhen. Dies bietet strategische Möglichkeiten, um den CO₂-Fußabdruck zu senken oder zu erhöhen (Interview 1, KMU).

Das Ziel des internen Projekts besteht darin, Unternehmen, insbesondere in der Lieferkette, zu befähigen, ihre Produkt-Carbon-Emissionen und ihren CO₂-Fußabdruck zu erfassen und auszutauschen. Darüber hinaus wird erwähnt, dass zwei Zahlen weitergeleitet werden: der CO₂-Fußabdruck als eine numerische Größe und der Anteil an Primärdaten. Letzterer gibt an, wie viel Prozent des CO₂-Fußabdrucks aus realen Daten ermittelt wurden und wie viel Prozent geschätzt wurden. Hierbei wird darauf geachtet, dass Änderungen seitens der Lieferanten automatisch weitergereicht werden, um den Prozess zu vereinfachen (Interview 1, KMU). Perspektivisch kann die Blockchain-Technologie auch das Auditing, d.h. die Überprüfung der Berechnungen von Experten, vereinfachen, sodass andere Unternehmen sehen können, dass die Berechnungen der Wahrheit entsprechen (Interview 1, KMU).

Tabelle 27: Einsatzbereiche von Blockchain

Blockchain	Einsatzbereiche
<i>Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen</i>	keine
<i>Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Scope 3 Emissionsmanagement Plattform zur Erfassung, Austausch und Monitoring von Emissionsdaten ▪ Rückverfolgung/Transparenz von CO2-Informationen ▪ Auditing von Emissionsdaten und Methodiken

Chancen und Herausforderungen

Durch den Einsatz von Blockchain Lösungen ist es möglich die Nachprüfbarkeit und Fälschungssicherheit der Daten zu verbessern (Interview 19, GU). Hierbei soll die Vertraulichkeit geschützt werden.

Gleichzeitig wird die Transparenz, Steuerung, Sicherheit, Resilienz und der Informationsaustausch erhöht ((Viktor Peter et al. 2017); Interview 5, Sonstige), sodass der Anteil an Scope 3 Emissionen und Primärdaten erhöht werden kann. Es wurde berichtet, dass das Interesse an Blockchain-Technologie besteht und dass darin ein großes Potenzial gesehen wird, Datensilos zu durchbrechen. Es besteht der Wunsch, durch die durch die Technologie gewonnene Vertrauen gemeinsam an den großen Problemen zu arbeiten und transparenter zu werden (Interview 5).

Im Speziellen achten die Softwareentwickler auf eine niedrige Einstiegshürde sowie einen interoperablen Austausch von Carbon Footprints durch Anbindung an verschiedene Ökosysteme. Allerdings beinhalten die Blockchain-Lösungen auch allerhand Herausforderungen. Allgemein benötigen Blockchain-Lösungen Standards, damit die Lösung funktionieren kann. Es benötigt sehr viel Vorbereitungsaufwand vor der Einführung einer Blockchain Lösung (Interview 5, Sonstige).

Hierbei ist es schwierig zu beurteilen, welche Daten für alle und welche für einzelne Akteure wichtig sind (Interview 5, Sonstige). Entsprechend stellt der Datenschutz und -sicherheit ein Hemmnis für Unternehmen dar (Mittelstand-Digital 2018).

Im Speziellen benötigen Unternehmen zur Teilnahme interne Daten zum Carbon Footprint (Interview 1, KMU). Das ist für KMU noch sehr komplex (Interview 1, KMU). Entsprechend schwer ist eine Incentivierung von Unternehmen an Blockchain-Lösungen teilzunehmen (Interview 5, Sonstige). Auch fehlt oft das Vertrauen (Interview 1, KMU).

Tabelle 28: Chancen und Herausforderungen von Blockchain

Chancen	Herausforderungen
<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserte Steuerung, Sicherheit, Transparenz, Resilienz und Informationsaustausch (Viktor Peter et al. 2017) ▪ Gemeinsame Nutzung von Daten ohne Gefährdung des Datenschutzes oder Vertraulichkeit ▪ Hohe Fälschungssicherheit durch kryptografische Validierung (Mittelstand-Digital 2018) <p>Speziell:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interoperabler Austausch von PCFs durch Anbindung an verschiedene Ökosysteme ▪ Transparenz von Scope 3 Emissionen in allen Wertschöpfungsketten ▪ Erhöhung des Anteils an Primärdaten ▪ Finden von CO2-Hotspots ▪ Niedrige Einstiegshürde für vorgelagerte Teilnehmende und einfache Integration in Unternehmens-IT-Landschaft 	<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenschutzes und -sicherheit für Unternehmen ein Hemmnis (Mittelstand-Digital 2018) ▪ Viel Vorarbeit (z.B. Standards) notwendig <p>Speziell:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Umsetzbarkeit von Unternehmen, z.B. PCF-Experten notwendig ▪ Datenzugang (manuell/ Schnittstelle) von Partnern für Erfassung und Übermittlung der Daten entlang der Lieferkette ▪ Bereitschaft zum Datenaustausch

3.3.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die ausgewählten Technologien als technische Hilfsmittel verschiedene Funktionen im Scope 3 Carbon Accounting Prozess übernehmen können. Hierbei dienen das Cloud Computing und die Blockchain-Technologie primär als Basistechnologien, auf die Big Data Analytics und künstliche Intelligenz für Aufbereitungs- und Auswertungszwecke aufsetzen. Zusätzlich gibt es im Unternehmen oder entlang der Lieferkette auch die Möglichkeit, die Datenerfassung durch die Verwendung von Internet of Things Geräten zu erleichtern. Diese müssen dann an die technischen Hilfsmittel angebunden werden. Folgende Tabelle stellt die Einsatzmöglichkeiten von digitalen Technologien bei den beiden technischen Hilfsmitteln (vgl. Arbeitspaket 2) dar.

Tabelle 29: Bewertung der technischen Hilfsmittel für ein und n Unternehmen

Technische Hilfsmittel	Cloud Computing	Blockchain Technologie	Big Data Analytics	Künstliche Intelligenz	Internet of Things (Geräte)
<i>Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen</i>	x		x	x	x
<i>Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen</i>	x	x	x	x	x

3.4 Bewertung der digitalen Technologien für Unternehmen

Nachdem die digitalen Technologien, die sich für das Scope 3 Carbon Accounting eignen, identifiziert wurden, stellt sich die Frage, welche der technischen Hilfsmittel für KMU geeignet sind.

3.4.1 Bewertungskriterien

Hierfür wurden im ersten Schritt Bewertungskriterien definiert, die ausgehend von den Interviews abgeleitet wurden. Diese wurden – angelehnt an Pfeiffer & Dögl (1990) – in Technologieattraktivität und Unternehmensstärke zugeordnet, um die Potenziale der digitalen Technologien für KMU zu identifizieren. Eine Übersicht der Kriterien ist in Tabelle 30 dargestellt.

Technologieattraktivität

Die Technologieattraktivität konzentriert sich laut Pfeiffer & Dögl (1990) auf die Summe aller technisch-wirtschaftlichen Vorteile, die in unserem Fall durch den Einsatz im Scope 3 Carbon Accounting für das Unternehmen erzielt werden können. Hierbei sind die vorgestellten Einsatz-/Anwendungsbereiche und Einsatzpotenziale aus Abschnitt 3.2 elementar. Darüber hinaus wurden weitere Kriterien für die Bewertung abgeleitet: Potenzial, Akzeptanz, technische Kompatibilität, technische Komplexität, Kosten sowie Sicherheit.

Unternehmensstärke

Die Unternehmensstärke (bei Pfeiffer und Dögl (1990) Ressourcenstärke) konzentriert sich auf die technisch-wirtschaftliche Stärke eines Unternehmens, mit welchem es das Scope 3 Carbon Accounting umsetzen kann. Hierbei wird auch der Abschnitt „Umfeldanalyse“ zur Bewertung hinzugezogen. Anders als bei Pfeiffer und Dögl (1990) setzen sich die Kriterien in dem Technologieportfolio aus Ressourcenverfügbarkeit, Kapazität, Strategie, Zahlungsbereitschaft, Anwendungskompetenz sowie Unternehmenscharakteristika zusammen. Sie beschreiben die technologische Ist-Situation des Unternehmens. Zusätzlich kommen noch Kooperation entlang der Lieferkette sowie Unterstützung durch Externe als Bewertungskriterien hinzu.

Tabelle 30: Bewertungskriterien der Technologieattraktivität und Unternehmensstärke

Bewertungskriterien der Technologieattraktivität	Bewertungskriterien der Unternehmensstärke
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potenzial ▪ Akzeptanz ▪ Technische Kompatibilität ▪ Technische Komplexität ▪ Kosten ▪ Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ressourcenverfügbarkeit ▪ Kapazität ▪ Strategie ▪ Zahlungsbereitschaft ▪ Anwendungskompetenz ▪ Charakteristika

3.4.2 Technologieattraktivität

Die Bewertung der Technologieattraktivität unterliegt der Bewertung der digitalen Technologien durch die Interviews (August 2021 bis März 2022), eines Validierungs-Workshops (29.09.2022) mit 4 Unternehmen, sowie einer Veranstaltung (25.12.2023) mit dem projektbasierten Ausschuss. Hierbei waren insgesamt 11 Unternehmen anwesend.

Potenziale

In dem Validierungs-Workshop mit vier Unternehmen haben diese das Technologiepotenzial für ihr Unternehmen bestimmt. Hierbei wurden die einzelnen Technologien vorgestellt und anschließend mit Microsoft Forms bewertet. Es zeigte sich, dass insbesondere die Blockchain-Technologie ein hohes Potenzial für Unternehmen hat, wohingegen sich die Unternehmen bei Cloud Computing und Internet of Things eher unsicher waren. Da nur ein Unternehmen die künstliche Intelligenz bewertet hat, ist es schwer hier eine Aussage zu treffen. Hierbei wurde geäußert, dass sich die Unternehmen auch nicht im Detail mit den eingesetzten Technologien auskennen, sondern diese eher anwenden.

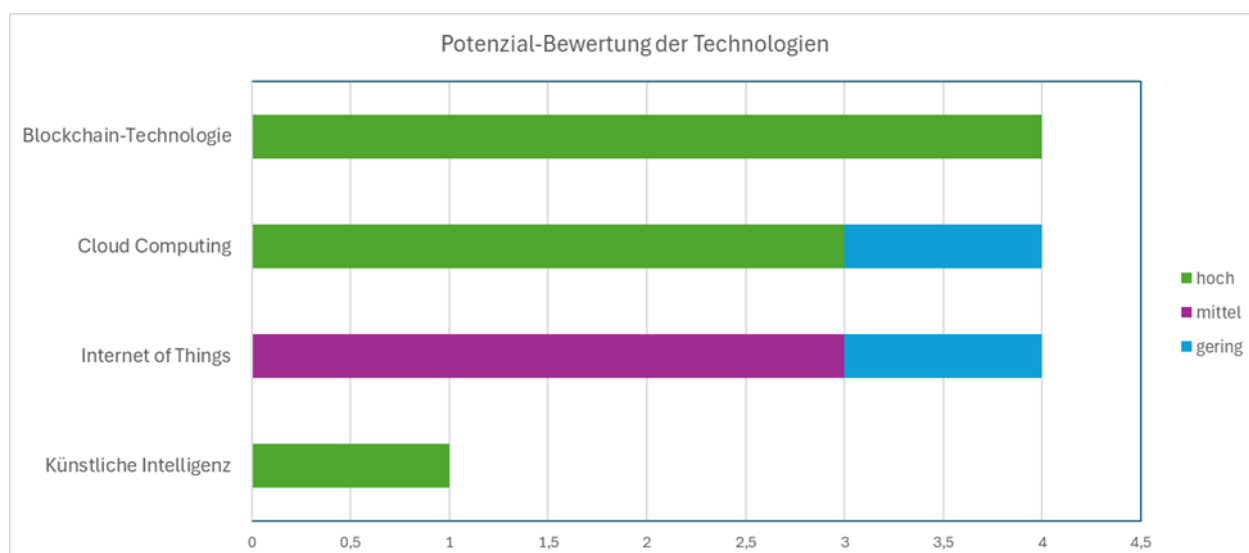


Abbildung 11: Potenzial-Bewertung der Technologien (Eigene Darstellung)

Für KMU beurteilte ein Unternehmen allerdings, dass Cloud Computing und Blockchain-Technologie durchaus Potenzial zur Unterstützung einer Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting

haben. Gleiches wurde auch in Abschnitt 3.2 gesehen. Denn auch KMU können, wenn Partner entlang der Lieferkette an einer Blockchain-basierten Lösung teilnehmen, **Transparenz** erreichen (Interview 15, KMU). Es wurde in einem Interview mit einem Vertreter eines KMU festgestellt, dass eine transparente Lieferkette möglich ist, wenn die Lieferanten kooperieren. Dadurch könne alles nachvollzogen werden und dem Kunden eine transparente Lieferkette präsentiert werden (Interview 15, KMU). Des Weiteren wurde betont, dass diese Transparenz nicht bedeute, dass das Unternehmen genau wissen müsse, woher die Lieferanten ihre Waren beziehen, um sie zu umgehen, was in der Wirtschaft ein großes Thema sei. Es wurde klargestellt, dass das Ziel nicht sei, vollständige Transparenz herzustellen, da dies nicht im Interesse des Unternehmens liege. Stattdessen sei es im Interesse des Unternehmens, dem Kunden mitzuteilen, aus welcher Region das Material stammt und welche Probleme dort bestehen könnten, ohne jedoch die genaue Adresse zu benötigen. Diese Information könne in einer Art Bubble mit einem hundert Kilometer Radius umrissen werden (Interview 15, KMU).

Akzeptanz

Bei der Akzeptanz bzgl. der digitalen Technologien wurden insbesondere Aussagen hinsichtlich der **Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen**, im Speziellen zur Blockchain-Technologie gemacht.

Hierbei wurde von KMU eingeschätzt, dass Unternehmen, die **weit entfernt vom Kunden** sind, es schwieriger haben, die Datenaustausch-Lösungen anzunehmen (Interview 1, KMU). Es wird festgestellt, dass gerade Zulieferer, die nicht in unmittelbarer Nähe zum Kunden sind und nicht unbedingt für ihre Umweltfreundlichkeit bekannt sind, Schwierigkeiten haben, zu argumentieren, warum sie eine Lösung benötigen und warum sie in einem Blockchain-basierten System aktiv sein sollten. Der Kontakt zu diesen Zulieferern wird hauptsächlich über große Unternehmen gesucht, die ihre Zulieferer dabei unterstützen möchten, Daten zu erfassen und auszutauschen. Es wird betont, dass eine zu hohe Komplexität und Schwierigkeit bei der Nutzung die Akzeptanz hemmen würden (Interview 11, KMU). Aber auch bei **direkten Lieferanten** kostet es viel Überzeugungsarbeit zur Teilnahme an einer Datenaustausch-Lösung (Interview 15, KMU). Entsprechend schwierig ist es, entlang der Lieferkette Akzeptanz zu schaffen.

Wird allerdings ein technisches Hilfsmittel branchenweit akzeptiert, dann unterstützt es auch die Akzeptanz bei Lieferanten (Interview 19, GU). Es wurde in einem Interview mit einem Vertreter eines größeren Unternehmens festgestellt, dass die Akzeptanz seitens der Lieferanten steigt, wenn es technische Tools gibt, die branchenweit akzeptiert sind und die es den Lieferanten ermöglichen, Daten in ein solches System einzuspeisen. Dies liegt daran, dass die Lieferanten nicht mehr für jeden Kunden individuell Daten aufbereiten müssen, was den Aufwand für sie verringert. Darüber hinaus wurde betont, dass es wichtig ist, die kritischen 3% zu erreichen, nicht weltweit, sondern innerhalb einer bestimmten Gesellschaftsschicht oder eines Landes, um eine Bewegung in Gang zu setzen. Es wird angestrebt, diese 3% möglichst schnell zu erreichen (Interview 5).

Technische Kompatibilität

Für Unternehmen ist die **technische Kompatibilität** besonders wichtig, um technische Hilfsmittel (**Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen**) im Unternehmen anwenden zu können (Interview 17, GU). Das ist nicht immer einfach. In dem Interview wird betont, dass die Automatisierung eine bedeutende Herausforderung darstellt. Dabei sei zu berücksichtigen, dass je mehr Automatisierung durchgeführt wird, sei es durch die Verknüpfung von bestimmten Schnittstellen mit einer Datenbanklösung oder durch die Nutzung von Zusatzmodulen, desto wichtiger wird es,

dass bestimmte Standardprozesse, -schnittstellen und -bezeichnungen eingehalten werden. Andernfalls führen Abweichungen von diesen Standards dazu, dass das gesamte System beeinträchtigt wird und manuelle Korrekturen erforderlich sind.

Diese **Kompatibilität** ist insbesondere bei **Datenaustausch-Lösungen** für KMU noch nicht gegeben (Interview 15, KMU). Die Lösung zum Datenaustausch kann auch bei manueller Arbeitsweise genutzt werden, jedoch nicht effizient ist, wenn ein Unternehmen ein umfangreiches Portfolio und eine breite Aktivitätspalette hat. In solchen Fällen rentiert sich die Nutzung der Datenaustausch-Lösung nicht mehr.

Entsprechend schwierig wird eine Implementierung von derartigen technischen Hilfsmitteln (hier: Blockchain-Technologie) für Unternehmen. Allerdings wird daran zusammen mit anderen Softwaredienstleistern gearbeitet (Interview 15, KMU). Entsprechend kann es zukünftig zur entsprechenden Kompatibilität kommen, was auch den Anforderungen aus dem Arbeitspaket 5 „mehr Lösungen für KMU“ zugutekommt.

Technische Komplexität

Für die **Komplexität** des technischen Hilfsmittels (**Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen**) ist entscheidend, was KMU wollen sowie wie komplex deren Produktportfolio ist (Interview 7, KMU). In dem Interview wurde betont, dass die Projekte in ihrem Umfeld stark in ihrem Aufwand variieren, obwohl alle Unternehmen, mit denen sie arbeiten, KMU sind. Dies hängt zum einen davon ab, was das jeweilige KMU erreichen möchte, und zum anderen von der Komplexität seines Produktportfolios. Diese Faktoren machen einen erheblichen Unterschied aus. Als Beispiel wurde genannt, dass die Produktion einer Kaffeetasse weniger kostenintensiv ist als die Herstellung von Telefonen. Entsprechend lassen sich auch einfache Lösungen finden. Bei dem Validierungs-Workshop wurde dabei von einem Unternehmen geäußert, dass auch web-basierte Lösungen für KMU erreichbar sind.

Die **Datenaustausch-Plattformen für n Unternehmen** sind allerdings noch sehr komplex für KMU und wenig daran orientiert, dass jeder solche bspw.- Blockchain-basierten Lösungen bedienen kann (Interview 1, KMU). Die Implementierung hochkomplexer Nachhaltigkeitssoftware stellt für kleine Speditionsunternehmen mit begrenzten Ressourcen eine große Herausforderung dar. Diese Unternehmen betreiben oft nur wenige LKW und haben vielleicht nur einen Administrator im Büro. Es wird darauf hingewiesen, dass es für sie schwierig ist, solche Software zu lizenzieren, zu erlernen und sich mit internationalen Standards auseinanderzusetzen. Aus der Perspektive von KMU ist die Software noch zu komplex und noch nicht ausreichend an die Bedürfnisse des breiten Marktes angepasst. Es wird betont, dass nicht nur Experten, sondern jeder in der Branche an diesem Trend teilnehmen sollte. Möglicherweise ergibt sich hier auch ein Zusammenhang zwischen der Komplexität der digitalen Technologie und der Akzeptanz bei Unternehmen.

Ein ähnliches Feedback wurde auch von einem Unternehmen während eines Validierungs-Workshops gegeben, dass moderne Datenaustausch-Lösungen bisher nicht zugänglich genug sind und stattdessen eher einfache Optionen wie web-basierte Abfragesysteme bevorzugt werden.

Zukünftige Datenaustausch-Lösungen mit Blockchain-Technologie sollen jedoch auch für KMU geeignet sein und die **Komplexität reduzieren** (Interview 18, GU). In Bezug auf die Eignung für KMU wird betont, dass alles, was standardisiert ist und ein Reporting auf verschiedenen Komplexitätsebenen ermöglicht, interessant ist, da es die Komplexität reduziert. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass nicht jedes KMU sofort darauf umsteigen wird, da dies von verschiedenen

Faktoren wie der Position in der Wertschöpfungskette und dem Druck der Kunden abhängt (Interview 18, GU). Darüber hinaus wird erklärt, dass der Ansatz darin besteht, zunächst Großkonzerne anzusprechen, wo das Interesse und die finanziellen Mittel vorhanden sind, und dann mit einem angepassten Angebot allmählich auch auf KMU zuzugehen, das technisch solide und erschwinglich sein soll (Interview 1, KMU).

Kosten

Bei den Kosten geben Unternehmen an, dass die Hauptkosten nicht bei den **Datenaustausch-Plattformen für n Unternehmen** anfallen werden, sondern bei der Erstellung des CO₂-Fußabdrucks (Interview 18, GU). Entsprechend sollten diese auch für KMU erschwinglich werden. Hierbei wird sich von den Softwareanbietern auch erhofft, dass die Datenaustausch-Lösungen über die Zeit und durch Netzwerkeffekte günstiger werden (Interview 1, KMU). Grundsätzlich wird durch eine höhere Nachfrage auch eine entsprechende Preisreduktion erwartet (Interview 1, KMU). Entsprechend erscheinen die Datenaustausch-Lösungen langfristig erschwinglich, jedoch die Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen relativ teuer.

Sicherheit

Da Unternehmen freiwillige Selbstauskünfte geben können, besteht die Möglichkeit, dass Lieferanten falsche Informationen weitergeben (Interview 15, KMU). Entsprechend haben KMU Vertrauensbedenken bei **Datenaustausch-Plattformen für n Unternehmen**. Es ist daher noch Aufklärung und die Erkenntnis von allen Stakeholdern zu dem möglichen Mehrwert gemeinsamer Austausch-Plattformen erforderlich.

3.4.3 Unternehmensstärke

Die Bewertung der Unternehmensstärke unterliegt der Bewertung der digitalen Technologien durch die Interviews sowie eines Validierungs-Workshops mit dem projektbegleitenden Ausschuss.

Ressourcenverfügbarkeit

Wie auch in Abschnitt 2.2 dargelegt, unterscheiden sich Unternehmen in ihren Ressourcen. In dem Validierungs-Workshop mit drei Unternehmen ergab sich folgendes Bild:

- Alle Unternehmen sehen im Unternehmen keine sehr hohen Ressourcen für die Scope 3 Carbon Accounting Thematik.
- Für Cloud Computing und Blockchain-Technologie sind in 2 von 3 Unternehmen Ressourcen vorhanden.
- Für Internet of Things besitzen die Unternehmen überwiegend keine Ressourcen.

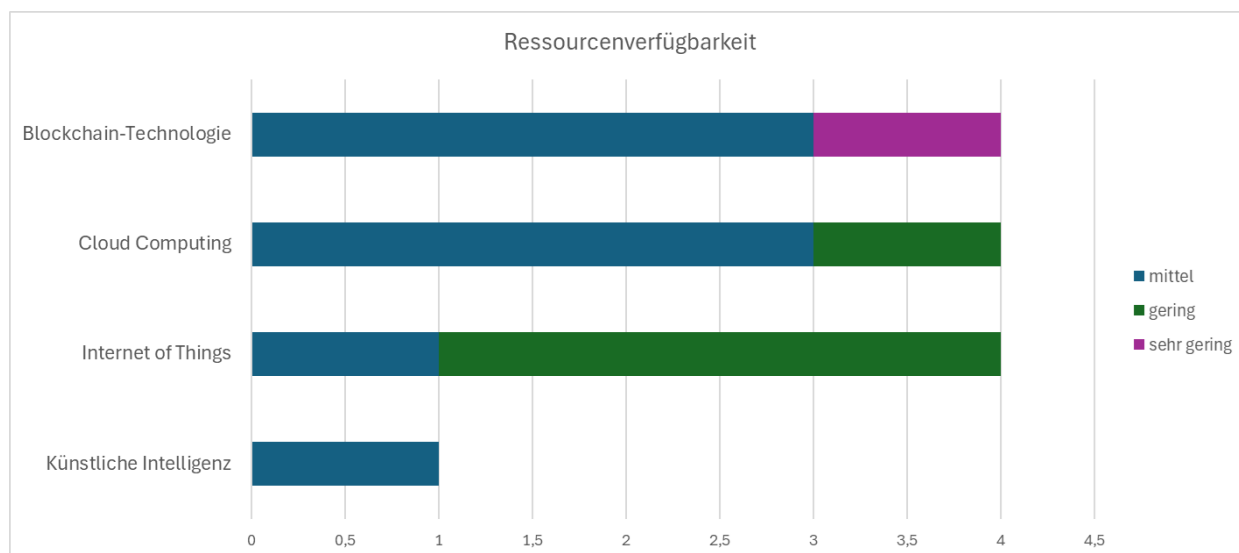


Abbildung 12: Bewertung hinsichtlich der Ressourcenverfügbarkeit der Hilfsmittel (Eigene Darstellung)

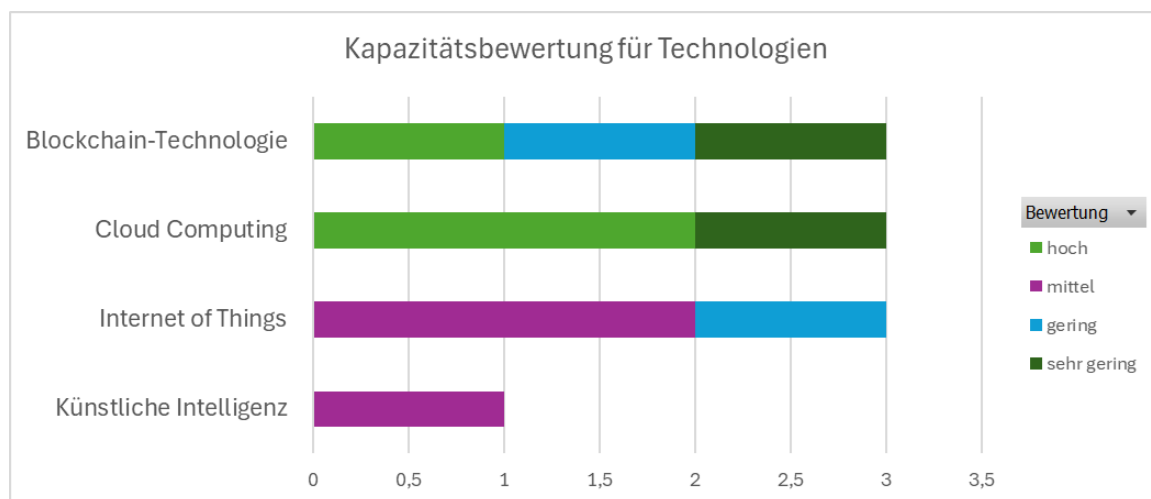
Um bspw. an der **Datenaustausch-Lösung** teilnehmen zu können, ist eine Voraussetzung, dass KMU **ihren CO₂-Fußabdruck erfasst** haben (Interview 1, KMU; Interview 18, GU). Entsprechend müssen sich auch KMU vorbereiten, was oftmals noch aussteht (vgl. Arbeitspaket 1). Entsprechend schwierig wird es für Datenaustausch-Lösungen, wenn solche Daten nicht vorhanden sind. Es wird darauf hingewiesen, dass es zunächst erforderlich ist, eine beträchtliche Anzahl von Product Carbon Footprints zu berechnen, damit relevante Informationen geteilt werden können (Interview 18, GU). Auch wird vorausgesetzt, dass eine gewisse **Basis an Digitalisierung der Kernprozesse** vorhanden ist und Informationen digital im Unternehmen erfasst werden (Interview 3, KMU).

Kapazitäten

Wie auch in Abschnitt 2.2 führen vorhandene Kapazitäten von Unternehmen zur Umsetzungsfähigkeit von Scope 3 Carbon Accounting. Dabei spielt auch das Geschäftsmodell eine Rolle, wie stark Unternehmen technische Hilfsmittel einsetzen.

Entsprechend fehlt in Unternehmen oftmals die **Kapazität** für solch ein Thema. Es wird darauf hingewiesen, dass obwohl viele große Betriebe über umfangreiches technisches Know-how und Expertise in ihrem Bereich verfügen, das Thema Carbon Accounting dort bisher nicht als Priorität angesehen wird und es keine spezifischen Kapazitäten gibt, die sich explizit darum kümmern. (Interview 19, GU).

Weshalb Unternehmen die Möglichkeit externe Unterstützung zu nutzen, in Betracht ziehen. Wie bei der Befragung der drei Unternehmen mit Erfahrung im Validierungs-Workshop zeigt sich, dass damit auch digitale Technologien, wo Ressourcen fehlen (siehe Abschnitt Ressourcen), bei Unternehmen möglich werden und die Umsetzung vorantreiben können.



*1 von 3 Unternehmen hat Künstliche Intelligenz nur bewertet

Abbildung 13: Kapazitäts-Bewertung der Hilfsmittel (Eigene Darstellung)

Strategie

Aufgrund der **Fluktuation** von Arbeitnehmer*innen nehmen Unternehmen an Early Adopter Lösungen zum Datenaustausch teil. Besonders in den jüngeren Generationen ist eine Identifikation mit dem Unternehmen sehr wichtig (Interview 5, Sonstige).

Datenaustausch-Lösungen werden ebenfalls von **innovationsfähigen KMU** angenommen (Interview 3, KMU). Es wurde festgestellt, dass im Mittelstand Unternehmen zu finden sind, die aus einer tiefen Überzeugung heraus proaktiv und zukunftsgerichtet handeln und dadurch einen hohen Innovationsgeist aufweisen. Darüber hinaus wurde betont, dass viele KMU im Vergleich zu großen Unternehmen Vorreiter sind, insbesondere wenn sich diese in Familienhand befinden, da in solchen Fällen die nächste, junge Generation neue Ideen und Werte ins Unternehmen bringt, dies kann unter anderem zu einer höheren Priorisierung von Umweltauforderungen führen (Interview 18, GU). Schließlich wurde die Motivation hervorgehoben, dass die Wettbewerbsfähigkeit am Ende des Tages ausschlaggebend sein wird, sei es durch Preisgestaltung oder Effizienz, wobei die Motivation aus der Effektivität und Effizienz der Prozesse resultiert (Interview 15, KMU)

Zahlungsbereitschaft

Für KMU sind neuartige Lösungen (**Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen**) nicht relevant, da sie aktuell noch zu viel **Aufwand** bedeuten (Interview 6, KMU; Interview 9, Sonstige; Interview 16, KMU). Etwaige Ressourcen stehen den KMU nicht zur Verfügung und Unternehmen sind auch nicht bereit, diese zu zahlen.

Zurzeit bieten mehrere Online-Anbieter umfassendes Carbon Accounting an, sogar automatisiert. Allerdings ist dies mit Kosten verbunden, und je präziser die Daten sein sollen, desto mehr Aufwand erfordert deren Pflege und die Anpassung des Systems, was für viele Unternehmen bisher keine praktikable Option war. Beispielsweise wäre der Kauf eines teuren Tools für 20.000€ nicht wirtschaftlich, wenn der Erwerb eines Zertifikats kostengünstiger ist. Daher ist es entscheidend, dass der Aufwand für die Implementierung und Nutzung solcher Tools ökonomisch vertretbar ist. Im Sinne der Dreiteiligkeit der Nachhaltigkeit ist neben den ökologischen und ökonomischen ebenfalls der soziale Aspekt zu beachten (Elkington 1999). Als soziales Unternehmen ist es wichtig, die Ausgaben im Blick zu behalten, während verschiedene Methoden zur Wertermittlung

untersucht werden, weshalb die Entscheidung für das Input-Output-Modell bewusst getroffen wurde (Interview 9). Einige Tools sind vergleichsweise teuer und bieten möglicherweise wenig zusätzlichen Nutzen im Vergleich zu aufgerüsteten Excel-Lösungen, da sie oft isolierte Lösungen ohne Integrationsmöglichkeiten darstellen. Bisher waren die verfügbaren Lösungen größtenteils individuelle Angebote (Interview 16).

Die Implementierung von Blockchain-basierten Datenaustausch-Lösungen ist schwierig und für Unternehmen mit hohem **Aufwand** verbunden, wodurch sich eine Teilnahme bislang nicht lohnt. Die aktuelle Situation ist von vielen Einzelfällen geprägt, bei denen Nutzer sich separat anmelden müssen, was die Nutzung ineffizient und umständlich macht. Dies führt dazu, dass viele Blockchain-Lösungen nicht funktionieren, da die Nutzer nur das Dringendste erledigen (Interview 12, KMU).

Anwendungskompetenz

Für KMU ist insbesondere die **Anwendungskompetenz** eine Herausforderung bei neuartigen Blockchain-Technologien. Die fehlende Kompetenz hindert das Unternehmen daran diese effizient zu nutzen. Es wird als schwieriger und teurerer Teil als die eigentliche Anschaffung der Technologie bezeichnet (Interview 5 & Interview 3, KMU).

Entsprechend herausfordernd ist es, entlang der Lieferkette, das **Know-how** zur Anwendung zu finden. Dabei setzt sich das Know-how aus den technischen Möglichkeiten des IT-Supports und dem Wissen damit umzugehen zusammen (Interview 19, GU). Denn die **Unternehmen** müssten **erst in die Lage versetzt werden**, Daten erheben und teilen zu können. Im Anschluss daran müssen dann ebenfalls alle Lieferanten befähigt werden die Daten in entsprechender Qualität zur Verfügung zu stellen (Interview 19, GU).

Haben Unternehmen die Daten, dann können sie diese in dem technischen Hilfsmittel **teilen**. Dazu arbeiten sie eng mit den Lieferanten zusammen, wodurch eine Kette von Lieferanten entsteht, die die Daten bereitstellen müssen (Interview 15, KMU).

Charakteristika des Unternehmens

Auch sind **KMU zu klein für komplexe Carbon Management Lösungen**, sodass sie bei ihren einfachen Lösungen bleiben. Es werden Abwandlungen geschaffen, welche ein Mix aus automatisierter Datenerfassung und händischen Ergänzungen. Dies wird ebenfalls aus Kostenperspektive positiv betrachtet (Interview 6, KMU).

Ebenfalls sehen KMU bei **Datenaustausch-Lösungen** aufgrund der **Größe und Branche** bspw. Blockchain-Lösungen nicht als relevant an. Es wird erwähnt, dass Unternehmen keine ausgefallenen Blockchain-Anwendungen haben, da sie vermutlich kein Mining betreiben und keine Standorte an anderen Orten haben, und es daher nicht wirklich relevant sei. Weiterhin wurde betont, dass Unternehmen sehr dezentral aufgestellt seien und es bei ihrer jährlichen Emission von 2000 Tonnen Treibhausgas fraglich sei, ob sich der Einsatz lohne, besonders wenn dies mit anderen Unternehmen, welche deutlich mehr Emissionen verursachen in Vergleich gesetzt wird. (Interview 9, Sonstige).

3.4.4 Bewertungsergebnis

Nachdem die digitalen Technologien bewertet wurden, werden im Folgenden Handlungsempfehlungen an KMU abgeleitet.

Diffusion der digitalen Technologien in Unternehmen

Datenaustausch-Lösungen werden aktuell noch als Zukunftsideen gesehen, welche die Sekundärdaten in den nächsten zehn Jahren nicht ablösen werden (Interview 7, KMU). Denn die Lösungen befinden sich größtenteils noch in der Pilotphase, sodass nur **innovative Vorreiter**, das heißt internationale Konzerne, die neuartige Technologielösung entwickeln und nutzen (Interview 1, KMU; Interview 18, GU). Es wurde angegeben, dass sie sich noch in der Implementierungsphase befinden und Ansätze über Cloud- oder Blockchain-Technologien untersuchen, jedoch bislang nur in Forschungsprojekten, insbesondere in Konsortien zusammen mit internationalen Konzernen als Vorreitern. Dabei wurde ein Proof of Concept mit verschiedenen Partnern durchgeführt, aber es wurde darauf hingewiesen, dass sie erst nach dem Interview mit ihrem ersten richtigen Produkt auf den Markt kommen werden.

Hierbei werden die Datenaustausch-Lösungen zumeist getestet, jedoch noch nicht selbst eingesetzt (Interview 2, GU). Es wurde erklärt, dass der Markt für ihre Lösung erst etabliert werden muss, da das Teilen von Product Carbon Footprints in großem Umfang bisher nicht existiert und keine passende Infrastruktur vorhanden ist (Interview 18). Daher ist es notwendig, Konsens zu erzeugen. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass Blockchain derzeit nur relevant wäre, wenn die gesamte Lieferkette abgebildet wäre, was für sie jedoch nicht zutrifft, da sie noch keine direkte Beziehung zu ihren Lieferanten oder Kunden haben. Daher sind solche Systeme für sie noch nicht relevant, obwohl sie sich an Pilotprojekten beteiligt haben (Interview 2, GU). Schließlich wurde erwähnt, dass das betreffende Unternehmen sich noch im Early Adopter Programm befindet (Interview 15, KMU).

Auch KMU werden als Lieferanten eingeladen, um Blockchain-basierte Lösungen gemeinsam zu testen. Dafür müssen auch die KMU wiederum ihre Lieferanten zur Mitwirkung einladen, was in Einzelfällen passiert (Interview 15, KMU). Das interviewte Unternehmen befindet sich derzeit in einem Programm für Lieferketten-Monitoring, das mittels Blockchain realisiert wird. Ziel ist es, die Lieferkette zu verfolgen und dazu Lieferanten sowie deren Lieferanten einzubinden, um eine Weltkarte zu erstellen und das Risiko in Bezug auf Arbeits- und Umweltfragen nachzuvollziehen. Aus Sicht des Unternehmens ist es in diesem fokussierten Bereich technologisch sehr weit fortgeschritten (Interview 15, KMU).

Für eine stärkere Ausbreitung der Lösungen, müssen die Daten allerdings auch von Unternehmen **angefragt** werden. Dazu muss erst ein Druck von außen vorherrschen und dann muss gemeinsam gehandelt werden (Interview 19, GU).

Möglichkeiten für KMU

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die Technologieattraktivität von **Cloud Computing** und **Blockchain-Technologie** grundsätzlich hoch ist, jedoch noch einige Jahre zur Eignung für KMU benötigt werden. Bei entsprechender Unternehmensstärke sollten diese jedoch nicht außer Acht gelassen werden.

Primär ist wichtig, dass KMU erst einmal ein **Carbon Management System** im Unternehmen integrieren und dann die Datenqualität mit Teilnahme an der **Datenaustausch-Lösung** verbessern.

Erreichbar sind die Lösungen für KMU – nach Aussage eines Unternehmens im Validierungs-Workshop – insbesondere mit **externer Unterstützung (z.B. Berater) sowie bei Zusammenarbeit im Verbund** oder bei **Teilnahme an einer Lösung eines anderen Unternehmens**.

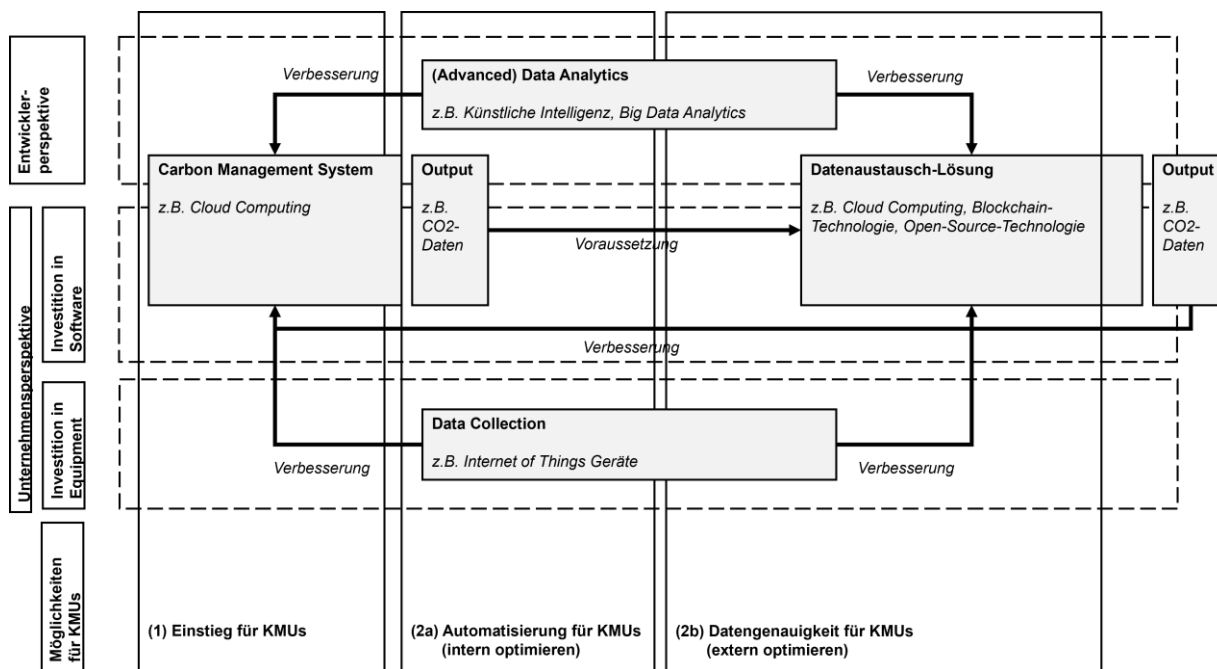


Abbildung 14: Vernetzung der Hilfsmittel (Eigene Darstellung)

Künstliche Intelligenz als Teilkomponente der Lösungen wurde nicht explizit hervorgehoben, bietet aber wie in Abschnitt 2.3 darstellt, durchaus zukünftig weitreichendes Potenzial in den technischen Hilfsmitteln. Gleiches gilt für **Big Data Analytics**. Beide Technologien dienen jedoch primär als integrierte Hilfstechnologie der technischen Hilfsmittel und werden demnach nicht explizit von den KMU ausgewählt.

Internet of Things steht zumindest nicht vorrangig im Fokus der Unternehmen für das Scope 3 Carbon Accounting. Laut Aussage der teilnehmenden Unternehmen im Validierungs-Workshop bietet sich Internet of Things aufgrund ressourcenintensiver Vorbereitung (d.h. Infrastruktur, Geräte) auch nicht für jede Branche und/oder Lieferkette an. Sind allerdings Ressourcen, Kompetenzen und/oder Kapazitäten in diesem Feld vorhanden, können Unternehmen diese Technologie durchaus in Betracht ziehen.

Tabelle 31: Möglichkeiten für KMU durch die technologischen Hilfsmittel:

Möglichkeiten für KMU	Cloud Computing	Blockchain Technologie	Big Data Analytics	Künstliche Intelligenz	Internet of Things (Geräte)
Carbon Management Systeme für 1 Unternehmen	x		(x)	(x)	
Datenaustausch-Lösung für n Unternehmen	x	x	(x)	(x)	

x= geeignet für Anwender; (x)= indirekt geeignet (durch Einsatz in Software)

Es ist essenziell zu prüfen, ob die Digitalisierung bestimmter Unternehmensprozesse einen signifikanten Mehrwert bietet, insbesondere wenn Fortschritte im Scope 3 Carbon Accounting auch ohne digitale Unterstützung möglich sind. Der Nutzen der Digitalisierung und die Nutzung von Softwarelösungen hängen oft von der Menge der zu verarbeitenden Daten ab. Bei geringem Datenaufkommen können diese manuell erfasst und beispielsweise mithilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen verarbeitet werden. Es ist jedoch wichtig zu überprüfen, ob bereits alle potenziell relevanten Daten erfasst werden können (Pagano & Krause 2019).

4 Entwicklung eines Umsetzungskonzeptes für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting in KMU (AP 4)

4.1 Ziel und Kernergebnisse

Ziel und Forschungsfrage

Das Ziel von Arbeitspaket 4 bestand darin, ein Umsetzungskonzept zu entwickeln, um Unternehmen beim Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting zu unterstützen. Hierfür werden die Ergebnisse aus den vorherigen Arbeitspaketen in ein ganzheitliches Konzept überführt, damit Unternehmen einerseits selbstständig Einsatzpotenziale identifizieren und bewerten können andererseits Handlungsempfehlungen für die Implementierung von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting erhalten. Dabei wird auch der individuelle Umsetzungsstand berücksichtigt. Die folgenden Inhalte dienen als Basis für den Demonstrator in AP 5 und 6 und werden in diesen integriert. Zur Wegweisung dienten folgende Forschungsfragen:

Wie können KMU mit digitalen Technologien das Scope 3 Carbon Accounting in Unternehmen integrieren?

Welche Aspekte sind bei der Einführung zu berücksichtigen?

Welchen (branchenspezifischen) Mehrwert bietet ein digitalisiertes Scope 3 Carbon Accounting?

Methodik

Entwicklung eines Umsetzungskonzeptes auf Basis der Ergebnisse der vorherigen Arbeitspakete

Das Umsetzungskonzept wurde konzipiert, um Unternehmen zu unterstützen, Scope 3 Carbon Accounting mithilfe von digitalen Technologien in die Unternehmensprozesse zu integrieren. Das Umsetzungskonzept baut dabei auf den Ergebnissen der vorangegangenen Arbeitspakete auf. Dafür wurden die in Arbeitspaket 1 identifizierten Treiber und Umsetzungshilfen genutzt. Auch wurden Barrieren sowie Handlungsfelder im Scope 3 Carbon Accounting seitens der Unternehmen deutlich gemacht. In Arbeitspaket 2 wurden konkrete Schwachstellen im Scope 3 Carbon Accounting Prozess entdeckt und Anforderungen an ein optimiertes Scope 3 Carbon Accounting formuliert. Darauf aufbauend wurden Einsatzmöglichkeiten von digitalen Technologien untersucht und bewertet.

Kernergebnisse

Das Umsetzungskonzept wird durch die Ergebnisse aus den vorherigen Arbeitspaketen fundiert und auf KMU zugeschnitten dargestellt. Dabei werden besonders die Aspekte der Technologiesuche und -auswahl, sowie die Restriktionen, die KMU häufig im technischen, sozialen oder wirtschaftlichen Bereich aufweisen, untersucht. So entstand ein Bewertungsmodell, an dem sich Unternehmen für ihre Technologie-Analyse orientieren können. Entsprechend konnten durch das Vorgehen wichtige Inhalte für das Umsetzungskonzept von Initialisierung bis Entscheidung in das Konzept eingearbeitet werden. Nachfolgende Umsetzungsschritte wurden mittels einer

Literaturanalyse und mit Inhalten aus den Interviews erweitert. Hierfür wurden Handlungsempfehlungen zu den einzelnen technischen Hilfsmitteln formuliert.

In einem Workshop (24.05.2023) wurden mithilfe von drei Unternehmen die Inhalte des Umsetzungskonzepts validiert.

4.2 Umsetzungskonzept

Das Umsetzungskonzept besteht aus vier Phasen. Hierbei handelt es sich wie in Abbildung 15 dargestellt um die (1) Initialisierung, die (2) Konzeptentwicklung, die (3) Technologiesuche und -auswahl und die (4) Umsetzung. Diese werden in den nachfolgenden Abschnitten genauer erläutert.

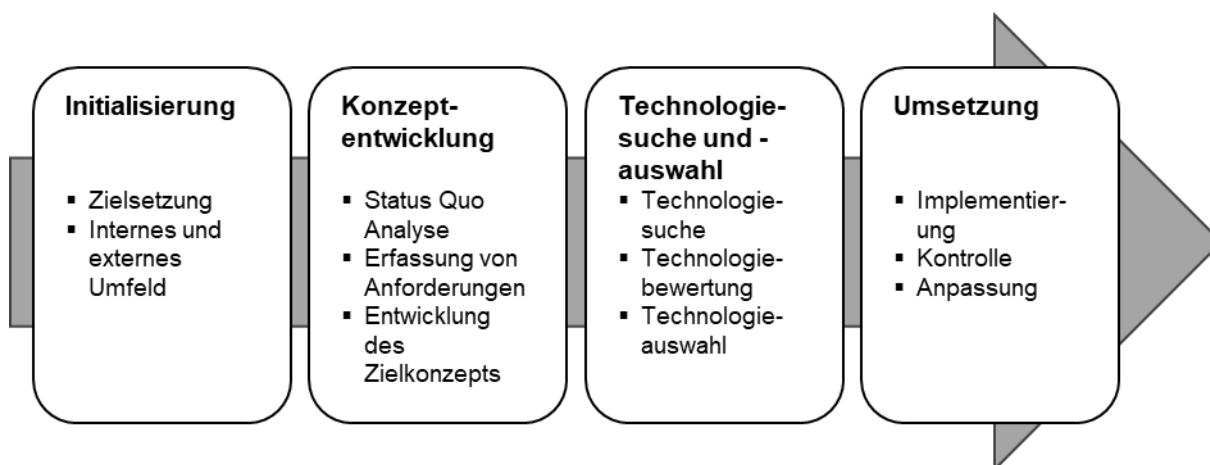


Abbildung 15: Umsetzungskonzept für den Einsatz digitaler Technologien im Scope 3 Carbon Accounting

4.2.1 Initialisierung

Im ersten Schritt der Initialisierung werden Zielvorgaben formuliert sowie die Rahmenbedingungen festgelegt. Für Unternehmen bestehen verschiedene Motivationen sich mit dem Thema auseinanderzusetzen. Einerseits benötigen wie in Abbildung 16 dargestellt die Unternehmen selbst Daten, um ihre Emissionen ausweisen zu können, andererseits ist es für Unternehmen erforderlich selbst ihre Emissionen an andere Unternehmen weiterzugeben. Hinzukommen Unternehmen, wie IT-Dienstleister, die als Mittler zwischen Datenbereitsteller und Datennutzer fungieren.

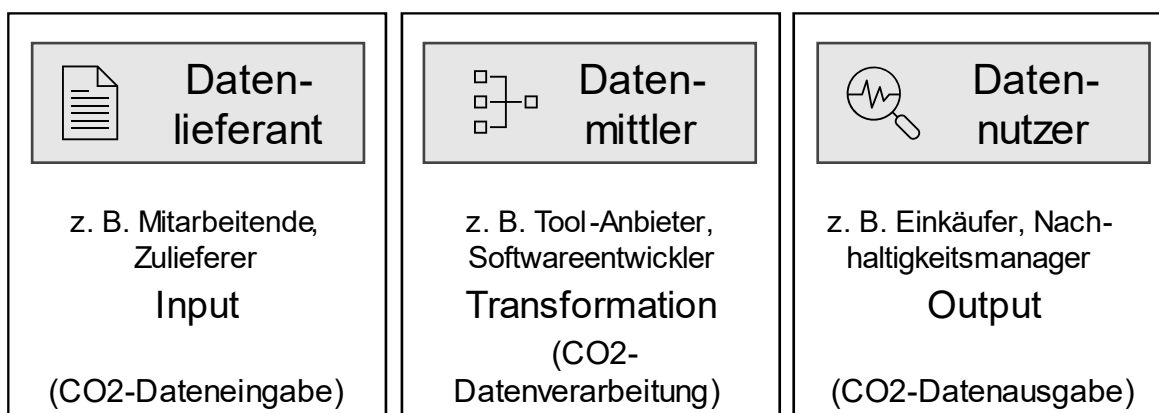


Abbildung 16: Rollen in der Ermittlung von Emissionen in der Lieferkette

Formulierung der Zielvorgaben

Die Zielvorgaben beschreiben den erwünschten zukünftigen Zustand, der durch den Einsatz des Scope 3 Carbon Accounting im Unternehmen erreicht werden soll. Die Zielvorgaben richten sich dabei insbesondere an der Motivation des Unternehmens bei der Einführung des Carbon Accountings aus (vgl. Abbildung 17). Die Zielvorgaben sind so formuliert, dass sie klar, messbar und überprüfbar sind. Beispielhafte Ziele von Unternehmen bei der Anwendung des Scope 3 Carbon Accounting sind (siehe Abschnitt 1):

- Überblick schaffen
- Emissionsreduktion vorantreiben
- Lieferkette unterstützen
- Klimaneutral werden

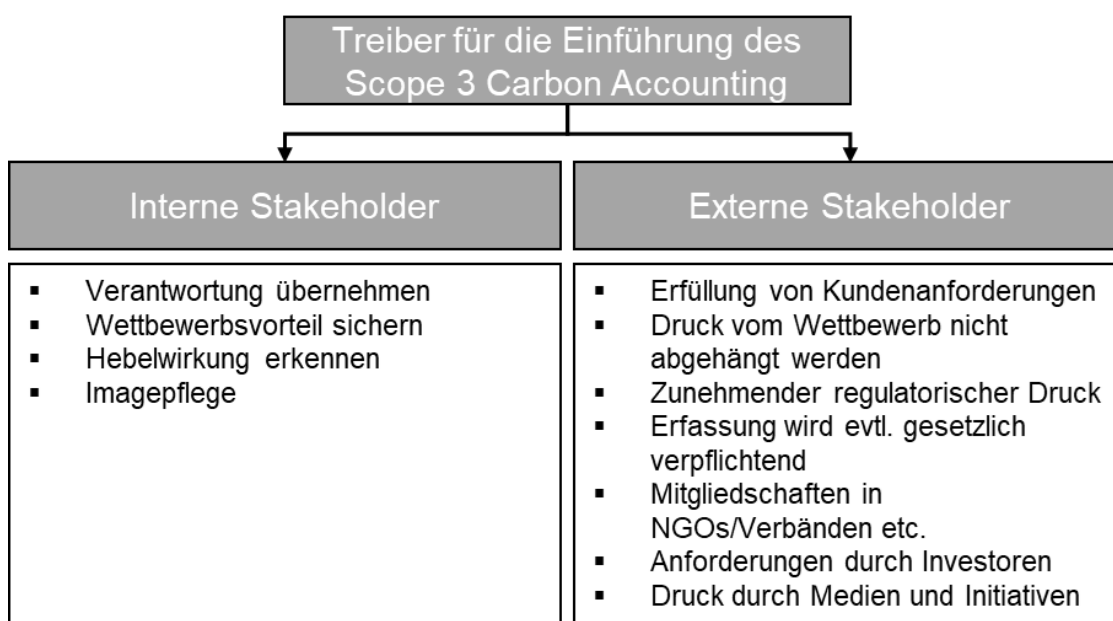


Abbildung 17: Treiber für die Einführung des Scope 3 Carbon Accountings (Eigene Darstellung)

Rahmenbedingungen

Bevor die Suche nach technischen Lösungen begonnen wird, sollte das Unternehmen eine Bestandsaufnahme durchführen und so die internen und externen Rahmenbedingungen klären, die die Identifikation und den Einsatz geeigneter technischer Lösungen beeinflussen. Diese Rahmenbedingungen bzw. Barrieren lassen sich wie in Abbildung 18 (vgl. Arbeitspaket 1) dargestellt in verschiedenen Bereichen des internen, externen und technischen Umfelds des Unternehmens finden.

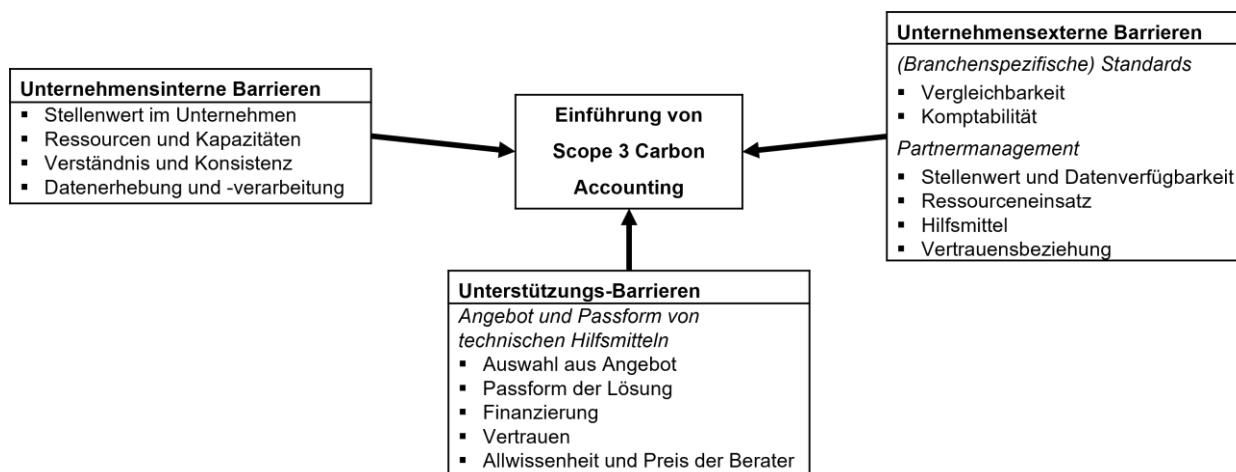


Abbildung 18: Barrieren bei der Einführung des Scope 3 Carbon Accountings (Eigene Darstellung)

4.2.2 Konzeptentwicklung

Im nächsten Schritt wird entlang der Wertschöpfungskette eine **Ist-Analyse** durchgeführt, um relevante Technologien, Prozesse und Daten für das Scope 3 Carbon Accounting zu identifizieren. Mithilfe der Erfassung und Bewertung des Ist-Zustands können Probleme identifiziert und Handlungsfelder bestimmt werden.

Ist-Analyse

Das Ziel dieses Schritts besteht darin zu analysieren, wie der aktuelle Stand im Unternehmen zur Erfassung, Berechnung und Bewertung der Emissionen ist. Es lassen sich wie in Tabelle 32 dargestellt verschiedene Reifegrade bei der Umsetzung des Carbon-Accountings bei Unternehmen identifizieren.

- (1) Interessierte Unternehmen:** Diese Unternehmen haben eventuell bereits Erfahrungen damit, Scope 1 und Scope 2-Emissionen zu erfassen und zu bilanzieren, beginnen jedoch erst gerade damit sich mit der Erfassung der Scope 3-Emissionen zu beschäftigen. Hier besteht vielfach erst einmal die Notwendigkeit das Wissen und das Bewusstsein zur Erfassung der Scope 3-Emissionen aufzubauen.
- (2) Einsteiger:** Diese Unternehmen verfügen ebenfalls i. d. R. bereits über Erfahrungen, um die eigenen Emissionen zu erfassen, verfügen jedoch nicht über ausreichende Informationen zur Ermittlung von Scope 3-Emissionen. In diesen Unternehmen besteht insbesondere die Notwendigkeit die Wertschöpfungsketten zu analysieren und Lieferanten und Kunden in die Datenerfassung einzubeziehen.
- (3) Fortgeschrittene Unternehmen:** Diese Unternehmen erfassen neben Scope 1 und 2 bereits Emissionen in der Wertschöpfungskette und sind so in der Lage Hotspots zu identifizieren. Ziel dieser Unternehmen ist es häufig, die Qualität ihrer Daten zu erhöhen und die Emissionen in weiteren Bereichen zu erfassen.
- (4) Vorreiter:** Diese Unternehmen verfügen bereits über innovative Ansätze und Technologien zur Erfassung und Bewertung von Emissionen. Diese Unternehmen teilen auch bereits ihre Erfahrungen und Best Practices mit anderen Unternehmen und helfen so die Nachhaltigkeit voranzutreiben.

Tabelle 32: Zielsetzungen der verschiedenen Reifegrade bei der Identifikation neuer Technologien

Reifegrad	Zielsetzung
<i>Interessierte</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verständnis für den Nutzen des Carbon Accountings entwickeln ▪ Überblick über die Potenziale von Digitalen Technologien im Carbon Accounting verschaffen
<i>Einsteiger</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifizierung der grundlegenden Anforderungen für das Scope 3 Carbon Accounting. ▪ Bewertung der vorhandenen internen Ressourcen (z. B. Mitarbeiter, Budget, Technologieinfrastruktur). ▪ Identifizierung der potenziellen digitalen Technologien, die einfach zu implementieren und bedienen sind.
<i>Fortgeschrittene</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ermittlung zusätzlicher Anforderungen und Erweiterungen des Scope 3 Carbon Accounting. ▪ Bewertung der aktuellen digitalen Technologien auf ihre Leistungsfähigkeit und ihre Fähigkeit, zusätzliche Anforderungen zu erfüllen. ▪ Suche nach skalierbaren Lösungen, die eine höhere Datenerfassung und -analyse ermöglichen
<i>Vorreiter</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bewertung der aktuellen Technologien im Hinblick auf Innovation und Markttrends ▪ Analyse der Zusammenarbeit mit externen Partnern oder Plattformen für datenbasierte Analysen und Austausch von Best Practices. ▪ Betrachtung von Technologien, die helfen, die Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu erfassen und zu verfolgen

Aus dieser Einteilung wird klar, dass - neben einem nachhaltigen Bewusstsein - auch die Verfügbarkeit von Informationen und entsprechend der Digitalisierungsgrad eine wichtige Rolle bei der Bewertung des Status Quos spielen. Unternehmen sollten daher bei der Bewertung ihrer Fähigkeiten zur Durchführung des Carbon Accountings auch weitere Ressourcen bei der Status Quo-Analyse berücksichtigen.

Neben der Analyse des eigenen Unternehmens, ist es für die Ist-Analyse der Wertschöpfungskette wichtig zu erfassen, in welchem Land, Region und Branche die Datenlieferanten tätig sind, um Emissionen abschätzen zu können (BMUB 2017). Auch gilt es zu erfassen, wie die Struktur der Lieferkette ist, da bspw. Produkt-Emissionen in einer komplexen und mehrstufigen Lieferkette schwer nachzuvollziehen sind. Darüber hinaus sind auch die Beziehungen zu den Lieferanten und Möglichkeiten der Beeinflussung seitens des Unternehmens zu erfassen. Wie bereits in Arbeitspaket 1 verdeutlicht, haben KMU aufgrund von fehlender Marktmacht oftmals Schwierigkeiten Einfluss auf die Datenlieferanten auszuüben. Außerdem ist es relevant auch das **Nachhaltigkeitsniveau der Datenlieferanten** zu erfassen, um Möglichkeiten für das eigene Unternehmen einschätzen zu können (BMUB 2017).

Darüber hinaus sollten die Zielvorgaben auch mit der Ausrichtung des Unternehmens übereinstimmen, um die Kernkompetenzen des Unternehmens bestmöglich nutzen zu können (BMUB

2017). Hierbei müssen die Auswirkungen auf die eigenen Geschäftstätigkeiten erfasst werden. Die Informationen zum Ist-Zustand lassen sich mithilfe von Workshops mit allen Stakeholdern erfassen und bewerten (Seidenschwarz et al. 2021).

Auf Basis der Ist-Analyse liegen Herausforderungen vor, die bei der Umsetzung bzw. Optimierung des Carbon Accounting Prozesses berücksichtigt werden müssen. Abbildung 19 stellt exemplarische Herausforderungen dar, die bei der Umsetzung des Carbon Accountings auftreten könnten.

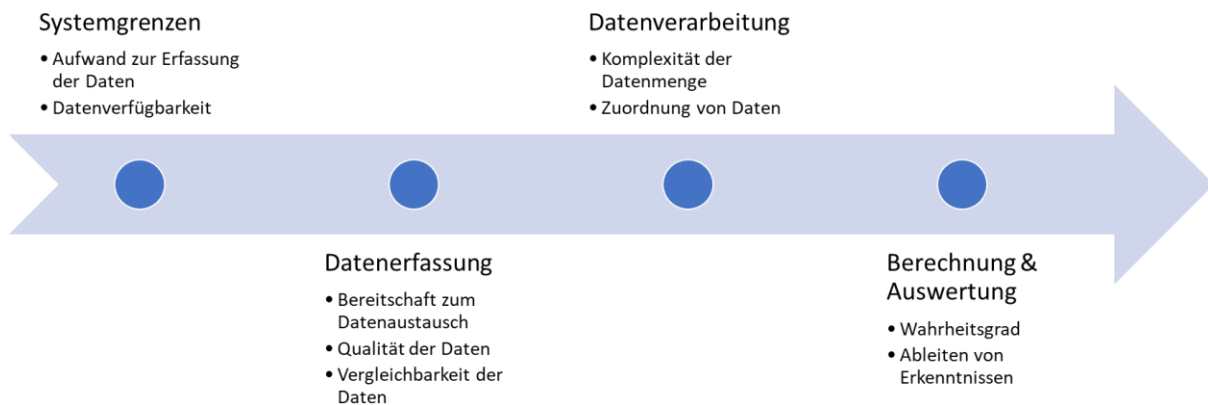


Abbildung 19: Exemplarische Herausforderungen bei der Durchführung des Scope 3 Carbon Accountings (vgl. Arbeitspaket 2)

Soll-Analyse

Um die identifizierten Probleme zu bewältigen, muss das Unternehmen zunächst einen Soll-Zustand definieren. Dazu wird im nächsten Schritt eine **Soll-Analyse** durchgeführt. Dadurch, dass das Greenhouse Gas Protokoll große Freiheiten bietet, kann zunächst mit der Nutzung von Sekundärdaten begonnen werden. Dann kann in den nächsten Schritten in besonders emissionsintensiven Prozessen damit begonnen werden Lieferanten einzubeziehen, um die Datenqualität zu verbessern (vgl. Experte #13).

In diesem Schritt bietet es sich an, zunächst eine Vorab-Analyse durchzuführen und die wesentlichen Emissions-Hotspots zu lokalisieren. Für produzierende Unternehmen liegen diese häufig z. B. in der Beschaffung von Gütern und Dienstleistungen oder im Produktlebenszyklus. Es erscheint daher sinnvoll, sich zunächst auf diese zu fokussieren, da diese Emissionsbereiche auch ein großes Reduktionspotenzial versprechen. Die weiteren Emissionsbereiche können dann anschließend schrittweise angegangen werden.

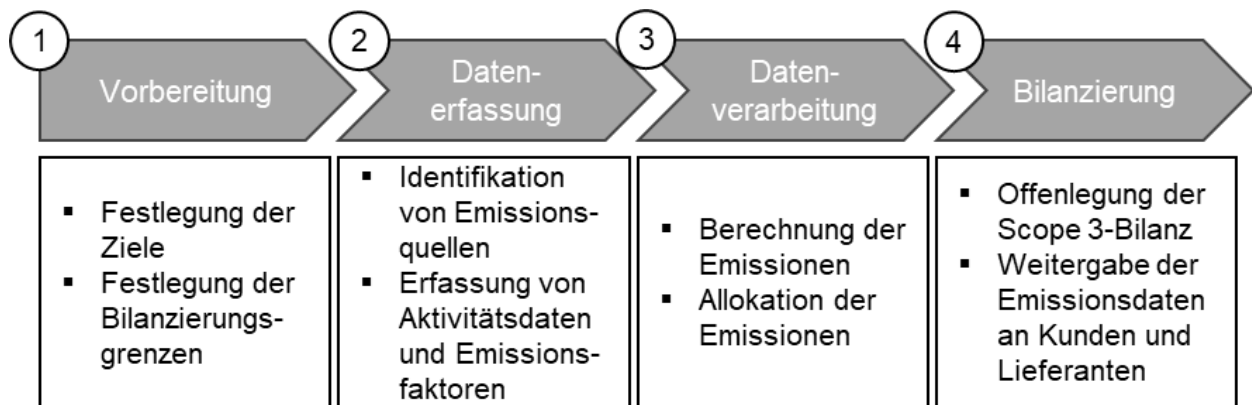


Abbildung 20: Schritte des Scope 3 Carbon Accountings (Harbich et al. (2023) in Anlehnung an World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development (2011), WBCSD (2021))

Neben der Erfassung der Emissionen selbst können hier noch weitere Maßnahmen definiert werden, die zu einer Verbesserung der Emissionserfassung und -bewertung führen. Bspw. ist es für Unternehmen mit einem geringen Erfahrungsstand in diesem Bereich häufig zunächst notwendig, die entsprechenden Kenntnisse (z. B. Schulung von Mitarbeitenden) aufzubauen. Externe Maßnahmen können Schulungsmaßnahmen für Lieferanten sein (BMUB 2017). Dabei können Zielkonflikte sichtbar werden, so dass die Ziele priorisiert werden sollten, um Zielkonflikte aufzulösen.

Anforderungsanalyse

Entsprechend der Problemidentifikation werden Anforderungen an die technische Lösung formuliert. Die Anforderungen leiten sich dabei aus funktionalen Anforderungen (Anforderungen an den Prozess) und aus nicht-funktionalen Anforderungen (technischen Anforderungen) ab. Diese lassen sich in verschiedenen Typen unterteilen (Seidenschwarz et al. 2021):

- **Branchenspezifische Anforderungen**, z. B. Gesetzliche Vorschriften, Standards
- **Kundenbezogene Anforderungen**, z. B. Vergleichbare CO2-Daten
- **Unternehmensspezifische Anforderungen**, z. B. Ressourceneinsatz, Finanzierung, Sensibilisierung, Vertrauen
- **Funktionale Anforderungen**, z. B. Systemgrenzen, Datenerfassung, Datenverarbeitung, Berechnung, Auswertung
- **Nicht-funktionale Anforderungen**, z. B. Systemerweiterbarkeit, Schnittstellenanbindungen, Zuverlässigkeit, Integrierbarkeit, Datenschutzregelungen

Sie können über Interviews, Beobachtungen, Fragebögen oder Dokumentenanalyse erhoben werden (Broy 2021). Dabei ist es wichtig mehrere Informationsquellen hinzuzuziehen (Herm & Janiesch 2019). Daraus entsteht ein Anforderungskatalog seitens des Unternehmens. Beispiele von Anforderungen im Scope 3 Carbon Accounting zeigt Tabelle 33.

Tabelle 33: Beispielhafte Anforderungen an S3CA-Lösungen (Eigene Darstellung)

Anforderungsbereich	Anforderungen
<i>Systemgrenzen</i>	Geringer Aufwand zur Erfassung der Daten
<i>Datenerfassung</i>	Hohe Verfügbarkeit von Daten Hohe Bereitschaft zum Datenaustausch Hohe Qualität der Daten Hohe Vergleichbarkeit der Daten
<i>Datenverarbeitung</i>	Geringe Komplexität der Datenmenge Einfache Zuordnung von Daten
<i>Berechnung</i>	Hoher Wahrheitsgrad
<i>Auswertung</i>	Einfaches Ableiten von Erkenntnissen

Auswahl des Berechnungsverfahrens

Basierend auf den Anforderungen an die Erfassung und Bewertung der Emissionen ist für die verschiedenen Emissionskategorien und Produkte ein Berechnungsverfahren auszuwählen. Abhängig von dem gewählten Berechnungsverfahren sind die Anforderungen an die technische Lösung zu definieren. Es lassen sich insgesamt vier übergeordnete Verfahren unterscheiden:

- **Ausgabenbasierte Methode:** Wenn die lieferantenspezifische Methode, die hybride Methode und die Durchschnittsdatenmethode nicht durchführbar sind, sollten Unternehmen die durchschnittliche ausgabenbasierte Methode anwenden, indem sie Daten über den wirtschaftlichen Wert der gekauften Waren und Dienstleistungen sammeln und sie mit den relevanten EEIO-Emissionsfaktoren multiplizieren.
- **Durchschnittsdaten Methode:** Bei dieser Methode sammelt das Unternehmen Daten zur Masse oder anderen relevanten Einheiten der gekauften Waren oder Dienstleistungen und multipliziert sie mit relevanten sekundären Cradle-to-Gate-Emissionsfaktoren. Unternehmen sollten sowohl das Alter der Datenbank als auch die geografische Relevanz für den Standort des Lieferanten sowie die technologische Repräsentativität, Vollständigkeit und Zuverlässigkeit der Daten bewerten.
- **Hybride Methode:** Um die primären Daten, die vom Lieferanten gesammelt wurden, mit Sekundärdaten zu kombinieren (um die Lücken zu füllen), müssen die sekundären Emissionsfaktoren disaggregiert werden, damit die notwendigen Elemente mit den lieferantenspezifischen Daten überschrieben werden können. Wenn beispielsweise ein Unternehmen nur Scope-1-, Scope-2- und Abfalldaten vom Lieferanten sammelt, müssen alle anderen aufwärts gerichteten Emissionen anhand von Sekundärdaten geschätzt werden.
- **Lieferantenspezifische Methode:** Die lieferantenspezifische Methode verwendet produktspezifische Daten, die am genauesten sind, da sie sich auf die konkret von dem berichtenden Unternehmen gekauften Waren oder Dienstleistungen beziehen und eine Zuweisung unnötig machen. Es ist zu beachten, dass die bereitgestellten Daten des Lieferanten, für den gleichen Zeitraum wie das Scope-3-Inventar des berichtenden Unternehmens vorliegen sollten sowie vorzugsweise verifizierte Daten verwendet werden sollten.

Der bedeutende Unterschied zwischen den Verfahren liegt in der Verfügbarkeit der Aktivitätsdaten und hängt in hohem Maße von der Bereitschaft der Partnerunternehmen ab, Daten zu teilen.

Tabelle 34: Notwendige Aktivitätsdaten und Quelle der Emissionsfaktoren in den jeweiligen Berechnungsverfahren

Berechnungsverfahren	Aktivitätsdaten	Emissionsfaktoren
<i>Ausgabenbasierte Methode</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betrag, der für gekaufte Waren oder Dienstleistungen ausgegeben wird, nach Produkttyp, unter Verwendung von Marktwerten (z. B. Dollar) ▪ Wenn zutreffend, Inflationsdaten zur Umrechnung der Marktwerte zwischen dem Jahr der EEIO-Emissionsfaktoren und dem Jahr der Aktivitätsdaten. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cradle-to-Gate-Emissionsfaktoren der gekauften Waren oder Dienstleistungen pro wirtschaftliche Einheit (z. B. kg CO₂e/\$).
<i>Durchschnittsdaten Methode</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Masse oder Anzahl der Einheiten der gekauften Waren oder Dienstleistungen für ein bestimmtes Jahr (z. B. kg, Stunden verbraucht). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cradle-to-Gate-Emissionsfaktoren der gekauften Waren oder Dienstleistungen pro Masseneinheit oder pro Produkteinheit (z. B. kg CO₂e/kg oder kg CO₂e/Stunde)
<i>Hybride Methode</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zugeteilte Scope-1- und Scope-2-Daten ▪ Masse oder Volumen der verwendeten Materialien (z. B. Stücklisten) ▪ Masse oder Volumen der verwendeten Brennstoffe und Entfernung von der Herkunft der Rohmaterialien bis zum Lieferanten ▪ Mengen von Abfallausstoß und anderen Emissionen. ▪ Falls es für das Unternehmen nicht möglich ist, Daten von allen Lieferanten für alle gekauften Waren zu sammeln, kann das Unternehmen Extrapolations- und Stichprobenverfahren verwenden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cradle-to-Gate-Emissionsfaktoren für die Materialien, die vom Tier-1-Lieferanten zur Herstellung der gekauften Waren verwendet werden. ▪ Lebenszyklus-Emissionsfaktoren für den Brennstoff, der beim Transport der Eingangsmaterialien zum Tier-1-Lieferanten verwendet wird. ▪ Emissionsfaktoren für die Abfallausstoß vom Tier-1-Lieferanten zur Herstellung der gekauften Waren. ▪ Andere anwendbare Emissionsfaktoren (z. B. Prozessemissionen).
<i>Lieferantenspezifische Methode</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mengen oder Einheiten der gekauften Waren oder Dienstleistungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lieferantenspezifische Emissionsfaktoren Cradle-to-Gate der gekauften Waren oder Dienstleistungen (z. B. falls der Lieferant eine zuverlässige Treibhausgasinventur Cradle-to-Gate durchgeführt hat, beispielsweise unter Verwendung des GHG Protocol Product Standard)

Durch die vorangegangene Darstellung wird deutlich, dass sich die Daten zur Ermittlung der Scope 3-Emissionen aus einer Vielzahl an Quellen speisen kann. Tabelle 35 gibt einen Überblick über Informationsquellen, die bei den jeweiligen Berechnungsverfahren eingebunden werden können.

Tabelle 35: Typische Informationsquellen der ausgewählten Methoden

Berechnungsverfahren	Datenquellen für Aktivitätsdaten	Datenquellen für Emissionsfaktoren
<i>Ausgabenbasierte Methode</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interne Datensysteme (z. B. ERP) ▪ Stücklisten ▪ Einkaufsunterlagen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umwelt-erweiterte Input-Output (EEIO) ▪ Datenbanken ▪ Branchenverbände
<i>Durchschnittsdaten Methode</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interne Datensysteme (z. B. Stücklisten) ▪ Einkaufsunterlagen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenbanken für den Lebenszyklusprozess ▪ Branchenverbände.
<i>Hybride Methode</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interne Datensysteme (z. B. Stücklisten, Transportentfernung von eingehenden Rohmaterialien) ▪ Öffentlich zugängliche Treibhausgas-Inventurberichte über GHG-Reporting-Programme. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vom Unternehmen oder Lieferanten entwickelte Emissionsfaktoren (sofern verifizierbar) ▪ Lebenszyklus-Datenbanken ▪ Branchenverbände ▪ Regierungsbehörden
<i>Lieferantenspezifische Methode</i>	<p>Unternehmen senden dazu Fragebögen an Partner in der Wertschöpfungskette, in denen sie folgende Informationen anfordern:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Treibhausgasemissionsdaten des Produktlebenszyklus gemäß dem GHG Protocol Product Standard ▪ Beschreibung der Methoden zur Quantifizierung der Emissionen und der verwendeten Datenquellen ▪ Verifizierungsstatus der Daten; falls zutreffend: Art von Prüfung ▪ Alle anderen relevanten Informationen (z. B. der Prozentsatz des Produktinventars, der mit Primärdaten berechnet wurde) 	

Aufgabe der Unternehmen ist es nun in einem Screening zu evaluieren, welches Verfahren am besten zu der Ermittlung ihrer Emissionen passt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für verschiedene Kategorien auch unterschiedliche Verfahren zum Einsatz kommen können. Sofern die Zielsetzung darin besteht ein möglichst hohes Genauigkeitsniveau zu erreichen, aber die entsprechenden Daten fehlen, ist zudem zu evaluieren, welche Maßnahmen notwendig sind, um diese Informationen zu beschaffen.

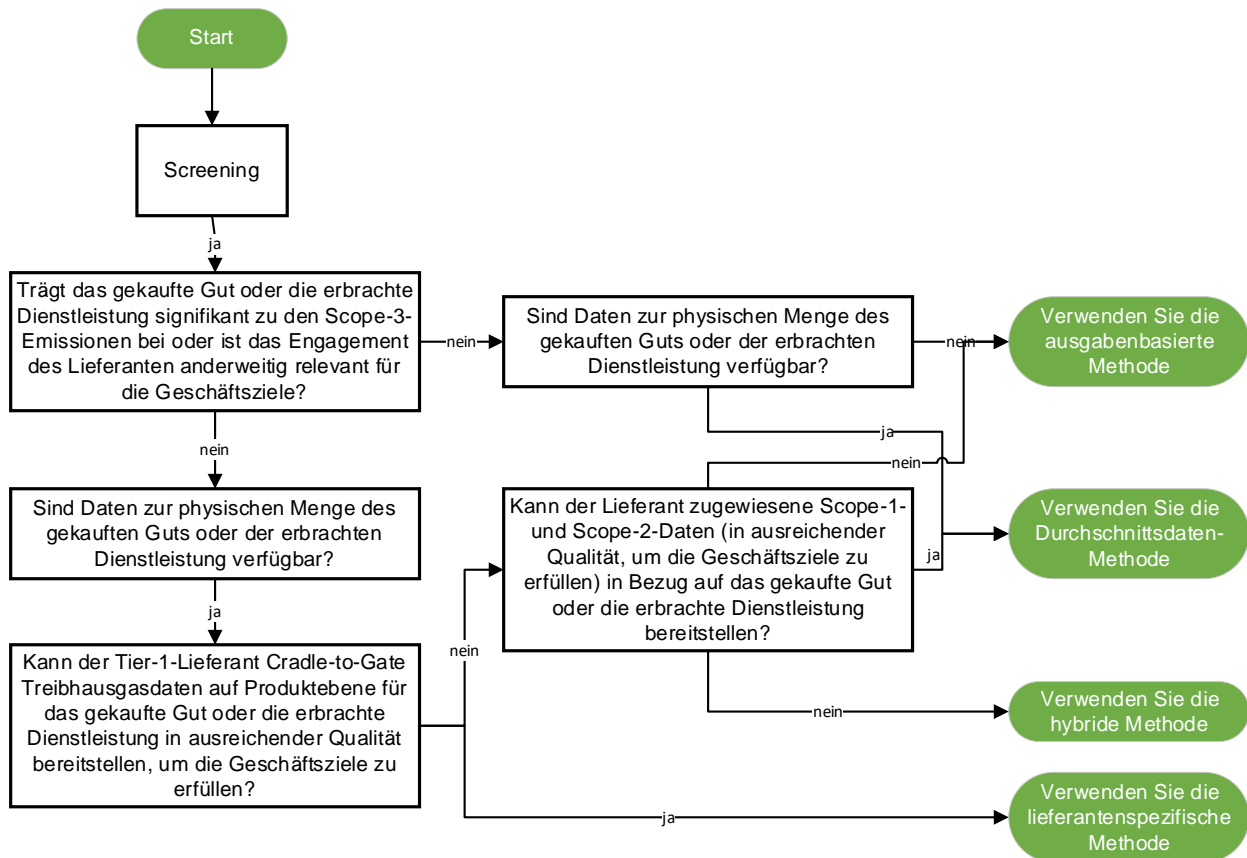


Abbildung 21: Entscheidungshilfe zur Auswahl der Berechnungsmethode (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2013)

4.2.3 Technologiesuche und -auswahl

Im nächsten Schritt werden Technologien am Markt gesichtet und analysiert, die den Anforderungen im Anforderungskatalog entsprechen (Greitemann et al. 2015). Hierfür wird zuerst eine Grobanalyse durchgeführt, um den Markt zu verstehen und durch die eigenen Restriktionen (siehe Initialisierung) infrage kommende Technologien in Form von technischen Hilfsmitteln und digitalen Technologien für den Anwendungsfall zu reduzieren. Hierzu sollten entscheidende Kriterien zur Beurteilung festgelegt werden.

Identifikation relevanter Technologien

Ziel ist es in diesem Schritt geeignete Lösungen zu identifizieren, die das Unternehmen bei der digitalen Erfassung, Berechnung und Bewertung der in der Wertschöpfungskette anfallenden CO2-Emissionen unterstützt.

Zu diesem Zweck sollte eine Marktanalyse über verschiedene Lösungen durchgeführt werden. Die Eignung der jeweiligen Lösungen orientiert sich dabei an dem bestehenden Umsetzungsstand des Unternehmens und den verfügbaren Ressourcen. In vielen Fällen sind die Unternehmen dabei auch von den Ressourcen ihrer Lieferanten abhängig.

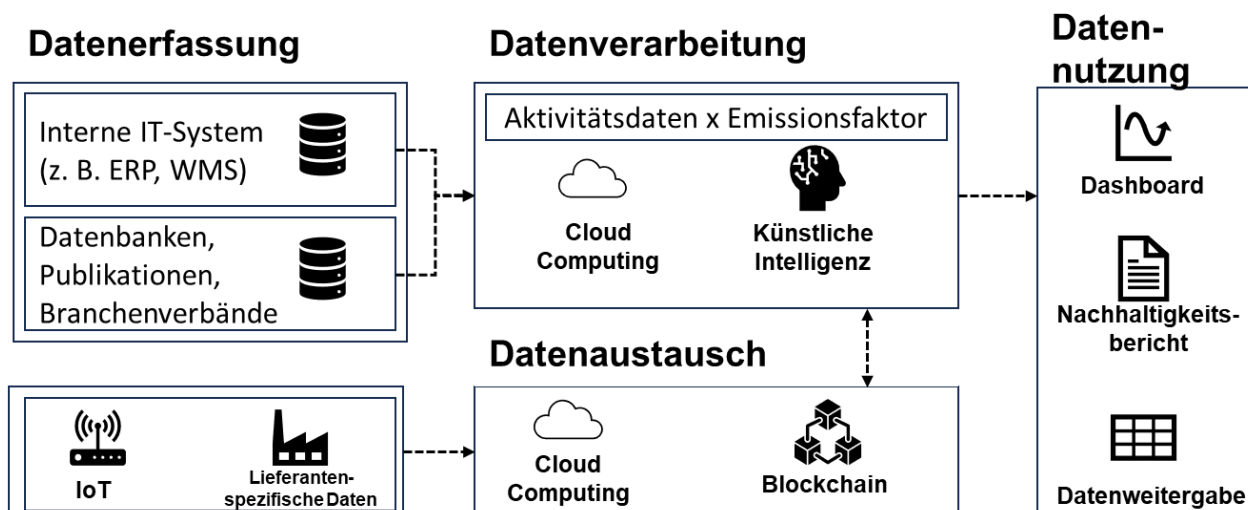


Abbildung 22: Technologien im Carbon Accounting (vgl. Harbich et al. 2023)

Datenerfassung

Zur Datenerfassung stehen Unternehmen insbesondere Informationen aus internen IT-Systemen wie dem ERP oder WMS-System zur Verfügung. Diese Informationen können durch Technologien des Internet-of-Things ergänzt werden, um die Genauigkeit bei der Datenerfassung zu erhöhen und die Datenerfassung zu automatisieren.

Datenaustausch

Im Datenaustausch kann der Prozess durch Technologien wie Cloud Computing und Blockchain verbessert werden. Die Nutzung von Cloud-Lösungen unterstützt dies durch die Bereitstellung von Informationen über Plattformlösungen, so dass der Informationsaustausch und die Zusammenarbeit zwischen Datenbereitsteller und Datenkonsument verbessert werden können. Zusätzlich ermöglicht die Nutzung der Blockchain-Technologie eine bessere Verifizierbarkeit über die Herkunft der Daten und eine Erhöhung der Manipulationssicherheit. Dadurch ist es z. B. möglich, Nachhaltigkeitszertifikate zu verifizieren und das Vertrauen in die Informationen zu erhöhen. Um diese Lösungen direkt mit den eigenen Systemen verbinden zu können ist die Nutzung einer (standardisierten) Schnittstelle (API) notwendig.

Der Datenaustausch kann in verschiedenen Formen stattfinden. Viele Unternehmen, insbesondere größere, bitten ihre Lieferanten Nachhaltigkeitsdaten über Webanwendungen einzugeben. Andere Initiativen (z. B. Catena-X, Estanium-Netzwerk) arbeiten daran ein dezentrales Netzwerk zu schaffen, so dass der Datenaustausch standardisiert werden kann und z. B. Verifizierungsmechanismen wie die Blockchain-Technologie zum Einsatz kommen. Diese Initiativen sind für KMU insoweit relevant, als sie entweder Daten für größere Unternehmen über diese Netzwerke bereitstellen müssen oder selbst basierend auf der Datenlage eigene Anwendungen als Dienstleister entwickeln können.

Datenverarbeitung

Es besteht mittlerweile eine Vielzahl an Lösungen, die Unternehmen bei der Berechnung und Bewertung ihrer CO₂-Emissionen unterstützen. Insbesondere über Cloud Lösungen können Anwender auf Berechnungsmodelle entsprechender Dienstleister zurückgreifen, so dass diese keine eigenen entwickeln müssen und Kosten für die Entwicklung und Vorhaltung entsprechender

Lösungen reduziert werden können. Diese Modelle nutzen verschiedene stochastische Verfahren und können dabei u. a. durch Künstliche Intelligenz und Big Data Analytics unterstützt werden.

Datennutzung

In diesem Schritt werden die in dem Prozess erfassten Daten genutzt, um einerseits die Emissionsdaten in Form von Berichten an entsprechende Zielgruppen weiterzugeben. Andererseits können die Daten genutzt werden, um die Emissionen in der eigenen Wertschöpfungskette zu reduzieren.

Ein großes Potenzial besteht dabei darin, durch Analyseverfahren, z. B. mithilfe von künstlicher Intelligenz, Muster zu erkennen und so Einsparpotenziale zu identifizieren. Um das volle Potenzial aus den Daten ziehen zu können, sollten geeignete Analysen und Visualisierungsanwendungen genutzt werden. Diese können dann als Grundlage dienen, um Entscheidungen zur Optimierung der Prozesse zu treffen.

An dieser Stelle ist auch zu berücksichtigen, dass diese Daten wiederum genutzt werden können, um sie als produktspezifische Informationen an Lieferanten und Kunden weiterleiten und diese so wiederum bei der Ermittlung ihrer Emissionen zu unterstützen.

Auswahl der Technologien

Bei der Auswahl der geeigneten Technologien sind verschiedene Aspekte wie erforderlicher Genauigkeitsgrad, bestehende IT-Ressourcen und Stellung in der Lieferkette zu berücksichtigen. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Nutzung digitaler Technologien i. d. R. einen hohen Investitionsaufwand darstellt, ist es für Unternehmen zu prüfen welcher Aufwand notwendig ist, um die selbstgesteckten Ziele zu erfüllen.

In der Datenerfassung kann es bspw. für viele Bereiche sinnvoll sein auf standardisierte Berechnungen zurückzugreifen. Diese bieten den Vorteil der Einfachheit, verhindern jedoch auch die Darstellung von unternehmensindividuellen Einsparungen. Die Ausstattung der Lieferkette mit entsprechender Sensorik oder RFID ist jedoch auch mit entsprechenden Kosten verbunden, die sich i. d. R. nur lohnen, wenn diese auch für weitere Optimierungsprozesse genutzt werden können. Daher sollten die Unternehmen bei der Auswahl technologischer Möglichkeiten darauf achten über welche Ressourcen sie bereits verfügen und wie sie diese in die Emissionsberechnung integrieren können. Die Auswahl der Lösung ist dabei auch davon abhängig, ob die Leistungen über einen Anbieter bezogen werden können und welche Anforderungen durch Kunden und Lieferanten gestellt werden.

Darüber hinaus ist es wichtig zu wissen, mit welchen Anbietern, Softwarehersteller, Branchenlösungsanbieter oder Beratungsunternehmen, das Unternehmen zusammenarbeiten kann (Seidenschwarz et al. 2021). Zuletzt werden Informationsquellen (z. B. Publikationen) identifiziert, um Technologien zu finden. Damit kann die Grobanalyse durchgeführt werden. Dazu werden alle technischen Hilfsmittel und digitale Technologien dokumentiert. Um eine fundierte Entscheidung treffen zu können, muss auf Vergleichbarkeit der technischen Hilfsmittel und digitalen Technologien geachtet werden. Am Ende der Grobanalyse bleiben drei bis sechs Technologien zur Auswahl.

Im nächsten Schritt werden in der Detailanalyse die ausgewählten Technologien detaillierter analysiert. Dazu werden die Systemanbieter für eine Anbieterpräsentation kontaktiert. Darin sollen Produkt- als auch Anbieterinformationen dargelegt werden. Ausgewählte Anbieter werden mit

Unternehmensdaten getestet. Danach sollte die Anbieterpräsentation den Stakeholdern präsentiert werden. Abschließend werden Angebote der Anbieter eingeholt. Nach Einholung der Angebote können diese bewertet werden (Seidenschwarz et al. 2021).

Technologiebewertung

In diesem Schritt werden die Technologieattraktivität und die Unternehmensstärke für den Einsatz von Technologien im Unternehmen bewertet. Die Gewichtung der Kriterien hängt dabei von der Strategie des Unternehmens zur Einführung der Nachhaltigkeitsberichtserstattung ab, sowie den internen Ressourcen zur Umsetzung. Daneben müssen die jeweiligen technischen Anforderungen der Unternehmen berücksichtigt werden. Eine detaillierte Darstellung zur Ermittlung der Kriterien lässt sich in Arbeitspaket 3 finden.

Die konkrete Auswahl des Verfahrens zur Technologiebewertung ist abhängig von den jeweiligen Zielsetzungen des Unternehmens. Es bestehen dabei verschiedene Verfahren, die verschiedene Faktoren (z. B. Kosten) priorisieren und in unterschiedlichem Grad auf quantitative und qualitative Daten setzen.

Gewichtung der Kriterien

Im ersten Schritt werden hierfür mittels eines **paarweisen Vergleichs** die Kriterien der **Technologieattraktivität** sowie **Unternehmensstärke** gewichtet. Folgende Tabellen können eine Hilfestellung sein:

Technologieattraktivität: Hierfür wird bewertet, inwieweit ein Kriterium wichtiger ist – als ein anderes Kriterium. Genutzt wird zur Bewertung die Skala -1, 0 und 1.

Vergleichsmaßstab: 1: Zeilenkriterium wichtiger als Spaltenkriterium 0: Kriterium gleichbedeutend -1 Zeilenkriterium weniger wichtig als Spaltenkriterium	Potenzial	Akzeptanz	Technische Kompatibilität	Technische Komplexität	Kosten	Sicherheit	Gewichtungssumme
Nutzen	-1	-1	0	-1	-1	0	-3
Akzeptanz	1	-1	1	0	-1	1	2
Technische Kompatibilität	0	-1	-1	1	0	-1	-1
Technische Komplexität	1	0	-1	-1	1	0	1
Kosten	1	1	0	-1	-1	-1	0
Sicherheit	0	-1	1	0	1	-1	1

Abbildung 23: Gewichtung der Technologieattraktivität

Unternehmensstärke: Dafür wird bewertet, inwieweit ein Kriterium wichtiger als ein anderes Kriterium ist. Benutzt wird zur Bewertung die Skala -1, 0 und 1.

Vergleichsmaßstab: 1: Zeilenkriterium wichtiger als Spaltenkriterium 0: Kriterium gleichbedeutend -1 Zeilenkriterium weniger wichtig als Spaltenkriterium	Ressourcenverfügbarkeit	Umsetzungskapazität	Unternehmensstrategie	Zahlungsbereitschaft	Anwendungskompetenz	Unternehmenscharakteristika	Gewichtungssumme
Ressourcenverfügbarkeit		-1	0	-1	-1	0	-3
Umsetzungskapazität	1		1	0	-1	1	2
Unternehmensstrategie	0	-1		1	0	-1	-1
Zahlungsbereitschaft	1	0	-1		1	0	1
Anwendungskompetenz	1	1	0	-1		-1	0
Unternehmenscharakteristika	0	-1	1	0	1		1

Abbildung 24: Gewichtung der Unternehmensstärke

Bewertung der Technologien

Nachfolgend können die Unternehmen die ausgewählten Technologien bewerten. Hierfür ist entscheidend, dass sie möglichst gleichartige technische Hilfsmittel oder digitale Technologien bewerten. Beispielsweise können Datenaustausch-Lösungen miteinander verglichen werden oder wie im unteren Beispiel Internet of Things Geräte.

Bewertungskriterien Maßstab 0 = nicht vorhanden 1 = gering 2 = moderat 3 = hoch 4 = sehr hoch		Untersuchungsobjekt (z.B. Internet of Things Geräte)			
		Technologie 1 (z.B. Sensoren)	Technologie 2 (z.B. QR-Code)	Technologie 3 (z.B. RFID)	Technologie n (z.B. Barcode)
Technologieattraktivität	Nutzen Akzeptanz Technische Kompatibilität Technische Komplexität Kosten Sicherheit				
Technologieattraktivität (y-Achse):					
Unternehmensstärke	Ressourcenverfügbarkeit Umsetzungskapazität Unternehmensstrategie Zahlungsbereitschaft Anwendungskompetenz Unternehmenscharakteristika				
Unternehmensstärke (x-Achse):					

Abbildung 25: Bewertung der Technologien

Es ist wichtig, die Kosten und Vorteile angemessen abzuwägen und gegebenenfalls mit externen Experten zusammenzuarbeiten, um eine erfolgreiche Implementierung zu gewährleisten. KMU sollten auch sicherstellen, dass angemessene Datenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden, um potenzielle Risiken zu minimieren.

Entscheidung

Aufgrund der vorangegangenen Bewertung werden in diesem Schritt, die Ergebnisse, xy-Werte, in ein Technologie-Portfolio nach Pfeiffer und Dögl (1990) eingetragen. Nachfolgend können Sie das Ergebnis strategisch interpretieren. Pfeiffer und Dögl (1990) unterteilen die Matrix hierfür in vier unterschiedliche Felder (siehe Abbildung 26).

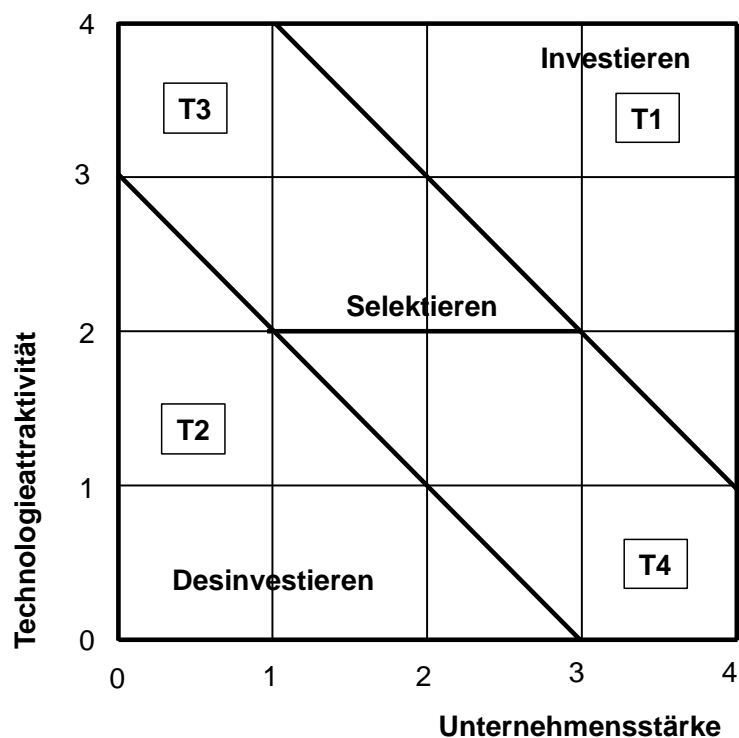


Abbildung 26: Technologie-Portfoliomatrix

Diese Felder lassen sich wie folgt interpretieren:

T1: Investition in Technologie, da Voraussetzungen für Unternehmen vorhanden und Aufwands-
einsparung sowie Zusatznutzen durch Einsatz der Technologie sichtbar.

T2: Desinvestition der Technologie, da Potenziale der Technologie sowie im Unternehmen nicht
vorhanden.

T3: Ausbau der Unternehmensstärke rentabel, um den technologischen Rückstand aufzuholen
bzw. neuartiges technologische Potenzial für das Unternehmen auszuschöpfen.

T4: Technologie ist wenig attraktiv und scheint langfristig von Substitutionstechnologien auf dem
Gebiet bedroht zu werden, sodass sich Unternehmen nach Alternativen umschaun sollten.

4.2.4 Umsetzung

Nachdem die Entscheidung für die Nutzung einer oder mehrerer technischer Lösungen getroffen wurde, startet der Umsetzungs- und Einführungsprozess. Die Komplexität des Umsetzungsprozesses hängt dabei zum einen von der Komplexität der zu erfassenden Produkte ab (Interview #17), aber auch von verschiedenen anderen Faktoren wie bestehenden IT-Systemen und der Einbindung der betroffenen Mitarbeiter. Je nachdem wie umfassend dieser Prozess ist, kann es hilfreich sein auf externe Hilfe zurückzugreifen, die bei der Umsetzung des Projekts unterstützt.

Technologiebeschaffung

Die Umsetzung kann dabei auf verschiedenen Wegen erfolgen. Hierbei spielt die Umsetzungskapazität des Unternehmens eine wesentliche Rolle für die Realisierung der Lösung.

Kaufen / Leihen

In der Regel bietet es sich heutzutage für Unternehmen am ehesten an, auf bestehende Lösungen von IT-Dienstleistern zurückzugreifen. Im einfachsten Fall können bspw. Online-Kalkulatoren oder Plattformen genutzt werden, in die das Unternehmen seine Aktivitätsdaten eingeben oder hochladen kann und nach einem Berechnungsvorgang die Emissionswerte ausweisen kann. Diese Anwendungen können in vielen Fällen auch direkt mit den unternehmensinternen Informationssystemen (z. B. ERP, WMS, TMS) über Schnittstellen verbunden werden.

Vorteile ergeben sich z. B. dadurch, dass die Anbieter die Anwendung der aktuellen Berechnungsstandards sicherstellen und die Prozesse durch externe Gutachter auditiert und verifiziert sein sollten. Zusätzlich bestehen oft vorgefertigte Auswertungen und Funktionen um geeignete Berichte, z. B. für Investoren zu erstellen.

Entwickeln

Eine andere Option besteht in der Entwicklung von eigenen Lösungen. Ein Vorteil liegt darin, dass die Lösung besser an die eigenen Anforderungen angepasst werden kann. Nachteile können darin bestehen, dass, insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen, der Aufwand zur Entwicklung einer eigenen Lösung deutlich höher ist als bei eingekauften Lösungen. Zudem ist es in Hinblick auf sich wandelnde Anforderungen und Standards an die Berechnungsmethoden notwendig, diese in regelmäßigen Abständen anzupassen.

Eine Mischform stellt dabei die Entwicklung von geeigneten Lösungen in einem gemeinsamen Konsortium dar. Der Vorteil liegt dabei darin, dass gemeinsame Standards branchenübergreifend entwickelt werden können und dies die Grundlage für eine neutrale Austauschplattform bieten kann, in der Unternehmen eher bereit sind, ihre Informationen auszutauschen.

Systeme und Plattformen

Sofern sich Unternehmen Carbon Management Systeme und Datenaustausch-Lösungen von Systemanbietern **kaufen** oder **leihen**, ergibt sich aufgrund der Neuartigkeit der Lösungen ggf. auch - vor Markteintritt - die Option an Pilotprojekten **teilzunehmen** und das technische Hilfsmittel (z. B. Blockchain-basierte Plattform) für das Unternehmen zu **testen**. Hierbei erhalten die Unternehmen externe Unterstützung bei der Einführung durch den Systemanbieter. Interne CO₂-Informationen müssen allerdings eigenständig aufgebaut werden (siehe Arbeitspaket 3). Decken sich die angebotenen Technologien nicht mit den Zielvorgaben des Unternehmens oder möchte sich

ein Unternehmen sichtbar am Markt positionieren, dann kann eine Lösung auch **selbstentwickelt** werden. Hierfür sind genügend Kapazitäten notwendig.

Tabelle 36: Bereitstellungsarten von Softwarelösungen (Seidenschwarz et al. (2021))

Kaufen	Leihen	Entwickeln
Die Technologie wird extern beschafft. Sie wird als Standardsoftware bezogen und anschließend auf den eigenen IT-Systemen betrieben.	Die Technologie wird als Software as a Service beschafft. Sie wird in der Cloud durch einen Anbieter betrieben.	Die Technologie wird von Unternehmen selbst konzipiert, programmiert und als Individualsoftware betrieben.

Erfolgt eine Entscheidung für eine Technologie von einem Systemanbieter, dann besteht die Möglichkeit, diese eigenständig einzuführen oder mit dessen Unterstützung. Je nach Komplexität der Technologie und internen Ressourcen kann externe Unterstützung sinnvoll sein. Beispielsweise können Unternehmen externe Experten oder Beratungsunternehmen benötigen, um bei der Integration der Internet of Things-Geräte und Sensoren zu unterstützen. Auch die Anpassung der Systeme zur Datenerfassung und -analyse kann externe Unterstützung erfordern.

Tabelle 37: Einführung mit und ohne Unterstützung

Einführung mit Unterstützung des Systemanbieters (empfohlen)	Eigenständige Einführung (technische Hilfsmittel frei am Markt gekauft)
+ vereinfacht Einführung - zusätzliche Kosten	+ keine direkten Kosten für Systemanbieter - interne Aufwände durch Fachexpertise - kein direkter Support

Integration der Technologie in das Unternehmen

Für die Integration der Technologie sollten Unternehmen diese an die IT-Systeme des Unternehmens anbinden und vorhandene Daten migrieren. Darüber hinaus sollten Prozesse (wie in der Soll-Analyse definiert) angepasst und umgesetzt werden.

Zudem geht es darum, Ressourcen bereitzustellen, um die internen Grundlagen für ein Scope 3 Carbon Accounting zu legen. Dabei ist wichtig, dass die Mitarbeitenden motiviert und ausreichend geschult werden.

Technische Umsetzung

Technisch müssen die ausgewählten Geräte und Software installiert und an vorhandenen Systemen und Datenquellen durch geeignete Schnittstellen angebunden werden. Dadurch können Daten effizienter ausgetauscht werden. Vor der Umsetzung ist zu klären welche Compliance-Anforderungen, wie z. B. Datenschutz zu berücksichtigen sind.

Sofern im Unternehmen bereits Emissionsdaten verfügbar sind, sollte geklärt werden, ob und wie diese in die Lösung integriert werden sollen. Dazu werden die Daten vorbereitet und von fehlerhaften oder unvollständigen Einträgen bereinigt, um die Qualität der Emissionsberechnung zu

verbessern. Falls das Unternehmen noch einen geringen Digitalisierungsstand hat, sollten diese Daten und Prozesse zuerst digitalisiert werden, um die Scope 3 Carbon Accounting Systeme effizient nutzen zu können.

Zur Implementierung von IoT-Lösungen sind bspw. die ausgewählten Sensoren in die entsprechenden Maschinen, Fahrzeuge oder Anlagen integrieren, um die Daten in Echtzeit zu erfassen. Es sollte sichergestellt werden, dass die IoT-Geräte und Sensoren nahtlos mit den entsprechenden Systemen und Plattformen zur Datenerfassung und -verwaltung integriert sind. Dies ermöglicht eine effiziente und genaue Datenerfassung.

Organisatorische Einführung

Um eine effiziente und effektive Umsetzung zu schaffen, ist es wichtig, auf bestehenden Strukturen und Prozessen aufzubauen, um schrittweise die Anforderungen an das Scope 3 Carbon Accounting zu erfüllen (BMUB 2017). Unternehmen sollten dabei die notwendigen Verantwortlichkeiten festlegen. Hierbei wird in zwei Konstellationen bei der Zuweisung von Verantwortlichkeiten unterschieden (BMUB 2017):

- (1) **Stabsstelle:** Die Verantwortlichkeit kann zum einen zentral bei einer Expertin/einem Experten, einem Team oder einer Abteilung liegen (BMUB 2017). Das kann zum Beispiel das Nachhaltigkeitsmanagement sein. In diesem Fall geht der Impuls für die Implementierung der Technologie von einer konkreten Person oder Einheit aus.
- (2) **Interdisziplinäres Team:** Zum anderen kann die Verantwortlichkeit einem interdisziplinären Team obliegen, das aus Vertreterinnen und Vertretern verschiedener Abteilungen, die einen Bezug zu Scope 3 Emissionen haben, besteht (BMUB 2017).

Einbindung der Mitarbeitenden

Neben der strategischen Verankerung des Scope 3 Carbon Accounting in der Aufbauorganisation des Unternehmens sind auch die operativen Zuständigkeiten des Personals zu beachten (BMUB 2017). Ein wichtiger Erfolgsfaktor für die interne Implementierung ist die Motivation der Mitarbeitenden. Um die teils komplexen Technologien zu verstehen und entsprechendes Fachwissen aufzubauen, ist es notwendig das Personal zu schulen. Dabei ist es auch wichtig, nicht nur die designierten Experten für Nachhaltigkeit zu schulen, sondern diese Expertise auch in verschiedenen Fachabteilungen zu verbreiten, so dass die Umsetzung direkt erfolgen kann (Experte #8). Durch das Wissen um den Nutzen kann auch die notwendige Bereitschaft und Selbstständigkeit zur Datenerfassung geschaffen werden (Experte #15, Experte #16).

Der Aufbau von Kompetenzen benötigt Ressourcen und Engagement, um in die Weiterbildung und Entwicklung der Mitarbeiter zu investieren. Große Unternehmen mit komplexen Lieferketten und hohen Emissionswerten können besonders von internem Wissen profitieren, um die Komplexität der Datenbewertung zu bewältigen. Kleine und mittlere Unternehmen könnten sich auf spezifische Aspekte konzentrieren, die für sie am relevantesten sind.

Integration in Lieferkette

Sofern die Datenerfassung von den Informationen der Partner in der Lieferkette abhängig ist, ist es auch notwendig diese in den Prozess zu integrieren. Um die Komplexität zu reduzieren, sollten dazu zunächst nur die für Emissionsermittlung wichtigsten Partner in den Umsetzungsprozess

eingebunden werden. Dies können entweder die Partner mit dem höchsten Ausstoß an Emissionen sein oder aber auch strategisch relevante Partner. Insbesondere KMU müssen an dieser Stelle berücksichtigen, dass sie zwar selbst nicht in der Pflicht stehen, ein umfassendes Carbon Accounting durchzuführen, sie jedoch von Kunden dazu aufgefordert werden können ihre Emissionen bereitzustellen. Daher müssen KMU sich ebenso darauf vorbereiten, die entsprechenden Informationen liefern zu können.

Dafür identifizieren Unternehmen die Lieferanten, die für ihre Scope 3 Emissionen wesentlich sind. Dies kann Datenlieferanten umfassen, die die meisten Emissionen verursachen oder die in strategisch wichtigen Bereichen tätig sind. Anschließend fordern Unternehmen von ihren Lieferanten Informationen über deren Emissionen an. Hierzu kontaktiert das Unternehmen die Direktlieferanten und bittet sie um Bereitstellung der Informationen über die gewählte technische Lösung. Mit den Informationen werden die Emissionen der Lieferanten bewertet. Gemeinsam werden Pläne entwickelt, um Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Die Fortschritte werden überwacht und die Ergebnisse werden regelmäßig über die Plattform gemeldet.

Datenerfassung und -analyse

Nach der Softwareimplementierung kann der eigentliche Datenerfassungsprozess beginnen. Die erfassten Daten können dann einerseits für das Nachhaltigkeitsreporting genutzt werden. Dazu müssen die entsprechenden Berichte und Ansichten für die jeweiligen Stakeholder erstellt werden. Andererseits sollten die Daten auch dafür genutzt werden, um Erkenntnisse über Emissionen und die Effizienz in der Lieferkette zu gewinnen.

4.2.5 Kontrolle

Bei der Kontrolle wird seitens des Unternehmens der Soll- und Ist-Zustand hinsichtlich der Technologie-Einführung überprüft und mit den Zielvorgaben des Unternehmens verglichen. Dafür werden nach Nutzung der Technologie die Informationsqualität, Systemqualität und Servicequalität bewertet. Dadurch soll die Zufriedenheit seitens der Anwender mit dem System festgestellt und der Mehrwert bestimmt werden (Delone und McLean 2003).

Daraus entstehen für das Unternehmen Maßnahmen, um die Umsetzung zu verbessern. Insbesondere ergeben sich folgende Handlungsfelder für das Unternehmen (siehe Arbeitspaket 1): (1) Kollaboration, (2) Sensibilisierung, (3) Unterstützung und (4) Digitale Transformation.

Tabelle 38: Einsatzpotenziale der digitalen Technologien

Digitale Technologie	Einsatzpotenziale
<i>Cloud Computing</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beseitigung von Hindernissen bei der Erfassung von Lieferantendaten ▪ Gewährleistung eines sofortigen und kosteneffizienten Datenaustauschs ▪ Gewinnen eines Einblicks in komplexe Lieferketten
<i>Blockchain-Technologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interoperabler Austausch von PCFs durch Anbindung an verschiedene Ökosysteme ▪ Transparenz von Scope 3 Emissionen in allen Wertschöpfungsketten ▪ Erhöhung des Anteils an Primärdaten ▪ Niedrige Einstiegshürde für vorgelagerte Teilnehmende und einfache Integration in Unternehmens-IT-Landschaft
<i>Big Data Analytics</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhe Datenmenge auf Plattform ▪ Mehr Transparenz entlang der Wertschöpfungskette ▪ Identifikation von CO2-Hotspots
<i>Künstliche Intelligenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserte Überwachung der Scopes ▪ Erhöhung der Genauigkeit von Emissionsdaten
<i>Internet of Things</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung der Transparenz und Monitoring ▪ Optimierung und Automatisierung von Prozessen mithilfe von digitalen Plattformen und KI ▪ Verwertung von Sensordaten auf cloud-basierten Plattformen ▪ Dokumentation von IoT-Interaktionen mittels Blockchain

Hierbei ist es langfristig am wirksamsten, wenn das Unternehmen entsprechende Fähigkeiten bei den Lieferanten aufbaut, um die Lieferkette zu verbessern. Denn so befähigt das Unternehmen auch die Lieferanten, die Erwartungen des Unternehmens zu erfüllen. Hierbei kann der Wissens- und Technologietransfer Unternehmen dabei unterstützen, betriebliche Abläufe zu optimieren, Kosten zu senken, die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern und gleichzeitig die Nachhaltigkeitsziele zu verwirklichen. Es erfordert enge Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Technologieanbietern und anderen Partnern, um das Wissen und die Technologien effektiv zu übertragen und zu nutzen.

5 Überführung des Konzepts in einen webbasierten Demonstrator (AP 5)

5.1 Ziel und Kernergebnisse

Ziel und Forschungsfrage

Das Ziel des fünften Arbeitspakets war es, einen webbasierten Demonstrator für Unternehmen zu entwickeln, damit Unternehmen bei der Entscheidung zur zielführenden Einbindung von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting unterstützt werden können. Hierfür wurden die Ergebnisse aus den vorherigen Arbeitspaketen visualisiert.

Zur Wegweisung diente folgende Forschungsfrage:

Wie kann das Umsetzungskonzept in einem webbasierten Demonstrator realisiert werden?

Methodik

Erstellung des Konzepts mithilfe der vorherigen Arbeitspakete

Im ersten Schritt wurden hierfür wesentliche Inhalte aus den Arbeitspaketen 1 bis 4 entnommen und für Unternehmen visuell aufbereitet. Da insbesondere KMU oftmals mit Scope 3 Carbon Accounting anfangen bevor die anderen Scopes betrachtet werden, wurde ebenfalls der Scope 3 Standard (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2011) für ein besseres Verständnis der Thematik integriert.

Umsetzung in Genial.ly

Die Umsetzung wurde mithilfe der kostenpflichtigen Version des Tools Genial.ly durchgeführt. Hierbei sind infolge von Workshops und Feedback der Teilnehmenden mehrere Iterationen (siehe Arbeitspaket 6) durchlaufen worden. In diesem Kapitel wird auf die fertiggestellte Version des Demonstrators unter Berücksichtigung des Feedbacks eingegangen. Die Realisierung des Demonstrators erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Mittelstand-Digital Zentrum Hamburg. Der webbasierte Demonstrator setzt sich aus verschiedenen Scope 3-Themen zusammen. Dies ermöglicht Anwendern, tiefer in die Materie des Scope 3 Carbon Accountings im Zusammenhang mit digitalen Technologien einzutauchen. Aufgrund des Umfangs des Demonstrators werden im Folgenden lediglich beispielhaft die wichtigsten Elemente gezeigt und beschrieben.

Kernergebnisse

Der webbasierte Scope 3 Carbon Accounting-Demonstrator ist das zentrale Ergebnis des Forschungsprojekts. Der inhaltliche sehr umfangreiche Demonstrator fungiert als Entscheidungsunterstützungstool und bietet ein dynamisches Erlebnis, bei dem Interessierte gezielt gewünschte Inhalte auswählen und erkunden können. Dadurch, dass die Anforderungen aus den zuvor durchgeführten Workshops und Interviews integriert worden sind, weist der Demonstrator eine hohe Praxisrelevanz auf.

Neben der Einordnung der Zielgruppe sowie der Vorerfahrungen der Anwendenden beinhaltet der Demonstrator sechs Kernelemente bzw. Themenbereiche, die erkundet werden können (siehe Abbildung 27: Übersicht der Kernelemente des Demonstrators): Das erste Thema „Einführung in das Scope 3 Carbon Accounting“ umfasst sowohl grundlegende Definitionen als auch weiterführende Informationen zu möglichen Barrieren bei der Umsetzung. Die anderen Themen behandeln geeignete Technologien, Berechnungsmethoden, Anwendungsbereiche, eine Übersicht der verschiedenen Scope 3 Kategorien und Ansätze zur Einbindung von Stakeholdern. Der interaktive Demonstrator bietet somit nicht nur wertvolles Einsteigerwissen, sondern auch die Gelegenheit, sich im Detail mit der Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting auseinanderzusetzen und weiterzubilden. Zudem offeriert der Demonstrator Handlungsempfehlungen, die Entscheidungen in Bezug auf den Einsatz von Technologien im Rahmen von Scope 3 Carbon Accounting unterstützen. Der Demonstrator kann unter folgendem Link aufgerufen werden:

<https://view.genial.ly/661649122b10bc0014e2a857>.

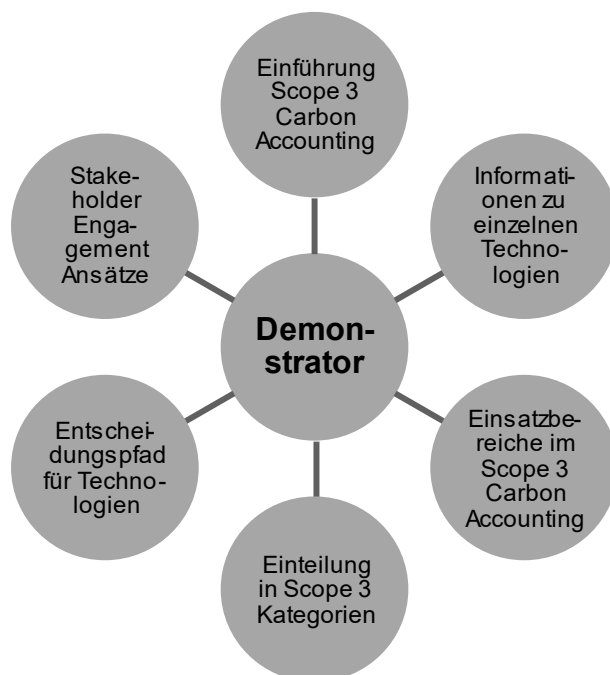


Abbildung 27: Übersicht der Kernelemente des Demonstrators

5.2 Startseite und Einordnung des Anwenders

Die Startseite ist so konzipiert, dass sie die Anwendenden direkt zur Entscheidungshilfe leitet. Dazu befindet sich ein Start-Button auf der Startseite. Darüber hinaus besteht dort die Möglichkeit, zunächst die Methodik nachzulesen sowie weitere Kontaktdaten des Instituts für Logistik und Unternehmensführung bzw. der Ansprechpersonen zu erhalten.

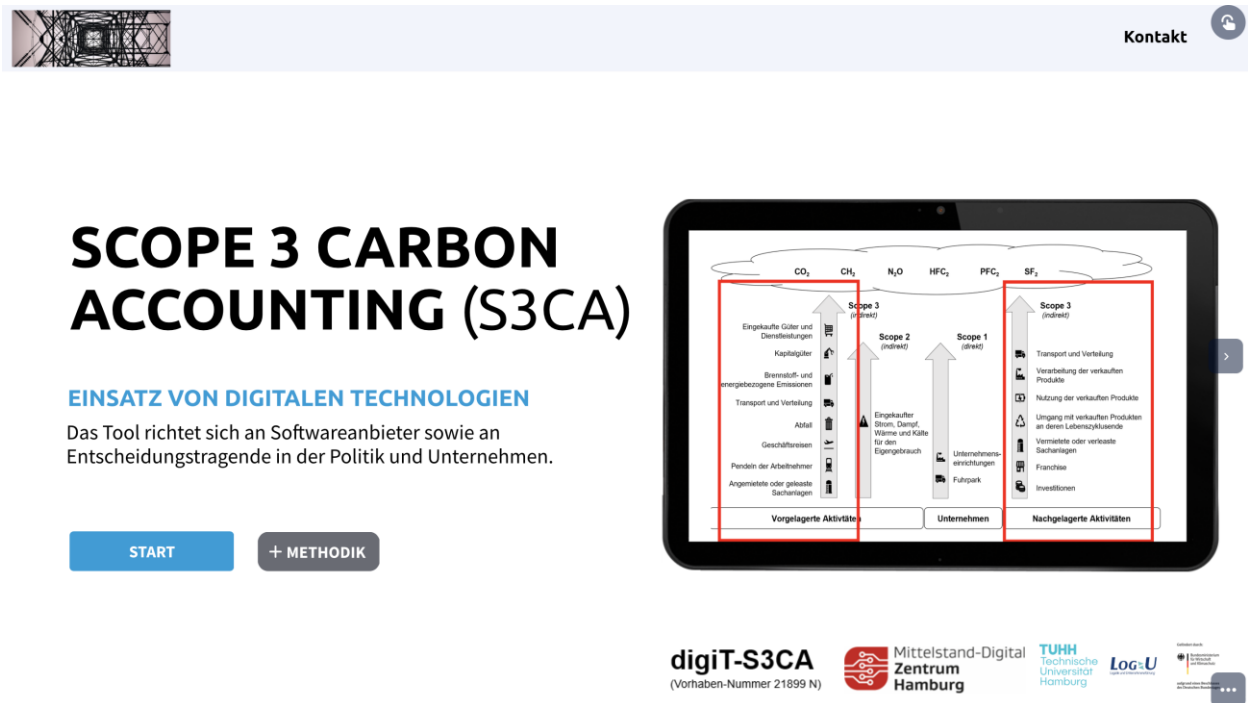


Abbildung 28: Startseite des Demonstrators

Im ersten Schritt – bei Klick auf „Start“ – öffnet sich eine neue Seite. Diese beinhaltet zum einen auf der linken Seite eine Menüleiste, welche die Anwendenden durch die wichtigsten Elemente des Demonstrators leitet. Zum anderen besteht hier die Möglichkeit der Einordnung für Unternehmen entsprechend der Zielgruppe, d.h. Datenlieferant, Datenmittler und Datennutzer.

Der Datenlieferant (z.B. Lieferanten) muss Daten zuliefern. Der Datenmittler (z.B. Berater) transformiert die Daten mittels eines technischen Hilfsmittels und der Datennutzer (z.B. Kunde) nutzt die bereitgestellten Informationen für das Entscheidungsmanagement.

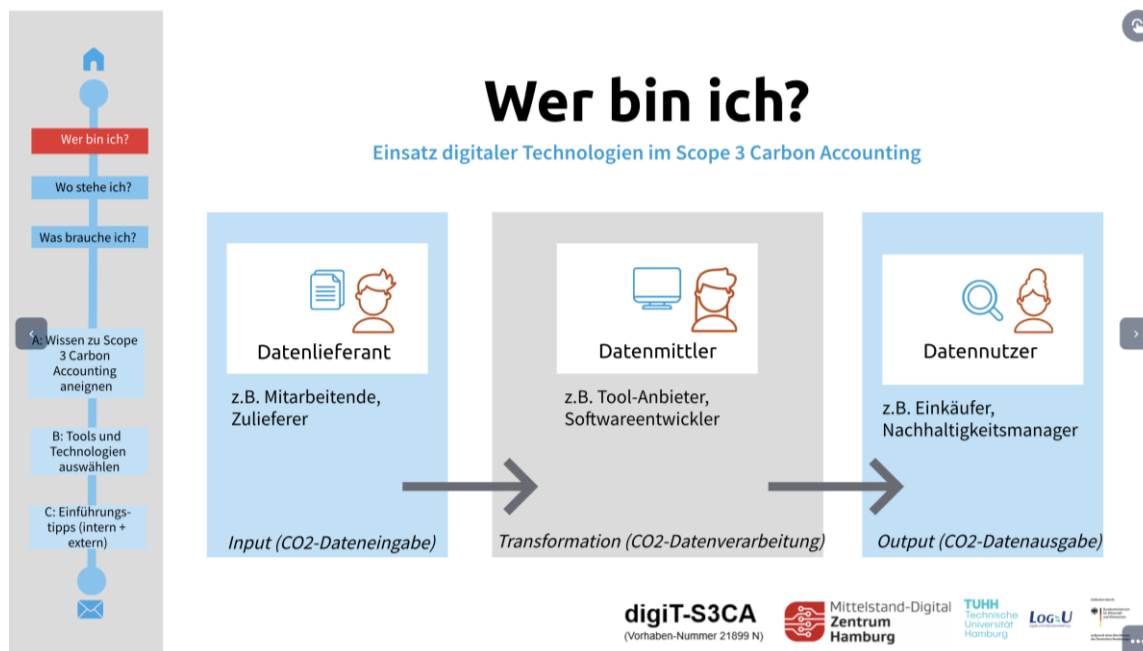


Abbildung 29: Demonstratorseite "Wer bin ich?"

Im nächsten Schritt wird seitens des Datenlieferanten oder Datennutzers definiert, wo das Unternehmen in seiner Umsetzung steht. Hierbei können Unternehmen zwischen keiner Erfahrung, in Umsetzung, Verbesserungsbestreben sowie Vorreiterposition entscheiden⁴. Sind sich Unternehmen unsicher, wo sich das Unternehmen in der Umsetzung befindet, kann über einen Klick auf den Pfeil unten rechts eine Entscheidungshilfe hinzugezogen werden.



Abbildung 30: Demonstratorseite "Wo stehe ich?"

⁴ Diese sind in Anlehnung an die identifizierten Interviewpartner (siehe 1) definiert worden.

Die Entscheidungshilfe besteht aus einem Entscheidungsbaum (siehe Abbildung 31), mithilfe dessen die Anwendenden des Demonstrators ihren Umsetzungsstand besser einordnen können.

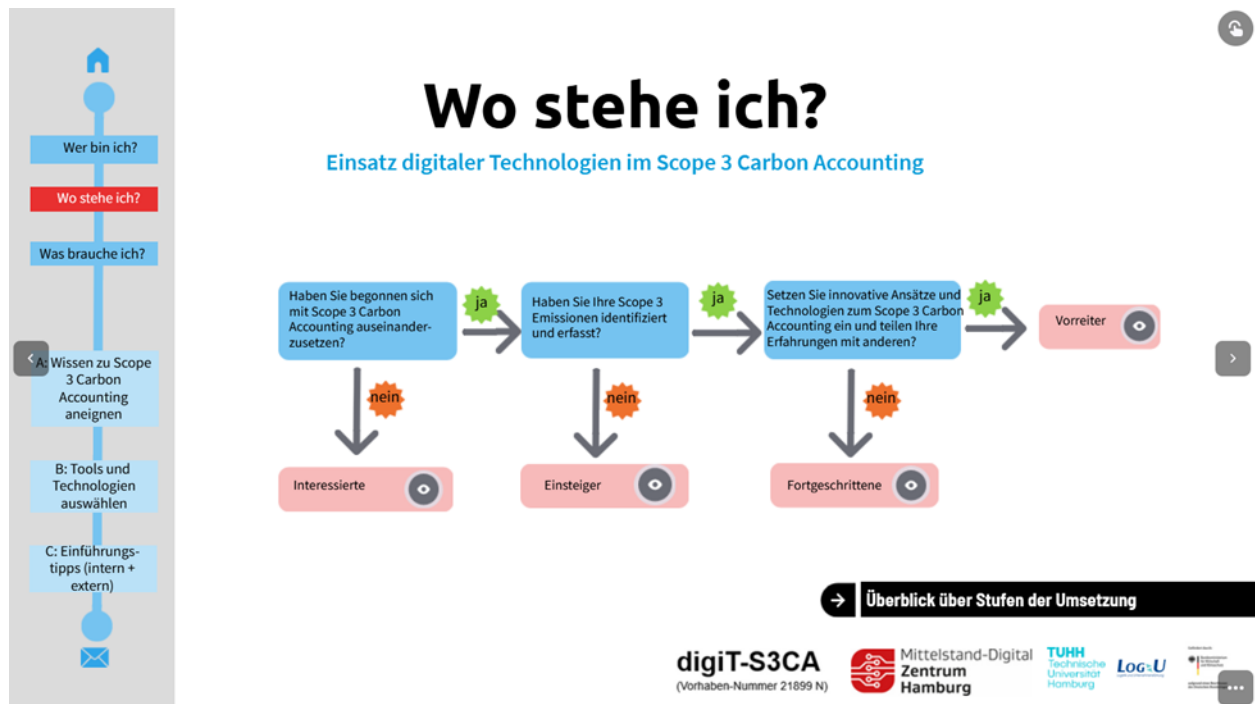


Abbildung 31: Entscheidungsbaum für die Demonstratorseite „Wo stehe ich?“

Wählen die Anwendenden einen Umsetzungstyp nach ihrem Fortschritt aus, werden sie zur Beschreibung geführt. Entsprechend der Stufe erhalten die Anwendenden spezifische Unterstützung. Beispielsweise bietet der Demonstrator bei Einsteigern die Möglichkeit, sich einführend zur Umsetzung des Carbon Accountings, Emissionsquellen und passenden Tools und Technologien zu informieren. Entsprechend der Auswahl werden die Anwendenden auf die jeweiligen Seiten geleitet.

Im oberen Bereich der Seiten finden sich zudem verschiedene Symbole, welche durch den Demonstrator „moderieren“. Während man über das Haussymbol zur Startseite geführt wird, kann man über das Symbol der drei Linien zur nächsten dargestellten Folie („Was brauche ich“) kommen und mit dem nach links zeigendem Pfeil zur vorherigen Seite gelangen.



Abbildung 32: Detailseite zum Unternehmenstyp "Einsteiger"

Anknüpfend an die zuvor beschriebene „Wo stehe ich?“-Einordnung werden die Anwendenden des Demonstrators auf die „Was brauche ich?“-Seite geleitet. Diese steht neben den Datenlieferanten und -nutzern auch den Datenmittlern zur Verfügung. Die Einteilung umfasst Grundlegendes zum Scope 3 Carbon Accounting, Einsatzbereiche von Tools und Technologien sowie Einführungstipps für Unternehmen.

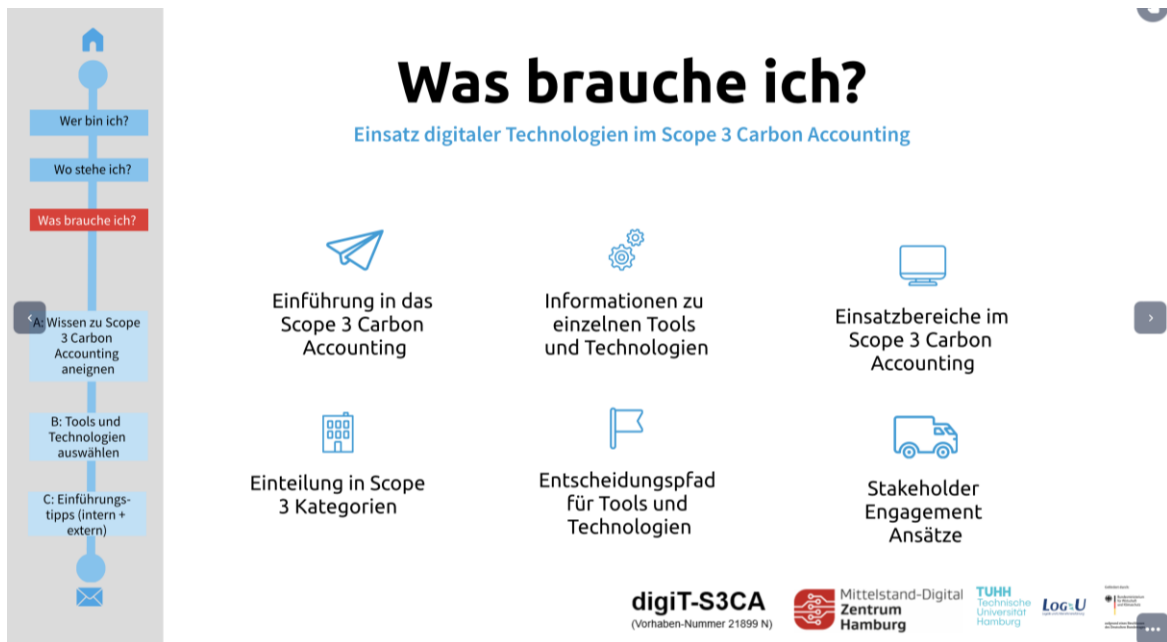


Abbildung 33: Demonstratorseite "Was brauche ich"

5.3 Einführung in das Scope 3 Carbon Accounting

Entsprechend der Auswahl seitens der Anwendenden umfasst die Einführung in das Scope 3 Carbon Accounting einen Wissensaufbau für Personen, denen die Thematik noch nicht geläufig ist oder die sich zu bestimmten Themen gezielt weiterbilden möchten sowie Unterstützungstipps für alle Umsetzungstypen.



Abbildung 34: Einführung in das Scope 3 Carbon Accounting im Demonstrator

Wissensaufbau

Beim Wissensaufbau lernen die Anwendenden des Demonstrators Inhalte über das Scope 3 Carbon Accounting, über die Treiber bzw. Beweggründe von Unternehmen in Bezug auf Scope 3 Carbon Accounting, den Prozess sowie sämtliche Scope 3 Kategorien kennen (siehe Abbildung 35).

Beispiel: Kategorie Scope 3.1

Klicken Anwendende bspw. aufgrund der Relevanz für das eigene Unternehmen die Kategorie 3.1 an, gelangt man auf die entsprechende Informationsseite mit einer Kurzdefinition zur Kategorie, von welcher man über die Pfeilschaltflächen weitere Inhalte einsehen kann.

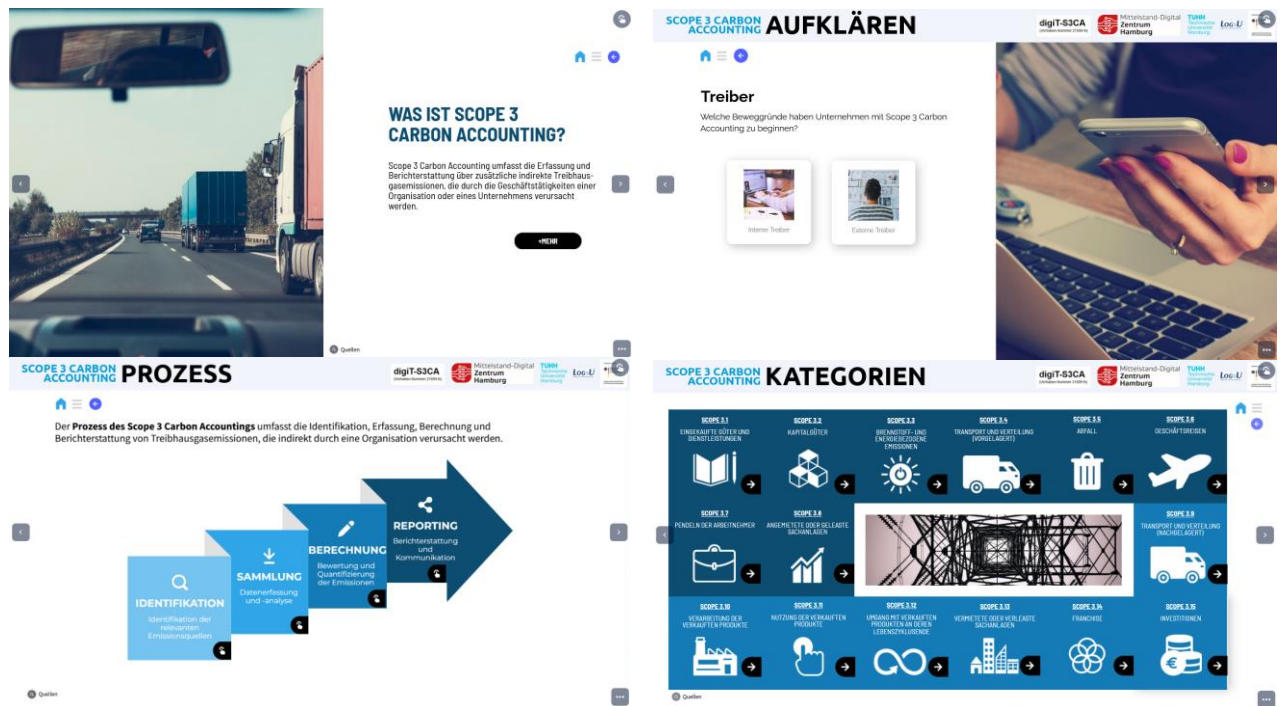


Abbildung 35: Übersicht über wichtigste Elemente zum Wissensaufbau

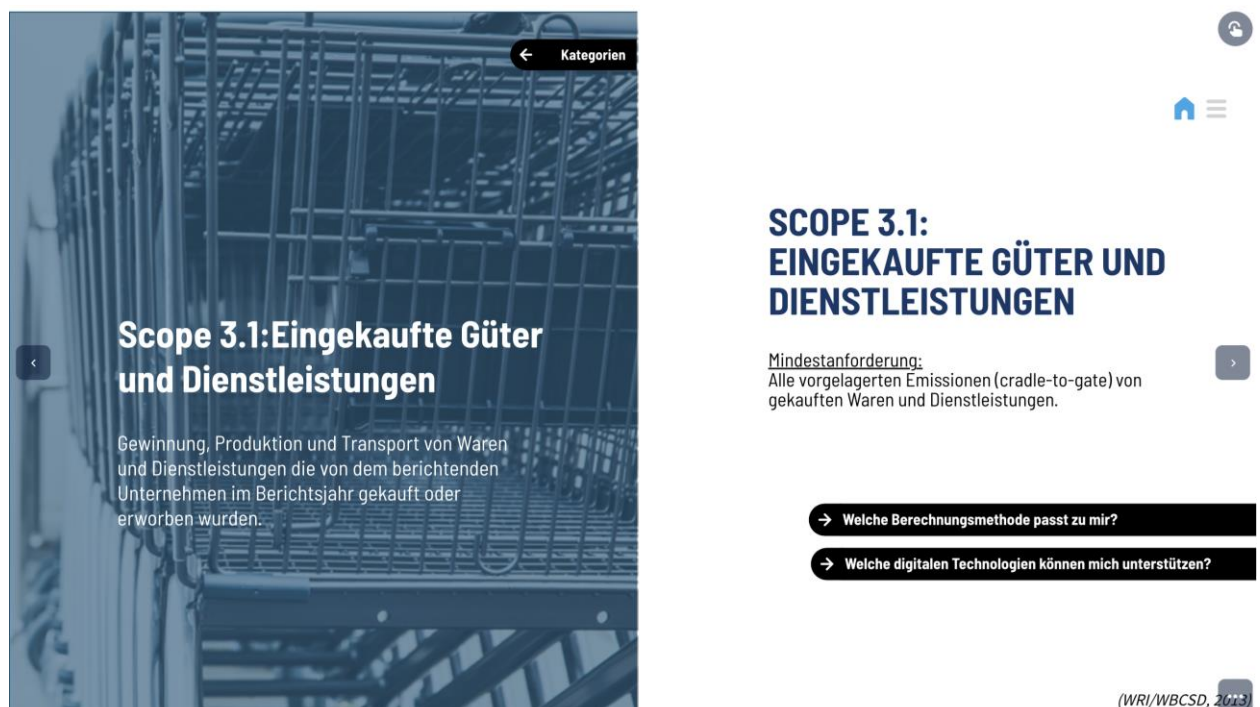


Abbildung 36: Detailsicht zur Kategorie Scope 3.1

Klickt man auf „Welche Berechnungsmethode passt zu mir“, so öffnet sich zur Unterstützung der in der nachfolgenden Abbildung dargestellte Entscheidungsbaum nach dem Scope 3 Standard (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2011). Analog

liegt dieser Entscheidungsbaum für die jeweils geeigneten Berechnungsmethoden auch für alle anderen Scope 3 Kategorien vor.

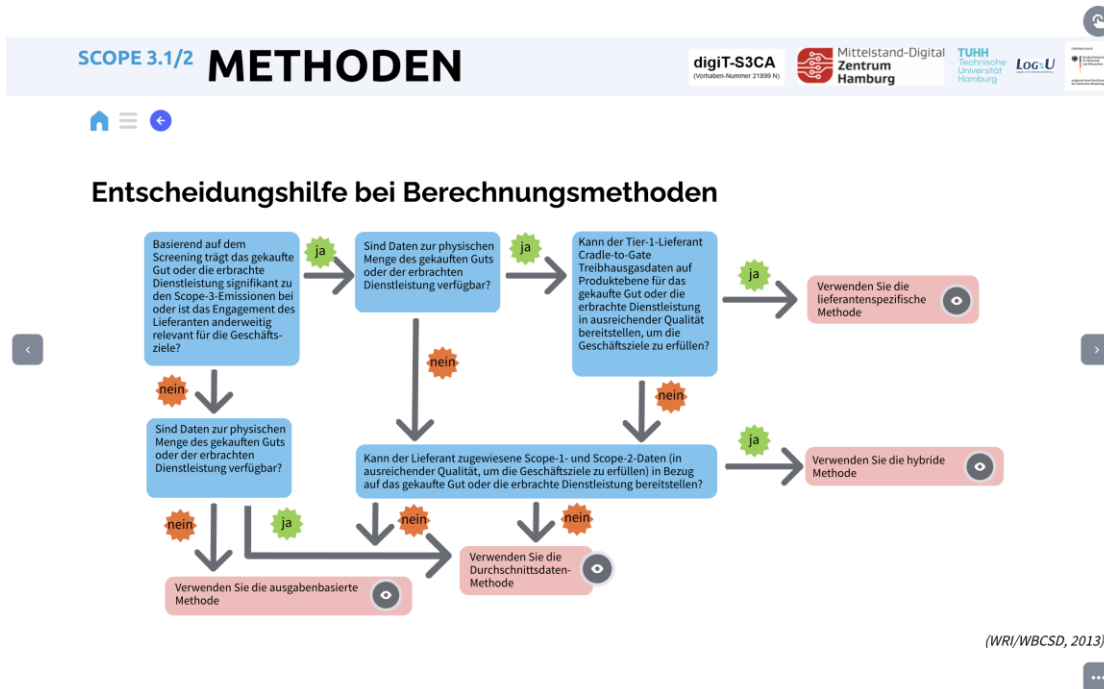


Abbildung 37: Entscheidungshilfe für die Berechnungsmethoden

Sobald man auf eine der jeweiligen Methoden klickt, öffnet sich eine weitere Seite mit näheren Erläuterungen über die einzelnen Methoden und Datenanforderungen des Scope 3 Standards (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development 2011) zum Nachlesen.

(WRI/WBCSD, 2013)

Abbildung 38: Detailsicht zur lieferantenspezifischen Methode

Unterstützung

Neben dem Wissensaufbau liefert der Demonstrator auch weitere Unterstützung für Unternehmen. Als Unterstützung zur Umsetzung helfen veröffentlichte Leitfäden, Tipps zum Aufbau von Kompetenzen sowie externe Unterstützende.

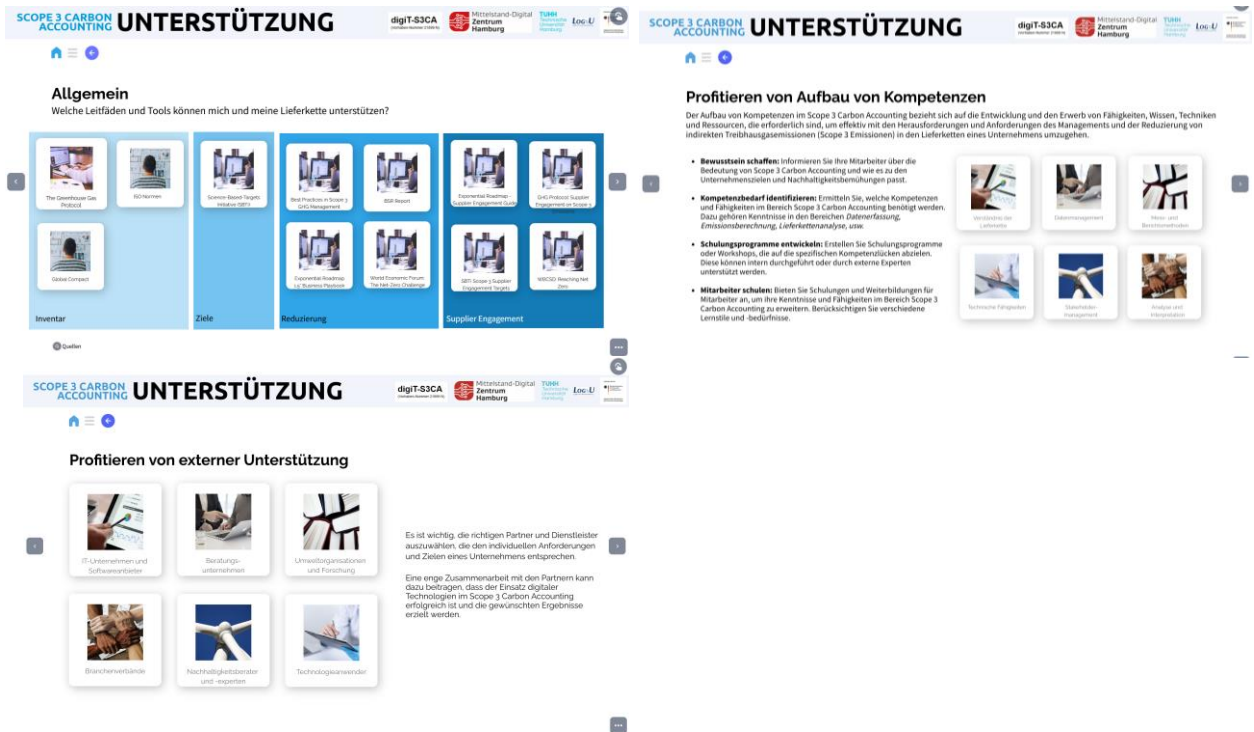


Abbildung 39: Übersicht über wichtigste Elemente des Themenfelds „Unterstützung“

5.4 Einsatzbereiche von Tools und Technologien

Nach der Einführung in das Scope 3 Carbon Accounting kann im nächsten Schritt nach passenden Technologien geschaut werden.

The screenshot displays a web application interface for 'SCOPE 3 CARBON ACCOUNTING TECHNOLOGIEN'. The header includes logos for 'digiT-S3CA (Vorhaben-Nummer 21899 N)', 'Mittelstand-Digital Zentrum Hamburg', 'TUHH Technische Universität Hamburg', and 'Log-U'. The left sidebar contains a navigation menu with a home icon at the top, followed by 'Wer bin ich?', 'Wo stehe ich?', 'Was brauche ich?', 'A: Wissen zu Scope 3 Carbon Accounting aneignen', 'B: Tools und Technologien auswählen', and 'C: Einführungstipps (intern + extern)'. The main content area features a large image of green seedlings in soil. To the right, there are two sections of content: 'Wissensaufbau (geeignet für alle)' and 'Unterstützung (geeignet für alle)'. Each section contains three items with right-pointing arrows, all displayed in black boxes with white text. The 'Wissensaufbau' items are: 'Warum sind digitale Technologien im S3CA wichtig?', 'Welche Technologien eignen sich für das S3CA?', and 'Gibt es bei den Scope 3 Kategorien Unterschiede?'. The 'Unterstützung' items are: 'Welche Technologien sind für KMUs geeignet?', 'Wie können Sie sich für Technologien entscheiden?', and 'Wie können Technologien bei Ihnen eingeführt werden?'. A home icon and a hamburger menu icon are visible in the top right corner of the application area.

Abbildung 40: Ausgangspunkt "Technologien"

Analog zu den vorher beschriebenen Elementen können auch hier über die schwarzen Pfeile weitere Inhalte abgerufen werden. Exemplarisch zeigt die folgende Abbildung, für welchen Typ (Datenlieferant, -mittler oder -nutzer) die jeweilige Technologie relevant ist.

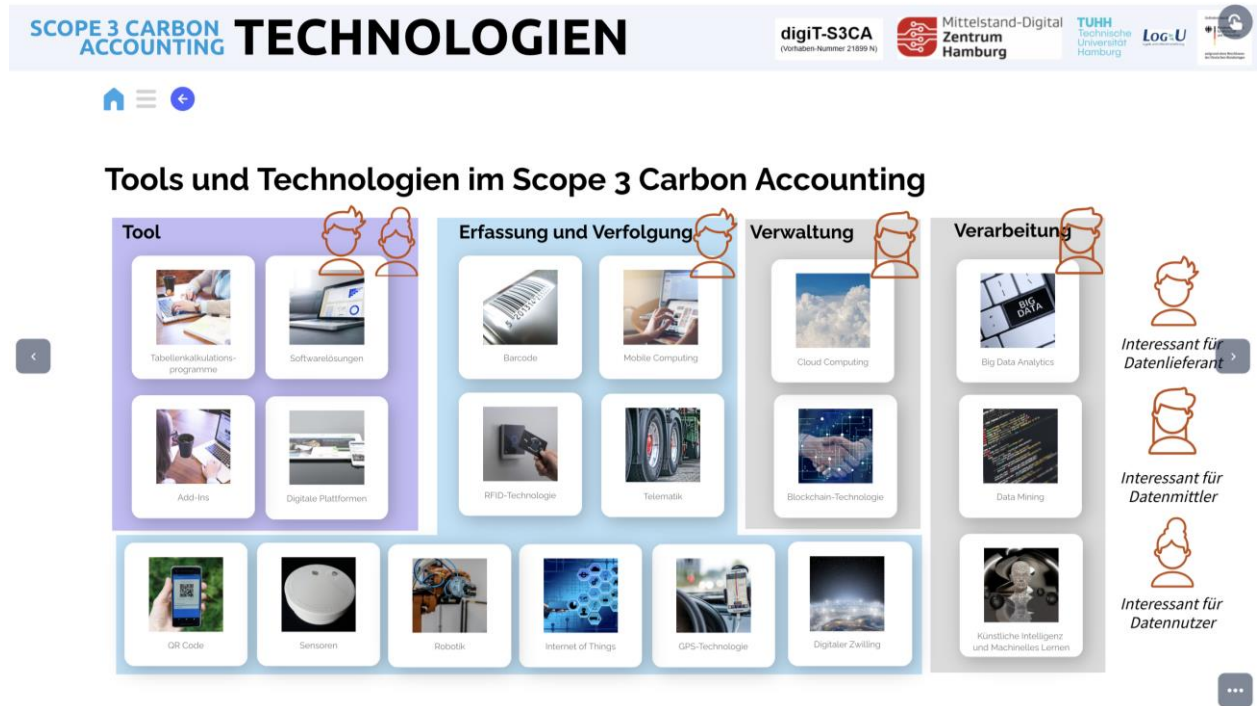


Abbildung 41: Übersicht zu Tools und Technologien

Klicken die Anwendenden auf eine Technologie, öffnet sich der Technologie-Steckbrief (hier: Cloud Computing). Neben einer Beschreibung der Technologie kann man sich dort zur Eignung, Vorteilen, Herausforderungen, Bedürfnissen, Zielen, Ressourcen sowie zur Integration der Technologie informieren.

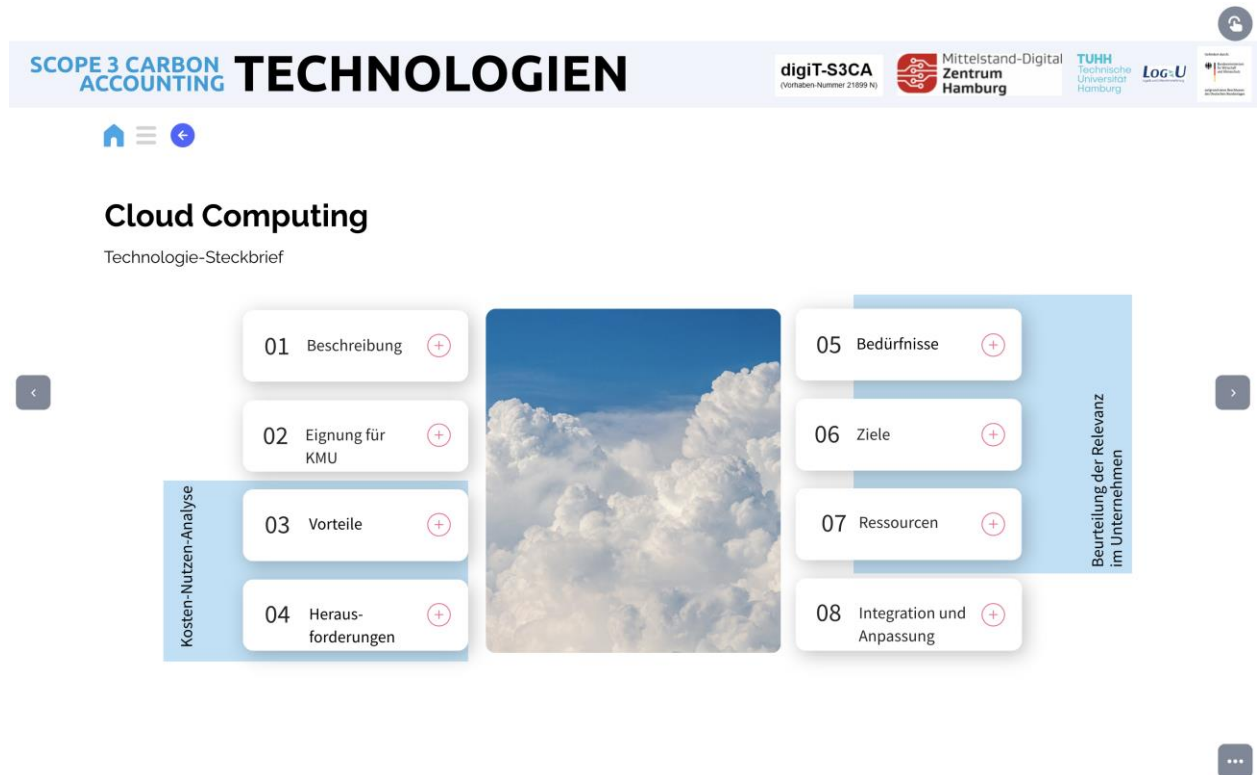


Abbildung 42: Technologie-Steckbrief Cloud Computing

Werden einzelne Elemente des Technologie-Steckbriefs (hier: Cloud Computing) angeklickt, öffnen sich weitere Informationsseiten über die Technologie. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, dass Anwendende des Demonstrators sich auch über Tools und Technologien von einzelnen Scope 3 Kategorien zur besseren Datenerfassung, -verarbeitung und -auswertung informieren. Hierbei wird für jeden Anwendertyp eine entsprechende Technologieeinkennung vorgenommen (siehe Abbildung 43).



Abbildung 43: Beispielhafte Technologieeinkennung für Kategorie Scope 3.1

Des Weiteren finden Anwendende des webbasierten Demonstrators auch Tipps zur Auswahl und Einführung einer Technologie. Dabei hilft ein Entscheidungspfad bei der Auswahl der passenden Technologie. Zudem werden Hinweise zur Einführung der Tools und Technologien gegeben.

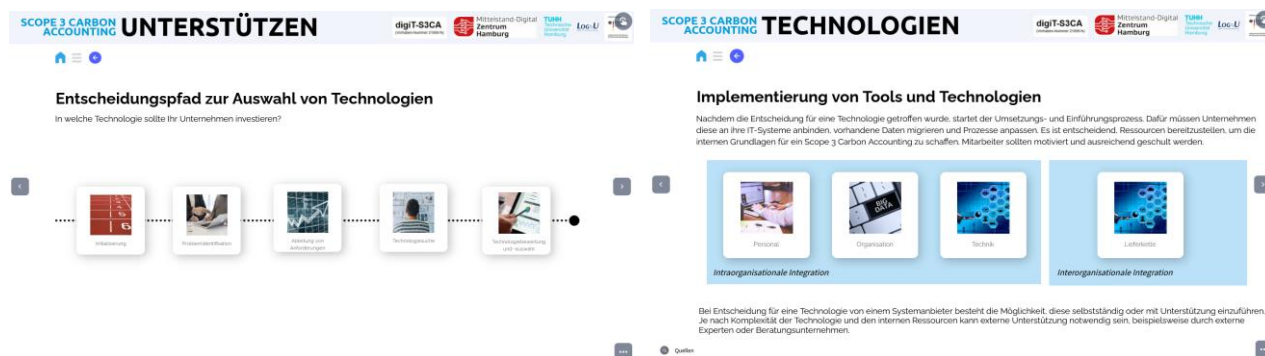


Abbildung 44: Entscheidung für und Implementierung von Tools und Technologien

5.5 Einführungstipps für Unternehmen

Im letzten Themenfeld des Demonstrators finden Anwendende Tipps zur Unterstützung bei der Einführung einer ausgewählten technischen Lösung entlang der Lieferkette. Dort besteht die Möglichkeit, sich zu Handlungsfeldern (z.B. Kollaboration und Digitalisierung) zu informieren. Darüber hinaus werden nähere Informationen zu Leitfäden (z.B. Greenhouse Gas Protocol und ISO Normen), welche zur Orientierung dienen, gegeben. Da Unternehmen davon profitieren, wenn ihre Lieferanten Daten und Informationen besser erfassen können, werden bei Klick auf „Wie kann ich meine Lieferanten unterstützen?“ zudem weitere Handlungsempfehlungen gegeben.



Abbildung 45: Einführungstipps zur Unterstützung der Unternehmen beim Scope 3 Carbon Accounting

Insgesamt bietet der Demonstrator Anwendenden eine Möglichkeit, je nach Vorkenntnissen entweder eine Einführung in das Scope.3 Carbon Accounting oder tiefergehende Details dazu zu erhalten. Darüber hinaus unterstützt er dabei, Bedarfe zu identifizieren sowie passende technische Hilfsmittel festzulegen. Hierbei ist – neben der technischen Einführung – auch die Zusammenarbeit sowohl innerhalb als auch außerhalb des Unternehmens mit den Stakeholdern wichtig, um das Scope 3 Carbon Accounting effektiv einzuführen.

6 Umsetzung und Validierung des webbasierten Demonstrators (AP 6)

6.1 Ziel und Kernergebnisse

Ziel und Forschungsfrage

Das Ziel des sechsten Arbeitspakets ist es, den webbasierten Demonstrator in Unternehmen zu testen. Im Bedarfsfall können Anpassungen vorgenommen werden. Zur Wegweisung diene folgende Forschungsfrage:

Wie bewerten Unternehmen den webbasierten Demonstrator?

Methodik

Bewertung des webbasierten Demonstrators mithilfe von Validierungsworkshops

Die Bewertung wurde mithilfe von fünf Validierungs-Workshops durchgeführt. Dabei fanden jeweils mit einem Unternehmen am 31.08.2023, 13.10.2023, 13.10.2023 und 18.10.2023 Einzelworkshops bzw. -gespräche statt. Ein weiterer Workshop mit 14 Teilnehmenden, bei dem der Demonstrator vorgestellt und im Rahmen einer Gruppendiskussion Feedback eingeholt wurde, fand am 08.08.2023 statt. Während mit Unternehmen, die bereits länger mit dem Forschungsprojekt und den Inhalten vertraut waren, 1:1-Workshops stattfanden, sollten beim Workshop am 08.08.2023 auch Teilnehmende zu Feedback aufgerufen werden, denen die Thematik ggf. noch unbekannt war.

Im Rahmen der zwei- bis dreistündigen Workshops wurde der zu dem Zeitpunkt aktuelle Stand des webbasierten Demonstrators den Test-Unternehmen zuerst vorgestellt und im zweiten Schritt mithilfe von drei Fragen qualitativ ausgewertet: „Was gefällt mir?“, „Was gefällt mir nicht“ und „Was für Verbesserungsvorschläge habe ich?“. Mithilfe der Antworten entstanden neue Impulse zur Anpassung des Demonstrators.

Kernergebnisse

In den Validierungsworkshops wurde aufgrund des Umfangs eine bessere Übersicht über die Inhalte bzw. eine Orientierung zu Beginn des Demonstrators gewünscht. Dementsprechend ist ein Orientierungspfad eingefügt worden. Zudem wurde dem Wunsch nach einem Technologiepfad und der Möglichkeit zur Einordnung der Nutzergruppen Folge geleistet. Darüber hinaus sind kleinere inhaltliche Ergänzungen vorgenommen worden, welche im Folgenden beschrieben werden. Generell haben die Befragten den Demonstrator jedoch positiv und als hilfreich wahrgenommen.

6.2 Validierungsworkshops

Wie bereits in der Methodik vorgestellt, wurden mithilfe von fünf Validierungsworkshops die Teilergebnisse des webbasierten Demonstrators vorgestellt und kontinuierlich bzw. iterativ – mithilfe der Verbesserungsvorschläge – weiterentwickelt. Entsprechend sind die Validierungsworkshops nicht als losgelöster Prozess von Arbeitspaket 5 zu verstehen, sondern als kontinuierlicher Verbesserungsprozess.

6.2.1 Bewertung im Workshop am 08.08.2023

Im Validierungsworkshop am 08.08.2023 ist der Demonstrator online vorgestellt worden. Die Teilnehmenden hatten die Möglichkeit, in einer vorgegebenen Zeit selbst mit dem Demonstrator zu interagieren und sich durch die verschiedenen Elemente zu klicken. Daraufhin wurden ihnen in einem Mural-Board verschiedene Fragen gestellt, welche sich auf die Anwendung und Bewertung des Demonstrators bezogen und in folgenden Abbildungen dargestellt sind. Das Feedback zum Demonstrator war überwiegend positiv. So wurde er als gute Informationsquelle wahrgenommen. Des Weiteren wurde gelobt, dass die „kausale Kette der Themen“ sehr gut aufbereitet und der Demonstrator damit insgesamt sehr bedienerfreundlich sei. Zur Verbesserung wurde der Vorschlag unterbreitet, dass zu Beginn mehr Orientierung für die Anwendenden gegeben wird. Dem wurde – wie in Abschnitt 6.1.4 beschrieben wird – durch das Einfügen eines Orientierungspaths Rechnung getragen.

Anwenden des digiT-S3CA-Demonstrators

IHR NAME UND IHR UNTERNEHMEN:

1

Umsetzungsstand

Wie schätzen Sie Ihren Umsetzungsstand in Bezug auf Scope 3 Carbon Accounting ein? Bitte platzieren Sie die Figur an einer passenden Position auf der Pyramide.

Interessierte haben noch nicht mit Scope 3 Carbon Accounting begonnen.

Einsteiger beginnen gerade erst mit dem Thema Scope 3 Carbon Accounting. Sie nutzen einfache Tools und Technologien zur Unterstützung.

Fortgeschrittene haben begonnen, Scope 3 Emissionen zu erfassen und erste Reduktionsmaßnahmen umzusetzen. Sie nutzen digitale Lösungen, um die Datenerfassung zu verbessern.

Erfahrene haben bereits umfangreiche Erfahrungen mit Scope 3 Carbon Accounting und arbeiten an der Umsetzung von Maßnahmen entlang der Wertschöpfungskette.

Vorreiter haben ihre Emissionen bereits erheblich reduziert. Sie nutzen innovative Ansätze und Technologien zur Emissionsreduktion und teilen ihre Erfahrungen und Best Practices mit anderen Unternehmen.

2

Herausforderungen

Welchen Herausforderungen stehen Sie derzeit in Bezug auf die Ermittlung und Berechnung von Scope 3-Emissionen gegenüber?

Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken

Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken

3

Geeignete digitale Technologien

Wie können digitale Technologien Sie in Bezug auf Scope 3 Carbon Accounting unterstützen (Chancen)?

Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken

4

Welche digitale Technologie ist für Ihren Anwendungsfall im Unternehmen geeignet (basierend auf dem digiT-S3CA-Demonstrator)?

Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken

Abbildung 46: Fragen zur Anwendung des Demonstrators - Ausschnitt aus dem Mural-Board

Bewerten des digiT-S3CA-Demonstrators

IHR NAME UND IHR UNTERNEHMEN:

<p>Inhaltliches Feedback</p> <p>Welchen Mehrwert bietet der digiT-S3CA-Demonstrator für Sie? 5</p> <div style="background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center; font-size: 0.8em;">Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken</div> <p>Was fehlt Ihnen inhaltlich? An welcher Stelle wünschen Sie sich andere (welche?) Inhalte? 6</p> <div style="background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center; font-size: 0.8em;">Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken</div>	<p>Feedback zur Nutzbarkeit</p> <p>Wie schätzen Sie die Nutzerfreundlichkeit und die Bedienelemente des digiT-S3CA-Demonstrators ein? 7</p> <div style="background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center; font-size: 0.8em;">Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken</div> <p>Was ist verbesserungswürdig? 8</p> <div style="background-color: #00aaff; color: white; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center; font-size: 0.8em;">Nutzen Sie die Notizzettel für Ihre Gedanken</div>
--	--

Abbildung 47: Fragen zur Bewertung des Demonstrators - Ausschnitt aus dem Mural-Board

6.2.2 Unternehmen 1, Großunternehmen, Manager Sustainability, 31.08.2023

In diesem Validierungsworkshop wurde ein Großunternehmen befragt, das sich mit Carbon Accounting schon länger befasst und aktiv nach neuen Lösungen für das Unternehmen sucht. Um die Validierung des webbasierten Demonstrators durchzuführen, wurde online der Demonstrator vorgestellt. Daraufhin wurden folgende Verbesserungshinweise seitens des Unternehmens vorgeschlagen:

Definition der Zielgruppe

Aufgrund dessen, dass den Nutzenden zuerst nur eine Übersicht über die Inhalte in dem Demonstrator angezeigt wurde, fehlte aus Sicht der testenden Person eine Einteilung der Zielgruppe. Für wen soll der Demonstrator sinnvoll sein? Hierbei wurden auch Verbände als Zielgruppe vorgeschlagen, um damit Gespräche mit Unternehmen zu moderieren, bei denen es darum geht, wie eine Lösung aussehen kann. Dies wurde im zweiten Schritt in das Tool eingearbeitet, indem eine Einteilung in „Wer bin ich?“ vorgenommen wurde.

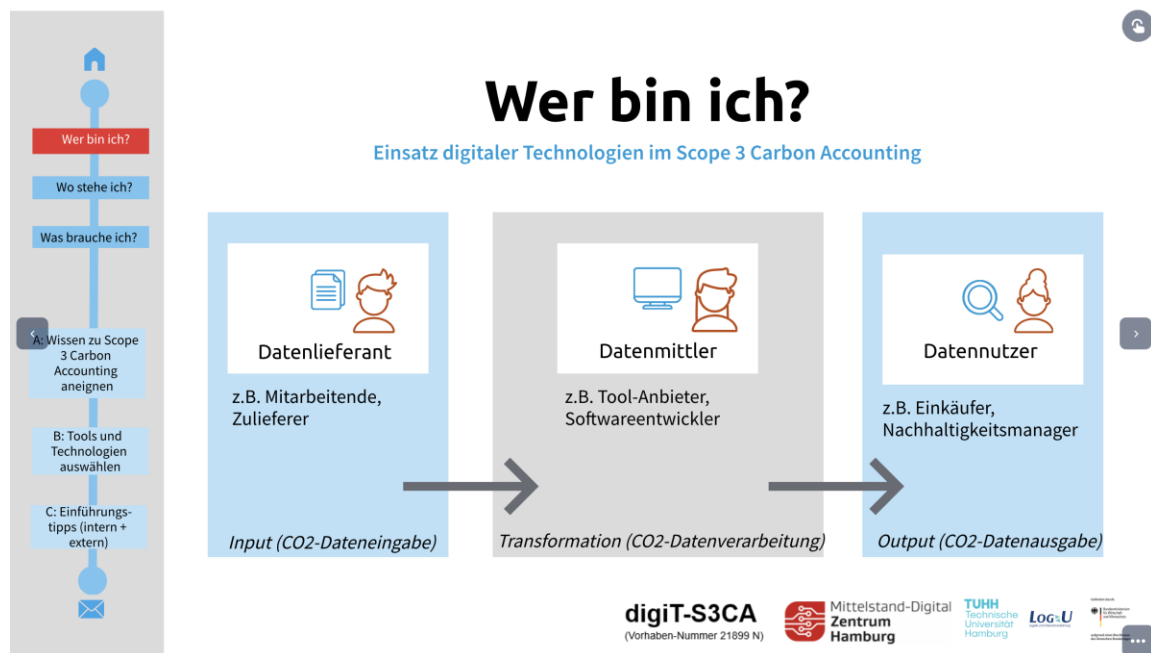


Abbildung 48: Anpassung des Demonstrators im Bereich "Wer bin ich?"

Entsprechend können sich Nutzende, wie Lieferanten, Nachhaltigkeitsbeauftragte und Geschäftsführer, an der Einteilung orientieren und ihre Informationsbedarfe in unterschiedlicher Detailtiefe identifizieren.

Ergebnisorientierung des Demonstrators

Des Weiteren fehlte dem Tester eine Ergebnisorientierung. Das heißt, der Tester wünschte sich mehr Guidance für die einzelnen Nutzergruppen. Es ist wichtig, dass die Nutzergruppen wissen, welche Schritte für sie relevant sind, um den Anforderungen an die Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting mithilfe von digitalen Technologien im Unternehmen gerecht zu werden.

Um dem Wunsch im Demonstrator nachzukommen, wurden u.a. Umsetzungstypen definiert, die eine Hilfestellung in Bezug auf das Vorgehen erhalten sowie bei den einzelnen Kategorien Hinweise zu geeigneten Technologien für bestimmte Nutzergruppen definiert.

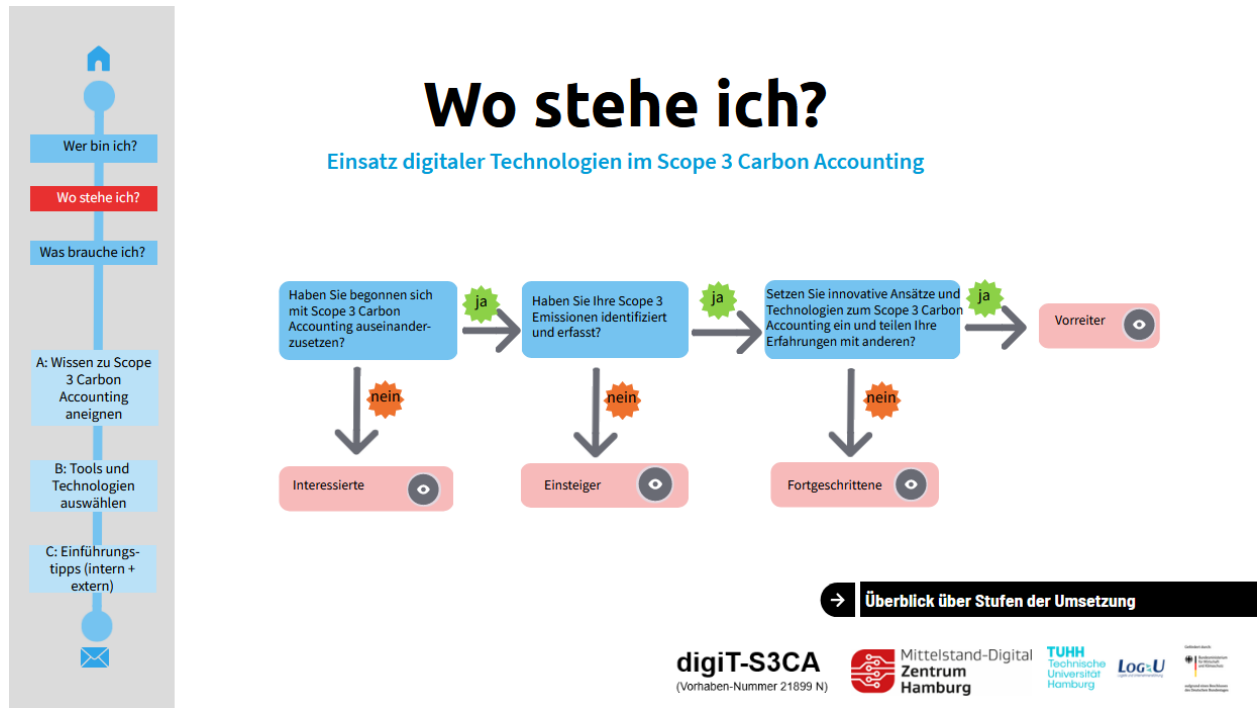


Abbildung 49: Anpassung des Demonstrators im Bereich "Wo stehe ich?"



Abbildung 50: Anpassung des Demonstrators im Bereich der Technologien für Scope 3.1

Auch wurde eine Orientierung für die jeweiligen Zielgruppen (Datenlieferant, -mittler und -nutzer) im Hinblick auf jeweils relevante unterstützende Tools und Technologien integriert.



Entscheidungspfad zur Auswahl von Technologien

In welche Technologie sollte Ihr Unternehmen investieren?



Abbildung 51: Ergänzung eines Entscheidungspfads zur Technologieauswahl

Entsprechende Hinweise zu den Technologien gibt neben dem Demonstrator (z.B. durch den Entscheidungspfad für die Auswahl von Technologien) der weiterführende Leitfaden (Arbeitspaket 4). Damit wird unterstützt, dass Unternehmen sich über digitale Technologien informieren können, die Unternehmen bei der Erfüllung von Anforderungen, insbesondere aufgrund zukünftiger Berichtspflichten, unterstützen können. Auch hilft es Unternehmen einzuordnen, inwieweit sie eine externe Unterstützung bei der Thematik benötigen.

6.2.3 Unternehmen 2, KMU, Sustainability Leader, 13.10.2023

Im zweiten Validierungsworkshop wurde ein KMU befragt, das sich mit Carbon Accounting schon länger befasst und aktiv nach neuen Lösungen für das Unternehmen sucht, um der Problematik der Primärdaten entgegenzuwirken.

Um die Validierung des webbasierten Demonstrators durchzuführen, wurde online der Demonstrator vorgestellt. Für den Tester dient der Demonstrator als gute Prozesshilfe und bietet eine erste Orientierung für Unternehmen. Neben den positiven Aspekten gab der Tester folgende Hinweise zur Verbesserung, die infolgedessen umgesetzt wurden:

Einordnung der Anwender

Analog zu Tester 1 wurde auch von Tester 2 darauf hingewiesen, dass das Tool stärker herausarbeiten muss, wie der Anfang des Tools gestaltet ist, um den Nutzenden schneller Hilfestellungen zu ermöglichen.

Entsprechend wurde – wie bereits in Abschnitt 4.1.1 erwähnt – eine Einordnung der Nutzenden vorgenommen.

Reduzierung des Texts

Auch wurde bemängelt, dass der Demonstrator zu viel Text enthält und Erklärvideos die Methodik auflockern würden. Dies war vor dem Hinblick der Projektlaufzeit nicht möglich, kann jedoch ggf. auch nach Ende der Projektlaufzeit noch in das Tool eingebaut werden.

6.2.4 Unternehmen 3, KMU, Bereichsleitung, 13.10.2023

In diesem Validierungsworkshop wurde ein KMU befragt, das sich mit Carbon Accounting noch nicht befasst.

Um die Validierung des webbasierten Demonstrators durchzuführen, wurde online der Demonstrator vorgestellt. Für den Tester dient der Demonstrator als Entscheidungshilfe für produzierende Unternehmen, um einen Überblick über Schlagwörter zu erhalten und eine Strategie zu entwickeln. Für Transportdienstleister ist er nach Auffassung des Testers dagegen weniger gut geeignet. Der Tester machte folgende Verbesserungsvorschläge:

Orientierungspfad

Für den Tester wirkt das Tool aufgrund des Umfangs zu unübersichtlich, sodass die Nutzenden nicht genau wissen, wo sie sich im Tool gerade befinden und wohin zu klicken ist. Dies wurde dadurch gelöst, dass ein Pfad links im Feld eingebaut wurde, welcher der Orientierung der Anwendenden des Demonstrators dient. Dieser Pfad visualisiert zur besseren Orientierung die wichtigsten Elemente bzw. Kategorien des Demonstrators.

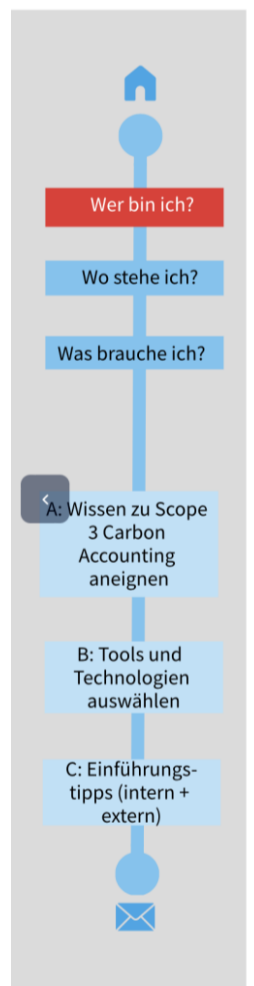


Abbildung 52: Ergänzung eines Orientierungspfades im Demonstrator

6.2.5 Unternehmen 4, Großunternehmen, Sustainability Manager, 18.10.2023

Im Validierungsworkshop am 18.10.2023 wurde nochmals das Großunternehmen vom 31.08.2023 befragt.

Um die Validierung des webbasierten Demonstrators durchzuführen, wurde erneut der Demonstrator online vorgestellt. Für den Tester wirkte der Demonstrator nach der Überarbeitung strukturierter. Allerdings gibt der Tester noch folgende Hinweise, die es zu verbessern galt:

Abkürzung S3CA

Im gesamten Demonstrator wurde mit der Abkürzung „S3CA“ gearbeitet, hierbei fehlt jedoch eine Erklärung für die Formulierung. Entsprechend wurde die Abkürzung auf die Startseite aufgenommen und ausgeschrieben.



Abbildung 53: Einfügen einer Abkürzung für Scope 3 Carbon Accounting im Demonstrator

Erweitern und Verlinken externer Ressourcen

Darüber hinaus sollten im Tool noch externe Ressourcen aufgenommen und für Nutzer verlinkt werden, um eine schnelle Hilfestellung zu generieren. Folgende Leitfäden sind seitens des Testers gewünscht:

- Global Compact
- CSRD
- GLEC-Framework
- SBTi
- GHG-Protokoll
- ISO

Diese sind anschließend im Tool verlinkt worden.

SCOPE 3 CARBON ACCOUNTING **UNTERSTÜTZUNG**

digiT-S3CA (Vorhaben-Nummer 21899 N) Mittelstand-Digital Zentrum Hamburg TUHH Technische Universität Hamburg Log-U

🏠 ☰ ⬅️

Allgemein

Welche Leitfäden und Tools können mich und meine Lieferkette unterstützen?

The screenshot shows a digital interface with a grid of 14 cards, each representing a different guide or tool. The cards are organized into four main categories: 'Inventar', 'Ziele', 'Reduzierung', and 'Supplier Engagement'. Each card features a small image and a title. The 'Inventar' category includes 'The Greenhouse Gas Protocol', 'ISO Norm 14069:2013', 'Global Compact', and 'Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)'. The 'Ziele' category includes 'Science-Based-Targets Initiative (SBTi)'. The 'Reduzierung' category includes 'Best Practices in Scope 3 GHG Management', 'World Economic Forum: The Net-Zero Challenge', 'Exponential Roadmap 1.5° Business Playbook', and 'GLEC-Framework'. The 'Supplier Engagement' category includes 'Exponential Roadmap - Supplier Engagement Guide', 'GHG Protocol: Supplier Engagement on Scope 3 Emissions', 'SBTi Scope 3 Supplier Engagement Targets', and 'WBCSD: Reaching Net Zero'. Navigation arrows are visible on the left and right sides of the grid, and a 'Quellen' button is at the bottom left.

Inventar Ziele Reduzierung Supplier Engagement

Quellen

Abbildung 54: Ergänzung relevanter Leitfäden und Tools im Demonstrator

In Summe war das Feedback der befragten Unternehmen positiv. Die Vorschläge zur Verbesserung waren hilfreich, um den Demonstrator weiter zu verfeinern und zielgruppenspezifisch anzupassen.

7 Projektmanagement, Dokumentation und Ergebnistransfer (AP 7)

Das Arbeitspaket 7 zielte auf die Sicherstellung des Projekterfolgs und der effektiven Ergebnisverwertung. Es umfasste das Projektmanagement, die Dokumentation sowie den Transfer der Projektergebnisse inkl. der Planung und Durchführung von Veranstaltungsformaten und adressatengerechten Veröffentlichung von (Teil-)Ergebnissen. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets sind dementsprechend die Projektplanung und -organisation, der Zwischen- sowie Abschlussbericht, die wissenschaftlichen und praxisorientierten Veröffentlichungen und Veranstaltungen sowie die Projektwebsite.

Projektbegleitend und damit zeitparallel zu den APs 1 bis 6 erfolgte das Projektmanagement zur Koordination der einzelnen Projektaktivitäten. Neben der Planung und Steuerung einer Umsetzung der Arbeitspakete, stand hierbei auch die kontinuierliche Dokumentation der im Projekt erzielten Ergebnisse im Vordergrund sowie die Organisation von Veranstaltungen. Angesichts der Covid-19-Pandemie konnten diese lediglich online durchgeführt werden. Der organisatorische Aufwand im Projektmanagement stieg dadurch zusätzlich an. Gleichzeitig konnten jedoch durch das Online-Format auch überregional Unternehmen an den Ausschusssitzungen, Workshops und Interviews teilnehmen. Die Aktualität und hohe Relevanz des Projektthemas haben sich dabei positiv auf die Anzahl teilnehmender und aktiv mitwirkender Unternehmen ausgewirkt.

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden diverse Maßnahmen ergriffen, die zu einer wirksamen Außerdarstellung des Projektvorhabens und einer Ergebnisverbreitung beitragen. Für die öffentlich wirksame Verbreitung des Projekts sowie der erarbeiteten Ergebnisse wurde unter <https://digit-s3ca.logu.tuhh.de/> eine Projekthomepage erstellt, welche kontinuierlich gepflegt und aktualisiert wird. Neben der Beschreibung des Projekts sind dort auch Blogbeiträge zu Zwischenergebnissen sowie das Entscheidungswerkzeug "digiT-S3CA" veröffentlicht worden.

Neben der Präsentation der Projektergebnisse auf Veranstaltungen wurden die folgenden Veröffentlichungen erstellt:

Harbich, Hannah-Deborah; von See, Birgit; Lodemann, Sebastian; Kuhnle, Rebecca; Kersten, Wolfgang (2021). Digital scope 3 carbon accounting. vision, challenges, and future direction. In Biedermann, Hubert and Posch, Wolfgang and Vorbach, Stefan (Hrsg.) *Digitalisierung im Kontext von Nachhaltigkeit und Klimawandel* Rainer Hampp Verlag: München, S. 41-56.

Harbich, Hannah-Deborah; Schnelle, Johannes; Kersten, Wolfgang (2023). Potenziale digitaler Technologien im Scope 3-Carbon Accounting. In: *Industrie 4.0 Management* 39 (2), S. 29-32.

Harbich, Hannah-Deborah; Kersten, Wolfgang (2023): The Influence of Information on Scope 3 Carbon Accounting. An Information Behavior Perspective. In: W. Semar (Hrsg.): *Nachhaltige Information — Information für Nachhaltigkeit*. Tagungsband des 17. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 2023), Chur, Schweiz, 7.—9. November 2023. Glückstadt: Verlag Werner Hülsbusch, S. 352—366. DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10009338>

Gegenüberstellung der durchgeführten Arbeiten und des Ergebnisses mit den Zielen

Im Folgenden werden die geplanten Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete mit den tatsächlich erreichten Ergebnissen verglichen sowie eine Bewertung vorgenommen, ob eine entsprechende Übereinstimmung festgestellt werden kann (siehe Tabelle 39).

Tabelle 39: Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

Arbeitspaket	Ziel	Erreichte Ergebnisse	Bewertung
AP 1: Ermittlung des Umsetzungsstands von Scope 3 Carbon Accounting	Empirische Fundierung des zu entwickelnden Konzepts	Auf Basis von 19 branchenübergreifenden Interviews wurde der aktuelle Umsetzungsstand von Scope 3 Carbon Accounting ermittelt und die Bedarfe, Treiber, Barrieren sowie Handlungsfelder und genutzte digitale Technologien identifiziert.	Das Ziel wurde erreicht.
AP 2: Ableitung von Anforderungen der KMU an das Scope 3 Carbon Accounting	Ableitung von Anforderungen der KMU an das Scope 3 Carbon Accounting	Aus dem Umsetzungsstand wurden Schwachstellen im aktuellen Scope 3 Carbon Accounting identifiziert und Anforderungen an das optimierte Scope 3 Carbon Accounting abgeleitet, in eine Anforderungskatalog überführt und in einem Workshop bewertet. Aus den Erkenntnissen konnten anschließend Gestaltungsideen zukünftiger Systeme konzipiert werden.	Das Ziel wurde erreicht.
AP 3: Identifikation und Bewertung von digitalen Technologien zur Unterstützung des Scope 3 Carbon Accountings in KMU	Unterstützung der KMU bei der Auswahl geeigneter, digitaler Technologien	Angelehnt an das Technologie-Portfolio wurden die Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien branchenspezifisch auf Basis technischer, sozialer und wirtschaftlicher Restriktionen	Das Ziel wurde erreicht.

Arbeitspaket	Ziel	Erreichte Ergebnisse	Bewertung
		systematisch analysiert und aufgearbeitet.	
AP 4: Entwicklung eines Umsetzungs-Konzepts für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting in KMU	Entwicklung eines Umsetzungs-Konzepts für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting	Die Erkenntnisse aus AP2 und AP3 wurden in ein ganzheitliches Umsetzungs-konzept zur Einbindung digitaler Technologien im Scope 3 Carbon Accounting überführt. Begleitende Leitfäden helfen bei der situationspezifischen Identifikation von Einsatzpotenzialen digitaler Technologien. Das Konzept wurde in Workshops mit Unternehmensvertretern ausdifferenziert und im PA evaluiert.	Das Ziel wurde erreicht.
AP 5: Überführung des Konzepts in einen webbasierten Demonstrator	Verfügbarmachung der entwickelten Vorgehensweisen über einen webbasierten Demonstrator	Das evaluierte Konzept wurde in einen webbasierten Demonstrator überführt, der KMU bei der Entscheidung und der zielführenden Einbindung digitaler Technologien im Scope 3 Carbon Accounting unterstützt. Er umfasst dabei sämtliche Teilergebnisse aus den vorherigen APs.	Das Ziel wurde erreicht.
AP 6: Umsetzung und Validierung des webbasierten Demonstrators in KMU	Umsetzung und Validierung des webbasierten Demonstrators (inkl. Inhalte)	Das entsprechende Entscheidungswerkzeug wurde auf Basis einer Validierung in mehreren Workshops getestet und weiterentwickelt. Er steht für interessierte Unternehmen zur Verfügung.	Das Ziel wurde erreicht.
AP 7: Projektmanagement, Dokumentation und Ergebnistransfer	Sicherstellung des Projekterfolgs und der	Das Projekt wurde organisiert und strukturiert.	Das Ziel wurde erreicht.

Arbeitspaket	Ziel	Erreichte Ergebnisse	Bewertung
	effektiven Ergebnisverbreitung	Es wurden diverse Vorträge, Veranstaltungen und Treffen abgehalten sowie die Ergebnisse durch Publikationen verbreitet.	

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sowohl die geplanten Teilziele als auch das Gesamtziel des Forschungsprojekts vollständig erreicht wurden.

Verwendung der Zuwendungen

Die angespannte Situation bei der Anwerbung von qualifiziertem Personal bedingte die geringere Verwendung von Projektmitteln und Personenmonaten gegenüber dem Projektplan 2021 und 2022. Im Projektjahr 2023 konnte dies durch eine kostenneutrale Verlängerung kompensiert werden.

Im Einzelnen wurden folgendes wissenschaftlich-technisches Personal benötigt:

- in 2021: 1,5 Personenmonate
- in 2022: 11,28 Personenmonate
- in 2023: 10,71 Personenmonate

In Summe: 23,49 Personenmonate

Geräte wurden nicht beschafft.

Leistungen Dritter wurden nicht in Anspruch genommen.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Transformation zu einer dekarbonisierten Weltwirtschaft erfordert ein radikales Umdenken vieler Unternehmen und die konsequente Reduzierung, sowie Erfassung der Emissionen. Durch gestiegenen gesellschaftlichen Druck und zunehmender staatlicher Regulierung unter anderem zur Nachhaltigkeitsberichterstattung rücken zunehmend auch die entstandenen Emissionen in den von KMU geprägten Lieferketten in den Fokus. Hierfür werden die Nachweise über Emissionen in der Supply Chain von Lieferanten, Kunden und Partnern des fokalen Unternehmens zunehmend notwendig. Besonders bei logistikintensiven Branchen ist die Erfassung, Bewertung und Überwachung von Scope 3 Emissionen für Unternehmen herausfordernd und wird zudem häufig durch die knappen zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcen von KMU erschwert. Mithilfe der Potenziale digitaler Technologien kann diesen Herausforderungen begegnet und Unternehmen beim Scope 3 Carbon Accounting unterstützt werden. Im Rahmen des Projektes sollten Lösungsansätze zur Einbindung digitaler Technologien in Scope 3 Carbon Accounting entwickelt werden, so dass die Herausforderungen für KMU minimiert und Einsatzmöglichkeiten dieser Technologien aufgezeigt werden.

Zunächst wurde dafür in Arbeitspaket (AP) 1 der aktuelle Umsetzungsstand von Scope 3 Carbon Accounting mit Hilfe einer Interview-Studie ermittelt. Auf dieser Basis wurden im AP 2 Anforderungen der KMU an das Scope 3 Carbon Accounting abgeleitet. Ebenfalls auf Grundlage der Ergebnisse von AP 1 wurden in AP 3 digitale Technologien zur Unterstützung des Scope 3 Carbon Accountings identifiziert und bewertet, welche Einsatzmöglichkeiten sich jeweils ergeben. In AP 4 wurden daraufhin die Ergebnisse aus AP 2 und AP 3 in ein ganzheitliches Umsetzungs-Konzept zur Einbindung digitaler Technologien im Scope 3 Carbon Accounting überführt. Dieses Konzept wurde in AP 5 in einen webbasierten Demonstrator überführt und greift dabei auf die Vorarbeiten der vorgelagerten AP zurück. Das AP 6 diente abschließend der Umsetzung und Validierung des webbasierten Demonstrators in KMU im Rahmen von Workshops mit Unternehmensvertretern, um den Einsatz und die Nutzbarkeit des Demonstrators zu evaluieren und Anpassungen vorzunehmen.

Für die Entwicklung dieser Ergebnisse und deren Aggregation im Rahmen des AP 6 wurde eine wissenschaftliche Mitarbeiterin beschäftigt. Diese wurden an geeigneter Stelle durch studentische Hilfskräfte unterstützt. Die geleistete Arbeit entspricht der im Rahmen des Projekts beantragten und bewilligten Arbeit und war deswegen für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Speziell die erste Phase des Projekts stand unter dem Einfluss der Corona-Pandemie. Veranstaltungen konnten deswegen nicht auf die gewohnte und bei der Beantragung erwartete Art stattfinden. Projektbegleitende Ausschüsse, Vorträge, Interviews und Workshops wurden in der Regel online durchgeführt, um die Gesundheit der Projektmitarbeiterin und der externen Gäste nicht zu gefährden. Trotz dieser mitunter schwierigen Rahmenbedingungen konnten die Arbeiten im Rahmen des Projekts erfolgreich durchgeführt werden.

Innovativer Beitrag der Forschungsergebnisse

Die Forschungsergebnisse stellen eine Einordnung der Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien im Scope 3 Carbon Accounting dar. Der innovative Beitrag des Projekts liegt dabei in drei Bereichen. Erstens wurden auf Basis von Experten-Interviews die Anforderungen im Allgemeinen und im Besonderen von KMU an das Scope 3 Carbon Accounting erhoben und entsprechende exemplarische Anwendungsverläufe aufbereitet. Zweitens wurde auf Basis dieser Anforderungen ein Konzept für die Bewertung von digitalen Technologien zur Unterstützung des Scope 3 Carbon Accounting in KMU erstellt, mit dessen Hilfe KMU bei der Auswahl geeigneter, digitaler Technologien unterstützt werden können. Drittens wurden die gewonnenen Erkenntnisse aus Workshops und Interviews in ein ganzheitliches Umsetzungskonzept zur Einbindung digitaler Technologien im Scope 3 Carbon Accounting in Form eines Leitfadens überführt. Dieser bietet für Unternehmen eine Grundlage, um selbstständig Einsatzpotenziale von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting identifizieren zu können.

Diese Erkenntnisse stellen deswegen nicht nur einen Beitrag zum Stand der Forschung dar, sondern sind auch für die Praxis sehr relevant.

Der entwickelte umfangreiche webbasierte Demonstrator gibt KMU die Gelegenheit, erste Orientierung zum Einsatz digitaler Technologien im Scope 3 Carbon Accounting zu erhalten und strukturiert realistische Einsatzmöglichkeiten dieser Technologien zu identifizieren und zu bewerten. Der Demonstrator bietet dabei eine Entscheidungshilfe in Form einer stufenweisen Auswahl geeigneter Technologien für die Integration von Scope 3 Carbon Accounting in das Unternehmen an. Ein derartiger webbasierter Demonstrator hat bisher nicht existiert und leistet somit einen wichtigen Beitrag für KMU auf dem Weg zu einem umfassenden Scope 3 Carbon Accounting.

Die Projektergebnisse wurden und werden sowohl den am Projekt beteiligten Unternehmen als auch über die entwickelte Projektwebsite allen interessierten Unternehmen (auch über den projektbegleitenden Ausschuss hinaus) zur Verfügung gestellt.

Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsvorhabens für kleine und mittlere Unternehmen

Das Scope 3 Carbon Accounting gewinnt für Unternehmen zunehmend an Bedeutung. Die Erfassung und Berichterstattung von Scope 3-Emissionen ist integraler Bestandteil einer umfassenden Nachhaltigkeitsstrategie, um Transparenz zu schaffen und wirksame Dekarbonisierungsmaßnahmen zu ermöglichen. Verstärkt wird die Bedeutung von Scope 3 Carbon Accounting durch die Tatsache, dass Emissionen aus vor- und nachgelagerten Aktivitäten der Wertschöpfungskette einen erheblichen Anteil am gesamten CO₂-Fußabdruck eines Unternehmens ausmachen können. Durch Nachhaltigkeitsanforderungen von Großunternehmen an ihre Lieferanten, steigt auch der Druck auf KMU entlang der Lieferkette. Entsprechend müssen KMU damit beginnen die eigenen Emissionen (Scope 1 und 2) zu bilanzieren. Da jedoch komplexe Supply Chains über Tier 1 hinausgehen, werden auch KMU entlang des Werkschöpfungsnetzwerkes vorgelagerte Lieferanten in die Bilanzierung (Scope 3) aufnehmen müssen, so dass der Endprodukthersteller die Emissionen von all seinen Lieferanten berücksichtigen kann.

Die Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting gestaltet sich in der Praxis schwierig, da sich KMU neben begrenzten personellen und finanziellen Ressourcen auch mit dem eingeschränkten Zugang zu verlässlichen Informationen und Daten über Emissionen konfrontiert sehen. Entsprechend sollen geeignete digitale Lösungsansätze das Scope 3 Carbon Accounting unterstützen. So sollen digitale Technologien das Identifizieren von Scope 3-Emissionsquellen, das Auswählen von Berechnungsmethoden und auch die Datenerfassung sowie -analyse vereinfachen.

Die Forschungsergebnisse und vor allem deren Zusammenfassung im Rahmen des webbasierten Demonstrators können die Potenziale digitaler Technologien in das Scope 3 Carbon Accounting für KMU zugänglich machen und die entsprechende Auswahl unterstützen. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse nach Projektende eine Basis für weitere Aktivitäten in der Praxis bilden werden.

Der Ansatz eines webbasierten Demonstrators zur Ergebniszusammenfassung und -bereitstellung wurde gewählt, da bei der Konzeption des Forschungsvorhabens besonderer Wert auf eine möglichst direkte Anwendbarkeit in der Praxis gelegt wurde. Dieses besteht aus einer Entscheidungshilfe, die Unternehmen dabei unterstützt, sich zum Thema Scope 3 Carbon Accounting zu orientieren. Ziel war es, Unternehmen und speziell KMU die Möglichkeiten von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting aufzuzeigen, sowie bei der Nutzung digitaler Technologien zur Erfassung und Berechnung von Scope 3-Emissionen unabhängig von den Erfahrungswerten bei der Integration von Scope 3 Carbon Accounting zu unterstützen. Mithilfe einer stufenweisen Auswahl geeigneter Technologien für die Integration von Scope 3 Carbon Accounting können Unternehmen bei ihrer Entscheidung unterstützt werden, ohne sich in die Vielzahl möglicher Technologien und deren Einsatzgebiete mit großem Aufwand im Detail einarbeiten zu müssen. Durch den Abbau dieser bekannten Barriere zwischen Forschungsprojekten und Praxis wird die Verbreitung in der Praxis zusätzlich unterstützt.

Der umfassende Transfer der Projektergebnisse in die Wirtschaft leistet hierzu einen wesentlichen Beitrag. Unternehmen werden aufgrund der einfachen Zugänglichkeit und Anwendbarkeit durch den webbasierten Demonstrator und der damit verbundenen Übersicht über die Projektergebnisse einfach in das Thema Scope 3 Carbon Accounting einsteigen können. Aufgrund der praktischen Relevanz der Fragestellung ist mit der Anwendung der Entscheidungshilfe für bis zu 3 bis 5 Jahre nach Projektende zu rechnen. Die erarbeitete Herangehensweise an das Thema

Scope 3 Carbon Accounting und die Nutzung unterstützender digitaler Technologien ist in diversen Branchen einsetzbar. Somit kann mittel- bis langfristig ein wirtschaftlicher Erfolg in einer Vielzahl von KMU erwartet werden.

Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU

Scope 3 Carbon Accounting mit Hilfe digitaler Technologien kann einen entscheidenden Beitrag zur Erhaltung und Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit insbesondere von KMU leisten. Doch aufgrund der hohen Kosten und des großen Risikos von Entscheidungen zur Investition in die dafür nötige Technologie scheuen Unternehmen diese Investitionen in entsprechendem Maße.

Der im Forschungsprojekt entwickelte webbasierte Demonstrator bietet einen Einstieg und erste Orientierung im Themenbereich des Scope 3 Carbon Accounting. Die bereitgestellte Entscheidungshilfe ermöglicht den Unternehmen, eine objektive Bewertung über die Eignung digitaler Technologien für ihre speziellen Anforderungen im Scope 3 Carbon Accounting vorzunehmen. Darauf aufbauend können Unternehmen frühzeitig Handlungsmaßnahmen für sich identifizieren und mit der Umsetzung beginnen. Mithilfe der Abkürzung des Prozesses zur Generierung von Informationen und der Unterstützung im Entscheidungsprozess kann ein ökonomischeres Kosten-Nutzen-Verhältnis und ein kalkulierbareres Risiko erzielt werden.

Aussagen zur voraussichtlichen industriellen Umsetzung der Ergebnisse nach Projektende

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes stellen einen effektiven und effizienten webbasierten Demonstrator zur Verfügung, um sich über das Thema „Scope 3 Carbon Accounting“ zu informieren, Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien zur Unterstützung des Scope 3 Carbon Accountings aufzuzeigen und Unternehmen bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen. Die erzielten Forschungsergebnisse können für den schnellen Einsatz in der Industrie genutzt werden.

Wirtschaftliche / technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Die identifizierten Einsatzbereiche digitaler Technologien zur Unterstützung des Scope 3 Carbon Accountings haben gezeigt, dass die Implementierung des webbasierten Demonstrators weitreichende Orientierung für Unternehmen mit sich bringt (Arbeitspakete 5 und 6). Durch die Aufbereitung der Forschungsergebnisse im Abschlussbericht sowie die Bereitstellung des webbasierten Demonstrators sollen weitere Unternehmen für die Notwendigkeit des Scope 3 Carbon Accountings und die Potenziale digitaler Technologien zur Unterstützung sensibilisiert werden. Es ist gewünscht, dass die Nutzer auch nach Projektende den webbasierten Demonstrator verwenden und aktiv Fragen zur Weiterentwicklung einreichen. Der Demonstrator wird daher auch nach Projektende aktiv vom Mittelstand Digital Zentrum Hamburg beworben. Aufgrund des kontinuierlichen Bedarfs an Orientierung im Bereich des Scope 3 Carbon Accounting gerade im Hinblick auf die wachsenden Anforderungen im Bereich der Nachhaltigkeitsberichterstattung ist mit der Anwendung des Demonstrators bis zu 3-5 Jahre nach Projektende zu rechnen.

Einschätzung der Finanzierbarkeit einer anschließenden industriellen Umsetzung

Die im Projekt identifizierten digitalen Technologien zur Unterstützung des Scope 3 Carbon Accountings wurden mit Experten aus der Praxis gemeinsam hinsichtlich möglicher Einsatzbereiche bewertet und validiert. Anschließend erfolgte eine Übertragung der Projektergebnisse in einen webbasierten Demonstrator. Durch die kontinuierliche Einbeziehung von Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses konnte die Anwendungsorientierung und Praxistauglichkeit sichergestellt und über eine Validierung in Rahmen von Workshops bestätigt werden.

Die Verwendung des Demonstrators ermöglicht Unternehmen und insbesondere KMU einen aufwandsarmen Einstieg in den Bereich des Scope 3 Carbon Accountings. Durch die webbasierte Aufbereitung und Bereitstellung sind für die erste Orientierung keinerlei Investitionen in Personal oder Wissensgenerierung notwendig. Für die Verwendung der Projektergebnisse sind für die Unternehmen im Rahmen einer Umsetzung von Scope 3 Carbon Accounting ggf. Investitionen in einzelne digitale Technologien erforderlich, soweit diese noch nicht vorhanden sind.

Transfermaßnahmen und Veröffentlichungen

Tabelle 40: Transfermaßnahmen während der Projektlaufzeit

Maßnahme	Ziel	Ort / Rahmen	Datum / Zeitraum
<i>Erstellung einer Internetpräsenz für das Projekt</i>	Gewinn zusätzlicher Unternehmenskontakte, zentrale Bereitstellung von Informationen zum Projekt, Veröffentlichung von (Teil-)Ergebnissen	Internetpräsenz unter eigenständiger Domain	Die Internetpräsenz ist unter https://digit-s3ca.logu.tuhh.de/ zu erreichen und enthält zentrale Informationen über das Projekt, die kontinuierlich fortgeschrieben werden.
<i>Blogbeiträge</i>	Veröffentlichung von (Teil-)Ergebnissen, Gewinn zusätzlicher Unternehmenskontakte, Stärkung der Sichtbarkeit des Projekts	Nutzung der Plattform „Medium.com“ zur Erstellung eines international zugänglichen Blogs, ggf. Gastbeiträge in themenbezogenen Blogs	Der Blog wurde unter https://medium.com/@digiT-S3CA eingerichtet. 3 Blogbeiträge wurden erstellt; weiterführende Inhalte wurden bewusst auf der Projektwebseite in umfangreicherer Form eingebunden: <ul style="list-style-type: none"> • Development of a Concept for the Use of Digital Technologies in Scope 3 Carbon Accounting • An analysis of sustainability reports of SMEs based on the German Sustainability Code with a focus on GHG emissions • Opportunities and Challenges of Industry 4.0 Technologies for Scope 3 Emissions Savings in SMEs
<i>Vorstellung des Projektes auf praxisorientierten Veranstaltungen durch Vorträge und ggf. Poster</i>	Veröffentlichung von (Teil-)Ergebnissen, Gewinn zusätzlicher Unternehmenskontakte, Stärkung der Sichtbarkeit des Projekts	Besuch von Veranstaltungen ähnlicher Interessensgruppen	<ul style="list-style-type: none"> • Vortrag auf der Hamburg International Conference of Logistic am 22.09.2022 mit dem Titel “Can deficiencies in Scope 3 Carbon Accounting be overcome?” • Webinar im Rahmen der Regionalgruppe Hamburg der BVL am 15.12.2022 mit dem Titel „Die Rolle von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting“ • Weitere Vorträge in 2022 und 2023 auf gemeinsamen Veranstaltungen mit dem Mittelstand-Digital Zentrum (siehe übernächste Zeile)
<i>Einbeziehung relevanter Multiplikatoren</i>	Weitere Verbreitung der Forschungsergebnisse sowie Ansprache von weiteren interessierten Unternehmen, Stärkung der Sichtbarkeit des Projekts	Ansprache im Rahmen der Bearbeitung der Arbeitspakete und gemeinsame Verbreitung der Ergebnisse	Regelmäßige Einbeziehung des Mittelstand-Digital Zentrum als Multiplikator; Vorträge und Workshops; ergänzend hat das Mittelstand-Digital Zentrum am dritten PA teilgenommen.

Maßnahme	Ziel	Ort / Rahmen	Datum / Zeitraum
<i>Gemeinsame Veranstaltungen mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hamburg</i>	Weitere Verbreitung der Forschungsergebnisse, Ansprache von weiteren interessierten Unternehmen sowie ggf. Anstoß von Implementierungsprojekten im Rahmen des Kompetenzzentrums	Einbindung in passende Veranstaltungen im Rahmen der Angebote für den norddeutschen Raum	<ul style="list-style-type: none"> • 31.03.2022: Das Klima schützen mit Wertschöpfungsketten? (Vortrag) • 24.06.2022 (Digitaltag): Das Klima schützen durch Digitalisierung? Ein Impulsvortrag über das Carbon Accounting entlang der Wertschöpfungskette (Vortrag) • 24.05.2023: Digitale Ansätze zur Umsetzung von Carbon Accounting entlang der Wertschöpfungskette (Workshop) • 04.04.2023: Carbon Accounting: Wie die Digitalisierung Ihnen bei der Ermittlung der Emissionen in der Lieferkette helfen kann (Vortrag) • 22.06.2023: Wie unterstützt die Digitalisierung die Erfassung von Emissionen in Lieferketten? (Vortrag) • 08.08.2023: CO₂-Emissionen einfach digital erfassen – wir zeigen Ihnen wie! (Workshop)
<i>Verfassen von praxisnahen Zeitschriftenbeiträgen</i>	Praxisorientierte Bereitstellung von (Teil-)Ergebnissen für interessierte Praktiker, Aufzeigen möglicher Implikationen der Ergebnisse	Praxisnahe Zeitschriften mit entsprechender Ausrichtung, (bspw. Industrie 4.0 Management, ZWF, DVZ, Logistik Heute)	Veröffentlichung eines Artikels im Industrie 4.0 Management 2023: <i>Harbich, Hannah-Deborah; Schnelle, Johannes; Kersten, Wolfgang (2023). Potenziale digitaler Technologien im Scope 3-Carbon Accounting. In: Industrie 4.0 Management 39 (2), S. 29-32.</i>
<i>Verfassen von wissenschaftlichen Beiträgen</i>	Verbreitung von (Teil-)Ergebnissen innerhalb der Wissenschaft, nach Möglichkeit Open Access	Veröffentlichung bei der Hamburg International Conference of Logistics, über SSRN sowie in ausgewählten Journals	<ul style="list-style-type: none"> • Veröffentlichung in der Reihe „Sustainability Management for Industries“ im Rahmen des 9. SMI-Kongresses in Leoben: <i>Harbich, Hannah-Deborah; von See, Birgit; Lodemann, Sebastian; Kuhnle, Rebecca; Kersten, Wolfgang (2021). Digital scope 3 carbon accounting. vision, challenges, and future direction. In Biedermann, Hubert and Posch, Wolfgang and Vorbach, Stefan (Hrsg.) Digitalisierung im Kontext von Nachhaltigkeit und Klimawandel Rainer Hampp Verlag: München, S. 41-56.</i> • Veröffentlichung im Konferenzband des 17. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 2023):

Maßnahme	Ziel	Ort / Rahmen	Datum / Zeitraum
			<p>Harbich, Hannah-Deborah; Kersten, Wolfgang (2023): <i>The Influence of Information on Scope 3 Carbon Accounting. An Information Behavior Perspective</i>. In: W. Semar (Hrsg.): <i>Nachhaltige Information — Information für Nachhaltigkeit. Tagungsband des 17. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 2023)</i>, Chur, Schweiz, 7.—9. November 2023. Glückstadt: Verlag Werner Hülsbusch, S. 352—366. DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10009338</p>
<i>Beiträge in Social Networks</i>	Verbreitung der Projektergebnisse innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft und der Praxis, Stimulation von Diskussionen	Über Researchgate.de, LinkedIn und XING	<ul style="list-style-type: none"> • Das Projekt wurde unter https://www.researchgate.net/project/digiT-S3CA-Development-of-a-concept-for-the-use-of-digital-technologies-in-scope-3-carbon-accounting aufgesetzt und fortgeschrieben • Bewerbung des Projektes über die Präsenz des LogU auf LinkedIn.
<i>Vier Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses</i>	Spiegelung der Ergebnisse mit dem PA.	Im Rahmen von Workshop-Sitzungen in den Forschungsstellen	<p>Die Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses haben an folgenden Terminen stattgefunden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 08.10.2021 • 26.04.2022 • 05.12.2022 • 29.11.2023 <p>Aufgrund der Pandemielage wurde für alle Termine das Format einer digitalen Veranstaltung gewählt, was aufgrund entfallender Reisetätigkeiten den Kreis für weitere Interessierte aus ganz Deutschland öffnete.</p>

Tabelle 41: Transfermaßnahmen nach Abschluss des Vorhabens

Maßnahme	Ziel	Ort / Rahmen	Datum / Zeitraum
<i>Pflege und Weiterentwicklung des webbasierten Vorgehens</i>	Weiterverfolgung der vorgestellten Handlungsoptionen und Methoden	Während des Projekts erstellter webbasierter Demonstrator wird weiter betreut.	Derzeit bis 2 Jahre nach Projektende geplant
<i>Pflege der Internetpräsenz des Projekts</i>	Verbreitung der Projektergebnisse für Praktiker und Wissenschaftler	Während des Projekts gewählte Domain wird weiter betreut	Die Internetpräsenz ist unter https://digit-s3ca.logu.tuhh.de/ zu erreichen. Derzeit bis 3 Jahre nach Projektende geplant.
<i>Integration in die Lehre</i>	Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse bei zukünftigen Führungskräften aus verschiedenen Studiengängen	Vorlesungen und Seminare zum Supply-Chain-Management und Nachhaltigkeit in den entsprechenden Programmen der TUHH	Integration des Themas Scope 3 Carbon Accounting in die Vorlesung „Supply Chain Management“ in den Master-Studiengängen Internationales Wirtschaftsingenieurwesen und Logistik, Infrastruktur und Mobilität
<i>Detaillierung der Analyse und Weiterentwicklung des Konzepts</i>	Erweiterung der Analyse und Konzeptionierung	Dissertation an der Technischen Universität Hamburg, nach Möglichkeit Open Access	Derzeit bis 3 Jahre nach Projektende geplant
<i>Veröffentlichung und Verbreitung des Schlussberichtes</i>	Möglichst großflächige Verbreitung der im Schlussbericht dargelegten Methoden und Ergebnisse	Gemeinsam mit der Forschungsvereinigung IUTA über Newsletter und die Bereitstellung auf der IUTA Homepage, Bereitstellung auf der Projektinternetseite sowie auf der Internetseite der TUHH	Im Rahmen des Projektabschlusses

Durchführende Forschungsstelle

Das **Institut für Logistik und Unternehmensführung (LogU) an der Technischen Universität Hamburg (TUHH)** unter der Leitung von Professor Dr. Dr. h. c. Wolfgang Kersten fokussiert im Rahmen seiner Forschung besonders die Digitalisierung in Produktion, Logistik und Supply Chain Management sowie das Nachhaltigkeitsmanagement in Verbindung mit Innovationsmethoden. Aktuell betreut das LogU mehrere Projekte zur Umsetzung von Digitalisierung in KMU. Darüber hinaus ist das LogU Konsortialpartner des Mittelstand-Digital Zentrums Hamburg. In den Jahren 2016, 2020 sowie 2023 führte das LogU jeweils eine groß angelegte Studie zu Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management in Kooperation mit der Bundesvereinigung Logistik e.V. durch. Sowohl das Thema Data Analytics als auch Nachhaltigkeit standen dabei 2020 sowie 2023 im Fokus der Betrachtung. In den vergangenen Jahren veröffentlichte das LogU zudem wissenschaftliche Analysen zur Entwicklung von Nachhaltigkeits-Kennzahlen. Das Institut ist u. a. in der Kommission Produktionswirtschaft des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft, in der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation vertreten und hat zahlreiche durch das BMWK geförderte Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) sowie Projekte des BMBF, des BMDV und der EU erfolgreich realisiert.

Forschungsstelle	Technische Universität Hamburg Institut für Logistik und Unternehmensführung
Institutsleiter	Prof. Dr. Dr. h. c. Wolfgang Kersten
Projektleiterin	Hannah-Deborah Harbich, M.Sc.
Anschrift	Am Schwarzenberg-Campus 4, 21073 Hamburg Tel.: +49 40 42878-3525, E-Mail: logu@tuhh.de

Literaturverzeichnis

- Asif, M. S., Lau, H., Nakandala, D., Fan, Y. & Hurriyet, H. (2022).** Case study research of green life cycle model for the evaluation and reduction of scope 3 emissions in food supply chains. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, S. 1050–1066. Verfügbar unter: <https://researchdirect.westernsydney.edu.au/islandora/object/uws%3A62947>. <https://researchdirect.westernsydney.edu.au/islandora/object/uws%3A62947>, 29(4).
- Bauernhansl, T., Emmrich, V., Paulus-Rohmer, D., Döbele, M., Schatz, A. & Weskamp, M. (2015).** *Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0*. Verfügbar unter: <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/bc066ea8-8b19-4653-90d0-2e31bbe93848/details>, zuletzt geprüft am 24. April 2024.
- Beier, G., Niehoff, S. & Xue, B. (2018).** More Sustainability in Industry through Industrial Internet of Things? *Applied Sciences*, 8(2), S. 219–219.
- Blanco, C., Caro, F. & Corbett, C. J. (2016).** The state of supply chain carbon footprinting: analysis of CDP disclosures by US firms. *Journal of Cleaner Production*, S. 1189–1197. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616308095>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616308095>, 135.
- BMUB. (2017).** *Schritt für Schritt zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement. Praxisleitfaden für Unternehmen*. [online]. Verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/leitfaden_nachhaltige_lieferkette_bf.pdf, zuletzt geprüft am 19. Januar 2024.
- Broy, M. (2021).** *Einführung in die Softwaretechnik. [e-book]*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6676212>.
- Buchenau, M.-W., Menzel, S., Müller, A. & Tyborski, R. (2019).** CO₂-Pläne der Autobauer gefährden Zulieferer. *Handelsblatt*, 2019. Verfügbar unter: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/automobilbranche-co2-plaene-der-autobauer-gefaehrden-zulieferer/25303842.html?ticket=ST-4697648-lilKCI7Rlewav14CCUwp-ap6>.
- Bütow, K., Davina König, L. & Vötsch, M. (2022).** *Softwarelösungen für das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement. Potenziale, Herausforderungen und Handlungsempfehlungen*. [online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/softwareloesungen-fuer-das-umwelt-0>, zuletzt geprüft am 17. April 2024.
- Cole, R., Stevenson, M. & Aitken, J. (2019).** Blockchain technology: implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, S. 469–483. Verfügbar unter: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SCM-09-2018-0309/full/pdf>.
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. (2014).** *Future Business Clouds. Cloud Computing am Standort Deutschland zwischen Anforderungen, nationalen Aktivitäten und internationalem Wettbewerb. [e-book]*. München: Utz. Verfügbar unter: <https://www.worldcat.org/oclc/890015285>. <https://www.worldcat.org/oclc/890015285>.

- Deutsche Post DHL Group. (2019).** *Nachhaltigkeitsbericht 2019*. Verfügbar unter: <https://group.dhl.com/content/dam/deutschepostdhl/de/media-center/responsibility/dpdhl-nachhaltigkeitsbericht-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 16. Januar 2024.
- Eckerman, J., Clémençon-Charles, E. & Brinton, S. (2023).** Decarbonizing Utility Supply Chains. *Climate and Energy*, S. 9–16. Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gas.22343>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gas.22343>, 39(10).
- Eitelwein, O. & Goretzki, L. (2010).** Carbon Controlling und Accounting erfolgreich implementieren — Status Quo und Ausblick. *Controlling & Management*, 54(1), S. 23–31.
- Elkington, J. (1999).** Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business. *Choice Reviews Online*, 36(07), 36-3997-36-3997.
- Farsan Alexander. (2020).** *Smoothing the way for small and medium-sized businesses to set science-based climate targets*. [online]. Verfügbar unter: https://wwf.panda.org/wwf_news/?362371/Small-medium-businesses-science-based-climate-targets, zuletzt geprüft am 16. Januar 2024.
- Farsan, A., Chang, A., Kerkhof, A., Cserna, B., Yan, C., Rangel Villasana, F. & Labutong, N. (2018).** *Value Change in the Value Chain: BEST PRACTICES IN SCOPE 3 GREENHOUSE GAS MANAGEMENT*. [online]. Verfügbar unter: https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBT_Value_Chain_Report-1.pdf, zuletzt geprüft am 16. Januar 2024.
- Fawcett, S. E., Osterhaus, P., Magnan, G. M., Brau, J. C. & McCarter, M. W. (2007).** Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness. *Supply Chain Management: An International Journal*, S. 358–368. Verfügbar unter: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13598540710776935/full/pdf>. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13598540710776935/full/pdf>, 12(5).
- Feulner, G. (2017).** Global Challenges: Climate Change. *Global challenges (Hoboken, NJ)*, 1(1), S. 5–6.
- Fraunhofer IPA & Fraunhofer IAO. (2019).** *Einsatzfelder von künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld*. [online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-299707>, zuletzt geprüft am 12. April 2024.
- Garrido-Hidalgo, C., Olivares, T., Ramirez, F. & Roda-Sanchez, L. (2019).** An end-to-end Internet of Things solution for Reverse Supply Chain Management in Industry 4.0. *Comput. Ind.* Verfügbar unter: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-end-to-end-Internet-of-Things-solution-for-Chain-Garrido-Hidalgo-Olivares/7d320925e6d7cf47a740750e07f39abdc08bfed1>.
- Gemeinsam digital & Der Mittelstand BVMW e.V. (2020).** *Umfrage vom Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW) und _Gemeinsam digital: Anwendung von Künstlicher Intelligenz in KMU*. [online]. Verfügbar unter: https://www.bvmw.de/uploads/topics/Internet-und-Digitalisierung/Downloads/BVMW_KIUmfrage.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Gentermann, L. (2019).** *Blockchain in Deutschland – Einsatz, Potenziale, Herausforderungen. Studienbericht 2019*. [online]. Berlin. Verfügbar unter: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-06/190613_bitkom_studie_blockchain_2019_0.pdf, zuletzt geprüft am 1. April 2024.

- Greitemann, J., Worbs, A., Hehl, M., Schönmann, A. & Reinhart, G. (2015).** Technologieidentifikation – Methodik und Evaluation. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, S. 630–634. Verfügbar unter: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.3139/104.111415/html>.
- Gupta, C. P. & Patel, A. R. (2022).** Sustainable Supply Chain for Automotive Industry. In: . *2022 IEEE 10th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*. *2022 IEEE 10th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC) took place September 16-18, 2022 in Hyderabad, India*. Piscataway, NJ: IEEE, S. 155–160.
- Harangozo, G. & Szigeti, C. (2017).** Corporate carbon footprint analysis in practice – With a special focus on validity and reliability issues. *Journal of Cleaner Production*, 167, S. 1177–1183.
- Harbich, H.-D., Schnelle, J. & Kersten, W. (2023).** Potenziale digitaler Technologien im Scope 3-Carbon Accounting. *Industrie 4.0 Management*, 2023(02), S. 29–32.
- Harbich, H.-D., See, B. von, Lodemann, S., Kuhnle, R. & Kersten, W. (2021).** Digital Scope 3 Carbon Accounting. Vision, Challenges, and Future Direction. In: H. Biedermann, W. Posch & S. Vorbach (Hrsg.). *Digitalisierung im Kontext von Nachhaltigkeit und Klimawandel*. Augsburg: Rainer Hampp Verlag, S. 41–56.
- Herm, L. V. & Janiesch, C. (2019).** *Anforderungsanalyse für eine Kollaborationsplattform in Blockchain-basierten Wertschöpfungsnetzwerken*. [e-book]. Verfügbar unter: <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docid/18886>.
<https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docid/18886>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014).** *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change*. [online]. New York. Verfügbar unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf, zuletzt geprüft am 17. Januar 2024.
- Jetzke, T., Richter, S., Ferdinand, J.-P. & Schaat, S. (2019).** *Künstliche Intelligenz im Umweltbereich. Anwendungsbeispiele und Zukunftsperspektiven im Sinne der Nachhaltigkeit*. [online]. Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-06-04_texte_56-2019_uba_ki_fin.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Kersten, W., See, B. von, Lodemann S. & Grotemeier, C. (2020).** *Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management. Entwicklungen und Perspektiven einer nachhaltigen und digitalen Transformation*. [online]. Verfügbar unter: <https://www.bvl-trends.de/wp-content/uploads/2020/07/BVLD20-TUS-Auswertung-1.pdf>, zuletzt geprüft am 17. Januar 2024.
- Kromp-Kolb, H. (2020).** Klimakrise und die Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft. In: A. Sihneweber & F. Fischler (Hrsg.). *CSR und Klimawandel. Unternehmenspotenziale und Chancen einer nachhaltigen und klimaschonenden Wirtschaftstransformation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 21–39.
- Kube, M., Rhiemeier, J.-M., Stern, F., Erhard, J. & Dräger, S. (2016).** *Unternehmerisches Klimamanagement entlang der Wertschöpfungskette. Eine Sammlung guter Praxis*. [online]. Verfügbar unter: https://www.globalcompact.de/migrated_files/wAssets/docs/Umweltschutz/Publikationen/gute-praxis-sammlung_klimamanagement.pdf, zuletzt geprüft am 17. Januar 2024.

- Lammers, D. (2020).** Wie steht es um den unternehmerischen Klimaschutz? Eine Zustandsbeschreibung mit Handlungsempfehlungen. In: A. Sihn-Weber & F. Fischler (Hrsg.). *CSR und Klimawandel. Unternehmenspotenziale und Chancen einer nachhaltigen und klimaschonenden Wirtschaftstransformation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 191–200.
- Lee, K.-H. (2012).** Carbon accounting for supply chain management in the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, S. 83–93. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612000996>.
- Lee, K.-H. (2011).** Integrating carbon footprint into supply chain management: the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, S. 1216–1223. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611000862>.
- Lenton, T. M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W. & Schellnhuber, H. J. (2019).** Climate tipping points - too risky to bet against. *Nature*, 575(7784), S. 592–595.
- Leregger, F. (2020).** Digitalisierung und Klimawandel im Kontext der Sustainable Development Goals. In: A. Sihn-Weber & F. Fischler (Hrsg.). *CSR und Klimawandel. Unternehmenspotenziale und Chancen einer nachhaltigen und klimaschonenden Wirtschaftstransformation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 149–161.
- Martindale, W. (2022).** Connecting food supply chains. *Food Science and Technology*, S. 28–32. Verfügbar unter: https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fsat.3603_6.x.
- Matthews, H. S., Hendrickson, C. T. & Weber, C. L. (2008).** The importance of carbon footprint estimation boundaries. *Environmental science & technology*, 42(16), S. 5839–5842.
- Mayring, P. (2022).** *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 13. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.
- Melville, N. P. & Whisnant, R. (2014).** Energy and Carbon Management Systems. *Journal of Industrial Ecology*, S. 920–930. Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12135>.
- Mittelstand-Digital. (2018).** *Blockchain in der Praxis. Funktionsweise und Anwendungsfälle*. [online]. Regensburg. Verfügbar unter: <https://epub.uni-regensburg.de/37754/1/Leitfaden-Blockchain-in-der-Praxis.pdf>, zuletzt geprüft am 7. Februar 2024.
- Nulkar, G. (2014).** Does environmental sustainability matter to small and medium enterprises? Empirical evidence from India. *International Journal of Environmental Studies*, 71(4), S. 481–489.
- Pagano, D. & Krause, G. (2019).** *Umweltmanagement und Digitalisierung – Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umweltleistung*. [online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltmanagement-digitalisierung-praktische>, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Patchell, J. (2018).** Can the implications of the GHG Protocol's scope 3 standard be realized? *Journal of Cleaner Production*, S. 941–958. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306528>.

- Pee, A. de, Pinner, D., Roelofsen, O., Somers, K., Speelman, E. & Witteveen, M. (2018).** *Decarbonization of industrial sectors: the next frontier*. [online]. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>, zuletzt geprüft am 17. Januar 2024.
- Pfeiffer, W. & Dögl, R. (1990).** Das Technologie-Portfolio-Konzept zur Beherrschung der Schnittstelle Technik und Unternehmensstrategie. In: D. Hahn & B. Taylor (Hrsg.). *Strategische Unternehmensplanung / Strategische Unternehmensführung*. Heidelberg: Physica-Verlag HD, S. 254–282.
- Plas, C. (2020).** Die Behandlung von Klimaschutzthemen durch Führungskräfte mittlerer und großer Unternehmen. In: A. Sihn-Weber & F. Fischler (Hrsg.). *CSR und Klimawandel. Unternehmenspotenziale und Chancen einer nachhaltigen und klimaschonenden Wirtschaftstransformation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 523–532.
- Royo, B. (2020).** Measuring and Allocating Scope 3 GHG Emissions. *Towards User-Centric Transport in Europe 2*, S. 200–211. Verfügbar unter: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-38028-1_14.
- Rusch, M., Schöggel, J.-P. & Baumgartner, R. J. (2023).** Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review. *Business Strategy and the Environment*, S. 1159–1174. Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bse.3099>.
- Saeed, M. & Kersten, W. (2019).** Drivers of Sustainable Supply Chain Management: Identification and Classification. *Sustainability*, 11(4), S. 1137–1137.
- Schmidt, M., Nill, M. & Scholz, J. (2021).** Die Bedeutung der Lieferkette für den Klimafußabdruck von Unternehmen. *Chemie Ingenieur Technik*, 93(11), S. 1692–1706.
- Serafeim, G. & Velez Caicedo, G. (2022).** Machine Learning Models for Prediction of Scope 3 Carbon Emissions. *SSRN Electronic Journal*.
- Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R. & Friedlingstein, P. (2009).** Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(6), S. 1704–1709.
- Song, M.-L., Fisher, R., Wang, J.-L. & Cui, L.-B. (2018).** Environmental performance evaluation with big data: theories and methods. *Annals of Operations Research*, 270(1-2), S. 459–472.
- Stechemesser, K. & Guenther, E. (2012).** Carbon accounting: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 36, S. 17–38.
- Stenzel, A. & Waichman, I. (2023).** Supply-chain data sharing for scope 3 emissions. *npj Climate Action*, S. 1–7. Verfügbar unter: <https://www.nature.com/articles/s44168-023-00032-x>.
- Tang, Q. & Tang, L. M. (2019).** Toward a Distributed Carbon Ledger for Carbon Emissions Trading and Accounting for Corporate Carbon Management. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 16(1), S. 37–46.

- Tornatzky, L. G., Fleischer, M. & Chakrabarti, A. K. (1990).** *The processes of technological innovation. [e-book]*. Lexington, Mass.: Lexington Books. Verfügbar unter: <https://search.worldcat.org/de/title/20669819>. <https://search.worldcat.org/de/title/20669819>.
- Umweltbundesamt. (2020).** *Atmosphärische Treibhausgas-Konzentrationen*. [online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#kohlendioxid->, zuletzt geprüft am 17. Januar 2024.
- Vaude. (2022).** *VAUDE Klimabilanz im Überblick. Nachhaltigkeitsbericht*. Verfügbar unter: <https://nachhaltigkeitsbericht.vaude.com/gri/umwelt/klimabilanz.php>, zuletzt geprüft am 17. Januar 2024.
- VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH. (2017).** *Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 - Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes*. [online]. Verfügbar unter: https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Studien/Studie_Ressourceneffizienz_durch_Industrie_4.0.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Vihl, I., Docke, J., Poferl, P., Bütow, K., Vötsch, M., Schnabel, S. & Theis, S. (2021a).** *Factsheet Big Data & Analytics*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fs_2_big_data_analytics_210727_bf.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Vihl, I., Docke, J., Poferl, P., Bütow, K., Vötsch, M., Schnabel, S. & Theis, S. (2021b).** *Factsheet Cloud Computing*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fs_3_cloud_computing_210727_bf.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Vihl, I., Docke, J., Poferl, P., Bütow, K., Vötsch, M., Schnabel, S. & Theis, S. (2021c).** *Factsheet Digitale Plattformen*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fs_9_digitale_plattformen_210727_bf.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Vihl, I., Docke, J., Poferl, P., Bütow, K., Vötsch, M., Schnabel, S. & Theis, S. (2021d).** *Factsheet Distributed Ledger & Blockchain-Technologie*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fs_4_distributed_ledger_blockchain-technologie_210727_bf.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Vihl, I., Docke, J., Poferl, P., Bütow, K., Vötsch, M., Schnabel, S. & Theis, S. (2021e).** *Factsheet Internet of Things*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fs_10_internet_of_things_210727_bf.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Vihl, I., Docke, J., Poferl, P., Bütow, K., Vötsch, M., Schnabel, S. & Theis, S. (2021f).** *Factsheet Künstliche Intelligenz & Machine Learning*. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fs_5_kuenstliche_intelligenz_machine_learning_210727_bf.pdf, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- Viktor Peter, Kay Tidten, Dr. Paula Hahn, Yassin Bendjebbour & Geertje Stolzenburg. (2017).** *Blockchain in der Energiewirtschaft*. Berlin. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf, zuletzt geprüft am 7. Februar 2024.

- von See, B., Kersten, W. & Schwemmer, M. (2023).** *Triple Transformation: Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Resilienz als Leitlinien zukunftsfähiger Wertschöpfungsketten.*
- Ward, J. S. & Barker, A. (2013).** *Undefined By Data: A Survey of Big Data Definitions.* [online]. Verfügbar unter: <http://arxiv.org/pdf/1309.5821.pdf>, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- WBCSD. (2021).** *Pathfinder Framework. Guidance for the Accounting and Exchange of Product Life Cycle Emissions.* [online]. Verfügbar unter: <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/13299/194600/1>, zuletzt geprüft am 31. Januar 2024.
- WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. (2019).** *Hauptgutachten - Unsere gemeinsame digitale Zukunft.* [online]. Berlin. Verfügbar unter: https://issuu.com/wbgu/docs/wbgu_hg2019?fr=sM2JiOTEyNzMy, zuletzt geprüft am 24. Januar 2024.
- World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (2013).** *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions. Category 4: Upstream Transportation and Distribution.* [online]. Verfügbar unter: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf, zuletzt geprüft am 17. April 2024.
- World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (2011).** *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard.* [online]. Verfügbar unter: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf, zuletzt geprüft am 17. Januar 2024.
- Xing, K., Qian, W. & Zaman, A. (2016).** Development of a cloud-based platform for footprint assessment in green supply chain management. *Journal of Cleaner Production.* Verfügbar unter: <https://www.semanticscholar.org/paper/Development-of-a-cloud-based-platform-for-footprint-Xing-Qian/724787211ca5e25e937d0160165ae6fc300620a1>.