

DUKE – Dekarbonisierte Unternehmen mit Kreislaufwirtschaft erreichen

Produktion der Zukunft, 37. Ausschreibung – F&E Dienstleistung

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autorinnen und Autoren: Dr. Rainer Pammer (Projektleitung), Ao. Univ. Prof. Dr. DI Wolfgang Wimmer, DI Sebastian Glaser, MA Sophie Grünewald (alle TU Wien); Univ.-Prof. Mag. Dr.rer.soc.oec Karl Steininger, Stefan Nabernegg (alle Uni Graz, Kapitel 5.1)

Wien, 2022. Stand: 17. August 2022

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an III5@bmk@gv.at.

Inhalt

1 Zusammenfassung.....	5
2 Einleitung.....	7
3 Hintergrund, Zielsetzung und projektleitende Fragestellungen.....	8
3.1 Treibhausgasemissionen in Österreich.....	8
3.2 Zielsetzung und projektleitende Fragestellungen	12
3.3 Vorgehen im Projekt.....	13
4 Methodisches Vorgehen zur Entwicklung einer vereinfachten Treibhausgas- Bilanzierung von Sachgütern	14
4.1 Übersicht über Möglichkeiten zur Treibhausgas-Bilanzierung von Sachgütern	14
4.2 Ansatzpunkte für eine vereinfachte Methode zur Treibhausgas-Bilanzierung.....	16
4.3 Methode und verwendete Datenbanken für die sektorale Analyse von Treibhausgas- Emissionen.....	18
5 Ergebnisse	21
5.1 Datenbasis der sektoralen Emissionsintensitäten	21
5.1.1 Ökologische Relevanz der betrachteten Wirtschaftszweige	21
5.1.2 Ökonomische Relevanz der betrachteten Wirtschaftszweige	24
5.1.3 Auswahl der projektrelevanten Wirtschaftszweige	26
5.2 Beschreibung der Methode für die Treibhausgas-Bilanzierung von Sachgütern.....	27
5.2.1 Berechnung des produktbezogenen Treibhaus-Potentials	27
5.2.2 Erstvalidierung der kostenbasierten Methode an einfachen Produktbeispielen	30
5.2.3 Auswertung von Beschaffungs- und Kreislaufwirtschaftspotentiale	31
5.2.4 Schritte der kostenbasierten Methode	35
5.2.5 Methodischer Leitfaden für Unternehmen	42
5.3 Validierung und Anwendung der Methode an drei komplexen Fallbeispielen.....	44
5.3.1 Case study 1 – Digitales Diktiergerät	45
5.3.2 Case study 2 – Schreibtisch Pure Delta	60
5.3.3 Case study 3 – Bandsäge.....	74
5.4 Erkenntnisse und Grenzen der Anwendbarkeit der vereinfachten Methode.....	87
6 Ausblick.....	88
Tabellenverzeichnis.....	90
Abbildungsverzeichnis.....	92
Literaturverzeichnis	94
Abkürzungen.....	98

1 Zusammenfassung

Aus dem Projekt DUKE – Dekarbonisierte Unternehmen mit Kreislaufwirtschaft erreichen – geht eine vereinfachte Methode hervor, mit der österreichische Unternehmen die Treibhausgase von Sachgütern auf Basis einer Kostenstruktur ihrer Produkte bilanzieren können. Die Methode unterstützt Anwender:innen bei der Strategiefindung zur Dekarbonisierung ihrer Produkte, indem das Potential alternativer Beschaffungsvorgänge sowie das von Kreislaufwirtschaftsstrategien aufgezeigt wird, um die Treibhausgasbilanz der Sachgüterproduktion zu verringern.

Mit einem Anteil von 36,7% Prozent zählen die Industrie- und Energiesektoren zu den größten Emittenten der gesamten österreichischen Treibhausgasen (THG), womit dem Sektor eine große Hebelwirkung zur Reduktion von Emissionen zuzuschreiben ist (Umweltbundesamt, 2022a). Dieses Reduktionspotential wird im Projekt DUKE adressiert, indem eine vereinfachte Methode erarbeitet wurde, mit der Unternehmen der Sachgüterproduktion die Treibhausgasbilanz ihrer Produkte berechnen und aus dieser Verbesserungsstrategien, vor allem hinsichtlich Beschaffungsvorgänge und Kreislaufwirtschaftsstrategien, ableiten können. Diese Methode wird im weiteren Verlauf dieses Berichts als **„kostenbasierte Treibhauspotential-Bewertung – KoBa-Methode“** bezeichnet.

Auf Grundlage einer Emissionsanalyse wurden zunächst Wirtschaftszweige des Sachgütersektors hinsichtlich ihrer ökonomischen und ökologischen Relevanz bestimmt. In Abstimmung mit dem BMK wurden repräsentative Referenzprodukte aus diesen projektrelevanten Wirtschaftszweigen definiert, um in einem weiteren Schritt die KoBa-Methode zu validieren. Diese komplexen Referenzprodukte wurden im weiteren Verlauf als repräsentative Case Studies ausgearbeitet, um so die KoBa-Methode zu validieren.

Um den Anspruch der Methode, möglichst zugänglich und einfach zu sein, zu erfüllen, erfolgt die Berechnung der THG-Emissionen mittels der KoBa-Methode über die Kostenstruktur des Produktes. Etablierte, sachbilanzbasierte Methoden zur ökologischen Bewertung von Produkten wie der Product Carbon Footprint (PCF) erfordern eine umfassende Datensammlung (Stücklisten, Prozessbeschreibungen), sowie spezielle Software und tiefgehende Kompetenzen zur Durchführung der Bewertung. Die Kostenstruktur eines Produktes sind in

den Unternehmen in der Regel wesentlich leichter verfügbar und können so für eine Bewertung genutzt werden. Im Validierungsprozess des Projektes, bei dem die ausgewählten Referenzprodukte mit beiden Methodenansätzen – kosten- und sachbilanzbasiert – bewertet wurden, zeigte sich, dass die relevanten Anteile der produktbezogenen Treibhausgasbilanz in den einzelnen Lebenszyklusphasen aufgezeigt werden können. Mit der Interpretation des Umweltprofils zeigt die Methode damit richtungssicher die Potentiale, mit denen Unternehmen die Treibhausgasemissionen ihrer Sachgüter aktiv reduzieren können. Im Fokus der Verbesserungsstrategien stehen alternative Beschaffungsmaßnahmen und Kreislaufwirtschaftsstrategien.

Das Projektergebnis ist eine validierte und praxisorientierte Studie, um Unternehmen bei der Treibhausgasbilanzierung mittels einer einfachen Methode zu unterstützen. Mit der Verwertung und der Ausschöpfung relevanter Anknüpfungspunkte der Methode stellt das Projekt einen Beitrag zur Transformation der österreichischen Wirtschaft bei der Reduktion von THG-Emissionen in der industriellen Produktion dar, um nationale und internationale Klimaschutzziele zu erreichen.

2 Einleitung

Hintergrund des Projektvorhabens ist die langfristige **Ökologisierung des österreichischen Sachgütersektors**, um damit zu einer Reduktion der industriellen Emissionen beizutragen. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen der 37. Ausschreibung des Förderprogramms **Produktion der Zukunft** eine F&E Dienstleistung ausgeschrieben, mit dem Ziel, eine *„wissensbasierte Grundlage[n] für eine Ökologisierung, mit besonderem Schwerpunkt auf Dekarbonisierung und Steigerung der Kreislauffähigkeit der Wertschöpfungsketten in Unternehmen zu schaffen, einhergehend mit einem Bewusstsein für den Einfluss von Beschaffungsvorgängen auf die Treibhausgasbilanz der hergestellten Produkte [...]“* (FFG, 2021).

Zu diesem Zweck wurde im Projekt DUKE eine vereinfachte, kostenbasierte Bilanzierungsmethodik („KoBa-Methode“) als Wissensgrundlage für Unternehmen der Sachgüterproduktion entwickelt, mit der sich das Treibhaus-Potential von Gütern bilanzieren lässt. Das Projekt wurde vom Auftragnehmer dieser F&E Dienstleistung, der Forschungsgruppe Ecodesign der Technischen Universität Wien unter der Projektleitung von Dr. Rainer Pamminer durchgeführt. Das Wegener Center für Klima und Globalen Wandel der Universität Graz unter der Leitung von Univ.-Prof. Mag. Dr. rer. soc. oec. Karl W. Steininger unterstützte das Projektteam als Subauftragnehmer durch die Aufbereitung und Analyse von sektoralen Emissionsdaten.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über den Projekthintergrund und die Zielsetzung sowie die projektleitenden Fragestellungen (s. Kapitel 3). Anschließend werden die methodische Vorgangsweise zur schrittweisen Entwicklung der KoBa-Methode (s. Kapitel 4) sowie die daraus erarbeiteten Ergebnisse beschrieben und interpretiert (s. Kapitel 5). Kapitel 5 enthält auch einen methodischen Leitfaden für Unternehmen und nennt die Grenzen der Anwendbarkeit der neu entwickelten Methode. Der Bericht schließt mit einem Ausblick über derzeitige Entwicklungen und deren Einfluss auf die Sachgüterproduktion sowie die Positionierung der KoBa-Methode ab (s. Kapitel 5.2).

3 Hintergrund, Zielsetzung und projektleitende Fragestellungen

3.1 Treibhausgasemissionen in Österreich

Seit dem Jahr 1990 befinden sich Österreichs Treibhausgasemissionen auf einem weitgehend gleichbleibenden Niveau (Abbildung 1). Im Jahr 2020 konnte ein Emissionsrückgang von 79,8 Mio. (2019) auf 73,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente festgestellt werden; dieser ist jedoch auf die im Zuge der Pandemie zurückgefahrne wirtschaftliche Aktivität zurückzuführen und nicht als Ergebnis von Reduktionsbemühungen zu deuten (UBA, 2022a).

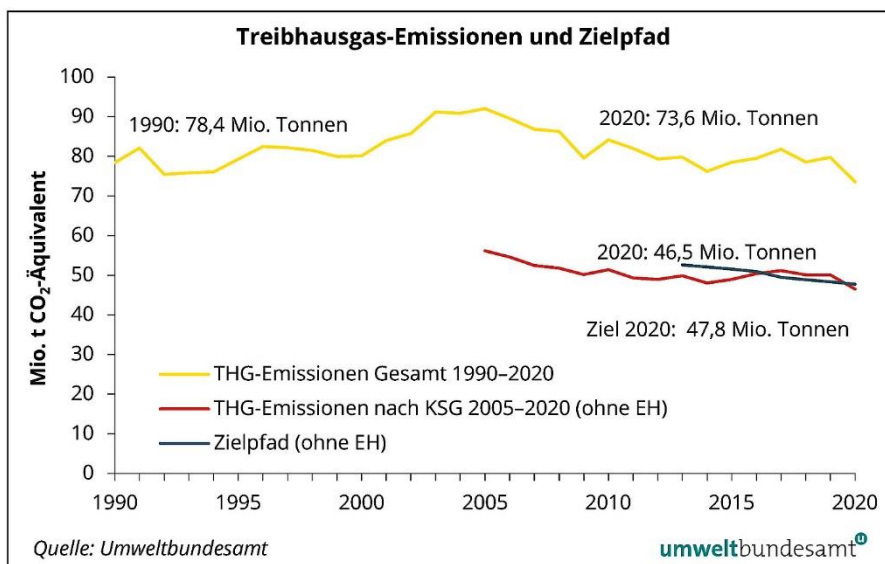


Abbildung 1: Treibhausgas-Emissionen und Zielpfad in Österreich (UBA, 2022a)

Österreich strebt bis zum Jahr 2040 Klimaneutralität an. Vorgaben der Europäischen Kommission im Rahmen der „Fit for 55“ Strategie, die eine Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 um 55% gegenüber 1990 vorsieht, haben eine Anpassung der Zielerreichungspfade zur Folge. Abbildung 2 zeigt, dass das Zwischenziel 2030 mit noch deutlicheren Anstrengungen verbunden ist – statt dem ursprünglich geltenden Emissionsrückgang von 36% ist nun ein Rückgang um 48% erforderlich, um die europäischen Zielvorgabe Fit for 55 zu erreichen.

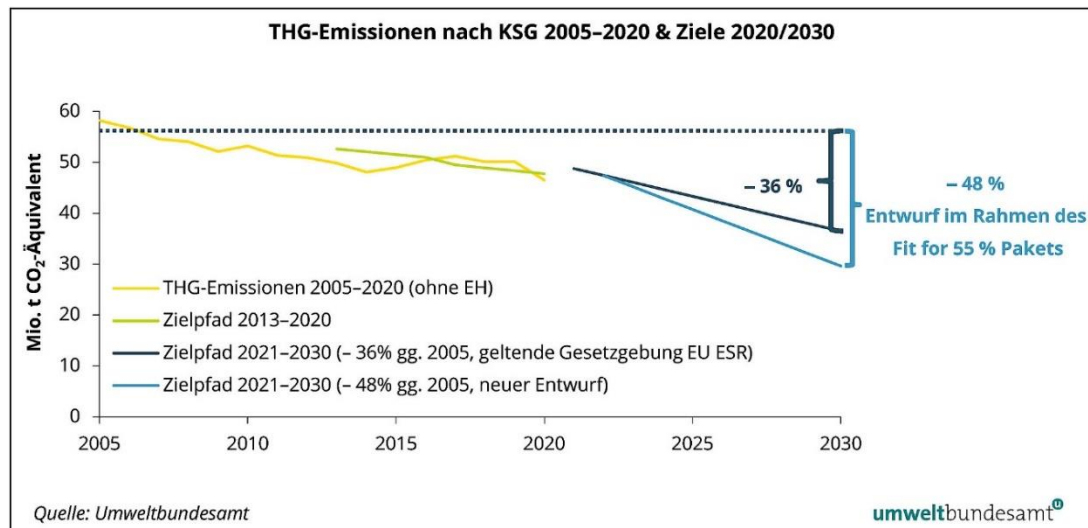


Abbildung 2: Treibhausgas-Emissionen und Zielpfade zur Erreichung von Klimaschutzzielen (UBA, 2022b)

Im Nationalen Integrierten Energie- und Klimaplan für Österreich (NEKP)¹ aus dem Jahr 2019 wurde unter Berücksichtigung der Klima- und Energieziele der Europäischen Kommission verschiedene Ziele und Maßnahmenfelder für die Dekarbonisierung festgehalten. Für einige Sektoren (darunter der Verkehrssektor) wurden bereits quantifizierte Reduktionsziele festgelegt, für andere, darunter auch der Energie- und Industriesektor, fehlen diese. Im Zuge der Fit for 55 Strategie müssen Mitgliedsstaaten der EU bis Ende Juni 2023 – zunächst als Entwurf – Anpassungen an den NEKP vornehmen, um die neue Zielarchitektur zu berücksichtigen.

Neben den derzeit noch unklar definierten Zielpfaden in der österreichischen Klimapolitik zeigt auch ein Blick auf die Treibhausgasemissionen der einzelnen Wirtschaftssektoren die Problemstellung, die wesentlich für DUKE ist. So geht aus dem Bericht „Austria’s Annual Greenhouse Gas Inventory 1990–2020“ des Umweltbundesamtes hervor, dass der Sektor der industriellen Produktion im Jahr 2020 der einzige der untersuchten Sektoren war, dessen Emissionen im Vergleich zum Referenzjahr 1990 stetig gestiegen sind, wenngleich es zu kurzzeitigen Fluktuationen² kam (s. Abbildung 3) (UBA, 2022c).

¹ https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/energie_klimaplan.html

² Hintergründe der drastischen Senkungen im Jahr 2003 sowie im Jahr 2009 sind auf die Einstellung der Primäraluminiumproduktion (2003) sowie die globale Finanzkrise (2009) zurückzuführen.

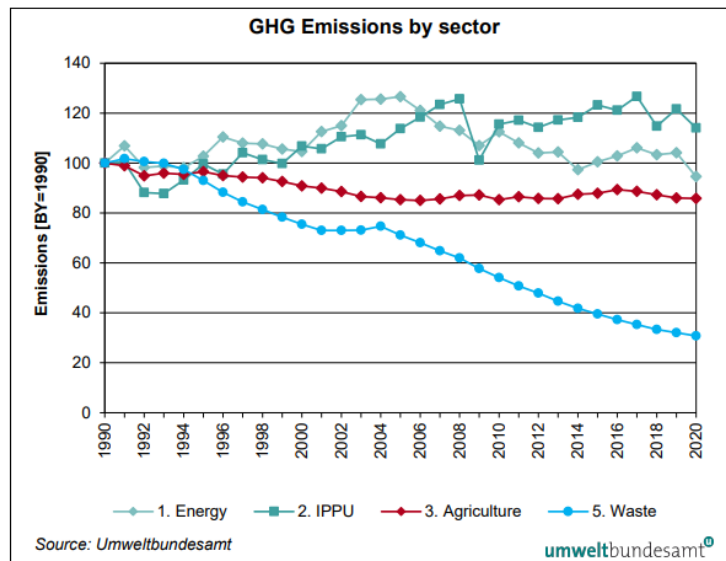


Abbildung 3: THG-Emissionen der Sektoren Energie (Energy), Industrielle Produktion (IPPU – Industrial Production and Product Use), Landwirtschaft (Agriculture), und Abfall (Waste) (UBA, 2022c)

Die industrielle Produktion ist der einzige Verursacher, dessen Anteil an den Gesamtemissionen im Vergleich zu 1990 gestiegen sind; waren im Jahr 1990 dem Produktionssektor etwa 17% der österreichischen Emissionen zuzuschreiben, ist der Anteil bis 2020 auf 21% gestiegen. Dies ist vor allem auf eine gestiegene Eisen- und Stahlproduktion zurückzuführen. Mit 85% macht CO₂ den größten Anteil der emittierten Treibhausgase aus dem Produktionssektor aus (UBA, 2022c).

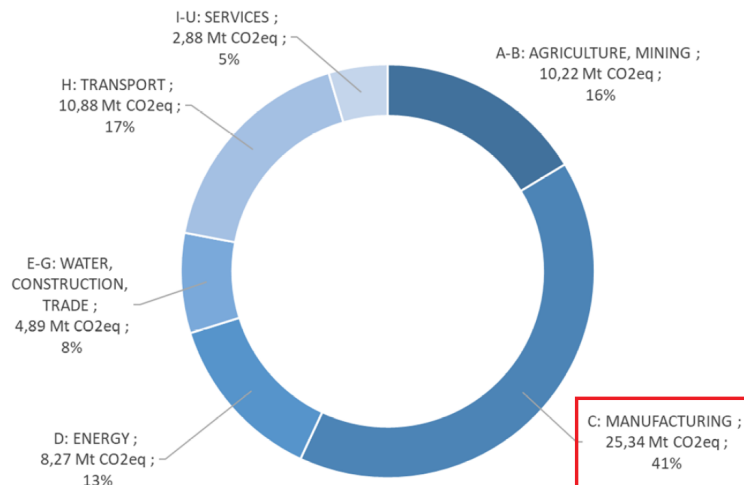


Abbildung 4: Treibhausemission nach ÖNACE Gruppen (GTAP v10)

Abbildung 4 zeigt die produktionsbasierten Treibhausemission der ÖNACE Wirtschaftssektoren, die innerhalb Österreichs durch die Verbrennung und industrielle Prozesse im jeweiligen Sektor direkt verursacht werden. Mit etwa 41% ist der Herstellung von Waren (ÖNACE Abschnitt C - „Manufacturing“) der größte Anteil zuzuordnen.

An den Statistiken zeigt sich das Spannungsverhältnis zwischen der immer ambitionierten Erreichung von Klimaschutzzielen auf der einen Seite und den steigenden Emissionen vor allem in der industriellen Produktion auf der anderen Seite. Neben nationalen Zielsetzungen sehen sich Unternehmen außerdem unmittelbar mit der Ausweitung umweltbezogener Produktstandards und -richtlinien konfrontiert. Im Rahmen des Europäischen Green Deals wurde auch der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft veröffentlicht, mit dem Ziel, physische Ware auf dem EU-Markt entlang ihres gesamten Lebenszyklus, umweltfreundlicher, kreislauffähiger und energieeffizienter zu machen. Dazu veröffentlichte die Europäische Kommission im März 2022 die **Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)**, welche die bestehende Ecodesign-Richtlinie sowohl um die Produktgruppen, als auch um den Geltungsbereich der Anforderungen erweitert (Europäische Kommission, 2022).

3.2 Zielsetzung und projektleitende Fragestellungen

Das Projekt DUKE nimmt sich dieser Herausforderung – der zunehmenden Steigung sachgüterbezogener Treibhausgasemissionen – an und hat zum Ziel, eine vereinfachte Methode für österreichische Unternehmen der Sachgüterproduktion zu entwickeln, mit der sie die Treibhausgasbilanz ihrer Produkte³ einfach bilanzieren und zielgerichtete Handlungsmöglichkeiten zur aktiven Reduktion von produktbezogenen Treibhausgasen aufgezeigt bekommen.

Das übergeordnete Ziel der zu entwickelnden Methode ist es, leicht anwendbar zu sein, um so eine übergreifende Anwendung in Unternehmen zu ermöglichen. Damit grenzt sich die Methodik von normierten und sachbilanzbasierten Methoden nach ISO14040/44 (Ökobilanzierung) und ISO 14067 (Carbon Footprint von Produkten) ab. Statt einer quantitativen und extern kommunizierbaren Umweltberechnung zielt die Methodik darauf ab, relevante Verbesserungspotentiale an den Produkten aufzuzeigen und damit Unternehmen aktiv bei der Ausschöpfung dieser Potentiale durch Strategien der Kreislaufwirtschaft und Beschaffungsvorgänge zu unterstützen.

Zu diesem Zweck werden folgende projektleitende Fragestellungen definiert:

- Wie lassen sich mit einer vereinfachten Methode die relevanten Anteile von produktbezogenen Treibhausgasemissionen eines Produkts der Sachgüterproduktion erkennen?
- Welches Potential zur Reduzierung von produktbezogenen Treibhausgasemissionen bieten alternative Beschaffungsvorgänge?
- Welches Potential zur Reduzierung von produktbezogenen Treibhausgasemissionen bieten Kreislaufwirtschaftsstrategien?

³ Produkt bezeichnet die hergestellte Ware in dem jeweiligen Wirtschaftszweig der Sachgüterproduktion, ÖNACE Abschnitt C, Herstellung von Waren, wobei folgende Definition herangezogen wird: „Die wesentliche Änderung oder Neugestaltung von Waren wird generell unter Herstellung von Waren eingeordnet. Das Zusammenbauen der Teile von Waren gilt ebenfalls als Herstellung von Waren. Hierzu zählt auch der Zusammenbau von Waren sowohl aus selbst hergestellten als auch aus zugekauften Teilen.“ (Statistik Austria, 2008).

3.3 Vorgehen im Projekt

Das Projektvorhaben wurde mit folgendem Vorgehen bearbeitet:

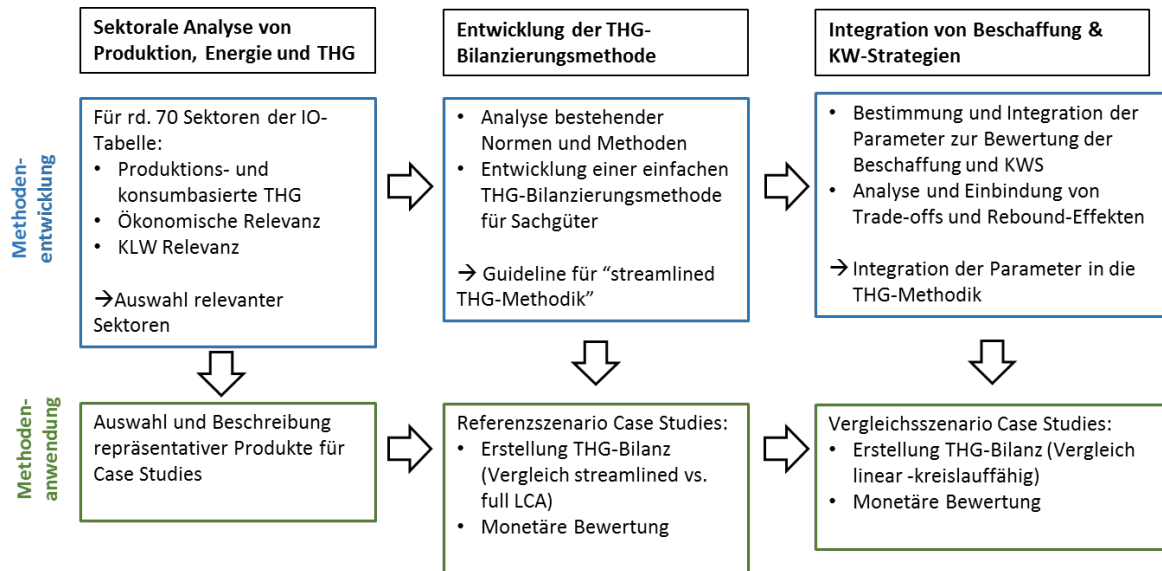


Abbildung 5: Methodisches Vorgehen im Projekt – Übersicht und Abhängigkeiten

Abbildung 5 bietet einen Überblick über die ineinandergreifenden Tätigkeiten zur Entwicklung und Prüfen der Methodik. In einem **ersten Schritt** wurden ausgewählte Wirtschaftszweige des Sachgütersektors hinsichtlich ihres Dekarbonisierungspotentials analysiert (s. Kapitel 5.1). Die Ergebnisse dieser Analyse wurden als Grundlage zur Auswahl von Referenzprodukten, die als Case Studies ausgearbeitet wurden, herangezogen. In einem **zweiten Schritt** wurde die Methodik unter Berücksichtigung bestehender Bewertungsmethoden und Anforderungen entwickelt und anhand der ausgewählten Referenzprodukte geprüft (s. Kapitel 5.3). Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind eine validierte, kostenbasierte und anwendungsvereinfachte Methodik, mit der das Treibhauspotential von Produkten anhand der Herstellkosten berechnet werden kann – die „KoBa-Methode“ (**Kostenbasiert**). In einem **dritten und letzten Schritt** wurde die Methode um Beschaffungs- und Kreislaufwirtschaftsparameter erweitert. Aus diesen Tätigkeiten geht nun eine Methode hervor, mit der die Unternehmen die Hebelwirkung von diesen Parametern auf die Reduzierung der produktbezogenen Treibhausgase der Sachgüterproduktion evaluieren können.

4 Methodisches Vorgehen zur Entwicklung einer vereinfachten Treibhausgas-Bilanzierung von Sachgütern

4.1 Übersicht über Möglichkeiten zur Treibhausgas-Bilanzierung von Sachgütern

Zur Entwicklung einer vereinfachten Methode zur Treibhausgas-Bilanzierung von Sachgütern wurden zunächst bestehende Umweltbewertungsmethoden auf ihre Eigenschaften bezüglich ihrer Anwendung (erforderliche Daten, Aussagen, Indikatoren...) analysiert. Im Zusammenhang mit normierten Treibhausgas-Bilanzierungsmethoden in Unternehmen gibt es im Wesentlichen zwei Zugänge:

- Die vorgeschriebene Bilanzierung im Rahmen des Emissionshandels für besonders treibhausintensive Sektoren, wie z.B. die Zement- und Stahlindustrie.
- Freiwillige, sachbilanzbasierte Treibhausgas-Bilanzierungsmethoden zum Zweck der ökologischen Produktverbesserung (Ecodesign) und/oder Umweltkommunikation von Produkten (u.a.: ISO 14025; ISO14067; GHG Protocol, etc.).

Während die Erfassung der THG-Emissionen im Zusammenhang mit dem Emissionshandel relativ einfach ist (i.d.R. über die Erfassung verbrauchter Energieträger), ist die Anwendung von normierten und sachbilanzbasierten Methoden sehr aufwändig, da das gesamte Produktleben (Rohstoffe, Herstellung, Distribution, Nutzung, Nachgebrauch) bilanziert werden muss. Die Aufstellung dieser Sachbilanz ist mit einer aufwändigen Datensammlung verbunden, die häufig auch die Einbindung externer Stakeholder erfordert. Darüber hinaus kommen zur Berechnung lizenzierte Datenbanken (z. B. ecoinvent) und Softwares (z. B. GaBi, SimaPro) zum Einsatz, welche mit hohen Kosten verbunden sind und tiefgehende Kompetenzen zur Nutzung dieser einfordern. Neben der Verwertung der Ergebnisse für interne Zwecke (z. B. zur Produktverbesserung) können diese auch zur externen Kommunikation an

Stakeholder genutzt werden, und z. B. in Form einer Umweltprodukterklärung aufgearbeitet und publiziert zu werden. Die Veröffentlichung der Ergebnisse geht außerdem mit einer Prüfung der Ergebnisse durch unabhängige Dritte einher.

Aufgrund der hohen Komplexität und Einstiegshürden zur Durchführung normierter Umweltbewertungsmethoden gibt es daher vereinfachte qualitative bzw. semiquantitative Bewertungsmethoden. Ein Beispiel ist der von der Forschungsgruppe Ecodesign entwickelte **ECODESIGN Assistent**⁴ zur Identifikation der im Hinblick auf die Umweltwirkungen relevantesten Lebensphase. Mit einer vereinfachten Produktmodellierung über die fünf Lebenszyklusphasen (Rohstoffe, Herstellung, Distribution, Nutzung, Nachgebrauch) kann die entscheidende Lebensphase, d. h. die treibhausintensivste, identifiziert werden. Ein weiteres Beispiel für eine vereinfachte Umweltbewertungsmethode ist der **CE Analyst**⁵, der im Rahmen des EU-Projektes KATCH_e entwickelt wurde. Das Tool macht auf einfache Weise die potentiellen Wirkmechanismen von vordefinierten Kreislaufstrategien auf die produktbezogenen Emissionen abschätzbar.

Auch für die Nutzung des ECODESIGN Assistenten und des CE Analysts ist eine Sachbilanz erforderlich. Diese Sachbilanz ist jedoch im Vergleich zu jener, welche die normierten Methoden einfordert, deutlich vereinfacht. Statt einer detaillierten Materialaufstellung werden etwa beim ECODESIGN Assistenten die Materialien in Gruppen aggregiert (z. B. wird ein „Aluminium mit 25% Recyclinganteil“ zur Materialgruppe „Metall“ zugeordnet). Durch diese Vereinfachung kommt es zwar zu Verzerrungen bei den absoluten Ergebnissen der Umweltberechnungen, dennoch können die Anteile bzw. die Verteilung der produktbezogenen Treibhausgase ausgegeben werden.

⁴ Online verfügbar unter <http://pilot.ecodesign.at/assist/assistent?lang=de>

⁵ Online verfügbar unter <https://tools.katche.eu/>

4.2 Ansatzpunkte für eine vereinfachte Methode zur Treibhausgas-Bilanzierung

Zur Treibhaus-Bilanzierung von Sachgütern wurde im Projekt eine vereinfachte Methode entwickelt, mit der Unternehmen **relevante Treibhausanteile entlang des Lebenszyklus ihrer Produkte berechnen können und so richtungssichere Verbesserungsstrategien erhalten – inklusive der Potentiale in der Beschaffung und jener durch Kreislaufwirtschaftsstrategien**. Vielmehr als eine detaillierte Umweltanalyse und Nutzung der Ergebnisse zum Zwecke einer Produktverbesserung und/oder einer Umweltkommunikation hat die Methode also den Anspruch eines „Potentialfinders“, um die drei wesentlichen projektleitenden Fragestellungen zu beantworten:

- Welche sind die wesentlichen Anteile der produktbezogenen Treibhausgasemissionen?
- Welche Verbesserungspotentiale bieten alternative Beschaffungsvorgänge?
- Welche Verbesserungspotentiale bieten Kreislaufwirtschaftsstrategien?

Neben der vereinfachten Anwendung der Methode sollen auch die Ergebnisse in leicht nachvollziehbarer Form dargestellt werden; das Treibhaus-Potential des mit der Methode bewerteten Produktes wird daher ausschließlich mit dem Wirkungsindikator CO₂-Äquivalente ausgegeben.

Statt über die Aufstellung einer Sachbilanz wird in der vereinfachten Methode zur Treibhausgas-Bilanzierung von Produkten die **Kostenstruktur** herangezogen. Dieser Ansatz beruht auf Steininger et al. (2018), in welchem die Emissionen Österreichs hinsichtlich wesentlicher Sektoren analysiert werden.

Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass die Kosten der Materialien und Prozesse, die zur Fertigung der Sachgüter nötig sind, innerhalb eines Betriebs in der Regel leichter zu beschaffen sind und häufig sogar eine automatisierte Ausgabe über betriebliche SAP-Systeme möglich ist. In Abgrenzung zu den beschriebenen sachbilanzbasierten Methoden wird diese vereinfachte Methode im Folgenden als **kostenbasierte Methode** – „KoBa Methode“ bezeichnet. Die wesentlichen Unterschiede zwischen der KoBa-Methode und den sachbilanzbasierten Methoden sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Unterschiede zwischen den verschiedenen berücksichtigten Umweltbewertungsmethoden

Methode	Datenstruktur	Datenbank	Wirkungsindikator	Anwendungsbereich	Zweck
KoBa	Kostenstruktur	Emissionsintensitäten	Treibhauspotential	Erfassung der treibhausintensivsten Lebensphase bzw. Komponenten eines Produktes	<i>Interne Zwecke:</i> Analyse eines Produktes oder einer Dienstleistung
ECO DESIGN Assistent	Einfache Sachbilanz	Kumulierter Energieaufwand	Treibhauspotential	Erfassung der treibhausintensivsten Lebensphase eines Produktes	<i>Interne Zwecke:</i> Analyse eines Produktes oder einer Dienstleistung
CE Analyst	Einfache Sachbilanz	Keine Datenbank (basiert auf Referenzbewertung)	Treibhauspotential	Erfassung der Wirksamkeit von Kreislaufwirtschaftsstrategien auf ein Produkt	<i>Interne Zwecke:</i> Analyse eines Produktes oder einer Dienstleistung
PCF	Detail. Sachbilanz	LCA-Datenbanken z.B. ecoinvent	Treibhauspotential	Erfassung der Treibhausrelevanten Umweltauswirkungen eines Produktes	<i>Interne Zwecke:</i> Analyse eines Produktes oder einer Dienstleistung <i>Externe Zwecke:</i> Umweltkommunikation, Erfüllung von Anforderungen (z. B. in öffentlichen Ausschreibungen)
LCA	Detail. Sachbilanz	LCA-Datenbanken z.B. ecoinvent	Treibhauspotential, und andere Umweltwirkungen wie: Versauerung bodennahe Ozonbildung Eutrophierung	Erfassung verschiedener Umweltauswirkungen von Produkten oder Dienstleistungen	<i>Interne Zwecke:</i> Begleitung eines Produktentwicklungs- bzw. Verbesserungsprozess, Analyse eines Produktes oder einer Dienstleistung <i>Externe Zwecke:</i> Umweltkommunikation, Erfüllung von Anforderungen (z. B. in öffentlichen Ausschreibungen)

4.3 Methode und verwendete Datenbanken für die sektorale Analyse von Treibhausgas-Emissionen

Für die gesamtwirtschaftliche Bilanzierung von Treibhausgasen gibt es zwei wesentliche Ansätze; die **produktions- bzw. die konsumbasierte Bilanzierung**. Bei dem *Production Based Accounting (PBA)* werden die Emissionen jenem Land zugerechnet, in dem die Emissionen für die Produktion anfallen, unabhängig davon, wo die Güter verbraucht werden. Die Emissionen des Landes m (s. Abbildung 6) setzen sich zusammen aus jenen Emissionen, die bei der inländischen Produktion sowohl für den inländischen Verbrauch als auch für den Export ins Ausland freigesetzt werden. Bei dem *Consumption Based Accounting (CBA)* hingegen erfolgt die Bilanzierung der Emissionen über die Konsumaktivitäten in einem Land n . Dabei werden jene Emissionen berücksichtigt, die entlang der gesamten Produktionskette zur Befriedigung der Nachfrage an Gütern freigesetzt werden, unabhängig davon, wo die Produktion der jeweiligen Güter (und der damit verbundenen Emissionen) stattgefunden hat. Die Exporte fließen nicht mit ein (s. Abbildung 6).

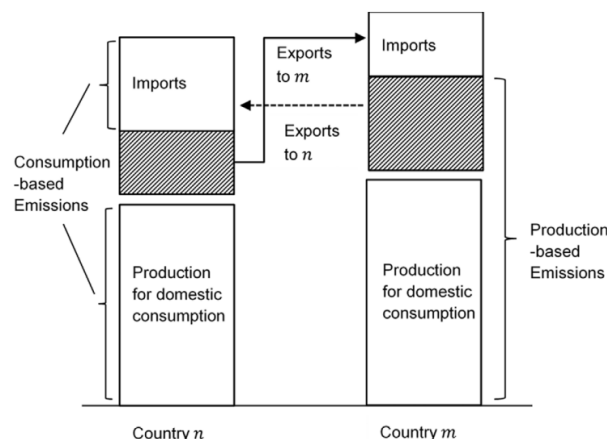


Abbildung 6: Konsum- bzw. produktionsbasierte Konzepte zur Treibhausgasbilanzierung (Steininger et al, 2018).

Diese Konsumbasierte Betrachtungsweise war einerseits im Projekt ein relevanter Indikator für die Auswahl relevanter Sachgütersektoren und weiters stellen die resultierenden Emissionsintensitäten die Datengrundlage für die entwickelte KoBa-Methode dar, indem eine ökologisch erweiterte **Multi-Regionale Input Output Analyse (MRIO-Analyse)** durchgeführt wurde. Dies ermöglichte die Ableitung von absoluten Emissionen und Emissionsintensitäten auf sektoraler und regionaler Ebene sowie von Emissionsintensitäten.

Die **Emissionsintensität** beschreibt das TH-Potential pro Wertschöpfungseinheit (€), welche durch die Herstellung von Ware in einem Wirtschaftszweig in einem Land verursacht wird. Die Datengrundlage für die Emissionsintensitäten stammt aus 2014; mit einer Indexanpassung wurde das Preisniveau auf jenes von 2021 angepasst. Für diese Indexanpassung wurde der Erzeugerpreisindex (EPI) mit Basis 2015 (STATcube, 2022) herangezogen. Der EPI misst die Preisentwicklung von Rohstoffen und Industrieerzeugnissen, und stellt so ein geeignetes Instrument für die Indexierung der Emissionsintensitäten dar. Für die Indexierung wurde das jährliche Mittel des EPI vom Jahr 2021 verwendet (verfügbare Daten: Jänner 2021 – Oktober 2021), welcher für die einzelnen Sektoren verfügbar ist. Die Gültigkeit der angewendeten Indexierung setzt folgende Prämissen voraus (Steininger et al., 2018): (a) die Produktionstechnologie (und insbesondere Emissionsintensität) müssen seit 2014 gleichbleiben; (b) die auf die Erzeugerpreise angewandten Steuern und Zuschüsse müssen prozentuell basiert und im Satz seit 2014 unverändert geblieben.

Die wichtigsten Wertschöpfungsbereiche der Sachgüterproduktion, in denen Treibhausmissionen verursacht werden, sind: Direkte Emissionen im Sektor (z.B. direkter Ausstoß von CO₂ durch Produktionsprozesse), Energieaufwände der Vorketten, Materialbedarf der Vorketten, Transportaufwände der Vorketten und Emissionen durch Dienstleistungen der Vorketten (s. dazu auch Abbildung 10).

Die Emissionsanalyse nutzte die Wirtschaftsdatenbank Global Trade Analysis Project (GTAP) V10 (Aguilar et al., 2019) mit dem Basisjahr 2014. In dieser werden harmonisierte Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zusammen mit internationalen Handelsdaten bereitgestellt. Da bestehende Studien (Peters et al., 2011; Andrew & Peters, 2013; Steininger et al., 2018) Bedenken hinsichtlich der Vertrauenswürdigkeit der GTAP-THG-Emissionsdaten zum Ausdruck bringen, wurden mehrere Datenquellen kombiniert, um einen Emissionsdatensatz für das Jahr 2014 zu erstellen, der GTAP-Regionen und -sektoren abdeckt. Dieses Verfahren zielt darauf ab, die zuverlässigsten Daten für die verfügbaren Länder und Sektoren zu verwenden:

- Zunächst wurde für jede Region die von der UNFCCC (2021a, 2021b) bereitgestellten Emissionen aus industriellen Prozessen (CRF-Kategorie 2) gesammelt, da diese Art von Emissionen für Baumaterialien wie Stahl und Zement besonders relevant erscheint und in der GTAP-Datenbank nicht enthalten ist.
- Die Emissionen für die meisten europäischen Länder basieren auf den nationalen Luftemissionskonten (CO₂, CH₄, N₂O und FGAS), die bei Eurostat (2021a) verfügbar sind.

- Die Emissionsdaten für weitere große Volkswirtschaften und relevante österreichische Handelspartner wurden dem UNFCCC (2021a, 2021b) entnommen.
- Für die restlichen Regionen wurden GTAP-Emissionsdaten (Aguar et al., 2019) verwendet.

Auf der Grundlage dieser neu erstellten Emissionsdatenbank und der wirtschaftlichen GTAP-Datenbank wurden die konsumbasierten Treibhausgasemissionen für jede Volkswirtschaft auf sektoraler Ebene berechnet. Das MRIO-Modell ist wie folgt spezifiziert:

$$e^* = e \hat{x}^{-1} (I - Z\hat{x}^{-1})^{-1} \hat{y}$$

mit:

Abkürzungen	
e^*	Vektor der Emissionen, die auf der Grundlage einer konsumbasierten Bilanzierung neu zugewiesen werden
e	Vektor der sektoralen Emissionen, die nach einem produktionsbasierten Prinzip über die Länder verteilt werden
x	Diagonaler Vektor des sektoralen Outputs zwischen den Ländern
I	Identitätsmatrix
Z	Matrix der Vorleistungen innerhalb und zwischen Regionen
y	Diagonaler Vektor der sektoralen Endnachfrage in den Ländern

Die sektoralen Emissionen wurden weiter in regionale und sektorale Quellen aufgeschlüsselt. Anstelle einer Matrix der sektoralen Emissionsintensitäten aller Regionen in der obigen Spezifikation wurde ein diagonalisierter Vektor der regionsspezifischen sektoralen Emissionsintensitäten genutzt, wobei r die Region bedeutet, z. B. Österreich. Die regionalen und sektoralen Emissionsintensitäten wurden dann durch Division der absoluten konsumbasierten Emissionen durch die monetären Werte der Endnachfrage ermittelt. Weitere Einzelheiten zu den MRIO-Spezifikationen finden sich in Miller & Blair (2009) und Muñoz & Steininger (2010).

5 Ergebnisse

5.1 Datenbasis zur Auswahl relevanter Sektoren

In dem österreichischen Klassifikationssystem ÖNACE werden die Wirtschaftsaktivitäten von Unternehmen erfasst. Zur Analyse der Emissionsintensitäten der Sachgüterproduktion wurden jene Wirtschaftszweige herangezogen, die im ÖNACE Abschnitt C („Herstellung von Waren“) gelistet sind. Ziel war, die verschiedenen Wirtschaftszweige hinsichtlich ihrer ökologischen, deren ökonomischen Eigenschaften sowie deren Kreislauffrelevanz zu analysieren. Auf dieser Grundlage wurden drei projektrelevante Wirtschaftszweige anhand definierter Kriterien bestimmt. Bei der Auswahl der Sektoren blieben jene unberücksichtigt, die vom Emissionshandel betroffen sind. In einem weiteren Schritt wurden Produktbeispiele aus diesen Wirtschaftszweigen ausgewählt, um die entwickelte KoBa-Methode an komplexen Produkten anzuwenden und daraus drei repräsentative Fallstudien zu erstellen.

5.1.1 Ökologische Relevanz der betrachteten Wirtschaftszweige

Die folgenden Abbildungen zeigen die Analyseergebnisse der Sachgüterproduktion. Als wesentliche Merkmale zur Bestimmung der ökologischen Relevanz wurden die verschiedenen Emissionstätigkeiten, die auf die einzelnen Wirtschaftszweige entfallen, betrachtet.

Abbildung 7 zeigt die konsumbasierten Treibhausgas-Emissionen, die durch die österreichische Endnachfrage entlang einer globalen Lieferkette verursacht werden. So verursacht die österreichische Endnachfrage nach Computern und elektronischen Erzeugnissen (ÖNACE 26 Computer and electronics) aus heimischer Endfertigung oder Import von Endprodukten rund 5Mt CO₂-eq. Damit gehört der Wirtschaftszweig Computer mit Maschinen (ÖNACE 28), Kraftfahrzeuge (ÖNACE 29) sowie mit Koks und Petroleum (ÖNACE 19) zu den emissionsintensivsten (in Abbildung 7 grau markiert). Abbildung 8 zeigt die konsumbasierten Treibhausgas-Emissionen der österreichischen Endnachfrage nach heimischen Produkten und Lieferketten-Emissionen für Exporte. So entstehen durch die österreichische Produktion und heimische Endnachfrage von Computern und elektronischen Erzeugnissen rund 1Mt CO₂-eq. Mit 10Mt CO₂-eq sind jedoch die Emissionen aus diesem Wirtschaftszweig, die durch die Exportnachfrage entlang der gesamten Lieferkette entstehen, deutlich höher. Weitere Wirtschaftszweige mit besonders hohen Lieferkettenemissionen sind in Abbildung 8 grau markiert.

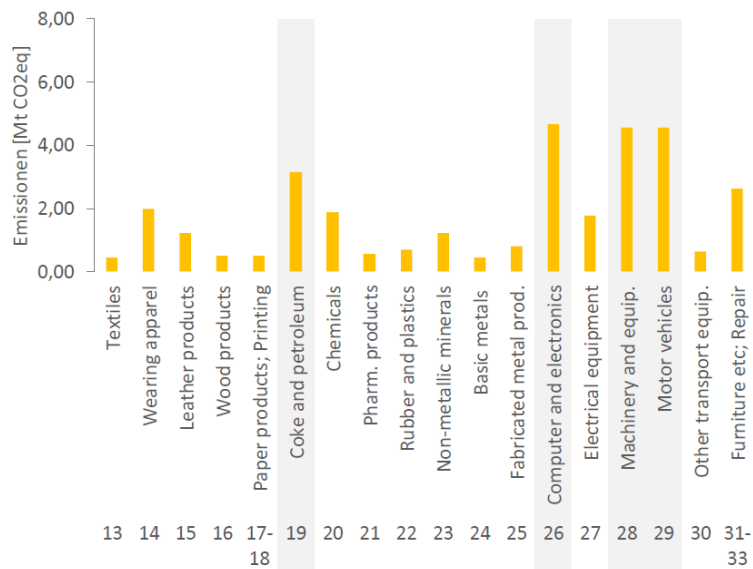


Abbildung 7: Konsumbasierte Treibhausemissionen der Sachgüterproduktion

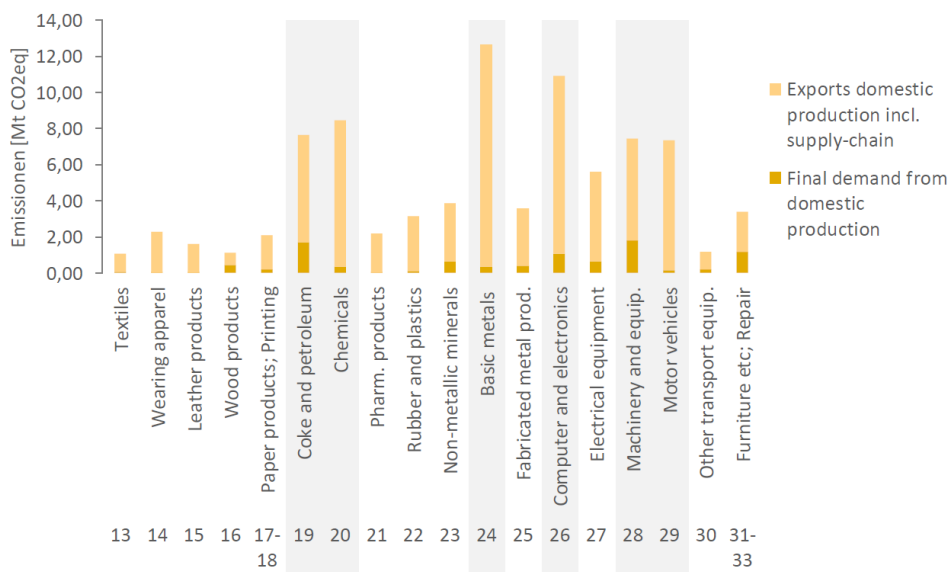


Abbildung 8: Lieferketten-Emissionen der Sachgüterproduktion, nach Endnachfrage und Export

Die Abbildung 9 zeigt die entlang der Lieferkette anfallenden Emissionen der betrachteten Wirtschaftszweige und unterscheidet dabei nach Ursprungsregional (Österreich, EU-Länder, Nicht-EU-Länder). Auffällig ist, dass bei fast allen Sektoren ein Großteil der Emissionen

außerhalb der EU anfällt. Im Fall der Computer und elektronische Erzeugnisse (ÖNACE 26) fallen 71% der Emissionen, die auf die Nachfrage nach österreichischer Produktion von Computern und elektronischen Erzeugnissen entstehen, außerhalb der EU an. Knapp ein Fünftel (17%) entstehen innerhalb der EU, mit 12% ist der Emissionsanteil, der innerhalb Österreichs entsteht, am geringsten.

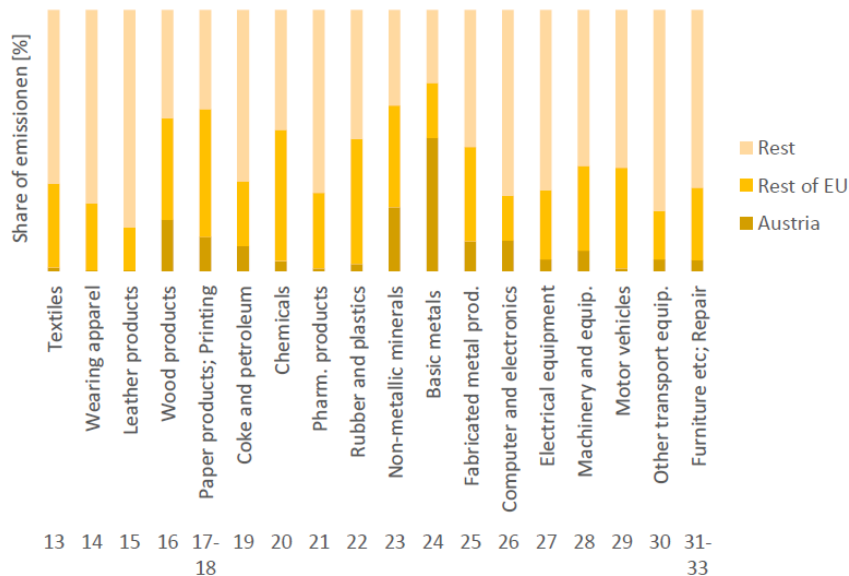


Abbildung 9: Lieferketten-Emissionen der Sachgüterproduktion, nach Ursprungsregion (Österreich, EU, Nicht-EU)

Die Betrachtung der in einem Wirtschaftszweig anfallenden Emissionen umfasste auch die Analyse der Verteilung dieser nach sektoralen Bereichen. Diese sind in Abbildung 10 zusammengefasst. Wieder am Beispiel der Computer und elektronischen Erzeugnisse (ÖNACE 26) zeigt sich, dass 37% der Emissionen der Nachfrage österreichischer Produktion von Computern und elektronischen Erzeugnissen durch Energieinputs in der vorgelagerten Lieferkette entstehen. Die Materialinputs, die dabei entlang der Lieferkette entstehen, verursachen 36% der Emissionen. 15% entstehen durch den direkten Einsatz fossiler Energieträger im Sektor. Transport und Dienstleistungen sowie weitere sektorale Tätigkeiten machen einen nur geringen Anteil aus.

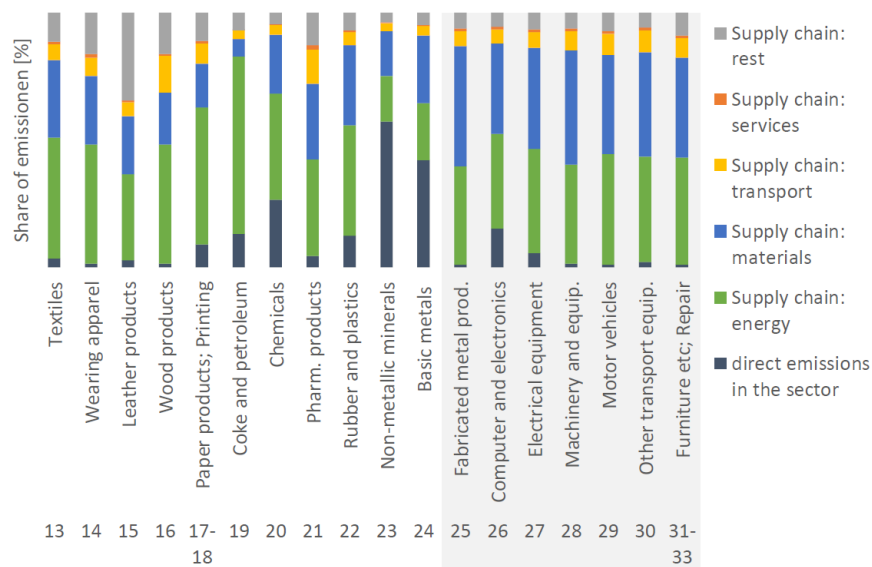


Abbildung 10: Emissionen entlang der Lieferkette nach Anteilen sektoraler Bereiche

5.1.2 Ökonomische Relevanz der betrachteten Wirtschaftszweige

Neben den Emissionstätigkeiten in den einzelnen Wirtschaftszweigen wurde auch die ökonomische Relevanz der Wirtschaftszweige untersucht, indem die Beschäftigungsanteile und die Anzahl der dem jeweiligen Wirtschaftszweig angehörigen Unternehmen erhoben wurden. Abbildung 11 zeigt die Lohnsumme (in US-\$) als Anteil der Wirtschaftsaktivität, unterteilt nach der Qualifizierung (skilled / unskilled). Dabei zeigt sich, dass in allen Wirtschaftszweigen ein Großteil auf qualifizierte Beschäftigte entfällt. Die Unterteilung in qualifiziert und nicht-qualifiziert erfolgte auf Grundlage der ILO-Definition (ILOSTAT, o. J.). Abbildung 12 zeigt die Anzahl der österreichischen Unternehmen, die dem jeweiligen Wirtschaftszweig zuzuordnen sind (Statistik Austria, 2021). Auffällig ist die hohe Anzahl der Unternehmen insbesondere in den ÖNACE Zweigen 31-33 (Furniture etc., Repair), sowie in der Herstellung von Metallerzeugnissen (ÖNACE 25) und Holzerzeugnissen (ÖNACE 16).

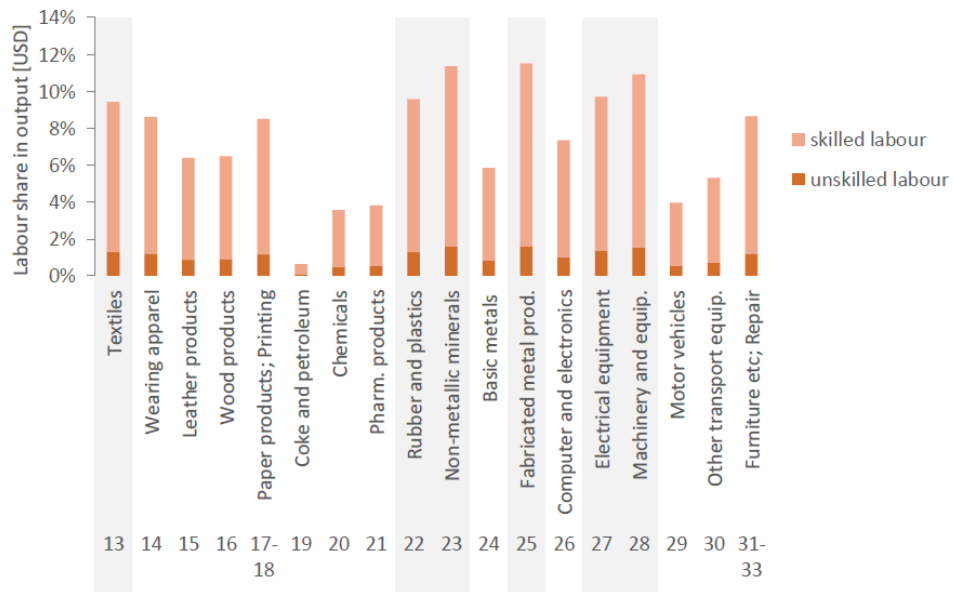


Abbildung 11: Beschäftigungsanteile in den Wirtschaftszweigen

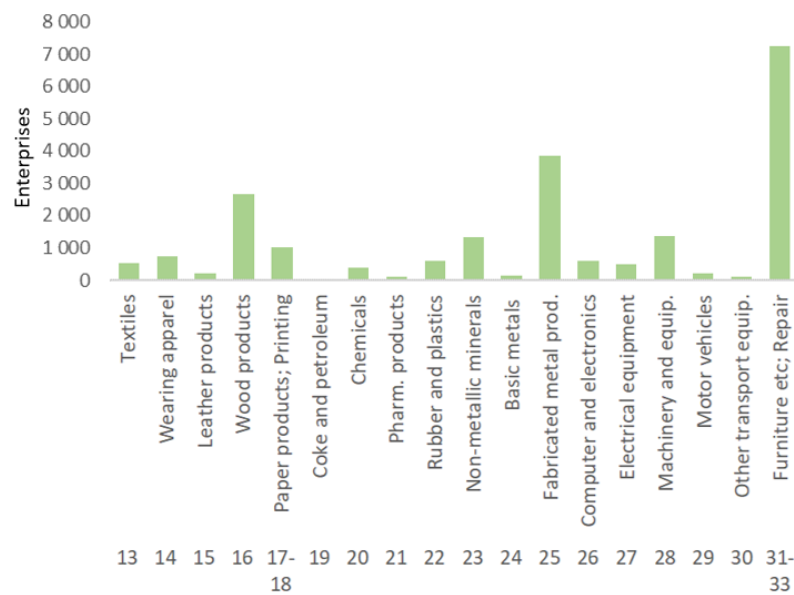


Abbildung 12: Anzahl der österreichischen Unternehmen der Sachgüterproduktion

5.1.3 Auswahl der projektrelevanten Wirtschaftszweige

Auf Grundlage der sektoralen Analyse zeigt sich, dass die einzelnen Wirtschaftszweige Unterschiede bezüglich ihrer ökonomischen und ökologischen Eigenschaften aufweisen. Zur Auswahl der relevanten Sektoren und der Berücksichtigung dieser im weiteren Projektverlauf wurden folgende Kriterien herangezogen:

- **Kreislaufrelevant:** Der Sektor weist einen hohen Anteil an Emissionen durch einen hohen Materialinput auf. Die verwendeten Rohstoffe sind eher kostenintensiv.
- **Beschaffungsrelevant:** Der Sektor weist einen hohen Emissionsanteil außerhalb Europas auf.
- **Umweltrelevant:** Der Sektor weist einen hohen Emissionsanteil in Österreich auf, eine hohe Emissionsintensität (kg CO₂-eq / US-\$) und hohe absolute Emissionen.
- **Wirtschaftsrelevant:** Der Sektor weist einen hohen Beschäftigungsanteil auf; dem Sektor sind eine hohe Anzahl an Unternehmen zuzuordnen.

Aus diesen verschiedenen „Relevanzperspektiven“ ergeben sich folgende Wirtschaftszweige, auf welche die Methodik angewendet wurde:

Tabelle 2: Ausgewählte Sektoren und Begründung zur Auswahl

Ausgewählter Sektor	Begründung
26 Computer and electronics	Der Sektor weist hohe Emissionen auf (10,9 Mt CO₂-eq.); mit 71% fällt ein Großteil dieser außerhalb Europas an. Auch die hohen materialbezogenen Emissionen (36%) sprechen für die Auswahl des Sektors; damit verfügt der Sektor über wichtige Hebel in der Beschaffung. Durch die Nutzung weniger CO₂-intensiver Materialien kann auch die Gesamtumweltpformance offensichtlich verbessert werden. Die Relevanz des Sektors für das Projektvorhaben ist daher dreiseitig: • Umweltrelevant • Beschaffungsrelevant • Kreislaufrelevant
28 Machinery and equipment	Der Sektor weist mit 11% einen hohen inländischen Beschäftigungsanteil auf. Der Anteil der materialbezogenen Emissionen i. H. v. 45% sind ebenfalls von Relevanz; diese ergeben sich aus einem hohen Ressourcenaufwand, der mit dem Sektor verbunden ist. Die Relevanz des Sektors für das Projektvorhaben ist daher dreiseitig: • Umweltrelevant • Kreislaufrelevant • Wirtschaftsrelevant

31 Furniture

Dem Sektor ist eine Vielzahl an österreichischen Unternehmen (7 238) zuzuordnen. Der Möbelsektor ist außerdem von einem hohen Abfallaufkommen gezeichnet: etwa 10 Mio. Tonnen Möbel werden EU-weit jährlich entsorgt (EEB, 2017). In Österreich fallen Möbel unter die Abfallkategorie „Sperrmüll“, weshalb eine separate Betrachtung nicht möglich ist. Das jährliche Aufkommen von Sperrmüll liegt bei 276.700 t (BMK, 2021). Der Sektor ist für das Projektvorhaben daher aus zwei Gesichtspunkten relevant:

- Kreislauffrelevant
- Wirtschaftsrelevant

5.2 Beschreibung der Methode für die Treibhausgas-Bilanzierung von Sachgütern

5.2.1 Berechnung des produktbezogenen Treibhaus-Potentials

Vor dem Hintergrund der aufwändigen Datensammlung, die es für sachbilanzierte Bewertungsmethoden braucht, wurde also eine kostenbasierte Methode entwickelt. Statt der detaillierten Aufstellung von Materialien und Fertigungsprozessen (Sachbilanz) entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produktes zieht die KoBa-Methode die Kostenstruktur eines Produktes heran. Das Prinzip der kostenbasierten Methode lässt sich wie folgt skizzieren:

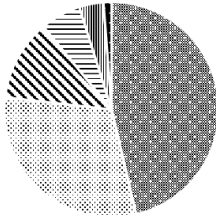

$$\text{Herstellkosten, €} \times \text{Emissionintensitäten, kg CO}_2\text{-eq / €} = \text{Treibhauspotential, kg CO}_2\text{-eq}$$

Abbildung 13: Prinzip des kostenbasierten Ansatzes („KoBa-Methode“) zur Berechnung der Treibhaus-Potentials eines Produktes

Entsprechend dieses Prinzips werden die Kosten, die in jeder Lebenszyklusphase anfallen, mit den Emissionsintensitäten des entsprechenden Wirtschaftszweigs multipliziert. Diese Vereinfachung bringt jedoch auch methodische Ungenauigkeiten hinsichtlich der Datengrundlage mit sich. So sind die Emissionsintensitäten, also die innerhalb einer definierten

Grenze (Land, Sektor, etc.) anfallenden Emissionen (kg CO₂-eq.) pro Wertschöpfungseinheit (€), für jeden Wirtschaftszweig nur in aggregierter Form verfügbar. Beispielhaft lässt sich dies am Wirtschaftszweig ÖNACE 24 Metallerzeugung und -bearbeitung zeigen; dieser umfasst verschiedene Metalle wie Aluminium, Blei, Kupfer, Zink und Zinn. Während bei einer sachbilanzbasierten Methode die Emissionsfaktoren für jedes Metall einzeln in die Bewertung einfließen, kann bei der kostenbasierten Methode nur auf einen aggregierten sektoralen Wert zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund wurde die KoBa-Methode vorerst einem Validierungsprozess unterzogen, indem die Berechnungsergebnisse mit jenen einer sachbilanzbasierten Berechnungsmethode verglichen wurde. Dieser Validierungsprozess wird im folgenden Kapitel näher beschrieben.

Tabelle 3 fasst den Anwendungsbereich der KoBa-Methode zusammen.

Tabelle 3: Anwendungsbereich der kostenbasierten Methode

Anwendungsbereich	
Zielgruppe	Österreichische Unternehmen der Sachgüterproduktion mit hohem Dekarbonisierungspotential
Wirkungskategorie	Treibhaus-Potential von Sachgütern (eng. GWP – Global Warming Potential)
Systemgrenze	Gesamter Lebenszyklus („Cradle to Grave“) Demnach lässt sich das Produktleben in die folgenden fünf Lebenszyklusphasen unterteilen: • Rohstoffgewinnung – Beinhaltet Rohstoffe als auch die gesamte Vorkette fertig produzierter Zulieferteile. • Herstellung – Beinhaltet Ressourcen, welche für die Herstellung des Produkts benötigt werden, z. B. Energie und Verbrauchsmaterialien. • Distribution – Beinhaltet den Transport des verpackten Produkts vom Produktionsstandort zu Nutzer:innen. • Nutzung – Beinhaltet Ressourcen, welche für die Nutzung und Wartung des Produkts benötigt werden, z. B. Energie und Verbrauchsmaterialien. • Nach Gebrauch – Beinhaltet die Entsorgung des Produkts.
Anspruch	Einfache Anwendbarkeit für Nutzer:innen zur Erfassung des Treibhausanteils von Produkten und zum Treffen richtungssicherer Entscheidungen bezüglich Beschaffungspotential und Kreislaufpotential. Es geht nicht um absolute THG-Emissionen sondern um die jeweiligen Anteile um strategische Entscheidungen in Richtung THG-Emissions-Einsparung aufzubauen.

Produktart

Im Rahmen des Projektes wurde die Methode auf Produkte der folgenden Wirtschaftszweige angewendet:

- ÖNACE 26 Manufacture of computer, electronics and optical products
 - ÖNACE 28 Manufacture of machinery and equipment
 - ÖNACE 31 Manufacture of furniture
-

5.2.2 Erstvalidierung der kostenbasierten Methode an einfachen Produktbeispielen

Anhand von zwei einfachen Produktbeispielen – eine Eurobox aus Kunststoff und ein Axiallüfter – wurde die KoBa-Methode validiert, indem die produktbezogenen Emissionen mit zwei verschiedenen Berechnungsansätzen berechnet wurden: einerseits mit der im Projekt entwickelten kostenbasierten Berechnungsmethode, andererseits mit dem etablierten sachbilanzbasierten Ansatz.

Validierung der KoBa-Methode mittels Eurobox

Mittels beider Berechnungsansätze wurde die Treibhausgase für die Produktion einer Eurobox sowohl in Deutschland als auch in China berechnet. In Deutschland sind die Herstellkosten für eine Eurobox hoch, die Emissionsintensitäten jedoch niedrig. Damit ist das GWP der in Deutschland produzierten Euroboxen insgesamt geringer als in China, wo die Herstellkosten zwar geringer, die Emissionsintensitäten jedoch höher als in Deutschland sind. Beide Berechnungsansätze zeigten diesen Einfluss des Produktionsstandortes auf das GWP. Die Höhe des standortspezifischen GWP (Deutschland/China) unterscheidet sich für den Standort Deutschland nur gering, für den Standort China ist der Unterschied aufgrund der methodischen Ungenauigkeiten etwas größer (s. Abbildung 14).

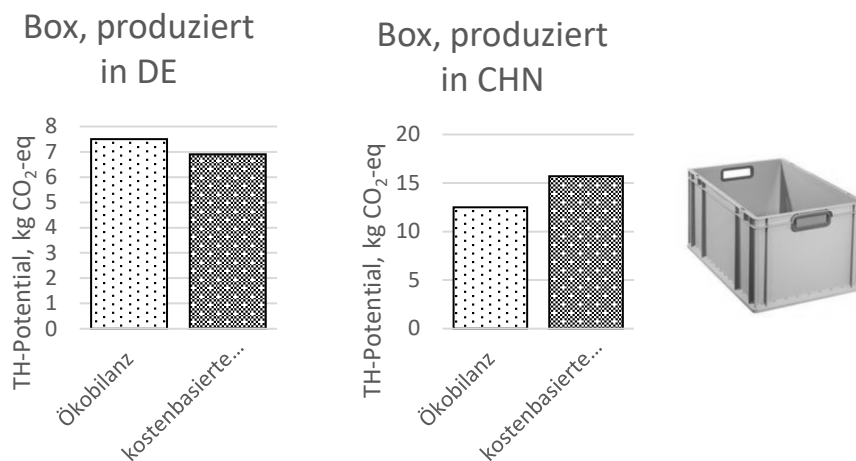


Abbildung 14: links: Validierung des Berechnungsansatzes am Beispiel Eurobox, rechts: Eurobox (idealo)

Validierung der KoBa-Methode mittels Axiallüfter

Für die zweite Prüfung wurde mittels des Kostenansatzes das GWP für einen Axiallüfter berechnet, ebenfalls ausgehend von zwei Szenarien – einerseits bei einem Direktkauf beim Produzenten in China, andererseits bei dem Kauf über einen Zwischenhändler in Deutschland. Auch hier zeigt sich ein annähernd gleich hohes GWP, weil bei dem Zukauf des Produktes das Verhältnis zwischen Kosten und länderspezifischen Emissionsdaten ähnlich ist. Damit liegt nahe, dass keine Kenntnisse über die Produktvorkette vorhanden sein müssen, um ein GWP mit der vorgeschlagenen Methode realitätsnah schätzen zu können.

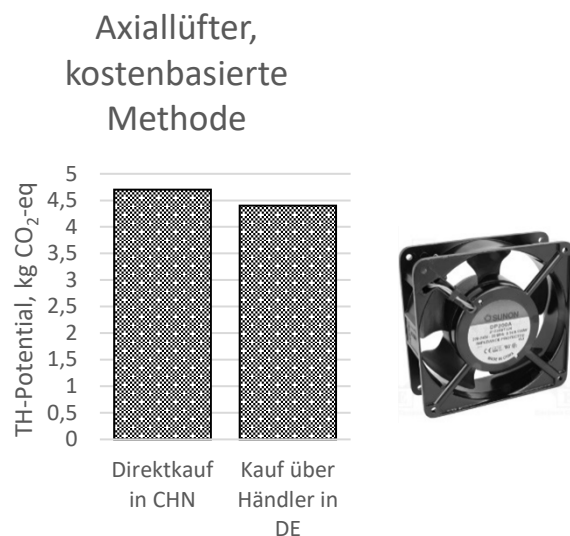


Abbildung 15: links: Prüfung des Berechnungsansatzes am Beispiel eines Axiallüfters, rechts: Axiallüfter (Sunon)

Die Ergebnisse dieses ersten Validierungsprozesses zeigen, dass es bei den Ergebnissen der beiden Berechnungsansätzen nur geringe Abweichungen gibt. Daraus folgt, dass die Berechnung der THG mit der KoBa-Methode ein valider Ansatz ist, auch wenn Ungenauigkeiten, die vor allem auf die aggregierten Daten zurückzuführen sind, vorhanden sind. Trotz der Abweichungen wird die Anforderung an das Projekt, eine leicht anwendbare Methode als „Potentialfinder“ zu entwickeln, erfüllt.

5.2.3 Auswertung von Beschaffungs- und Kreislaufwirtschaftspotentiale

Neben der Identifizierung der relevanten THG-Anteile eines Produktes soll die Methode auch auf die Potentiale verweisen, mit denen sich das GWP eines Produktes reduzieren

lässt. Die Methode fokussiert dabei auf zwei wesentliche Hebel: das Beschaffungspotential und die Anwendung von Kreislaufwirtschaftsstrategien.

Als Kriterium zur Definition eines Beschaffungs- oder Kreislaufwirtschaftspotentials werden neben den berechneten THG-Anteilen eines Produktes auch die, bereits aus der Berechnung vorliegenden Produktionskosten bzw. Kosten der Zukaufteile herangezogen.

Beschaffungspotential

Das Beschaffungspotential eines Produktes bezieht sich auf das TH-Potential aller zugekauften Materialien, Halbzeuge und Bauteile im Verhältnis zum gesamten Treibhaus-Potential des Produktes. Die zugekauften Komponenten verursachen in ihrer Herstellung (Material, Materialtransporte, Produktion) sowie durch Verpackung und Distribution Treibhausgasemissionen. Diese Treibhausgasemissionen werden dem zu untersuchenden Produkt in der ersten Phase des Lebenszyklus, der Rohstoffgewinnung, zugeordnet.

Das Beschaffungspotential ist daher der Anteil der THG-Emissionen der Rohstoffgewinnung an den gesamten THG-Emissionen eines Produktes über den Produktlebenszyklus:

$$\text{Beschaffungspotential} = \frac{\text{THG Rohstoffgewinnung}}{\sum \text{THG Lebenszyklusphase 1 bis 5}}$$

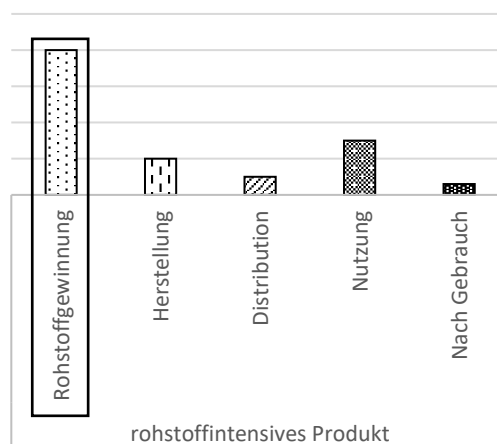


Abbildung 16: Beschaffungspotential im Produktlebenszyklus

Beschaffungsrelevante Komponenten

Alle zugekauften Materialien und Komponenten mit einem hohen THG-Emissionen haben daher ein hohes Beschaffungspotential. Unter der Prämisse, dass die kostenintensiven Zulieferteile meist alternativlos sind oder bereits kostenoptimiert wurden, soll in einem ersten Schritt der Fokus vor allem auf jene Komponenten gelegt werden die hohes THG-Potential haben UND geringe Kosten im Einkauf aufweisen.

Hier bietet es sich für Unternehmen an, Komponenten mit höheren Kosten zu beschaffen, wenn dadurch die Emissionsintensität deutlich reduziert werden kann – dies erfährt vor allem vor dem Hintergrund der Diskussion um eine Ausweitung der CO₂-Bepreisung eine neue Relevanz (Abbildung 16).

Kreislaufpotential

Das Kreislaufpotential bezieht sich auf die Möglichkeit für Unternehmen, das zu untersuchende Produkt bzw. einzelne Teile oder Baugruppen des Produkts im Sinne einer Aufarbeitung, eines Upgrades oder einer Komponenten-Wiederverwendung im Kreislauf führen. Das Kreislaufpotential ist daher der Anteil jener THG-Emissionen welche durch eine Kreislaufschließung auf Produkt oder Komponentenebene potentiell erhalten werden könnten. Dies betrifft einerseits jene Emissionen, die in der Rohstoffgewinnung anfallen: Rohstoffe und Zukaufteile; sowie jene in der Herstellung: die weitere Verarbeitung der Rohstoffe oder die Produktmontage.

Das Kreislaufpotential kann wie folgt festgelegt werden:

$$\text{Kreislaufpotential} = \frac{\text{THG Rohstoffgewinnung} + \text{THG Herstellung}}{\sum \text{THG Lebenszyklusphase 1 bis 5}}$$

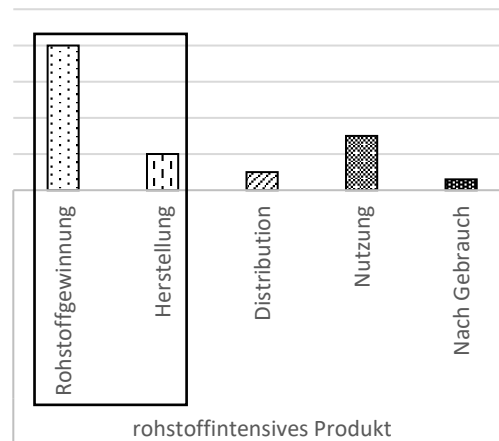


Abbildung 17: Kreislaufpotential im Produktlebenszyklus

Im Gegensatz zu einem Remanufacturing beim Hersteller ist bei einer Lebensdauerverlängerung beim Endkunden z.B. durch Reparatur wäre das Kreislaufpotential noch höher da alle THG Emissionen über den gesamten Produktlebenszyklus „erhalten“ bleiben und nicht nochmals anfallen.

Um ein Produkt oder einzelne Komponenten eines Produkts im Kreislauf zu führen, bedarf es je nach Strategie zB. Wiederverwendung oder Aufbereitung zusätzlicher Schritte wie zB. der Rückholungslogistik, Überholung etc. die mit zusätzlichen Kosten verbunden sind. Dass heisst, wiederum für eine Kreislaufwirtschaft kommen nur jene Komponenten in Frage welche einen hinreichend hohen Kostenanteil an den Gesamtkosten aufweisen, so dass diese zusätzlichen Aufwände im Geschäftsmodell abgedeckt werden können.

Kreislaufrelevante Komponenten

Kreislaufrelevante Komponenten sind daher jene Komponenten die mit hohen THG- Emissionen (Rohstoffgewinnung + Herstellung) sowie auch hohen Kosten verbunden sind. Also jene Komponenten mit einem großen CO2-Fußabdruck sowie einem hohen Wert den es zu erhalten gilt – haben ein hohes Potential für eine Kreislaufwirtschaft. Hierbei ist abhängig von der Komponente zwischen einer Wiederverwendung oder einer Wiederaufbereitung mit oder ohne Upgrade zu unterscheiden.

Besitzt ein Produkt viele solcher kreislaurelevanten Komponenten und Baugruppen, so gilt es als wahrscheinlich, dass sich kreislauffördernde Strategien in der Praxis umsetzen lassen und dadurch das TH-Potential des Produktes verringert werden kann.

Anzumerken ist, dass bei einer Verbesserung und Umsetzung eines kreislauffähigen Produktes der gesamte Produktlebenszyklus berücksichtigt werden muss, da sonst zusätzliche Umweltauswirkungen wie die bei einem Produkt Take Back zusätzlich notwendigen Transporte unberücksichtigt bleiben und dadurch zu Verschiebungen der THG in andere Lebensphasen kommt.

5.2.4 Schritte der kostenbasierten Methode

Die entwickelte KoBa-Methode lässt sich in folgende aufeinander bauende Schritte unterteilen:

- **Schritt 1: Erfassung des Umweltprofils:** Die einzelnen Lebenszyklusphasen des Produkts werden hinsichtlich ihrer Treibhausgase abgebildet und ermöglichen so eine qualitative Erfassung des Umweltprofils.
- **Schritt 2: Interpretation des Umweltprofils:** Die Relevanz der einzelnen Lebenszyklusphasen wird bewertet, um die richtigen Maßnahmen zur Reduktion des Treibhaus-Potentials zu setzen.
- **Schritt 3: Handlungsoptionen aufzeigen und monetäre Bewertung:** Es werden die beschaffungsrelevanten und kreislaurelevanten Teile und Baugruppen identifiziert, um daraus Handlungsoptionen abzuleiten.

Die einzelnen Schritte werden im Folgenden detailliert ausgeführt.

Schritt 1: Erfassung des Umweltprofils

Entsprechend der vorhandenen Datenlage und methodischen Überlegungen (s. Kapitel 4, insbesondere die Teilabschnitte 4.3) wird in einem ersten Schritt das Umweltprofil eines Produktes erfasst, um das Treibhaus-Potential den einzelnen Produktlebenszyklusphasen zuzuordnen. Unter Umweltprofil des Produkts ist die Aufschlüsselung seines TH-Potentials in den fünf verschiedenen Lebenszyklusphasen zu verstehen.

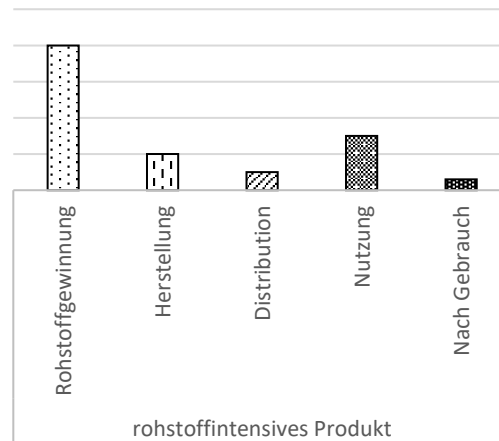


Abbildung 18: Umweltprofil eines rohstoffintensiven Produkts

Durch die Multiplikation der Emissionsintensitäten mit den Kosten der Sachgüter (=Zulieferteile, Materialien, Transportaufwände, Energie, etc.) kann ein durchschnittliches TH-Potential für die einzelnen Lebensphasen berechnet werden.

Phase 1) Rohstoffgewinnung

Die einzelnen Kosten aller Zulieferteile werden mit den der Methode hinterlegten Emissionsintensitäten der entsprechenden Sektoren und Länder multipliziert. Der Begriff Zulieferteile umfasst Bauteile, Halbzeuge, sowie Materialien für die Produktion. Die Kosten der Zulieferteile beinhalten neben den eigentlichen Sachkosten auch Transportkosten. Der Transport dieser Vorkette wird abgebildet über den Emissionsdatensatz des jeweiligen Sektors des zugekauften Bauteils, Halbzeugs oder Materials. Diese gemeinsame Betrachtung führt dazu, dass die Methode den Transport der Vorkette überrepräsentiert.

Phase 2) Herstellung

In der Herstellung fallen die Kosten zur Deckung des Energiebedarfs (Elektrizität) an. Diese Kosten werden mit der Emissionsintensität, die im Wirtschaftszweig 35 Electricity; steam and air conditioning supply, für Österreich hinterlegt sind, multipliziert.

Phase 3) Distribution

Das TH-Potential des Transports vom Produktionsstandort zu den späteren Nutzer:innen des Produkts wird über die anfallenden Speditionskosten bzw. Kosten für die Luftfracht abgebildet. Die Transportkosten werden mit der zugehörigen österreichischen Emissionsintensität des Sektors 52-54 (Land transport and transport via pipelines; Water transport; Air transport) multipliziert.

Phase 4) Nutzung

In der Nutzungsphase eines Produktes werden die Kosten für den Strom (Energiebedarf in der Nutzung) mit der Emissionsintensität des Sektors 35, Electricity; steam and air conditioning supply, Österreich, multipliziert. Ebenfalls umweltrelevant kann der Materialverbrauch in der Nutzung oder auch Instandhaltung sein. Diese Kosten werden analog der Phase 1, Rohstoffgewinnung, mit den entsprechenden Emissionsintensitäten des jeweiligen Sektors und Herkunftsland multipliziert.

Phase 5) Nach Gebrauch

Zur einfachen Abbildung der Nach-Gebrauchs-Phase, welche die Entsorgung des Produkts (Recycling, Energetische Verwertung, und Deponierung) darstellt, wird ein allgemeines Szenario für Österreich angenommen:

Die sektoralen Emissionsintensitäten verteilen sich auf verschiedene Wertschöpfungsbereiche: direkte Emissionen, Materialanteil, Energie -, Transport-, Services-, sowie Rest in der Vorkette (s. Abbildung 10). Diese Materialanteile (Tabelle 4) stellen jenes TH-Potential dar, welches z.B. durch die Umsetzung kreislaforientierter Strategien bei zukünftigen Produkten vermieden werden kann.

Tabelle 4: Emissionen je € verursacht durch den Materialanteil im jeweiligen Sektor, Österreich

GTAP Sektor	Materialanteil an den Emissionen
30, Lumber: Manufacture of Wood and Products of Wood	20%
31, Paper und Paper Products	17%
35, Rubber and Plastic Products	31%
37, Iron and Steel, Basic Products	27%
38, Non-Ferrous Metal Products	27%
39, Fabricated Metal Products	47%
40, Computer and Electronic Products	36%

Abhängig vom Wirtschaftszweig können folgende Entsorgungsszenarien (Anteil an Recycling, energetischer Verwertung und Deponierung) angenommen werden:

30, Lumber: Manufacture of Wood and Products of Wood
Holzprodukte sind vor allem im Sektor Möbelbau (Sektor 31, Manufacture of furniture) als auch bei der Verpackung von schweren Maschinen (Sektor 28 Manufacture of machinery and equipment n.e.c) relevant. Die Entsorgung von Altholz in Österreich liegt bei Holz als Verpackungsmaterial bei 18,1% Recycling und 81,9% Energetische Verwertung (<i>Tabelle 27 in BMK, 2021</i>)
31, Paper und Paper Products
Zulieferteile aus diesem Sektor dienen bei der Modellierung des zu untersuchenden Produkts vor allem als Verpackungsmaterial. Für die Phase Nach Gebrauch werden 84,2% Recycling, 13,4% Energetische Verwertung und 2,4% Deponierung angenommen (<i>Tabelle 27 in BMK, 2021</i>).
35, Rubber and Plastic Products
Umfasst allgemein alle Komponenten und Bauteile aus Kunststoff (31,2% - 38,1% Recycling, 61,9% - 68,8% Energetische Verwertung [Umweltbundesamt, 2021]), als auch Verpackungen aus Kunststoff (31,9% Recycling, 68,1% Energetische Verwertung [<i>Tabelle 27 in BMK, 2021</i>])). Für die Methode wird daher ein Schlüssel von 1/3 Recycling und 2/3 Energetische Verwertung angenommen.

37, Iron and Steel, Basic Products; 39, Fabricated Metal Products; 38, Non-Ferrous Metal Products

Metalle werden in Österreich zu einem hohen Anteil von 84% recycelt (ARA, 2021). Bei Metallverpackungen liegt der Recyclinganteil bei 84,5% und 0% Energetischer Verwertung (*Tabelle 27* in BMK, 2021).

40, Computer and Electronic Products

Da das Recycling von Elektronikprodukten (Elektronikkomponenten) mit hohen Kosten und hohem technischen Aufwand verbunden ist, landen Weltweit ca. 70% des so genannten E-Wastes auf Deponien, innerhalb der EU wird von einer Recyclingrate von 35% ausgegangen (PACE, 2019).

Ebenfalls fallen je nach Entsorgungsszenario (Anteil an Recycling, Energetischer Verwertung und Deponierung) **prozessbedingte Emissionen** an, z.B. durch Transporte zu den einzelnen Entsorgungsunternehmen, den Energiebedarf einer Sortieranlage, etc.

Diese Herangehensweise (Materialanteil den Emissionen, Entsorgungsszenario, und Berücksichtigung Emissionen durch das Entsorgungsszenario), ermöglicht eine praxisorientierte (kostenbasierte) Abbildung der letzten Lebenszyklusphase „Nach Gebrauch“.

Schritt 2: Interpretation des Umweltprofils

Das zuvor bestimmte Umweltprofil dient als Grundlage für die Identifizierung relevanter Beiträge im Lebenszyklus des Produkts, als auch relevanter Kreislaufstrategien, und dem

Erkennen des Kreislauf- sowie des Beschaffungspotentials. Abhängig von der Relevanz der jeweiligen Lebenszyklusphase für das gesamte TH-Potential eines Produktes gibt es fünf verschiedene Grundtypen:

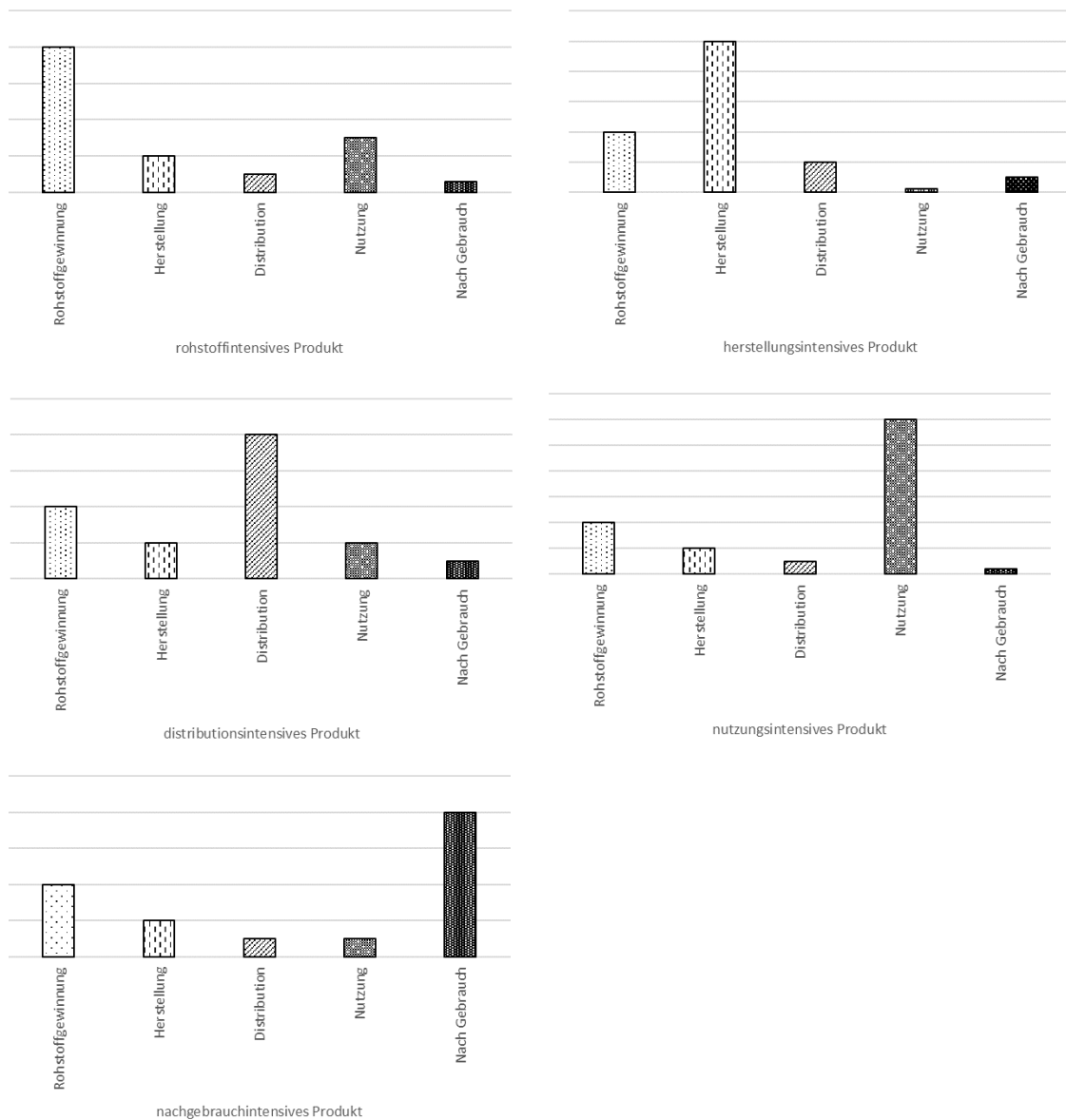


Abbildung 19: Die 5 verschiedenen Umweltprofile, Grundtyp A – Grundtyp E

Ein Produkt mit den höchsten TH-Potential in der Rohstoffgewinnung wird als *Grundtyp A, rohstoffintensiv* bezeichnet. Produkte mit dem höchsten TH-Potential in der Herstellung werden folglich als *Grundtyp B, herstellungsintensiv* klassifiziert, usw. Entspricht das Produkt dem *Grundtyp A, rohstoffintensiv*, so ist von einem Beschaffungspotential (s. Definition

in 5.2.3) auszugehen. Umwelteinsparungen können dann durch alternative Beschaffungsvorgänge der Zulieferteile erzielt werden, wobei zu beachten ist, dass Umweltverbesserung die gesamte Vorkette, also auch andere Materialien, eine effizientere Herstellung, oder kürzere Transportwege, etc. betreffen können. Das Umweltprofil des „Produkts“ und der Zulieferteile sind hierbei nicht zu verwechseln.

Schritt 3: Handlungsoptionen aufzeigen und monetäre Bewertung

Dieser Schritt befasst sich nach der Modellierung (Schritt 1) und der grundlegenden Interpretation des Umweltprofils (Schritt 2) des zu untersuchenden Produkts mit einer möglichen Strategiefindung für eine Produktverbesserung zur Verringerung des TH-Potentials. Im Folgenden werden einige dieser Handlungsoptionen erläutert.

Beschaffungsrelevante Teile und Baugruppen identifizieren

Zulieferteile von Produkten mit einem relevantem Beschaffungspotential werden identifiziert. Dabei handelt es sich um jene Teile, die einen großen Beitrag zum gesamten TH-Potential in der Phase Rohstoffgewinnung des zu untersuchenden Produkts beitragen, und gleichzeitig einen geringen Kostenanteil an den gesamten Kosten der Zulieferteile aufweisen.

Kreislaufrelevante Teile und Baugruppen identifizieren

Als kreislaufrelevant werden jene Bauteile oder Baugruppen bezeichnet, welche einen großen Beitrag zum gesamten TH-Potential in den beiden Phasen Rohstoffgewinnung und Herstellung des zu untersuchenden Produkts beitragen, und gleichzeitig einen hohen Kostenanteil an den gesamten Kosten in der Zulieferkette (Rohstoffe, Materialien, externe Fertigung,...) als auch in der Herstellung (eigene Fertigung) aufweisen (s. auch Kapitel 5.2.3).

Kreislaufpotential des Produkts

Das Kreislaufpotential des Produktes sagt aus, ob aus Umweltsicht eine wesentliche Reduktion des TH-Potentials in Bezug auf das TH-Potential des gesamten Produktlebenszyklus möglich ist, und ob eine Realisierung (Kreislaufschließung) grundsätzlich aus wirtschaftlicher Sicht möglich wäre.

5.2.5 Methodischer Leitfaden für Unternehmen

Bei der KoBa-Methode handelt es sich um eine vereinfachte Methode zur Identifizierung umweltrelevanter Produkte und Produktkomponenten, die für ihre Anwendung keine Vorkenntnisse bezüglich der Durchführung von Umweltbewertungen erfordert. Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass es sich bei der KoBa-Methode derzeit um ein fundiertes bzw. validiertes Methodenkonzept handelt; insofern ist der methodische Leitfaden als Empfehlung zu betrachten, der für künftige Weiterentwicklungen der Methode zur Anwendung kommen kann. Der vorliegende Leitfaden geht auf einzubindende Stakeholder:innen zur Anwendung der Methode ein und beschreibt einige mögliche Vorgangsweisen:

Die KoBa-Methode richtet sich an verschiedene Stakeholder:innen innerhalb eines sachgüterproduzierenden Unternehmens, die Ergebnisse sind aber vorrangig für jene relevant, die in die Produktentwicklung involviert sind, also Produktdesigner:innen und -entwickler:innen. Aus den Ergebnissen erhalten sie eine neue, umweltbezogene Sicht auf ihr Produkt und erhalten Perspektiven, die produktbezogenen Treibhausgase mit alternativen Beschaffungsvorgängen und der Ausschöpfung von Kreislaufwirtschaftsstrategien zu reduzieren.

Die Einbindung weiterer Stakeholder:innen und das Vorgehen beim Vorliegen der Ergebnisse sind davon abhängig, welches Potential (Beschaffung / Kreislaufwirtschaft) tatsächlich ausgeschöpft werden soll.

Mögliche Verbesserungsansätze für **beschaffungsrelevante Teile und Baugruppen** sind:

- **Anderes Produktionsland:** Kann das Zulieferteil aus einem anderen Land bezogen werden, in dem die Produktion bei geringeren THG-Emissionen möglich ist?
Beispiel: im Fall der Produktion von Aluminium weist China als Produktionsstandort aufgrund des Einsatzes von Kohlestrom deutlich höhere produktionsbezogene Emissionen auf als Norwegen, wo erneuerbare Energie zum Einsatz kommt.
- **Anderes Material:** Kann das Zulieferteil aus einem anderen Material gefertigt werden, welches bei seiner Gewinnung und Erzeugung geringere THG-Emissionen verursacht? *Beispiel: Primäraluminium weist ein höheres TH-Potential auf als Sekundär-/Recyclingaluminium.*

- **Andere Technologie:** Kann auf das Zulieferteil ganz verzichtet werden, wenn das Funktionsprinzip des Produkts neu überdacht wird, und die Umweltauswirkungen seiner Komponenten schon in der Produktentwicklungsphase bei Entscheidungen mitberücksichtigt werden? Frei verfügbare Tools wie der ECODESIGN Pilot⁶ oder der CE Designer⁷ können bei dieser Fragestellung eine wertvolle Unterstützung für Produktentwickler:innen bieten, um kreislaufoptimierte Produkte zu entwickeln.

An den Fragestellungen zeigt sich, dass Stakeholder:innen aus dem Einkauf produktionsrelevanter Teile und Komponenten eingebunden werden müssen.

Die **Strategien der Kreislaufwirtschaft** erfordern hingegen ein holistisches Bild auf das Produkt und das Unternehmen, was eine breitere Stakeholder:inneneinbindung zur Folge hat. Abbildung 20 zeigt eine Auswahl an verschiedenen Kreislaufwirtschaftsstrategien. Ziel der Strategien ist die Verlängerung der Lebensdauer von Materialien, Produkten und Komponenten, bei gleichzeitiger Sicherstellung des höchstmöglichen. Je kleiner der Kreis („loop“), desto kleiner der benötigte Ressourcen- und Energieaufwand für die erneute Nutzung des Produktes und damit auch der bewahrte Wert eines Produktes.

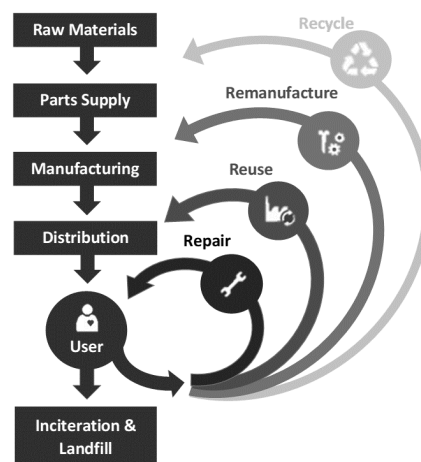


Abbildung 20: Strategien der Kreislaufwirtschaft (Philips, 2022)

⁶ <http://pilot.ecodesign.at/>

⁷ <https://tools.katche.eu/>

Zur Realisierung der Strategien ist häufig das bestehende Geschäftsmodell und die Wertschöpfungskette zu hinterfragen. Die Verlängerung der Lebensdauer von Produkten geht häufig mit neuen Möglichkeiten der Wertschöpfung einher, etwa indem man Reparaturdienstleistungen anbietet, oder durch die Produktrücknahme hochwertige Komponenten sicherstellt, wodurch weniger Abhängigkeiten in der Lieferkette bestehen. Diese strategischen Fragestellungen fordern die Einbindung weiterer Stakeholder:innen, darunter die Geschäftsführung, Business Development, Sales, etc., mit ein.

Neben der Anwendung der KoBa-Methode, die der Identifizierung von Kreislaufwirtschaftspotentialen von Produkten dient, bietet auch der CE Strategist⁸ Unterstützung. Dabei handelt es sich um ein öffentliches Webtool, mit dem Anwender:innen das bestehende Geschäftsmodell hinsichtlich Kreislaufwirtschaftspotentiale evaluieren können. Sowohl KoBa als auch der CE Strategist unterstützen Anwender:innen dabei, objektive Ergebnisse zu erzielen, die als Basis für Veränderungen an bestehenden Produkten und Geschäftsmodellen dienen können.

5.3 Validierung und Anwendung der Methode an drei komplexen Fallbeispielen

Im Folgenden werden die Ergebnisse präsentiert, die aus der Anwendung der Methodik an den drei komplexen Referenzprodukten erzielt wurden. Die drei Referenzprodukte sind:

- Digitales Diktiergerät, für den Wirtschaftszweig 26 Computer and electronics;
- Schreibtisch, für den Wirtschaftszweig 31 Furniture;
- Bandsäge, für den Wirtschaftszweig 28 Machinery and equipment.

Die Referenzprodukte wurden zunächst sowohl mittels einer (1) Ökobilanz und der (2) KoBa-Methode hinsichtlich ihres Treibhauspotentials bewertet. Anschließend wurden die (3) Ergebnisse bezüglich der Anwendung der Methoden miteinander verglichen.

⁸ <https://tools.katche.eu/strategist/>

5.3.1 Case study 1 – Digitales Diktiergerät

Durchführung der Ökobilanz für DPM8000

Die durchgeführte Ökobilanz nach ISO 14040 basierte auf vorherigen Studien (Díaz et al., 2013; Kuso et al., 2016) des Diktiergeräts DPM8000 der Firma Speech Processing Solutions GmbH und hatte zum Ziel, die treibhausrelevanten Lebenszyklusphasen und Komponenten (Zulieferteile) zu identifizieren.

Untersuchungsrahmen der Ökobilanz

Bei dem untersuchten Produkt handelt es sich um das **digitale Diktiergerät Philips Pocket Memo DPM8000**. Die Sprache wird in digitalisierter Form auf einer SD-Speicherkarte aufgezeichnet. Die fertigen Diktate (=Sprachfiles) werden über USB auf einen PC übertragen, von welchem sie entweder direkt mittels einer speziellen Wiedergabesoftware ausgeschrieben werden oder über ein Netzwerk und/oder E-Mail verschickt werden können. Optional können die Diktate auch über eine Spracherkennungssoftware in Text umgewandelt werden, sodass das Textdokument anschließend nur mehr editiert und gegebenenfalls formatiert werden muss. Das Gerät wird über Li-Ionen Akku betrieben werden. Zur effizienteren Nutzung der Akkus ist im Gerät eine Schnellladeschaltung integriert.

- Gewicht: 876g (inklusive Verpackung)
- Abmessung: 18,5 cm x 14,5cm x 7,2cm, inklusive Verpackung
- Nutzungszeit: 4 Jahre (im Durchschnitt)
- Funktion: 4000h Sprachaufzeichnung (im Durchschnitt)
- Vertrieb: international, professionelles Diktieren, vorrangig B2B

(Speech Processing Solutions, 2013)



Materialdeklaration

Das Diktiergerät wiegt 122g. Seine Materialzusammensetzung besteht aus 46% Elektronische Komponenten, 30% Stahlteile, 20% versch. Kunststoffe sowie 4% Restliche Materialien. Die Dockingstation wiegt 198g, 76% Stahl, 20% Kunststoffe, 4% Rest. Das Zubehör (Ka-

beln, Bedienungsanleitung, DVD, Ledertasche) und die Verpackung wiegen 556g. Die Papier- und Karton – Fraktion sind hierbei der größte Anteil, mit 83% (Manual und die Verpackung) (Kuso et al., 2016).

Das Diktiergerät entspricht der Richtlinie RoHS II. Alle Leiterplatten sind bleifrei und halogenfrei. Das Gehäuse des Diktiergeräts ist halogenfrei, die Kabeln sind PVC-frei (Díaz/Wimmer, 2013).

Funktionelle Einheit

Aufzeichnung von 4000h Diktat sowie Bereitstellung dieser digitalen Auszeichnungen für eine digitale Weiterverarbeitung.

Systemgrenzen

Die Endmontage des Diktiergeräts, als auch die Verpackung findet in Wien, Österreich, bei der Firma Speech Processing Solutions GmbH statt. Die Zulieferteile werden hauptsächlich in Europa, China und Nordamerika produziert. Das Diktiergerät wird primär in Europa (57%) und den Vereinigten Staaten (37%) verkauft, genutzt sowie entsorgt (Speech, 2013). Die Ökobilanz folgt dem **Cradle to Grave Ansatz**, das heißt, alle fünf Lebenszyklusphasen (Rohstoffgewinnung, Herstellung, Distribution, Nutzung, Nach Gebrauch) sind in der Bewertung inkludiert. Die Phase Nach Gebrauch wurde als Open-Loop Recycling dargestellt.

Für die Modellierung wurden **ecoinvent Daten** herangezogen.

Sachbilanz

Die Daten von Speech Processing Solutions GmbH werden als vollständig und wahr angenommen. Annahmen sind klar als solche gekennzeichnet.

Phase 1, Rohstoffgewinnung: Es wird die Herstellung aller Zulieferteile betrachtet. Speech Processing Solutions GmbH stellt selbst keine Komponenten oder Bauteile des Diktiergeräts her, sondern nimmt nur die Montage, Tests, Qualitätssicherung und Verpackung vor. Für die Herstellung der Zulieferteile werden die Materialien als auch zugehörige Fertigungsprozesse zugeordnet (Díaz/Wimmer, 2016; Kuso et al., 2013): Injection moulding, Extrusion, Wire drawing, Stamping/Punching, Imprinting and surface covering, Chrome plating und Zinc plating.

Phase 2, Herstellung: Der Energiebedarf von Speech Processing Solutions GmbH beträgt in der Herstellung 0,484kWh, wobei 55% auf die Montage, 16% auf das Testen sowie 29% auf das Verpacken entfällt. Zusätzlich fällt noch Abfall an, welche zum Großteil aus Verpackung der Zulieferteile besteht (Speech, 2013).

Phase 3, Distribution: Das Diktiergerät wird in Wien montiert, verpackt und versendet. Da der Vertrieb international ist (Europa, USA, Australien, etc), wird ein durchschnittliches virtuelles Szenario basierend auf den jeweiligen Marktanteil sowie den Transportwegen für den jeweiligen Markt berücksichtigt, mit 3259 kgkm Luftfracht (3720km) und 2102 kgkm LKW (2400km) (Speech, 2013).

Phase 4, Nutzung: Das Diktiergerät verfügt über einen aufladbaren Lithium-Ionen-Akku, welcher im Gerät verbleibt und über USB bzw. die Dockingstation geladen wird. Eine Akkulaufzeit hält ca. 20h. Für die Funktionelle Einheit, welche einen Betrieb von 4000h miteinschließt, ergibt sich ein Energiebedarf über die Nutzungsdauer von 1,6kWh (Speech, 2013).

Phase 5, Nach Gebrauch: Für die Nach Gebrauchs Phase wurde ein durchschnittliches Entsorgungsszenario für Europa / USA angenommen. Ca. 50% des Abfallstroms werden recycelt, für Kunststoffe mit einer Rate von 80% und bei den Metallen 95% (Kuso et al., 2016)

Annahmen und Allokation

Für die Distributionsphase wurde ein durchschnittliches Szenario verwendet. Ebenso für die Entsorgung in der Phase Nach Gebrauch (Speech, 2013). Es mussten keine Allokationen angewendet werden, die Daten sind je Funktioneller Einheit verfügbar und es treten keine Nebenprodukte oder ähnliches innerhalb der Systemgrenzen auf.

Wirkungsabschätzung

Diese Studie soll als Referenz für den Methodenvergleich der kostenbasierten Umweltbewertung dienen, welche als Wirkungskategorie nur das Treibhauspotential aufweist. Daher beschränkt sich die Wirkungsabschätzung nur auf das Treibhauspotential. Für die Wirkungsabschätzung wurde die Methode ReCiPe verwendet. Die Ergebnisse werden für alle fünf Lebenszyklusphasen, als auch für ausgewählter Zulieferteile angeführt

Abbildung 21 stellt das Umweltprofil des Diktiergeräts auf Basis des Treibhauspotentials dar, Tabelle 5 gibt die zugehörigen Werte in tabellarischer Form wieder.

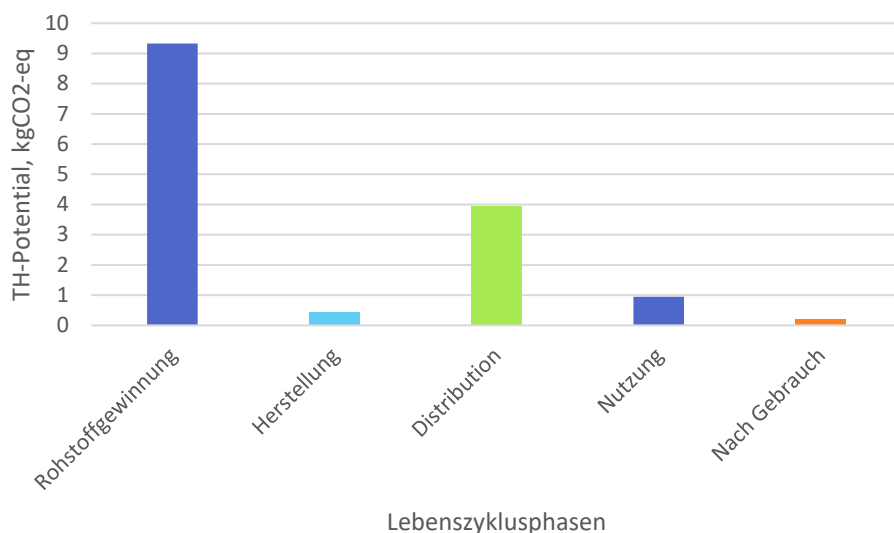


Abbildung 21: Umweltprofil des Diktiergeräts auf Basis des Treibhauspotentials, sachbilanzbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)

Tabelle 5: Treibhauspotential der fünf Lebenszyklusphasen, sachbilanzbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)

Wirkungs-kategorie	Total	Rohstoff-gewinnung	Herstellung	Distribution	Nutzung	Nach Gebrauch
TH-Potential, kgCO ₂ -eq	14,86	9,33	0,42	3,951	0,95	0,20
%	100%	62,8%	2,8%	26,6%	6,4%	1,3%

Tabelle 6 listet die relevanten Komponenten des Diktiergeräts (exklusiv der Docking-Station) auf, welche für den späteren Methodenvergleich als Referenz dienen.

Tabelle 6: Treibhauspotential ausgewählter Zulieferteile, sachbilanzbasierte Methode
(Case study 1: Diktiergerät)

Auswahl an Komponenten	TH-Potential, kgCO ₂ -eq	TH-Potential, %
Microphone	0,03	0,37%
Control Elements	0,13	1,42%
Battery	0,20	2,14%
Speaker	0,42	4,49%
Display	0,50	5,34%
Memory Elements	0,53	5,68%
Housing	0,56	6,04%
PCB	3,42	36,69%

Die beiden Lebenszyklusphasen Rohstoffgewinnung mit 9,33kg CO₂-eq (62,8% THP des gesamten Lebenszyklus) und die Phase Distribution 3,95 kgCO₂-eq (26,6%) betragen gemeinsam rund 90% des THP welches im Produktleben des Diktiergeräts verursacht wird. Nutzung (0,95kg CO₂-eq, 6,4%), Herstellung (0,42kg CO₂-eq, 2,8%), und Nach Gebrauch (0,2kg CO₂-eq, 1,3%) verursachen die restlichen 10% des THP (siehe Tabelle 5 und Abbildung 21).

Das Treibhauspotential ausgewählter Zulieferteile ist in Tabelle 6: Treibhauspotential ausgewählter Zulieferteile, sachbilanzbasierte Methode angeführt. Die Ökobilanz identifiziert vor allen die Bestückte Leiterplatte mit 3,42kg CO₂-eq (36,69%) als relevanteste Komponenten. Des Weiteren sind relevant: Housing (0,56 kgCO₂-eq, 6,04%), Memory Elements (0,53kg CO₂-eq, 5,68%), Display (0,5kg CO₂-eq, 5,34%) und der Speaker (0,42kg CO₂-eq, 4,49%).

Anwendung der KoBa-Methode auf DPM8000

Für die Modellierung des Diktiergeräts wird dessen Kostenstruktur aller Zulieferteile, Herstellungsschritte, sowie anfallende Kosten in der Transport- und Nutzungsphase als Basis genommen. Die Daten stammen von Speech Processing Solutions GmbH.

Erfassung des Umweltprofils

Im ersten Schritt werden für eine vollständige Erfassung des Umweltprofils alle 5 Lebenszyklusphasen abgebildet. Die entsprechende Kostenbasis ist in Tabelle 7 und Tabelle 8 angeführt.

Rohstoffgewinnung: Alle Zulieferteile wurden in einem ersten Schritt den entsprechenden GTAP Sektoren (siehe Tabelle 7) zugeordnet. Unter Berücksichtigung der Herkunft kann die korrekte Emissionsintensität zugeordnet und das TH-Potential berechnet werden.

Tabelle 7: Ermittlung des Treibhauspotentials der Zulieferteile, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)

Bezeichnung	Kosten, €	Herkunft	Sektor (GT AP)	Emissionsintensität, kgCO ₂ -eq / €	TH-Potential, kgCO ₂ -eq	%
Leiterplatten inkl Bestückung	■	HU	40	0,757217246	■	51,6%
DISPLAY YB-YG240320C27A	■	Hongkong	40	0,87203529	■	9,29%
SDHC-CARD 16GB	■	AT	40	0,76648317	■	6,03%
CHASSIS 8000, ASSY	■	Singapur	35	0,909155747	■	5,71%
ORNAM.PART,UPPER	■	Hongkong	39	1,065967063	■	4,17%
ORNAM.PART,LOWER	■	Hongkong	39	1,065967063	■	3,67%
BATT.PACK LI-ION BAK-523450AR	■	Hongkong	40	0,87203529	■	3,47%
TASCHE FÜR DPM 8000	■	Hongkong	27	0,635563579	■	2,01%
MICROPHONE EM121-M2	■	DE	40	0,690519236	■	1,80%
HOUSING UPPER PRT	■	AT	35	0,63178137	■	1,70%

CONN.CABLE	■	Hongkong	40	0,87203529	■	1,46%
BATTERY LID, ANODIZED	■	Hongkong	39	1,065967063	■	1,11%
TASTENBLOCK, VERCHROMT	■	Singapur	35	0,909155747	■	0,89%
LAUTSPRECHER, 28 MM, TSK-Y2830	■	Hongkong	40	0,87203529	■	0,80%
SCHIEBER, VERCHROMT	■	Singapur	35	0,909155747	■	0,65%
FOOT PLATE	■	AT	39	0,566813158	■	0,62%
ON/OFF BUTTON, CHROME PLATED	■	Singapur	35	0,909155747	■	0,57%
SCREW 1,4X5,0 TORX	■	AT	39	0,566813158	■	0,35%
SCREW 1,4X5,3 TORX	■	AT	39	0,566813158	■	0,32%
GEHÄUSE OBERTEIL	■	AT	35	0,63178137	■	0,26%
FALTSCHACHTEL DPM 8000	■	AT	31	0,510969427	■	0,23%
WELLPAPPEEINLAGE DPM 8000	■	AT	31	0,510969427	■	0,19%
MAT	■	AT	35	0,63178137	■	0,19%
ON-OFF ADAPTER	■	AT	35	0,63178137	■	0,16%
ADAPTER	■	AT	35	0,63178137	■	0,16%
BEIPACKZETTEL SPEECHEXEC	■	SK	31	0,606126736	■	0,16%
TASTENMATTE	■	AT	35	0,63178137	■	0,16%
GUMMIPLATTE	■	HU	35	0,802608998	■	0,16%
LIGHT GUIDE	■	AT	35	0,63178137	■	0,15%
MOUNTING SPRING (SPEAKER)	■	AT	39	0,566813158	■	0,14%
BROCHURE DPM8000 , ENGLISH	■	SK	31	0,606126736	■	0,11%
KURZANLEITUNG	■	SK	31	0,606126736	■	0,11%
MICROPHONE HOLDER	■	AT	35	0,63178137	■	0,10%

SCHRAUBE 2,5X10, TORX SILBER	■	AT	39	0,566813158	■	0,09%
CONNECTOR HOUSING	■	AT	35	0,63178137	■	0,09%
DECKEL	■	AT	35	0,63178137	■	0,08%
ACCU CONTACT PROTECT FOIL	■	AT	35	0,63178137	■	0,08%
LICHTLEITER RECORD	■	AT	35	0,63178137	■	0,08%
PLUG	■	AT	35	0,63178137	■	0,08%
WEDGE	■	AT	35	0,63178137	■	0,07%
Rest	■	-	-	-	■	0,98%

Für die weiteren Lebenszyklusphasen werden die Kosten ebenfalls mit den zugehörigen Emissionsintensitäten multipliziert, die Phase Nach Gebrauch wird automatisch entsprechend dem zu Grunde liegenden Entsorgungsszenario Österreich aus der Phase Rohstoffgewinnung abgeleitet.

Herstellung: Die Energiekosten werden mit 0,1041€⁹ für die Montage sowie Funktionstests zur Qualitätssicherung eines Diktiergeräts angenommen.

Distribution: Das Diktiergerät wird durchschnittlich 2400km mittels LKW und 3720km per Luftfracht zum Nutzer transportiert; dieses Szenario wurde auch in der sachbilanzbasierten Ökobilanz verwendet. Versandkosten eines einzelnen Diktiergeräts betragen z.B. 6,96€ nach Frankreich, GLS Straßentransport, oder 38,4€ FedEx Priority Luftfracht nach US (Speech, 2013). Um einen Methodenvergleich zu erlauben, muss auch in der kostenbasierten Methode versucht werden dieses Szenario abzubilden. Die Lieferungen zu Kunden von Speech Processing Solutions GmbH weisen meist eine gewisse Anzahl an Geräten auf, einzelne Diktiergeräte werden nur im Ausnahmefall verschickt. Die Transportkosten sinken mit steigendem Transportgewicht, die Transportkosten pro Diktiergerät werden bei einem Versand einer größeren Stückzahl geringer. Betrachtet man den Versand von 300Stk (typ. Transportvolumen auf einer Europalette), so sinken die Kosten auf 0,5€ Speditionskosten bzw. bei

⁹ Näherung durch Speech Processing Solutions, 2021: Energieverbrauch / Gerät: 0,484kWh x angenommene Stromkosten von ca. € 0,215/kWh (lt. e-control Gewerbetarifkalkulator)

Luftfracht (130 Stück) auf 2,37€¹⁰. Unter Berücksichtigung mittlerer Transportvolumen (Mittelwert dieser beiden Grenzfälle) und den Entfernungen des Transportszenarios werden für den Transport 9,48€ (Luftfracht) und 7,5€ (Spedition) angesetzt.

Nutzung: Der Energiebedarf in der Nutzung liegt bei ca. 1,6kWh, und mit 0,352€ abgebildet¹¹.

Nach Gebrauch: Die Phase Nach Gebrauch wird mit dem in der Methode hinterlegtem Entsorgungsszenario für Österreich abgeleitet.

Tabelle 8: Ermittlung des Treibhauspotentials der Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)

Bezeichnung	Kosten, €	Herkunft	Sektor (GTAP)	Emissionsintensität, kg CO ₂ -eq / €	TH-Potential, kg CO ₂ -eq
Herstellung (Energiebedarf)	0,1041	AT	46	1,81	0,19
Distribution	7,4; 9,48	AT	52; 54	0,60; 1,186	19,38
Nutzung (Energiebedarf)	0,352	AT	46	1,81	0,64
Nutzung (Materialverbrauch)	0	-	-	-	0

Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 sowie in Abbildung 22 angeführt.

¹⁰ Eigene Recherche

¹¹ Energiekosten für private Haushalte liegen bei 22 ct/kWh (www.stromrechner.at)

Tabelle 9: Treibhauspotential der 5 Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)

Wirkungskategorie	Total	Rohstoff- gewinnung	Herstellung	Distribution	Nutzung	Nach Gebrauch
TH-Potential, kg CO ₂ -eq	64,77	45,35	0,19	19,38	0,64	-0,78
%	100%	68,4%	0,3%	29,2%	1%	-1,2%

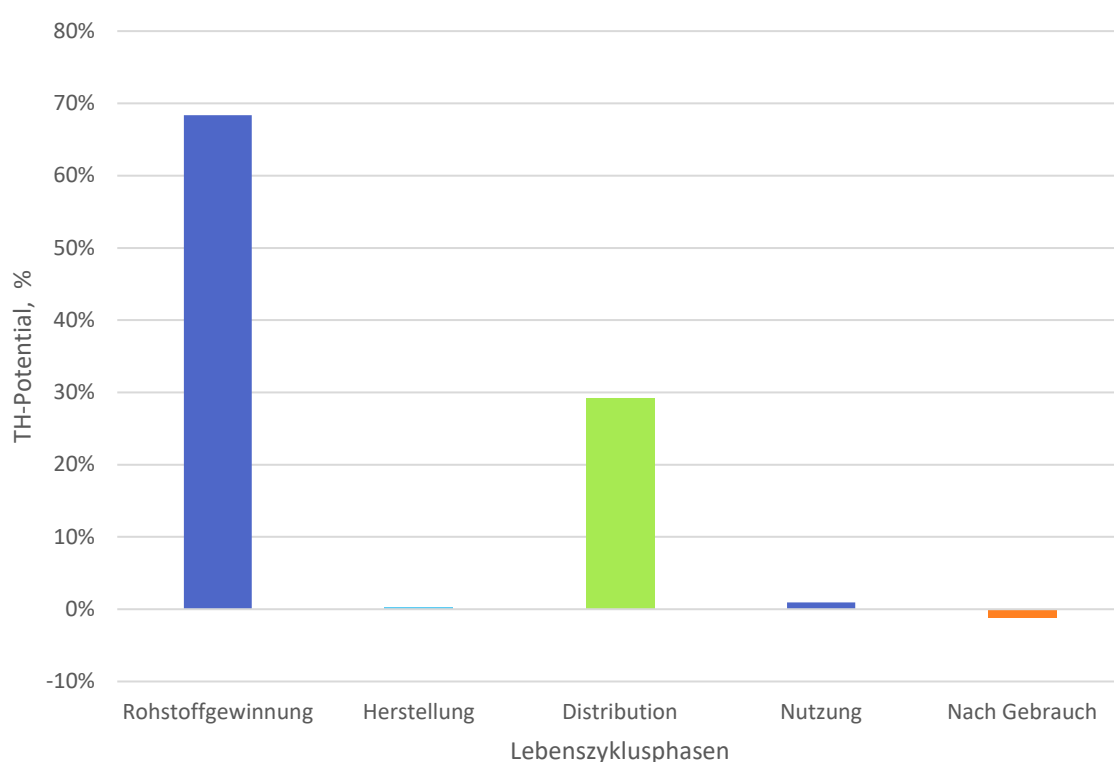


Abbildung 22: Umweltprofil des Diktiergeräts auf Basis des Treibhauspotentials, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)

Interpretation des Umweltprofils

Das Umweltprofil des Diktiergeräts (Abbildung 22) zeigt ein klar rohstoffintensives Produkt (68,4% des gesamten THP) und eine umweltrelevante Distribution (29,2%). Die Lebenszyklusphasen Herstellung (0,3%), Nutzung (1%), und Nach Gebrauch -1,2% tragen nur marginal zum THP bei.

Als kreislaurelevant können die drei Komponenten PCB, Display und Housing, welche gemeinsam 77% des TH-Potentials aller Komponenten verursachen, sowie 75% der Kosten aller Komponenten, angenommen werden. Da die Distribution einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am gesamten TH-Potential beiträgt, ergibt sich ein Kreislaufpotential des Diktiergeräts von 54%.

Das Beschaffungspotential ist laut Definition der Anteil der THG-Emissionen aller zugekauften Materialien, Halbzeuge oder Bauteile (Phase Rohstoffgewinnung) an den gesamten THG-Emissionen eines Produktes über den Produktlebenszyklus. Das Beschaffungspotential beträgt somit 68,4%.

Ein Potential für Umweltverbesserungen liegt bei jenen Komponenten, welche den größten Anteil an dem gesamten Treibhauspotential aufweisen. Die Leiterplatte inkl. Bestückung (51,56%), das Display (9,29%), die Speicherkarte (6,03%) als auch die Teile des Gehäuses wie Chassis (5,71%) und oberes- und unteres Ornamental Part (4,17% und 3,67%) machen gemeinsam über 80% des THP aller Zulieferteile aus (siehe Tabelle 8).

Vergleich der Ökobilanz und KoBa am Beispiel DPM8000

Die Ergebnisse der sachbilanzbasierten Umweltbewertung (Ökobilanz) und der kostenbasierten Methode zur Umweltbewertung fasst Tabelle 10 und Abbildung 23 zusammen. Beide Methoden weisen dieselben Lebenszyklusphasen als relevant aus, auch das Verhältnis zum gesamten THP ist stimmig (kostenbasiert: Rohstoffgewinnung 68,4% und Distribution 29,2%; sachbilanzbasiert 62,8% und 26,6%).

Die Phase Herstellung (kostenbasiert: 0,3%; sachbilanzbasiert 2,8%) weist relativ gesehen einen großen Unterschied von 2,7 Prozentpunkte auf, was unter anderem darauf zurückzuführen ist, dass einerseits in der kostenbasierten Methode diese Phase nur über den Stromverbrauch abgebildet wurde, und z.B. ein Anfallen von Abfall in der Fertigung etc. nicht berücksichtigt wurde, andererseits die Emissionsintensitäten die elektrische Energie unterrepräsentiert, dies wird umso deutlicher, betrachtet man auch die Nutzungsphase.

Ein weiterer relativ gesehener großer Unterschied von über 5 Prozentpunkte betrifft die Nutzungsphase (kostenbasiert: 1%; sachbilanzbasiert 6,4%) kann erklärt werden, durch das der Ökobilanz zugrundeliegende internationale Nutzungsszenario, während die kostenbasierte Methode zunächst nur den Einsatz in Österreich mit einer CO₂-ärmeren Stromversorgung als der internationale Durchschnitt abbildet.

Bei der Phase Nach Gebrauch weist die Ökobilanz eine THP Belastung von 1,3% auf, während bei der kostenbasierten Methode eine Gutschrift von 1,2% resultiert. Das Entsorgungsszenario der kostenbasierten Methode des Sektors 40, Computer and Electronic Products, berücksichtigt eine Recyclingquote von 35%, welche einem durchschnittlichen Elektronikprodukt entspricht. Betrachtet man aus diesem Sektor jedoch Zulieferteile für das Diktiergerät wie die Leiterplatte oder das Display, so ist die tatsächliche Recyclingquote niedriger, die kostenbasierte Methode weist eine zu hohe Gutschrift geschuldet der Aggregation der Sektoren aus.

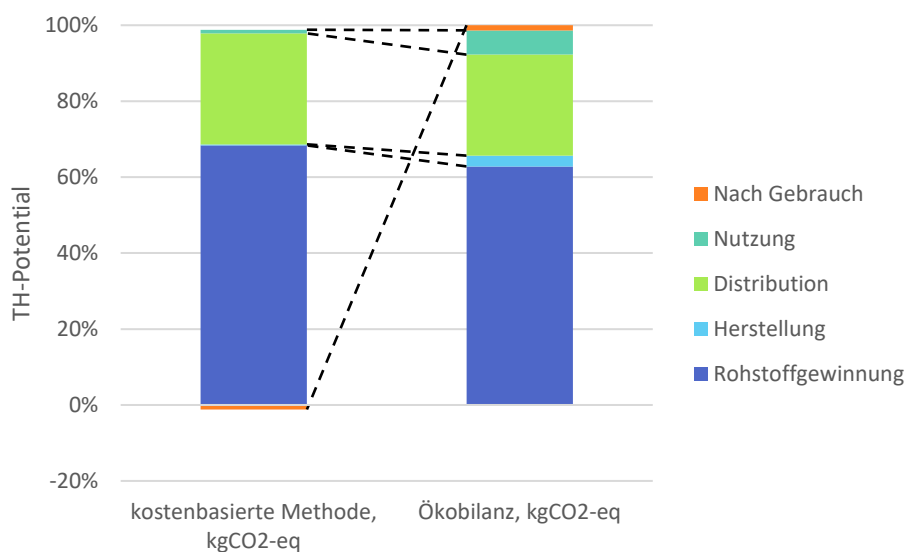


Abbildung 23: Methodenvergleich, Umweltprofil (Case study 1: Diktiergerät)

Tabelle 10: Methodenvergleich, Relevanz aller fünf Lebenszyklusphasen in Bezug auf das TH-Potentials (Case study 1: Diktiergerät)

Bezeichnung	kostenbasierte Methode, kg CO ₂ -eq	Ökobilanz, kg CO ₂ -eq	kostenbasierte Methode, %	Ökobilanz, %
Rohstoffgewinnung	45,35	9,33	68,4%	62,8%
Herstellung	0,19	0,42	0,3%	2,8%
Distribution	19,38	3,95	29,2%	26,6%
Nutzung	0,64	0,95	1%	6,4%
Nach Gebrauch	-0,78	0,20	-1,2%	1,3%

Der Methodenvergleich auf Basis relevanter, ausgewählter Komponenten (siehe Abbildung 24 und Tabelle 11) zeigt ein brauchbares Bild für die Identifikation jener Komponenten mit einem hohen TH-Potential. Beide Methoden kommen bei der bestückte Leiterplatten (kostenbasiert: 56,14%; sachbilanzbasiert 59%) auf ein ähnliches Ergebnis, die bestückte Leiterplatte wird somit von der kostenbasierten Methode korrekt als relevantestes Teil identifiziert. Die weiteren Teile wie Housing, Memory Elements und Display scheinen bei beiden

Methoden ebenfalls als relevant auf, weisen jedoch prozentuale Unterschiede im normierten Vergleich auf. Der Lautsprecher wird von der kostenbasierten Methode als nicht Beschaffungsrelevant identifiziert (0,87%), verglichen mit der Ökobilanz (7,22%). Der aufladbare Akku (Battery) als auch die Control Elements werden von beiden Methoden mit einer ähnlichen Relevanz ausgegeben (kostenbasiert: 3,78% und 2,74%; sachbilanzbasiert 3,44% und 2,29%).

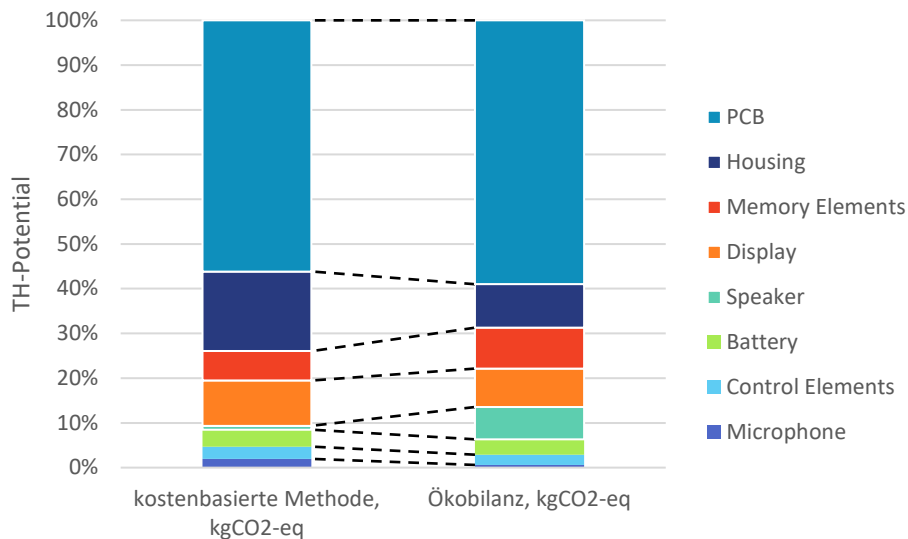


Abbildung 24: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten (Case study 1: Diktiergerät)

Tabelle 11: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials (Case study 1: Diktiergerät)

Auswahl an Komponenten	kostenbasierte Methode, kg CO ₂ -eq	Ökobilanz, kg CO ₂ -eq	kostenbasierte Methode, % (normiert)	Ökobilanz, % (normiert)
Microphone	0,81	0,03	1,96%	0,60%
Control Elements	1,14	0,13	2,74%	2,29%
Battery	1,58	0,20	3,78%	3,44%
Speaker	0,36	0,42	0,87%	7,22%
Display	4,21	0,50	10,12%	8,59%
Memory Elements	2,74	0,53	6,57%	9,14%
Housing	7,42	0,56	17,81%	9,72%
PCB	23,38	3,42	56,14%	59,00%

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die kostenbasierte Methode die Lebenszyklusphasen (Rohstoffgewinnung und Distribution) korrekt als relevant identifiziert hat, als auch auf Komponentenebene die relevanten Teile mit dem höchsten TH-Potential erkannt wurden. Die Ergebnisse in absoluten Zahlen betrachtet unterscheiden sich jedoch um einen Faktor >4, daher ist die kostenbasierte Methode kein Ersatz für eine vollständige Ökobilanz, sondern ein Tool, welches hilft auf umweltrelevante Potentiale in Bezug auf KLV und Beschaffung hinzuweisen.

5.3.2 Case study 2 – Schreibtisch Pure Delta

Durchführung der Ökobilanz für Schreibtisch Delta

Ziel der durchgeführten Ökobilanz, welche an ISO14040 angelehnt ist, ist die Identifizierung der treibhausrelevanten Lebenszyklusphasen und Komponenten (Zulieferteile) in Bezug auf das Treibhauspotential (TH-Potential) des Schreibtischs Delta der Firma Bene GmbH.

Untersuchungsrahmen der Ökobilanz

Der Schreibtisch Delta besteht aus einer Stahlunterkonstruktion mit einer Tischplatte (Spanplatte beschichtet mit Melaminharz). Die relevanten Komponenten der Stahlunterkonstruktion sind Zarge, Plattenträger und die Tischwangen bestehend aus dem Bügel (Kopfteil + Tischbein) sowie dem Innenrohr für die Verstellung der Tischhöhe.

- Gewicht: rund 50kg
- Kartonverpackung: rund 6kg
- Abmessung: 160 cm x 80 cm
- Funktion: Kabelwanne inkludiert, verstellbare Tischhöhe zwischen 65cm und 85cm.
- übliche Verwendung im B2B Bereich, durchschnittlich 15 Jahre Lebensdauer



(Bene GmbH, 2022)

Materialdeklaration

Die Materialzusammensetzung des Tisches besteht zu 57% aus Stahlteilen (beschichtet), 31% Holzwerkstoff, Melaminspanplatte, 11% Karton und Pappe (Verpackung) und rund 1% Kunststoff.

Funktionelle Einheit

Ein Arbeitstisch mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren.

Systemgrenzen

Die Ökobilanz folgt dem Cradle to Grave Ansatz, das heißt, alle 5 Lebenszyklusphasen (Rohstoffgewinnung, Herstellung, Distribution, Nutzung, Nach Gebrauch) sind in der Bewertung inkludiert. Die Phase Nach Gebrauch, wurde als Open-Loop Recycling dargestellt.

Für Die Modellierung wurde Ecodesign+ mit hinterlegten ecoinvent Daten herangezogen.

Sachbilanz

Die Daten von Bene GmbH werden als vollständig und wahr angenommen. Annahmen sind klar als solche gekennzeichnet.

Phase 1, Rohstoffgewinnung: Diese Phase umfasst die Materialien als auch einzelne Produktionsschritte bei den Zulieferern (Folierung der Tischplatte, Laserschneiden, Stanzen, Tiefziehen, Biegen, Pulverbeschichtung von Stahlteilen etc.), sowie den Transport der Zulieferteile zu Bene. Unterschiedliche finale Bearbeitungsschritte an den Zulieferteilen werden jedoch bei Bene selbst durchgeführt, und werden durch den Energiebedarf in der Phase 2, Herstellung abgebildet.

Phase 2, Herstellung: Der Energiebedarf in der Herstellung wird von Bene mit durchschnittlich 20,46kWh Elektrizität, 1,33kWh Ölheizung und 52,94kWh Holzheizung je 50kg herzustellendes Produktgewicht angegeben (Bene, 2022). Es wurde der österreichische Strommix für die Modellierung herangezogen. Folgender Verschnitt wurde berücksichtigt: 5,75kg¹² Melaminspan (Tischplatte), 7,9kg¹³ Stahl, 1,5kg¹⁴ Karton und Pappe. Der so entstandene Abfall wird zu 100%¹⁵ recycelt bzw zu 50% (Bene, 2021) energetisch bei Bene verwertet, diese Verwertung wurde in der Modellierung jedoch nicht berücksichtigt.

Phase 3, Distribution: Das Szenario Bene-Prag mit einer Transportdistanz von 314 km wurde angenommen.

¹² Quelle: Bene GmbH

¹³ eigene Annahmen, 20% Verschnitt

¹⁴ eigene Annahmen, 20% Verschnitt

¹⁵ eigene Annahmen

Phase 4, Nutzung: In der Nutzungsphase wurde keine Reinigung, Wartung oder Instandhaltung angenommen.

Phase 5, Nach Gebrauch: Ein Entsorgungsszenario mit 100% Recycling bei Metallen, Karton und Pappe, 50% Recycling / 50% energetische Verwertung bei Kunststoffteilen aus PP sowie 100% energetische Verwertung bei Kunststoffteilen aus ABS wurde angenommen. Die Entsorgung der Tischplatte wurde nicht berücksichtigt, diese ist je nach spezifischen Anwendungsfall recyclebar oder auch thermisch verwertbar.

Annahmen und Allokation

Die Gesamtjahresverbräuche für Energie wurden anteilig mit Hilfe der Jahresgesamtmenge von im Werk produzierten Möbeln auf das Produktgewicht eines einzelnen Tisches heruntergebrochen, weitere Allokationen oder Nebenprodukte treten nicht auf, Annahmen wurden wie in der Sachbilanz beschrieben angenommen.

Wirkungsabschätzung

Diese Studie soll als Referenz für den Methodenvergleich der kostenbasierten Umweltbewertung dienen, welche als Wirkungskategorie nur das Treibhauspotential aufweist. Daher beschränkt sich die Wirkungsabschätzung nur auf das Treibhauspotential. Für die Wirkungsabschätzung wurde die im Tool ECODESIGN+ hinterlegte Methode verwendet. Die Ergebnisse werden für alle fünf Lebenszyklusphasen, als auch für ausgewählter Zulieferteile angeführt.

Umweltauswirkungen

Abbildung 25 zeigt das Umweltprofil des Tisches Bene Delta inklusiv Verpackung auf Basis des Treibhauspotentials, Tabelle 12 gibt die zugehörigen Werte in tabellarischer Form wieder.

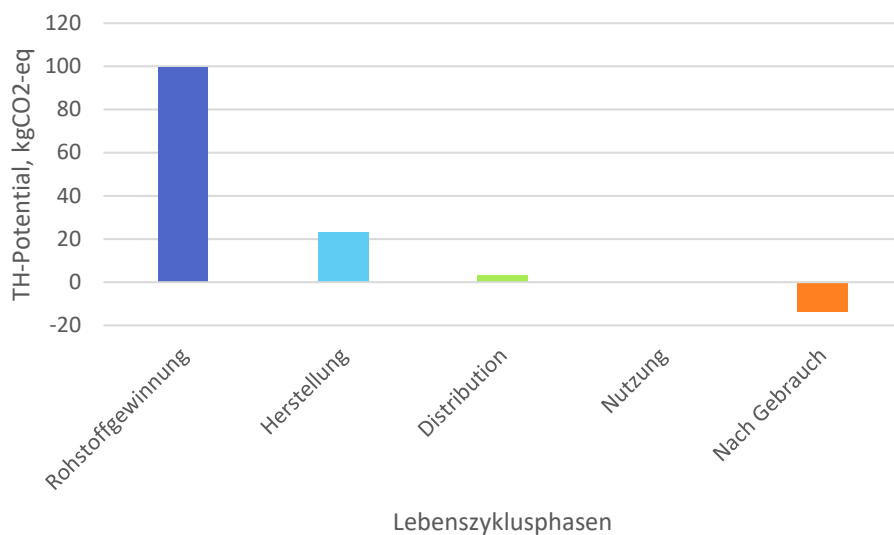


Abbildung 25: Umweltprofil Bene Delta auf Basis des Treibhauspotentials, sachbilanzbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch)

Tabelle 12: Treibhauspotential der 5 Lebenszyklusphasen, sachbilanzbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch)

Wirkungs-kategorie	Total	Rohstoff-gewinnung	Herstellung	Distribution	Nutzung	Nach Gebrauch
TH-Potential, kg CO ₂ -eq	112,44	99,70	23,00	3,30	0	-13,60
%	100%	71,4%	16,5%	2,4%	0%	-9,7%

Tabelle 13 listet sowohl treibhausrelevante Komponenten auf, als auch Komponenten mit einem geringen TH-Potential wie Verpackungsmaterial „Säcke verschleißbar klein“ oder Schrauben „SPAX-PHPZ-VZ-4.0 16“, um für den späteren Methodenvergleich als Referenz dienen.

Tabelle 13: Treibhauspotentials ausgewählter Zulieferteile, sachbilanzbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch)

Auswahl an Komponenten	TH-Potential, kg CO ₂ -eq	TH-Potential, %
SÄCKE VERSCHL. KLEIN	0,40	0,40%
SPAX-PHPZ-VZ-4.0/16	0,33	0,33%
KANTE-2/22MM-M1	1,02	1,02%
GA-19-ME/ME-282/207	7,69	7,71%
Karton	9,29	9,32%
KABELWANNE-127	8,77	8,80%
PLATTENTRAEGER-LLP	6,45	6,47%
ZARGE-LLP-160	14,54	14,58%
INNNEROHR-LV-THS-HV	11,90	11,94%
BUEGEL-LX-THS-HV	38,64	38,76%

Auswertung

Abbildung 21 und die Tabelle 12 zeigt die Relevanz der Phase 1, Rohstoffgewinnung mit 99,7kg CO₂-eq bzw. 71,4% des gesamten TH-Potentials. Die Herstellung (23kg CO₂-eq, 16,5%), welche den zweitgrößten Beitrag zum gesamten TH-Potential, weist nur noch rund 1/5 der Phase Rohstoffgewinnung auf. Die Phase Distribution trägt nur noch marginal mit 3,3kgCO₂-eq bzw. 2,4% bei. Die Phase Nach Gebrauch, welche die Entsorgung bzw einen gewissen Recyclingsanteil der im Tisch eingesetzter Materialien berücksichtigt, zeigt eine große Gutschrift von 13,6kg CO₂-eq, 9,7%.

Das Treibhauspotential ausgewählter Zulieferteile ist in Tabelle 13 angeführt. Das THP dieser Komponenten wird im weiteren Verlauf mit den Ergebnissen aus der kostenbasierten Umweltbewertung verglichen. Die Ökobilanz identifiziert vor allem die Stahlkomponenten als Umweltrelevant: Bügel (38,64kg CO₂-eq, 38,76%), Innenrohr (11,90kg CO₂-eq, 11,94%), Zarge (14,54kg CO₂-eq, 14,58%), Plattenträger (6,45kg CO₂-eq, 6,47%) und die Kabelwanne (8,77kg CO₂-eq, 8,8%). Die Tischplatte, obwohl gewichtsanteilig relevant, trägt nur zu 7,71% (7,69kg CO₂-eq) zum gesamten TH-Potential bei. Die Relevanz der Kartonverpackungen belaufen sich in derselben Größenordnung (9,29kg CO₂-eq, 9,32%).

Anwendung der KoBa-Methode auf Schreibtisch Delta

Für die Modellierung des Tisches „Delta“ von Bene wird dessen Kostenstruktur aller Zulieferteile, Herstellungsschritte, sowie anfallende Kosten in der Transportphase als Basis genommen. Die Daten stammen von Bene GmbH.

Erfassung des Umweltprofils

Im ersten Schritt werden für eine vollständige Erfassung des Umweltprofils alle 5 Lebenszyklusphasen abgebildet. Die entsprechende Kostenbasis ist in Tabelle 14 und Tabelle 15 angeführt.

Rohstoffgewinnung: Alle Zulieferteile wurden in einem ersten Schritt den entsprechenden GTAP Sektoren (siehe Tabelle 14) zugeordnet. Unter Berücksichtigung der Herkunft kann die korrekte Emissionsintensität zugeordnet und das TH-Potential berechnet werden.

Tabelle 14: Ermittlung des Treibhauspotentials der Zulieferteile, kostenbasierte Methode, (Case study 2: Schreibtisch)

Bezeichnung	Kosten, €	Herkunft	Sektor (GTAP)	Emissionsintensität, kg CO ₂ -eq / €	TH-Potential, kg CO ₂ -eq	%
BUEGEL-LX-THS-HV	■	AT	39	0,566813158	■	40,43%
INNEROHR-LV-THS-HV	■	DE	39	0,522506571	■	15,00%
ZARGE-LLP-160	■	DE	39	0,522506571	■	8,85%
PLATTENTRAEGER-LLP	■	DE	39	0,522506571	■	6,02%
KABELWANNE-127	■	DE	39	0,522506571	■	5,56%
GA-19-ME/ME-282/207	■	AT	30	0,407469871	■	5,07%
HALTER-KWANNE-PL	■	DE	39	0,522506571	■	4,01%
WABENPOLSTER-48/9/9	■	AT	31	0,510969427	■	2,86%
DECKEL-KAWA-ZUGRES	■	AT	39	0,566813158	■	2,28%

ENDLOSKARTON-BE-128	■	AT	31	0,510969427	■	1,02%
RAMP-SKD-BL-M6-12/12	■	AT	39	0,566813158	■	1,02%
KANTE-2/22MM-M1	■	DE	35	0,604214977	■	0,77%
ENDLOSKARTON-BE-97	■	AT	31	0,510969427	■	0,65%
RAHMEN-KAWA-ZUGR	■	AT	35	0,63178137	■	0,64%
WABENPOLSTER-100/6	■	AT	31	0,510969427	■	0,63%
STELLFUSS	■	DE	35	0,604214977	■	0,57%
KLEMMPLATTE	■	AT	39	0,566813158	■	0,54%
KLAMMER-KAWA-ZUGR	■	AT	35	0,63178137	■	0,52%
FUEHRUNGSTEIL-KW-L	■	AT	35	0,63178137	■	0,43%
FUEHRUNGSTEIL-KW-R	■	AT	35	0,63178137	■	0,43%
SCHAUMPOLSTERPAD-H20	■	DE	35	0,604214977	■	0,34%
HUELSE-IGEW-M6/15	■	AT	39	0,566813158	■	0,32%
GWSR-FLIS-VN-M6/12	■	AT	39	0,566813158	■	0,29%
STABMAGNET-5x8,47	■	AT	39	0,566813158	■	0,27%
GRIFF-ABD-KAWA-ZUGR	■	AT	35	0,63178137	■	0,25%
FALTSCHACHTEL-MITTEL	■	AT	31	0,510969427	■	0,22%
SPAX-PHPZ-VZ-4.0/16	■	AT	39	0,566813158	■	0,18%
ACHSBEFESTIGER	■	AT	39	0,566813158	■	0,18%
FALTSCHACHTEL-KLEIN	■	AT	31	0,510969427	■	0,16%
BENE-LOGO-2/0.9	■	AT	35	0,63178137	■	0,16%
ZUGENTLASTUNG	■	DE	35	0,604214977	■	0,15%
GWSR-LKIS-VZ-M6/30	■	AT	39	0,566813158	■	0,07%
GWSR-SKIS-VZ-M8/16	■	DE	39	0,522506571	■	0,07%

ANSCHLAGDÄMPFER	■	AT	35	0,63178137	■	0,04%
SÄCKE VERSCHL. KLEIN	■	AT	35	0,63178137	■	0,02%

Für die weiteren Lebenszyklusphasen werden die Kosten ebenfalls mit den zugehörigen Emissionsintensitäten multipliziert, die Phase Nach Gebrauch wird automatisch entsprechend dem zu Grunde liegenden Entsorgungsszenario Österreich aus der Phase Rohstoffgewinnung abgeleitet.

Herstellung: Die Energiekosten in der Herstellung des Tisches betragen 4,5€ (Bene, 2021).

Distribution: Für die anfallenden Kosten im Transport wurden 5€¹⁶ angenommen.

Nutzung: Der Tisch weist in der Nutzungsphase keinen Energiebedarf auf.

Nach Gebrauch: Die Phase Nach Gebrauch wird mit dem in der Methode hinterlegtem Entsorgungsszenario für Österreich abgeleitet.

Tabelle 15: Ermittlung des Treibhauspotentials der Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch)

Bezeichnung	Kosten, €	Herkunft	Sektor (GTAP)	Emissionsintensität, kg CO ₂ -eq / €	TH-Potential, kg CO ₂ -eq
Herstellung (Energiebedarf)	4,5	AT	46	1,81	8,15
Distribution	5	AT	52	0,60	3,00
Nutzung (Energiebedarf)	0	-	-	-	0
Nutzung (Materiaverbrauch)	0	-	-	-	0

¹⁶ Eigene Annahme, Transportszenario Spedition, Strecke Bene - Prag, anteilige Lieferkosten für die Ausstattung eines durchschnittlichen Büros.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 16 sowie in Abbildung 26 angeführt.

Tabelle 16: Treibhauspotential der fünf Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch)

Wirkungs-kategorie	Total	Rohstoff-gewinnung	Herstellung	Distribution	Nutzung	Nach Gebrauch
TH-Potential, kg CO ₂ -eq	62,94	63,53	8,15	3,00	0	-11,74
%	100%	73,5%	9,4%	3,5%	0,0%	-13,6%

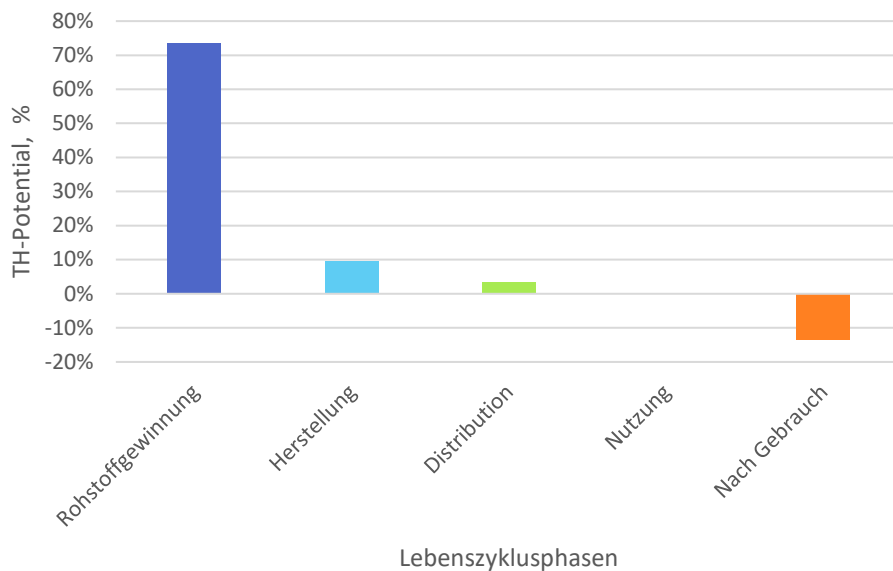


Abbildung 26: Umweltprofil Bene Delta auf Basis des Treibhauspotentials, kostenbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch)

Interpretation des Umweltprofils

73,5% des TH-Potential werden in der ersten Lebenszyklusphase Rohstoffgewinnung verursacht (Abbildung 26). Wie auch das Diktiergerät zeigt, das Umweltprofil des Schreibtischs ein rohstoffintensives Produkt. Die Herstellung des Tisches verursacht 9,4%, die Distribution mit 3,5% trägt hingegen nur unwesentlich zum gesamten TH-Potential bei. Mit der Entsorgung des Tisches, (Phase Nach Gebrauch) scheint ein Teil des TH-Potentials als Gutschrift mit -13,6% auf, basierend auf dem hinterlegten Entsorgungsszenario, welches bereits eine hohe stoffliche Verwertung (84% Recycling) bei der Metallfraktion in Österreich aufweist.

Als kreislaurelevant können die Stahlkomponenten (Bügel, Innenrohr, Zarge, Plattenträger und die Kabelwanne - 76% des TH-Potenitals aller Komponenten, sowie 75% der Kosten aller Komponenten) angenommen werden. Das Kreislaufpotential des Schreibtischs ergibt sich gemäß der von 77%.

Das Beschaffungspotential (Anteile der Phase Rohstoffgewinnung an den gesamten THG-Emissionenn des Tisches über seinen Lebenszyklus) beträgt 73,5%.

Vergleich der Ökobilanz und KoBa am Beispiel Schreibtisch Delta

Vergleicht man jene Ergebnisse der kostenbasierten und der sachbilanzbasierten Methode, so zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der ersten Case study (Diktiergerät), s. dazu Abbildung 27 und Tabelle 17. Die beiden Methoden zeigen im direkten Vergleich bei der Phase Rohstoffgewinnung nur einen geringen Unterschied (kostenbasiert: 73,5%; sachbilanzbasiert 71,4%). Bei der kostenbasierten Methode ist die Phase mit der zweitgrößten Relevanz die Phase Nach Gebrauch (-13,6%) gefolgt von der Herstellung (9,4%). Die sachbilanzbasierte Methode ergibt die genau gespiegelte Relevanz, Herstellung (16,5%) gefolgt von Nach Gebrauch (-9,7%). Die Phase Herstellung, weist in der sachbilanzbasierten Methode eine um 7,1 Prozentpunkte größeres TH-Potential auf. Bei der kostenbasierten Methode wurden für die Modellierung dieser Phase nur der Energiebedarf herangezogen, während bei der sachbilanzbasierten Methode die Herstellung 10,47kg CO₂-eq Verschnitt (=Abfall) auch berücksichtigt wurde. Methodisch bedingt wird dieser Verschnitt bei der kostenbasierten Methode der Phase Rohstoffgewinnung angerechnet (z.B. die gesamte Tischplatte wird gekauft, also inklusiv jenem Materialanteil, welcher durch späterer Bearbeitungsschritte zu Abfall in der Herstellung wird). Die Phase Distribution, wurde bei beiden Methoden als nicht relevant identifiziert (kostenbasiert: 3,5%; sachbilanzbasiert 2,4%).

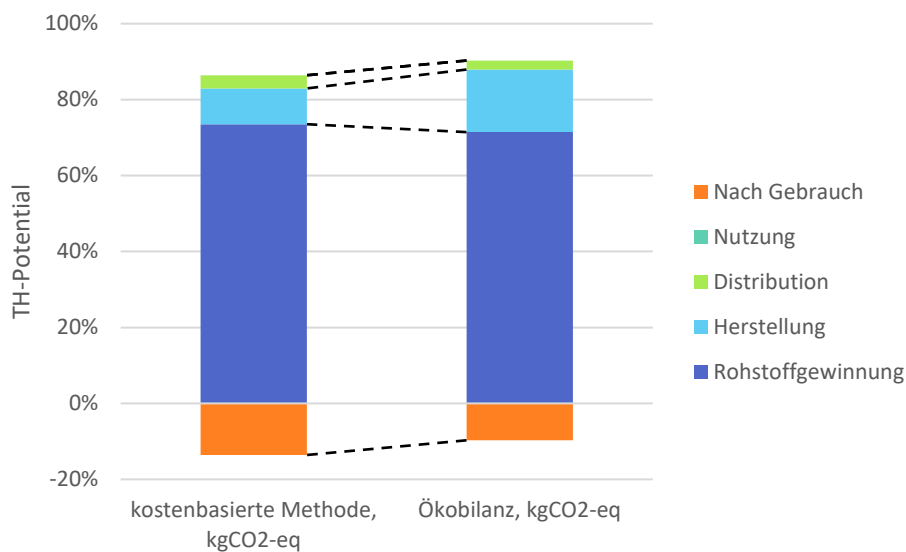


Abbildung 27: Methodenvergleich, Umweltprofil (Case study 2: Schreibtisch)

Tabelle 17: Methodenvergleich, Relevanz aller fünf Lebenszyklusphasen in Bezug auf das TH-Potentials (Case study 2: Schreibtisch)

Bezeichnung	kostenbasierte Methode, kgCO ₂ -eq	Ökobilanz, kgCO ₂ -eq	kostenbasierte Methode, %	Ökobilanz, %
Rohstoffgewinnung	63,53	99,70	73,5%	71,4%
Herstellung	8,15	23,00	9,4%	16,5%
Distribution	3,00	3,30	3,5%	2,4%
Nutzung	0	0	0,0%	0,0%
Nach Gebrauch	-11,74	-13,56	-13,6%	-9,7%

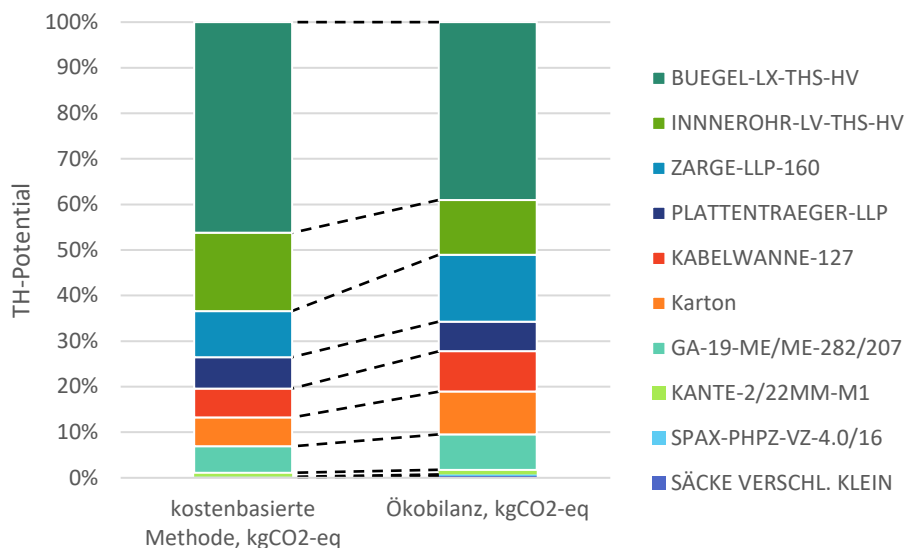


Abbildung 28: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten (Case study 2: Schreibtisch)

Vergleicht man die Ergebnisse beider Methoden auf Komponentenebene der Phase Rohstoffgewinnung, so erkennt man in Abbildung 28 das große TH-Potential der Hauptkomponenten aus Metall (Bügel, Innenrohr, Zarge, Plattenträger und Kabelwanne). Bezüglich der

Relevanz dieser Teile zueinander gibt es kleine Unterschiede (Innenrohr, Zarge, Plattenträger und Kabelwanne), der Bügel wurde jedoch von beiden Methoden als relevantester Teil identifiziert.

Tabelle 18: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials (Case study 2: Schreibtisch)

Auswahl an Komponenten	normiert			
	kostenbasierte Methode, kg CO ₂ -eq	Ökobilanz, kg CO ₂ -eq	kostenbasierte Methode, %	Ökobilanz, %
SÄCKE VERSCHL. KLEIN	0,01	0,40	0,02%	0,40%
SPAX-PHPZ-VZ-4.0/16	0,11	0,33	0,20%	0,33%
KANTE-2/22MM-M1	0,49	1,02	0,88%	1,03%
GA-19-ME/ME-282/207	3,22	7,69	5,79%	7,77%
Karton	3,52	9,29	6,34%	9,38%
KABELWANNE-127	3,53	8,77	6,36%	8,86%
PLATTENTRAEGER-LLP	3,82	6,45	6,88%	6,51%
ZARGE-LLP-160	5,62	14,54	10,12%	14,68%
INNNEROHR-LV-THS-HV	9,53	11,90	17,16%	12,02%
BUEGEL-LX-THS-HV	25,69	38,64	46,24%	39,02%

Die kostenbasierte Methode identifiziert die Lebenszyklusphase (Rohstoffgewinnung) korrekt als wesentlich. Auch bei der Komponente Bügel identifizieren beide Methoden das größte TH-Potential. Die weiteren großteiligen Stahlkomponenten werden von beiden Methoden zwar in derselben Größenordnung identifiziert, jedoch in leicht unterschiedlicher Reihung in der Relevanz. Absolut unterscheiden sich das TH-Potential nicht mehr so stark wie bei der Case study Diktiergerät

5.3.3 Case study 3 – Bandsäge

Durchführung der Ökobilanz für Bandsäge Speedliner

Ziel der durchgeführten Ökobilanz, welche an ISO14040 angelehnt ist, ist die Identifizierung der treibhausrelevanten Lebenszyklusphasen und Komponenten (Zulieferteile) in Bezug auf das Treibhauspotential (TH-Potential) dreier Module der Bandsäge Speedliner der Firma Fill GmbH. Das Produkt dieser Case study stellt das komplexeste Produkt in dieser Studie dar, die Bandsäge besteht aus bis zu 20 unterschiedlichen Module, welche kundenspezifische Lösungen erlaubt. Die Case study wird auf Modulebene durchgeführt und ausgewertet. Es werden 3 unterschiedliche Module analysiert.

Untersuchungsrahmen der Ökobilanz

Bei dem untersuchten Produkt handelt es sich um eine vollautomatische Bandsäge für die industriellen Einsatz zur Fertigung von Parkett oder Mehrschichtplatten. Die Lamellen werden horizontal aufgeschnitten, die Bandsäge ist sowohl für Trockenschnitt als auch für Nassschnitt geeignet. (Fill GmbH, 2022) Die Bandsäge besteht aus unterschiedlichen Modulen, die für eine kundenspezifische Lösung kombiniert werden können. Folgende drei Module wurden untersucht: Grundgestell, Kugelgewindetrieb und Hubspindel.



Abbildung 29: Bandsäge Speedliner (Fill GmbH, 2022)

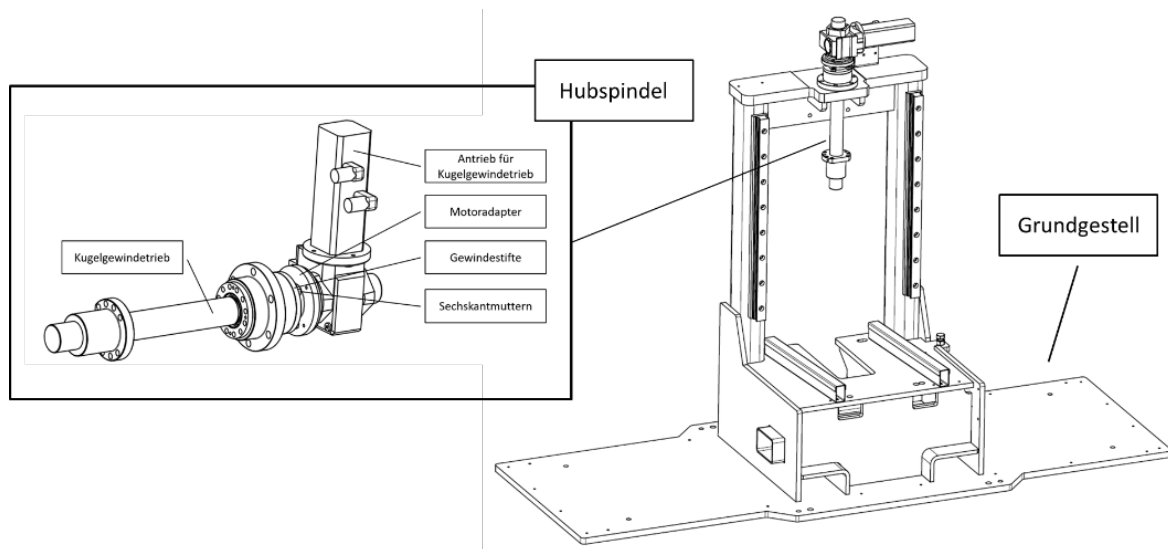


Abbildung 30: Module der Bandsäge (Fill GmbH, 2022)

Materialdeklaration

Das Modul Grundgestell besteht zu 100% auf ferromagnetischen Stählen (S235, S355). Das Modul Kugelgewindetrieb besteht ebenfalls aus nahezu 100% ferromagnetischen Stähle, mit der Ausnahme eines Wellendichtrings (Kunststoff - NBR). Das Modul Hubspindel beinhaltet den Antrieb für den Kugelgewindetrieb. Dieser Antrieb beinhaltet einen Servomotor und ein Schneckengetriebe (Stahl, niedriglegierter- und hochlegierter Stahl, Ferrit, Kupfer, Gusseisen, Mineralöl, geringer Anteil an Elektronik und verschiedenen Kunststoffen).

Funktionelle Einheit

Die drei Module werden jeweils unabhängig und als Stück betrachtet.

Systemgrenzen

Die Systemgrenzen sind als Cradle to Gate zu beschreiben, es werden nur die beiden Phasen Rohstoffgewinnung und Herstellung abgebildet. Ein Großteil der Zukaufteile und Halbzeuge stammt aus Österreich, die die Fertigung und Endmontage findet bei der Firma Fill GmbH statt. Für die Modellierung wurden **ecoinvent Daten** herangezogen.

Sachbilanz

Die Daten von Fill GmbH werden als vollständig und als wahr angenommen.

Phase 1, Rohstoffgewinnung: Alle Zukauf- und Rohteile wie Stahlplatten, Halbzeuge und Normteile stammen aus Österreich, das Bauteil Innenring jedoch stammt aus Deutschland. Der Transport dieser Zukauf- und Rohteile findet mittels 3,5-7,5t LKW (EURO4/5) statt.

Phase 2, Herstellung: Das Grundgestell besteht aus vorgefertigten Stahlteile, welche verschweißt werden. Im Anschluss finden weitere Bearbeitungsschritte wie Fräßen und Bohren statt. Diese Arbeitsschritte werden nachfolgend als Montage Grundgestell bezeichnet. Alle weiteren einzeln betrachteten Herstellungsschritte beziehen sich auf die vorgefertigten Stahlteile. Für den Brennschnitt wurde der Gasverbrauch berücksichtigt (Näherung durch Propan anstatt Acetylen und Sauerstoff).

Annahmen und Allokation

Für den Verschnitt der Stahlteile wurden 15% angenommen, für die Bearbeitungszugabe aller Teile außer Festlager (179%) und Motoradapter (100%) wurden 10% angenommen (Fill GmbH, 2022). Das Spanvolumen beim Sägen beträgt 0,6%. (Fill GmbH, 2022) Es treten keine Allokationen oder Nebenprodukte auf.

Wirkungsabschätzung

Diese Studie soll als Referenz für den Methodenvergleich der kostenbasierten Umweltbewertung dienen, welche als Wirkungskategorie nur das Treibhauspotential aufweist. Daher beschränkt sich die Wirkungsabschätzung nur auf das Treibhauspotential. Die Ergebnisse werden für die ersten beiden Lebenszyklusphasen, als auch für ausgewählter Komponenten angeführt.

Umweltauswirkungen

Tabelle 19 zeigt das Treibhauspotential der ersten beiden Lebenszyklusphasen für das Modul Grundgestell. Die weiteren Baugruppen (Kugelgewindetrieb und Hubspindel) werden im folgenden Abschnitt Methodenvergleich auf Komponentenebene im Detail betrachtet.

Tabelle 19: TH-Potential der ersten beiden Lebenszyklusphasen des Moduls Grundgestell, Bandsäge Fill, sachbilanzbasierte Methode (Case study 3: Bandsäge)

Lebenszyklusphase	TH-Potential, kgCO ₂ -eq	%
Rohstoffgewinnung	1405	56,2
Herstellung	1096	43,8

Auswertung

Betrachtet man die Tabelle 19, so erkennt man einen hohen Anteil an Eigenfertigung (43,8% des TH-Potentials) im Vergleich zu den beiden vorherigen Case Studies (Diktiergerät 2,8%, Schreibtisch 16,5%).

Anwendung der KoBa-Methode auf Bandsäge Speedliner

Für die Modellierung der drei Baugruppen wurde auf die detaillierte vorhandene Kostenstruktur zurückgegriffen. Diese wurde von der Firma Fill GmbH zur Verfügung gestellt.

Erfassung des Umweltprofils (Phase 1 und 2)

Alle Zulieferteile (Zukauf- und Rohteile) wurden in einem ersten Schritt den entsprechenden GTAP Sektoren zugeordnet. Unter Berücksichtigung der Herkunft kann die korrekte Emissionsintensität zugeordnet und das TH-Potential berechnet werden. Materialien und Halbzuge wurden dem Sektor 37, Iron & Steel: basic production and casting, zugeordnet, Zulieferteile (aus Stahl) dem Sektor 39, Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment. Aufgrund der für jede einzelne Komponenten detailliert vorhandenen Kostenstruktur, mit den einzelnen Material und „in-house-“, Fertigungskosten bei Fill GmbH, wurde die Herstellung aller Komponenten mit Eigenfertigung mit dem entsprechenden Sektor 39, Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment dargestellt.

Grundgestell:

- 37, Iron & Steel: basic production and casting (AT)
- 39, Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment (AT)

Kugelgewindetrieb:

- 37, Iron & Steel: basic production and casting (AT)
- 39, Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment (AT)
- 35, Manufacture of rubber and plastics products (AT)
- 39, Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment (DE)

Hubspindel:

- 37, Iron & Steel: basic production and casting (AT)
- 39, Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment (AT)
- 41, Manufacture of electrical equipment (AT)

Zusammengefasst dargestellt zeigt die Tabelle 20 das Treibhauspotential der ersten beiden Lebenszyklusphasen für das Modul Grundgestell exemplarisch.

Tabelle 20: TH-Potential der ersten beiden Lebenszyklusphasen des Moduls Grundgestell, Hubspindel und Kurbelgewindetrieb, Bandsäge Fill, kostenbasierte Methode (Case study 3: Bandsäge)

Grundgestell		
Lebenszyklusphase	TH-Potential, kgCO ₂ -eq	%
Rohstoffgewinnung	1414	50,7
Herstellung	1374	49,3

Interpretation des Umweltprofils

Das Beschaffungs- und Kreislaufpotential bezieht sich in seiner Definition auf den gesamten Lebenszyklus. Bei einer Werkzeugmaschine, welche üblicherweise die Charakteristik eines nutzungintensiven Produkts aufweisen (Quelle: <http://www.lca2go.eu/>), sind diese Potentiale laut Definition nun stark von dem tatsächlichen Nutzungsszenario abhängig. Im Falle eines nutzungintensiven Produkts führt dieser Blickwinkel zu einem schwer interpretierbaren Ergebnis, anstatt bietet es sich an, die Treibhauspotentiale und Beschaffungspotentiale nur auf der Komponentenebene zu betrachten. Dies erfordert die weitere Aufschlüsselung des TH-Potentials wie im folgenden Abschnitt Vergleich der Ökobilanz und KoBa am Beispiel Bandsäge Speedliner durchgeführt wurde.

Als kreislaurelevant können folgende Komponenten gelten: z.B. Antrieb für den Kugelgewindetrieb beim Modul Hubspindel (67,94%, kostenbasierte Methode). Oder die Kugelgewindespindel beim Modul Kugelgewindetrieb (63,62% kostenbasierte Methode).

Als beschaffungsrelevant gelten einerseits sowohl die kreislaurelevanten Komponenten, als auch z.B. relevante Halbzeuge für das Grundgestell wie die Grundplatte (39,87% kostenbasierte Methode).

Vergleich der Ökobilanz und KoBa am Beispiel Bandsäge Speedliner

In der Tabelle 21 sind die Ergebnisse der beiden Lebenszyklusphasen Rohstoffgewinnung und Herstellung, welche für die definierten Systemgrenzen „Cradle to Gate“ beinhaltet, für alle 3 untersuchten Module als Summe aufgelistet.

Tabelle 21: Vergleich der sachbilanzbasierten und kostenbasierten Methode der 3 Module, (Case study 3: Bandsäge)

Rohstoffgewinnung und Herstellung, „Cradle to Gate“		
Modul	sachbilanzbasiert, kgCO ₂ -eq	Ökobilanz, kgCO ₂ -eq
Grundgestell	2501	2788
Kugelgewindetrieb	122,01	380,70
Hubspindel	220,38	1403,44

Je nach betrachtetem Modul stimmen die absoluten Zahlen gut (Grundgestell: 2501kgCO₂-eq; 2788kgCO₂-eq) oder nicht (Hubspindel: 220,38kgCO₂-eq; 1403,44kgCO₂-eq) überein. Dies erklärt sich vor allem durch den Anteil der Eigenfertigung. Während beim Grundgestell vorwiegend Halbzeuge zugekauft und die Bearbeitungsschritte im Werk durchgeführt werden, bestehen die beiden anderen Module vorwiegend aus zugekauften bzw. extern gefertigten Komponenten. Im Vergleich zum kostenbasierten Ergebnis des Grundgestells sind die kostenbasierten Ergebnisse des Kugelgewindetriebs und der Hubspindel überbewertet, verursacht durch Kostenanteile wie Lohnkosten, Gewinn, etc. Besteht ein Produkt hauptsächlich aus Zukaufteilen (siehe Case Studie Diktiergerät), so ist zwar das Ergebnis ebenfalls überbewertet, die Bewertung der Zukaufteile zueinander stimmt aber und lässt z.B. die Identifikation kreislaurelevanter Komponenten zu, wie gezeigt wurden konnte VERWEIS. Besteht ein Produkt aber aus Teilen mit großem Eigenfertigungsanteil (Teile des Grundgestells) und welche mit großem Zulieferanteil (Hubspindel) so ist hier der direkte Vergleich dieser Teile im Sinne der Potentialfindung erschwert.

Tabelle 22: Methodenvergleich, Grundgestell Material, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)

Auswahl an Komponenten	kostenbasierte Methode, kgCO ₂ -eq	Ökobilanz, kgCO ₂ -eq
Befestigung Führungsschiene	1,34%	1,5%
Kantblech	3,46%	1,6%
Verstärkung	1,26%	1,7%
Hubspindelaufnahme & Rippe	5,95%	5,3%
Führung Staplerzunge	4,47%	6,4%
Verkleidung	7,36%	7,3%
Säule	15,62%	11,0%
Seitenteile & Auflageplatte	19,31%	18,6%
Grundplatte	39,87%	44,8%

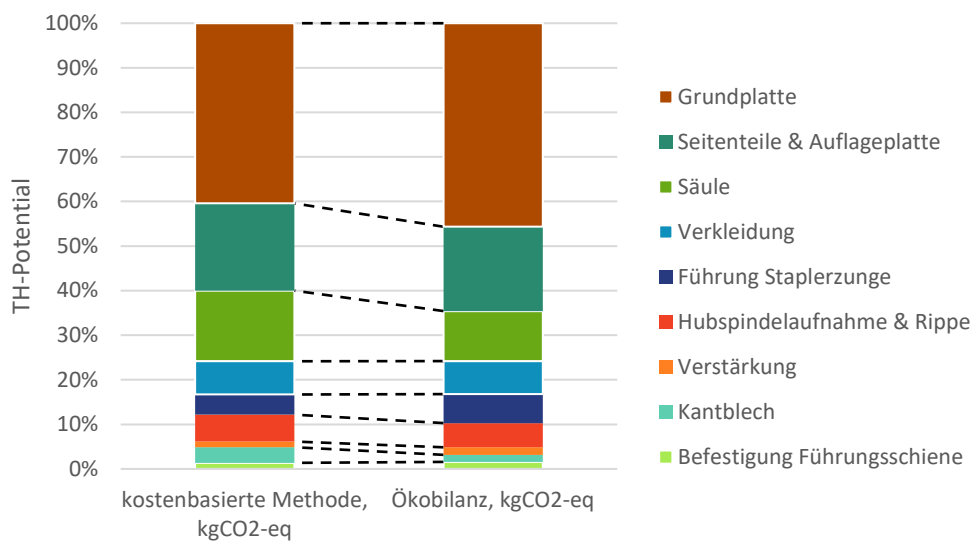


Abbildung 31: Methodenvergleich, Grundgestell Material, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, Case study Bandsäge (Case study 3: Bandsäge)

Tabelle 22 und Abbildung 31 zeigen das TH-Potential der Materialien und der Halbzeuge für das Grundgestell. Die beiden Methoden stimmen absolut als auch relativ (Abbildung 31) gut überein. Die großen Teile wie Grundplatte, Seitenteile & Auflagerplatte sowie Säule tragen bei beiden Methoden mehr als 70% zum gesamten TH-Potential bei.

Tabelle 23: Methodenvergleich, Grundgestell Fertigung, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, Case study Bandsäge

Auswahl an Komponenten	kostenbasierte Methode, kgCO2-eq	Ökobilanz, kgCO2-eq
Befestigung Führungsschiene	0,27%	0,1%
Verstärkung	1,08%	0,7%
Kantblech	1,27%	0,8%
Säule	0,45%	0,9%

Querstrebe	0,90%	1,3%
Hubspindelaufnahme & Rippe	1,19%	1,5%
Verkleidung	1,34%	2,2%
Führung Staplerzunge	1,64%	3,0%
Seitenteile & Auflageplatte	11,81%	12,2%
Grundplatte	14,14%	27,8%
Montage Grundgestell	65,91%	49,5%

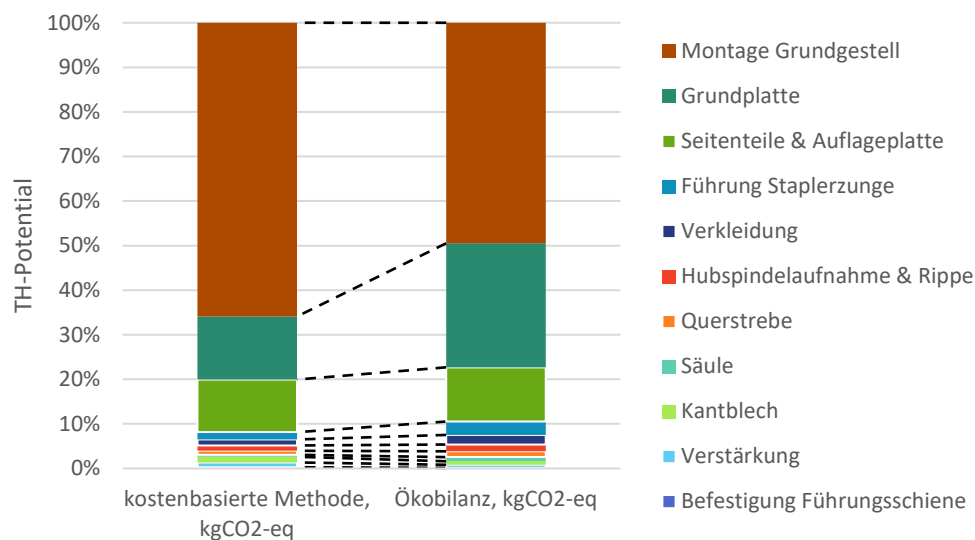


Abbildung 32: Methodenvergleich, Grundgestell Fertigung, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)

In der Phase Herstellung (Tabelle 23, Abbildung 32), identifizierten beide Methoden die Montage des Grundgestells (inklusive Bearbeitungsschritte für die Endfertigung) am Umwelt-relevantesten aus Sicht des TH-Potentials (kostenbasiert: 65,9%, sachbilanzbasiert: 49,5%), wenn auch mit einer Differenz von 16,4 Prozentpunkte. Die Herstellung der Grundplatte wird ebenfalls von beiden Methoden unterschiedlich relevant mit einer Differenz von 13,7 Prozentpunkten bewertet (kostenbasiert: 14,1%, sachbilanzbasiert: 27,8%). Trotz dieser Unterschiede weisen beide Methoden dieselbe Reihenfolge der Relevanz auf.

Tabelle 24: Methodenvergleich, Kugelgewindetrieb, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)

Auswahl an Komponenten	kostenbasierte Methode, kgCO2-eq	Ökobilanz, kgCO2-eq
Wellendichtring	0,27%	0,1%
Innenring	0,89%	0,2%
Sicherungsmutter	2,72%	0,5%
Schräggugellager	7,97%	3,5%
Lagerspanndeckel	3,59%	5,0%
Kugelgewindespindel	63,62%	43,2%
Festlagergehäuse	20,94%	47,6%

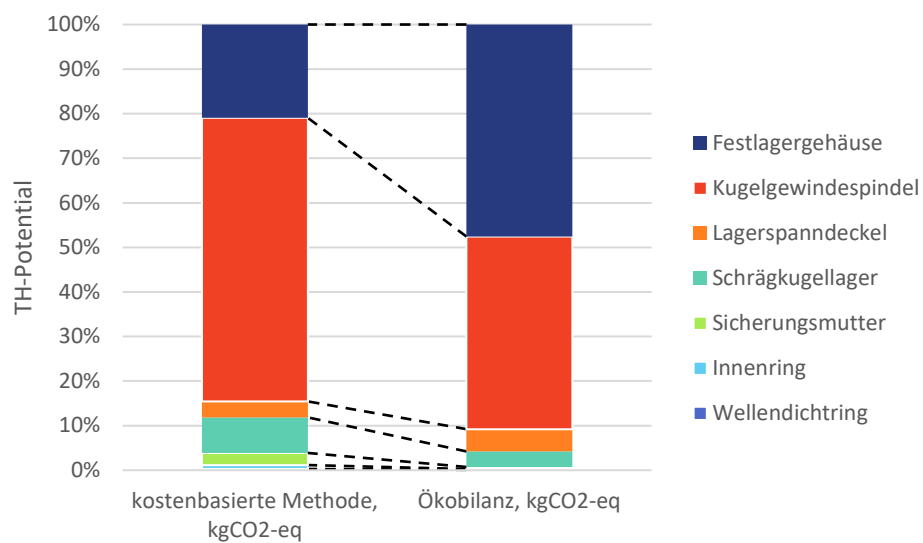


Abbildung 33: Methodenvergleich, Kugelgewindetrieb, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)

Tabelle 24 und Abbildung 33 zeigen das TH-Potential des zweiten untersuchten Moduls, des Kugelgewindetriebs. Während bei der sachbilanzbasierten Methode das Festlagergehäuse (47,6%) und die Kugelgewindespindel (43,2%) ein ähnliches TH-Potential aufweisen, ist bei der kostenbasierten Methode die Kugelgewindespindel (63,6%) wesentlich relevanter als das Festlagergehäuse (20,9%). Das Festlagergehäuse als auch der Lagerspanndeckel stammen aus der Eigenfertigung, die Kugelgewindespindel jedoch wird zugekauft. Die wesentlich höheren Kosten der (qualitativ hochwertigen) Kugelgewindespindel im Vergleich zu den moderaten Kosten der Stahlhalbzeuge (Ausgangsmaterial für Eigenfertigungen) sowie z.B. anfallende Energiekosten für die Eigenfertigung erklären diese Verzerrung im Ergebnis.

Tabelle 25: Methodenvergleich, Hubspindel, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)

Auswahl an Komponenten	kostenbasierte Methode, kgCO ₂ -eq	Ökobilanz, kgCO ₂ -eq
Sechskantmuttern	0,00%	0,1%
Gewindestifte	0,03%	0,1%
Motoradapter	4,90%	4,1%
Antrieb für Kugelgewindetrieb	67,94%	41,8%
Kugelgewindetrieb	27,13%	53,9%

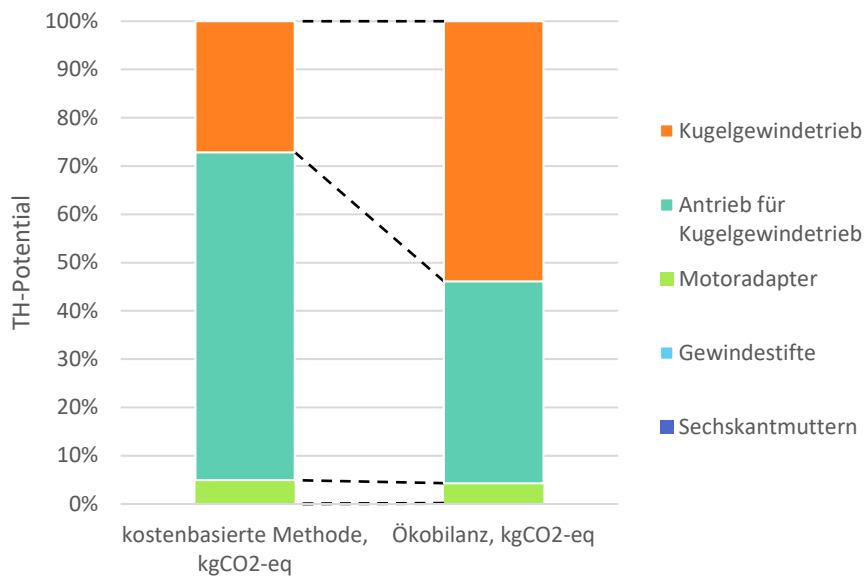


Abbildung 34: Methodenvergleich, Hubspindel, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)

Der Kugelgewindetrieb, das vorherig beschriebene Modul, ist ein Bestandteil des Moduls Hubspindel. Ähnlich wie bei dem Modul Kugelgewindetrieb, gibt es auch beim Modul Hubspindel eine Verzerrung der Ergebnisse durch die Kombination von hochwertigen und teuren Zukaufteilen (Antrieb für Kugelgewindetrieb) und Eigenfertigung (siehe Tabelle 25 und Abbildung 34). Die sachbilanzbasierte Methode weist für den Antrieb des Kugelgewindetriebs 41,8% aus, während die kostenbasierte Methode 68% ergibt.

In dieser Case study kann somit eindeutig festgehalten werden, dass die kostenbasierte Methode bei Produkten (Module) mit vorwiegender Eigenfertigung wie das Modul Grundgestell vergleichbare Ergebnisse als die sachbilanzbasierte Methode liefert. Sobald jedoch eine Kombination aus treueren Zulieferteile und umweltrelevanten Teilen (z.B. Materialintensiv) aus Eigenfertigung auftritt, wie bei den Modulen Hubspindel oder auch Kugelgewindetrieb, die Ergebnisse der kostenbasierten Methode von der sachbilanzbasierten hinsichtlich der Relevanz der einzelnen Komponenten abweichen.

5.4 Erkenntnisse und Grenzen der Anwendbarkeit der vereinfachten Methode

Es wurden drei Produkte aus unterschiedlichen Wirtschaftszweigen anhand von zwei Umweltbewertungsmethoden (sachbilanzierte Ökobilanz vs. kostenbasierte Methode – KoBa-Methode) hinsichtlich ihres Treibhauspotentials bewertet und die Ergebnisse miteinander verglichen. An allen Fallbeispielen zeigte sich, dass sich mithilfe der KoBa-Methode die treibhausrelevante Lebenszyklusphase sowie die treibhausrelevanten Komponenten eines Produktes korrekt identifizieren lassen.

Die z. T. starken Abweichungen bei den absoluten Ergebnissen verweise jedoch darauf, dass die KoBa-Methode keinen Ersatz für eine vollständige Ökobilanz darstellt, aber dennoch ein wertvolles Tool ist, um ein erstes Umweltscreening von Produkten durchzuführen, dieses auszuwerten und Ansatzpunkte für Maßnahmen hinsichtlich Beschaffung und Kreislaufwirtschaftsstrategien zu finden.

Auch wenn die Ergebnisse der Fallbeispiele vielversprechend sind, ist empfohlen, zur breiten Verbreitung der Methode weitere prüfende Case studies für andere Wirtschaftszweige zu erstellen. Mit der weiteren Validierung der KoBa-Methode anhand anderer Produktbeispiele aus anderen Wirtschaftszweigen soll sichergestellt werden, dass die KoBa-Methode für den gesamten Sachgütersektor, d. h. alle darin gelisteten Wirtschaftszweige, geeignet ist.

Mit der Anwendung der KoBa-Methode auf den gesamten Sektor sollte auch der Zugang zu den Berechnungsdaten, d. h. der Emissionsintensitäten, evaluiert werden. Im Rahmen des Projektes wurde zum Zweck der Methodenentwicklung auf Grundlage bestehender Datenbanken eine eigene Datenbank erstellt, die bezüglich ihrer geografischen Reichweite (Österreich, Deutschland, China) noch begrenzt ist.

6 Ausblick

Wie in Kapitel 3 beschrieben, umfassen klimapolitische Initiativen sowohl allgemeine Vorgaben wie nationale und sektorale Reduktionsziele als auch produktgruppenspezifische Richtlinien wie z. B. die Erweiterung der Ecodesign-Richtlinie um weitere Produktgruppen. Beide Ebenen haben erhebliche Auswirkungen auf die Sachgüterproduktion und kommen mit **neuen Anforderungen an die Unternehmen und ihre auf dem EU-Markt verkauften Produkte** einher. Neben der Einhaltung definierter Energieverbrauchswerte und anderen Effizienzwerten beziehen sich Ecodesign-Produktanforderungen spätestens mit dem Circular Economy Package auch auf die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft (reparierbar, weiterverwendbar, etc.), um das Ziel, „nachhaltige Produkte zur Norm zu machen“ (Europäische Kommission, 2022) zu erreichen. Neben den ökologischen Vorteilen hebt die Europäische Kommission auch die ökonomischen und sozialen Vorteile, die mit dem Verkauf nachhaltiger Produkte einhergehen, hervor. So werden durch den Verkauf qualitativ hochwertiger Produkte mit höheren Preisen höhere Geschäftseinnahmen erzielt¹⁷, und auch der Schutz von Konsument:innen spielt eine wesentliche Rolle, indem sie durch mehr Produkttransparenz (z. B. in Form von Labelling) und/oder eine effiziente Nutzung von langlebigen Produkten Kosten einsparen.

Eine weitere wichtige Maßnahme rundum produktbezogene Nachhaltigkeit, die für die österreichische Sachgüterproduktion in Zukunft relevant wird, ist der europäische Vorschlag zu einem **CO₂-Grenzausgleichssystem** (*Carbon Border Adjustment Mechanism – CBAM*). Mit diesem CO₂-Grenzausgleichssystem soll ab 2026 die Verlagerung von Emissionen (*Carbon Leakage*) vermieden werden, die entsteht, wenn Unternehmen im Zuge steigender CO₂-Preise ihre Produktion in Nicht-EU-Länder verlagern und die treibhausintensiven Produkte in die EU importieren. Tritt der CBAM in Kraft, dann wird für Importware ein CO₂-Preis berechnet, der dem europäischen entspricht. Importeure müssen CO₂-Zertifikate erwerben sowie die Menge der jährlich eingeführten Ware und die damit verbundenen Emissionen bei der nationalen Behörde nachweisen. Kann der Importeur bei der Einfuhr der Ware damit einen vollständigen CO₂-Grenzausgleich nachweisen, entfällt eine erforderliche Abgabe. In der ersten Phase fokussiert das System auf jene Ware, die ohnehin bereits vom Emissionshandel betroffen sind oder bei denen ein „Carbon-Leakage-Risiko“ besteht (SWP, 2021),

¹⁷ Alleine durch den Verkauf der durch die Ecodesign-Richtlinie abgedeckten Produkte sollen die zusätzlichen Unternehmenseinnahmen bis 2030 bis zu 29 Mrd. EUR/Jahr betragen (Europäische Kommission, 2021).

für die Sachgüterproduktion aber von erheblicher Relevanz sind. Diese sind: Zement, Eisen & Stahl, Aluminium, Düngemittel, und Strom (Europäische Kommission, 2021b).

Konkret für Unternehmen bedeuten diese skizzierten Entwicklungen, dass sie aktiv werden müssen, um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden und langfristig den EU-Markt – nach den USA die zweitgrößte Volkswirtschaft der Welt – als Absatzmarkt für ihre Produkte nutzen zu können.

Die im Projekt entwickelte KoBa-Methode stellt hierfür einen ersten Schritt dar, indem Unternehmen der Sachgüterproduktion darin unterstützt werden, relevante Anteile des produktbezogenen Treibhauspotentials vorausschauend zu erkennen und Strategien im Sinne der Kreislaufwirtschaft und alternativer Beschaffungsvorgänge abzuleiten. In diesem Zusammenhang ist jedoch anzumerken, dass die KoBa-Methode nur auf einige Wirtschaftszweige der Sachgüterproduktion angewendet wurde (s. Validierung und Case Studies in Kapitel 5). Zur langfristigen Verwertung der Methode wird empfohlen, diese auf weitere Wirtschaftszweige prüfend anzuwenden. Weitere Anknüpfungspunkte zur Weiterentwicklung der Methode beziehen sich auf die Ausgabe der Ergebnisse, die man mit KoBa erzielt. Während im abgeschlossenen Projekt DUKE die KoBa-Methode eher ein „Potentialfinder“ darstellt, mit dem sich treibhausrelevante Lebenszyklusphasen und Komponenten identifizieren lassen, könnte in einem Folgeprojekt KoBa so weiterentwickelt werden, dass auch Aussagen über absolute Treibhausemissionen in einzelnen Lebenszyklusphasen und/oder auf Komponentenebene möglich sind.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterschiede zwischen den verschiedenen berücksichtigten Umweltbewertungsmethoden.....	17
Tabelle 2: Ausgewählte Sektoren und Begründung zur Auswahl	26
Tabelle 3: Anwendungsbereich der kostenbasierten Methode.....	28
Tabelle 4: Materialanteil an den Emissionen je €, Österreich	38
Tabelle 5: Treibhauspotential der fünf Lebenszyklusphasen, sachbilanzbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät).....	48
Tabelle 6: Treibhauspotential ausgewählter Zulieferteile, sachbilanzbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät).....	49
Tabelle 7: Ermittlung des Treibhauspotentials der Zulieferteile, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät).....	50
Tabelle 8: Ermittlung des Treibhauspotentials der Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät).....	53
Tabelle 9: Treibhauspotential der 5 Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät).....	54
Tabelle 10: Methodenvergleich, Relevanz aller fünf Lebenszyklusphasen in Bezug auf das TH-Potentials (Case study 1: Diktiergerät).....	57
Tabelle 11: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials (Case study 1: Diktiergerät).....	59
Tabelle 12: Treibhauspotential der 5 Lebenszyklusphasen, sachbilanzbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch).....	63
Tabelle 13: Treibhauspotentials ausgewählter Zulieferteile, sachbilanzbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch).....	64
Tabelle 14: Ermittlung des Treibhauspotentials der Zulieferteile, kostenbasierte Methode, (Case study 2: Schreibtisch).....	66
Tabelle 15: Ermittlung des Treibhauspotentials der Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch).....	68
Tabelle 16: Treibhauspotential der fünf Lebenszyklusphasen, kostenbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch).....	69
Tabelle 17: Methodenvergleich, Relevanz aller fünf Lebenszyklusphasen in Bezug auf das TH-Potentials (Case study 2: Schreibtisch).....	72
Tabelle 18: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials (Case study 2: Schreibtisch).....	73
Tabelle 19: TH-Potential der ersten beiden Lebenszyklusphasen des Moduls Grundgestell, Bandsäge Fill, sachbilanzbasierte Methode (Case study 3: Bandsäge)	77

Tabelle 20: TH-Potential der ersten beiden Lebenszyklusphasen des Moduls Grundgestell, Hubspindel und Kurbelgewindetrieb, Bandsäge Fill, kostenbasierte Methode (Case study 3: Bandsäge)	79
Tabelle 21: Vergleich der sachbilanzbasierten und kostenbasierten Methode der 3 Module, (Case study 3: Bandsäge)	80
Tabelle 22: Methodenvergleich, Grundgestell Material, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)	81
Tabelle 23: Methodenvergleich, Grundgestell Fertigung, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, Case study Bandsäge.....	82
Tabelle 24: Methodenvergleich, Kugelgewindetrieb, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)	84
Tabelle 25: Methodenvergleich, Hubspindel, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhausgas-Emissionen und Zielpfad in Österreich (UBA, 2022a)	8
Abbildung 2: Treibhausgas-Emissionen und Zielpfade zur Erreichung von Klimaschutzzielen (UBA, 2022b)	9
Abbildung 3: THG-Emissionen der Sektoren Energie (Energy), Industrielle Produktion (IPPU – Industrial Production and Product Use), Landwirtschaft (Agriculture), und Abfall (Waste) (UBA, 2022c).....	10
Abbildung 4: Treibhausemission nach ÖNACE Gruppen (GTAP v10).....	11
Abbildung 5: Methodisches Vorgehen im Projekt – Übersicht und Abhängigkeiten	13
Abbildung 6: Konsum- bzw. produktionsbasierte Konzepte zur Treibhausgasbilanzierung (Steininger et al, 2018).	18
Abbildung 7: Konsumbasierte Treibhausemissionen der Sachgüterproduktion	22
Abbildung 8: Lieferketten-Emissionen der Sachgüterproduktion, nach Endnachfrage und Export	22
Abbildung 9: Lieferketten-Emissionen der Sachgüterproduktion, nach Ursprungsregion (Österreich, EU, Nicht-EU)	23
Abbildung 10: Emissionen entlang der Lieferkette nach Anteilen sektoraler Bereiche	24
Abbildung 11: Beschäftigungsanteile in den Wirtschaftszweigen	25
Abbildung 12: Anzahl der österreichischen Unternehmen der Sachgüterproduktion	25
Abbildung 13: Prinzip des kostenbasierten Ansatzes („KoBa-Methode“) zur Berechnung der Treibhaus-Potentials eines Produktes	27
Abbildung 14: links: Validierung des Berechnungsansatzes am Beispiel Eurobox, rechts: Eurobox (idealo)	30
Abbildung 15: links: Prüfung des Berechnungsansatzes am Beispiel eines Axiallüfters, rechts: Axiallüfter (Sunon).....	31
Abbildung 16: Beschaffungspotential im Produktlebenszyklus	33
Abbildung 17: Kreislaufpotential im Produktlebenszyklus	34
Abbildung 18: Umweltprofil eines rohstoffintensiven Produkts	36
Abbildung 19: Die 5 verschiedenen Umweltprofile, Grundtyp A – Grundtyp E	40
Abbildung 20: Strategien der Kreislaufwirtschaft (Philips, 2022)	43
Abbildung 21: Umweltprofil des Diktiergeräts auf Basis des Treibhauspotentials, sachbilanzbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)	48
Abbildung 22: Umweltprofil des Diktiergeräts auf Basis des Treibhauspotentials, kostenbasierte Methode (Case study 1: Diktiergerät)	54
Abbildung 23: Methodenvergleich, Umweltprofil (Case study 1: Diktiergerät)	57

Abbildung 24: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten (Case study 1: Diktiergerät)	58
Abbildung 25: Umweltprofil Bene Delta auf Basis des Treibhauspotentials, sachbilanzbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch).....	63
Abbildung 26: Umweltprofil Bene Delta auf Basis des Treibhauspotentials, kostenbasierte Methode (Case study 2: Schreibtisch).....	69
Abbildung 27: Methodenvergleich, Umweltprofil (Case study 2: Schreibtisch).....	71
Abbildung 28: Methodenvergleich, Relevanz ausgewählter Komponenten (Case study 2: Schreibtisch)	72
Abbildung 29: Bandsäge Speedliner (Fill GmbH, 2022)	74
Abbildung 30: Module der Bandsäge (Fill GmbH, 2022).....	75
Abbildung 31: Methodenvergleich, Grundgestell Material, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, Case study Bandsäge (Case study 3: Bandsäge)	82
Abbildung 32: Methodenvergleich, Grundgestell Fertigung, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)	83
Abbildung 33: Methodenvergleich, Kugelgewindetrieb, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)	84
Abbildung 34: Methodenvergleich, Hubspindel, Relevanz ausgewählter Komponenten in Bezug auf des TH-Potentials, (Case study 3: Bandsäge)	86

Literaturverzeichnis

Aguiar, Angel/Chepeliev, Maksym/Corong, Erwin L./McDougall, Robert/van der Mensbrugghe, Dominique (2019). The GTAP Data Base: Version 10. Journal of Global Economic Analysis 4, 1–27. <https://doi.org/10.21642/JGEA.040101AF>

ARA (2021). Transparenzbericht. <https://transparenzbericht.ara.at/> (Zugriff am 14.01.2022)

Andrew, Robbie M./Peters, Glen P. (2013). A Multi-Region Input–Output Table Based on the Global Trade Analysis Project Database (gtap-Mrio). Economic Systems Research 25, 99–121. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761953>

Bene GmbH (2021). Nachhaltigkeitsbericht. <https://bene.com/de/bene/nachhaltigkeit/nachhaltigkeitsbericht-2021/> (Zugriff am 02.03.2022).

Bene GmbH (2022). [Delta by Bene - Bene Büromöbel](#) (Zugriff am 02.03.2022).

BMK (2021). Statusbericht zum Bundesabfallwirtschaftsplan 2021. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html (Zugriff am 08.02.2022)

Díaz, Adriana/Wimmer, Wolfgang (2013). Life Cycle Assessment (LCA) Summary Report Philips Digital Pocket Memo DPM 8000 series (*Internes Dokument*)

EEB (2017). Circular Economy opportunities in the furniture sector. <https://eeb.org/library/circular-economy-opportunities-in-the-furniture-sector/> (Zugriff am 08.02.2022)

Europäische Kommission (2022). Der Grüne Deal: Neue Vorschläge, um nachhaltige Produkte zur Norm zu machen und Europas Ressourcenunabhängigkeit zu stärken. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_2013 (Zugriff am 12.04.2022)

Europäische Kommission (2021). Ecodesign Impact Accounting Annual Report 2020. Overview and Status Report. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/568cac02-5191-11ec-91ac-01aa75ed71a1/language-en> (Zugriff am 12.04.2022)

Europäische Kommission (2021b). CO₂-Grenzausgleichssystem (CBAM). https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/fs_21_3666 (Zugriff am 12.04.2022).

Eurostat (2021). Air emissions accounts by NACE Rev. 2 activity. https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_ainah_r2&lang=en (Zugriff am 6.8.2021).

FFG (2021). Ausschreibungsleitfaden 37. Ausschreibung F&E Dienstleistungen. https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/Produktion/Ausschreibungsleitfaden%2037AS%20PdZ_BF.pdf (Zugriff am 08.03.2022)

ILOSTAT (o. J.). Indicator description: Employment by occupation <https://ilostat.ilo.org/resources/concepts-and-definitions/description-employment-by-occupation/> (Zugriff am 11.04.2022)

Kuso, Stefan/Pamminer, Rainer/Wimmer, Wolfgang (2016). Methodology Report, Environmental Assessment: Life Cycle Assessment of the Digital Voice Recorder Philips DPM800 on a component and function level (*Internes Dokument*).

Miller, Robert/Blair, Peter (2009). Input-output Analysis: Foundations and Extensions. Cambridge University Press.

Muñoz, Pablo/Steininger, Karl (2010). Austria's CO₂ responsibility and the carbon content of its international trade. *Ecological Economics* 69, 2003–2019.

Philips (2022). <https://www.philips.at/a-w/ueber-philips/nachhaltigkeit/circular-economy.html> (Zugriff am 13.06.2022)

Speech Processing Solutions (2013). Sachbilanz für Digital Pocket Memo, DPM8000 – DPM8500, 09/05/2013 (Dr. Ratko Grab, internes Dokument)

STATcube – Statistische Datenbank der Statistik Austria (2022). https://www.statistik.at/web_de/services/statcube/index.html

Statistik Austria (2021). Statistisches Jahrbuch 2020. https://www.statistik.at/web_de/services/stat_jahrbuch/index.html

Statistik Austria (2008). Systematik der Wirtschaftsaktivitäten ÖNACE 2008. Band 1: Einführung, Grundstruktur, Erläuterungen. https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&dDocName=034223 (Zugriff am 05.04.2022)

Steininger, Karl/Munoz, Pablo/Karstensen, Jonas/Peters, Glen/Strohmaier, Rita/Velázquez, Erick (2018). Austria's consumption-based greenhouse gas emissions: Identifying sectoral sources and destinations. *Global Environmental Change* 48, 226–242. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.011>

SWP (2021). Ein CO₂-Grenzausgleich für den Green Deal der EU Funktionen, Fakten und Fallstricke. <https://www.swp-berlin.org/10.18449/2021S09/> (Zugriff am 12.04.2022)

PACE (2019). https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf (Zugriff am 17.01.2022).

Peters, Glen/Andrew, Robbie/Lennox, James (2011). Constructing an Environmentally-Extended Multi-Regional Input–Output Table Using the GTAP Database. *Economic Systems Research* 23, 131–152. <https://doi.org/10.1080/09535314.2011.563234>

Umweltbundesamt (2022a). Treibhausgase. <https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase> (Zugriff am 07.03.2022)

Umweltbundesamt (2022b). Zielerreichung und Ausblick. <https://www.umweltbundesamt.at/news220123/thg-ausblick> (Zugriff am 07.03.2022)

Umweltbundesamt (2022c). Ausblick Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990–2020. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0798.pdf> (Zugriff am 07.03.2022)

Umweltbundesamt (2021). Sortierung und Recycling von Kunststoffabfällen in Österreich: Status 2019. https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0744_hauptteil.pdf (Zugriff am 14.01.2022)

UNFCCC (2021a). Greenhouse Gas Inventory Data - Flexible queries Annex I countries. URL https://di.unfccc.int/flex_annex1 (Zugriff am 6.8.21)

UNFCCC (2021b). Greenhouse Gas Inventory Data - Flexible queries Non Annex I countries.
https://di.unfccc.int/flex_non_annex1 (Zugriff am 6.8.21)

Bildquellen

Abbildung 14: Eurobox

https://cdn.idealoo.com/folder/Product/201364/9/201364999/s2_produktbild_gross/allit-profiplus-box-grau-40x60x32cm-456775.jpg

Abbildung 15: Axiallüfter (Sunon)

https://cdn-reichelt.de/bilder/web/artikel_ws/C800/CF4113.jpg

Abbildung 20: Strategien der Kreislaufwirtschaft (Philips, 2022)

https://www.philips.at/c-dam/corporate/en_AA/about/sustainability/loops-icon.png

Abkürzungen

BMK	Österreichisches Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -eq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
DUKE	Dekarbonisierte Unternehmen mit Kreislaufwirtschaft erreichen
EEB	European Environmental Bureau
EPI	Erzeugerpreisindex
etc.	Et cetera
ESPR	Ecodesign for Sustainable Products Regulation
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
FGAS	Fluorierte Treibhausgase
GTAP	Global Trade Analysis Project
ILOSTAT	International Labour Organizations (ILO) Statistics
kg	Kilogramm
KoBa	kostenbasiert
LCA	Life Cycle Assessment (dt.: Ökobilanz)
MRIO	Multi Regional Input Output
Mt.	Megatonne
N ₂ O	Distickstoffmonoxid
NEKP	Nationaler Energie- und Klimaplan
o. J.	ohne Jahresangabe
PCF	Product Carbon Footprint (dt.: CO ₂ -Fußabdruck)
SWP	Stiftung Wirtschaft und Politik
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt

UNFCCC	United Nations Climate Change Convention - Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen
usw.	und so weiter

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 1 711 62 65-0

III5@bmk@gv.at

bmk.gv.at