

Product Carbon Footprint Report

Produktname	PCF-Ergebnis Grave-to-customer gate Pro Funktionelle Einheit (FU)	PCF-Ergebnis Grave-to-customer gate Pro kg Bauteil
Aufbereitetes Bauteil Verbrennerauto	62,3254 kg CO ₂ e	0,0500 kg CO ₂ e
Aufbereitetes Bauteil Elektroauto	84,2350 kg CO ₂ e	0,0337 kg CO ₂ e

Allgemeine Informationen	
Datum der Ausstellung	2024-06-01
Name des Unternehmens	LRP-Autorecycling Leipzig GmbH
Systemgrenze	Grave-to-customer gate
Wirkungskategorie	Global Warming Potential (GWP100a); IPCC 2021
Förderprojekt	Digma-DT – D igitalization of D ismantling with D igital Twins
Förderkennzeichen	13DRO26A

Der Product Carbon Footprint wurde von der sustainable AG anhand von Primärdaten berechnet, die von LRP-Autorecycling zur Verfügung gestellt wurden.

Der Bericht wurde mit Unterstützung des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) sowie der light ds GmbH erstellt.

Die Berechnung erfolgte im Rahmen des Förderprojektes DIGMA-DT. (<https://digma-dt.de>).

LRP-Autorecycling Leipzig GmbH
Priesterstraße 6
D-04509 Krostitz
Tel +034295 7580
Fax +034295 75815
info@lrp-autorecycling.de
www.lrp-autorecycling.de



Sustainable AG Unternehmensberatung
Corneliusstraße 10
D-80469 München
Tel +49 89 20 20 56-42
Fax +49 89 20 20 56-50
info@sustainable.de
www.sustainable.de

Inhalt

1. Einführung.....	2
2. Allgemeine Beschreibung und Zielsetzung.....	3
Beschreibung des Unternehmens.....	3
Überblick des Produktsystems.....	3
Ziel der Studie.....	4
Konformität mit internationalen Standards und kritischer Review.....	4
3. Umfang und Systemgrenzen.....	5
Systemgrenzen und Beschreibung des Produktsystems.....	5
Funktionelle Einheit.....	7
Cut-Offs.....	7
Zeitlicher Umfang der Daten.....	8
Allokationsmethode.....	8
4. Lebenszyklus-Inventaranalyse für partiellen Carbon Footprint.....	8
Qualität der Daten.....	8
Inventaranalyse.....	9
Charakterisierungsfaktoren und Folgenabschätzung.....	10
5. Ergebnisse: Product Carbon Footprint.....	12
6. Schlussfolgerungen.....	13
Literaturverzeichnis.....	14

1. Einführung

Dieser Bericht wurde für LRP-Autorecycling erstellt, um im Webshop (<https://www.lrp24.de/de/>), auf der Webseite (<https://lrp-autorecycling.de/>) und im unternehmensinternen Digitalen Zwilling den mit dem verkauften Bauteil

assoziierten CO₂-Äquivalente (CO_{2e})-Fußabdruck auszuweisen. Die Berechnung erfolgte im Rahmen des Förderprojekts DIGMA-DT.

Die Studie untersuchte in erster Linie die mit den LRP-Arbeitsprozessen verbundenen Grave-to-customer gate-Emissionen und konzentrierte sich dabei auf Verbrenner- und Elektro-PKW.

2. Allgemeine Beschreibung und Zielsetzung

Beschreibung des Unternehmens

Die LRP-Autorecycling ist ein führendes Unternehmen im Bereich Fahrzeugrecycling sowie Fahrzeug- und Teilehandel. Gegründet 1994, hat es sich zu einem der modernsten Entsorgungsspezialisten entwickelt und ist nicht nur deutschland-, sondern auch europaweit tätig.

Aktuell betreibt die Mitteldeutsche Autorecycling Holdinggesellschaft mbH (MAR), zu der die LRP-Autorecycling Leipzig GmbH gehört, 5 Recycling- und Logistikzentren in Ost- und Mitteldeutschland, wobei sich der Hauptsitz in Krostitz, Sachsen befindet.

Mit mehr als 14.000 verwerteten Fahrzeugen pro Jahr gehört es zu den führenden Unternehmen in der Branche und legt dabei großen Wert auf eine umwelt- und fachgerechte Demontage nach gesetzlichen Standards. Neben dem klassischen Tagesgeschäft ist und war der Altfahrzeugverwerter in mehreren öffentlich geförderten Projekten tätig. Beispielhaft zu nennen sind das vom BMWK geförderte Leuchtturmprojekt Catena-X, sowie das vom BMUV geförderte Projekt Digma-DT, in der LRP die Rolle des Konsortialführers einnimmt.

Überblick des Produktsystems

Das Produktsystem beinhaltet die Schritte von der Altfahrzeugannahme bis zum Vertrieb, die im LRP-Arbeitsprozess durchlaufen werden (*Abbildung 1*).

Altfahrzeuge gelten nach Altfahrzeug-Verordnung als „Fahrzeuge, die Abfall nach § 3 (1) des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind.“¹ Durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz werden Altfahrzeuge also als „Abfälle (...) derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss.“² definiert. Zudem sind „Abfälle zur Verwertung (...) Abfälle, die verwertet werden; Abfälle, die nicht verwertet werden, sind Abfälle zur Beseitigung.“³

Nach der Fahrzeugannahme wird der Verwertungsnachweis erstellt, sowie der digitale Fahrzeugzwilling im unternehmensinternen Warenwirtschaftssystem angelegt. Nach der Inspektion des Fahrzeuges werden die im Fahrzeug verbauten

¹ Altfahrzeug-Verordnung (2002)

² Kreislaufwirtschaftsgesetz (2012)

³ Ebenda

Batterien bzw., wenn vorhanden der Hochvoltpeicher entnommen, das Fahrzeug trockengelegt, die Pyrotechnik neutralisiert, weitere Komponenten des Fahrzeugs nach aktuell geltender Altfahrzeugverordnung demontiert und ggf. Teile für den Re-Use demontiert. Es erfolgt eine temporäre Lagerung der Komponenten entweder direkt am Fahrzeug oder im Lager. Nach Demontage aller identifizierten Re-Use bzw. Recycling-Komponenten wird das Fahrzeug kompaktiert. Final gehen die entnommenen Bauteile und Materialien in den Vertrieb.

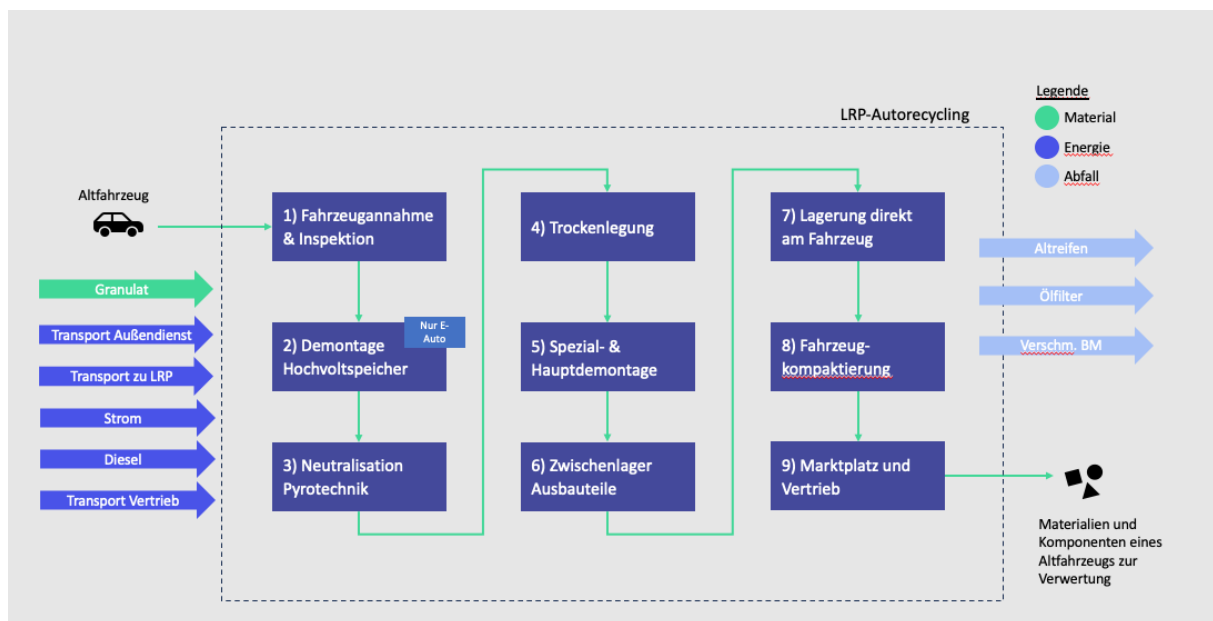


Abbildung 1: Beschreibung des Produktsystems des LRP-Aufbereitungsprozesses innerhalb der betrachteten Systemgrenzen von Fahrzeugannahme bis zum Vertrieb. Es handelt sich hierbei um ein vereinfachtes Schaubild verschiedener Karossenströme, die in der Realität nicht mit einer einfachen Kette abzubilden sind.

Ziel der Studie

Diese Studie zielt darauf ab, die mit dem LRP-Arbeitsprozess verbundenen klimarelevanten Treibhausgasemissionen zu bewerten, indem der Product Carbon Footprint (PCF) für verkaufte Fahrzeugbauteile berechnet wird. Der Geltungsbereich der Studie ist Grave-to-customer gate und bewertet die Auswirkungen der Produkte auf die globale Erwärmung (Wirkungskategorie Global Warming (GWP)) mit einem Zeithorizont von 100 Jahren mit der Methodik IPCC 2021.

Konformität mit internationalen Standards und kritischer Review

Die Bewertung wurde in einem iterativen Prozess in enger Zusammenarbeit von Sustainable (LCA-Practitioner) und LRP entwickelt. Dabei wurde auf die Einhaltung der Grundprinzipien von PCF-Berechnungen nach dem GHG-Protokoll geachtet (Relevanz, Vollständigkeit, Konsistenz, Kohärenz, Genauigkeit, Transparenz). Eine Doppelzählung von Emissionen wurde vermieden.

Die Studie wurde gemäß der Prinzipien im ISO 14067-Standard durchgeführt. Zudem wurde die Methodik in Anlehnung an das Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook gewählt. Sie ist größtenteils mit dem Catena-X Rulebook konform, ausschließlich die getrennten Ausweisung von biogenen und fossilen Emissionen, land use change (LUC) und Emissionen aus Flugtransportation wurden nicht inkludiert. Für die PCF-Berechnung wurden verschiedene Product Category Rules (PCRs) geprüft. Es konnte jedoch keine geeignete Regel gefunden werden. Es wurde kein kritischer Review durch Dritte durchgeführt, jedoch erfolgte ein Audit nach dem 4-Augen Prinzip.

3. Umfang und Systemgrenzen

Systemgrenzen und Beschreibung des Produktsystems

Das betrachtete Produktsystem wurde definiert als „die Aufbereitung von Komponenten eines Altfahrzeuges zur Verwertung“. Die Aufbereitung schließt in diesem Fall alle Arbeitsprozesse ein, die das Gesamtfahrzeug durchläuft, um Fraktionen oder Komponenten zu separieren, die im nächsten Schritt entweder direkt in eine Wiederverwendung oder zu einem nachgeschalteten Recycler für eine Weiterverarbeitung und Wiederaufbereitung gehen. Eine Aufarbeitung im Sinne des Remanufacturing findet innerhalb dieser Arbeitsprozesse bei LRP-Autorecycling nicht statt.

Die Treibhausgasemissionen wurden von der Fahrzeugannahme bis zum Vertrieb zum Endkunden bewertet (*Tabelle 1*). Als Systemgrenze wurde Grave-to-customer gate gewählt, inklusive des Prozessschrittes 9 (Marktplatz und Vertrieb). In diesem Prozessschritt werden die aufbereiteten Komponenten und Fraktionen der Altfahrzeuge und die Abfälle mit internen und externen Kurieren zu den Kunden oder Recyclern transportiert. Die durch die funktionelle Einheit und Referenzflüsse beschriebene Funktion wird mit diesen Systemgrenzen erfüllt. Für einen späteren konsistenten Vergleich mit Durchschnittsdaten zu Primärbauteilen aus ecoinvent wurde auch die Distribution des Prozessschrittes 9 (Marktplatz und Vertrieb) inkludiert.

Tabelle 1: In der Berechnung inkludierte Energie- &/ Materialströme pro Prozessschritt der LRP-Fahrzeugaufbereitung

N°	Prozessschritt	Beschreibung der in der Berechnung inkludierten Energie- & Materialströme
1	Fahrzeugannahme & Inspektion	Anlieferung der Altfahrzeuge: interner & externer Kurier, teilweise Eigenanfahrt mit Fahrzeug
2	Demontage Hochvolt-speicher	Stromverbrauch der Hebebühne (nur bei E-Fahrzeug)

3	Neutralisation Pyrotechnik	Stromverbrauch der BlastBox, um die pyrotechnische Ausrüstung des Fahrzeugs zu zünden (z. B. Airbags)
4	Trockenlegung	Entnahme der Restbestände an Diesel und Benzin, Stromverbrauch des Kompressors, Dieserverbrauch des Staplers, Verbrauch von BISOORB Granulat (Ölbindemittel)
5	Spezial- und Hauptdemontage	Stromverbrauch des Kompressors, Hebebühne, Stapler (elektrisch), Dieserverbrauch des Staplers (hybrid, Diesel), Verbrauch von BISOORB Granulat (Ölbindemittel), Abfallentsorgung von Altreifen, sowie ölverschmutzter Betriebsmittel inklusive Ölfilter
6	Zwischenlager Ausbautteile	Stromverbrauch der Hochhubwagen und Stapler
7	Lagerung direkt am Fahrzeug	Keine weiteren Aktivitätsdaten (Stromverbrauch Stapler in Prozessschritt 5 inkludiert)
8	Fahrzeugkompaktierung	Stromverbrauch der Presse, Dieserverbrauch der Stapler, Dieserverbrauch des Greifers zur Verladung der kompaktierten Fahrzeugkarosserien
9	Marktplatz & Vertrieb	Interne Kurierfahrt mit Transporter, externe Kurierfahrt mit LKW für finale Auslieferung an Kunden (sowohl Komponenten als auch Fraktionen)

Dabei wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Die Bewertung wurde für das Jahr 2022 durchgeführt.
- Betrachtet wurden bearbeitete Altfahrzeuge am LRP-Standort Krostitz, Deutschland. Wo möglich wurden europa-spezifische Emissionsfaktoren verwendet.
- Die Aktivitätsdaten für Energie und Abfall wurden mit Hilfe eines Verteilungsschlüssels über die Gesamtanzahl an Fahrzeugen je Prozessschritt und der Gesamtmenge an Energie/Abfall berechnet.

Annahmen für die Zuordnung von Energieverbräuchen von LRP:

- Es wurde angenommen, dass bei der Aufbereitung jedes Fahrzeugs desselben Antriebstypen (Verbrenner- oder Elektroauto) die gleiche Menge an Strom und Diesel verbraucht wird.
- Im Jahr 2022 wurden 3023 Altfahrzeuge zur Verwertung angenommen, und es gingen Komponenten von 4944 Verbrenner- und 10 Elektroautos in den Vertrieb. Eine variable Menge an Fahrzeugen durchlief die einzelnen Prozessschritte. Die unterschiedlichen Anzahlen der Fahrzeuge in den einzelnen Prozessschritten implizieren dynamische Lagerbestände zwischen den Prozessschritten.

- Der Gesamtverbrauch an Gas und Diesel wurde durch die Gesamtmenge der Fahrzeuge je Prozessschritt geteilt, was die Menge der "benötigten Energie" pro Fahrzeug ergibt.

Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit (FU) wurde definiert als:

Materialien und Komponenten eines Altfahrzeugs (nach Altfahrzeug (AFZ)-Verordnung) zur Verwertung

Als mögliche Wege zur Bereitstellung der funktionellen Einheit wurden die folgenden Referenzflüsse verglichen:

1. Materialien und Komponenten eines **Verbrenner-Altfahrzeugs** (nach AFZ-Verordnung) zur Verwertung durch die Prozesskette von LRP-Autorecycling.
2. Materialien und Komponenten eines **Elektro-Altfahrzeugs** (nach AFZ-Verordnung) zur Verwertung durch die Prozesskette von LRP-Autorecycling.

Cut-Offs

Folgende Teile des Prozesses wurden als Cut-off aus der Berechnung exkludiert, da der Emissionsbeitrag als vernachlässigbar eingeschätzt wurde oder kein direkter Bezug zum Produkt besteht:

- Infrastruktur: Fabrikgebäude & Maschinen
- Verpackungsmaterial bei Komponentenversand
- Leckage Kältemittel: bei der Aufbereitung können den Altfahrzeugen die Kältemittel HFO-1234yf und R134a entweichen. Der Beitrag wurde abgeschätzt und befindet sich unterhalb der 1%-Grenze des Gesamt-PCFs (Cut-off Regel im Catena-X PCF Rulebook). Annahmen: Im Durchschnitt wird das Ventil bei jedem 15. Fahrzeug für 0,3 Sekunden geöffnet, wodurch jeweils 6 Gramm Kältemittel austreten.
- Feinstaub
- Tablet Stromverbrauch bei Neutralisation Pyrotechnik
- Farbe zum Beschriften der Fahrzeuge
- Rolltor
- Beleuchtung, da nur indirekt mit Prozess verbunden
- Listing im Onlineshop
- Fotografie der zu verkaufenden Komponenten
- Zwischentransport zur Fahrzeugkompaktierung

Zudem wurden unter Prozessschritt 7 (*Lagerung*) keine Aktivitätsdaten erfasst, da hier nur ein Stapler verwendet wird, dessen Verbrauch bereits in Prozessschritt 5 erfasst wurde.

Biogene Emissionen, direkte Landnutzungsänderungen und Flugzeugtransporte waren kein Bestandteil der Analyse und wurden nicht als wesentlich eingestuft. Die Emissionen aus den aufgeführten Quellen wurden durch die ecoinvent-Emissionsfaktoren im Upstream berücksichtigt, aber keine der Quellen wurde direkt dem Produktionsprozess zugeordnet.

Zeitlicher Umfang der Daten

Die Daten für die Berechnung beziehen sich auf das Jahr 2022, und bilden den Arbeitsprozess in diesem Jahr ab. Die Emissionsfaktoren wurden anhand der zu diesem Zeitpunkt aktuellen Version von ecoinvent ausgewählt (V.3.10); die Faktoren können mit einer Datenbankaktualisierung aktualisiert werden, es wurde jedoch keine jährliche Aktualisierungsfrequenz festgelegt. Den Berechnungen wurden 230 Betriebstage pro Jahr zugrunde gelegt.

Allokationsmethode

Es wurde das ecoinvent-Systemmodell *cut-off, by classification* gewählt. Die recyclingfähigen Bestände verschiedener Fraktionen (wie beispielsweise Karosenschrott, Katalysatoren, Batterien, etc.) werden von nachgeschalteten Recyclern angekauft. Somit liegt hier eine Materialverwertung als Sekundärrohstoff vor, daher wurden die Emissionen für die Aufbereitung dem Recycler der Rohstoffe nach dem Polluter-Pays-Prinzip zugerechnet. Im Aufbereitungsprozess von LRP wurden in der zugrundeliegenden PCF-Berechnung ausschließlich die Transportemissionen inkludiert. Ein Anteil der anfallenden Fraktionen (beispielsweise Kraftstoffgemische, ölverschmutzte Betriebsmittel inklusive Ölfiler und Altreifen) und werden gegen Zahlung von LRP entsorgt. Dementsprechend werden dem LRP-Aufbereitungsprozess die Emissionen für die Entsorgung (Energierückgewinnung, Beseitigung) zugeordnet (Details im Abschnitt Inventaranalyse).

4. Lebenszyklus-Inventaranalyse für partiellen Carbon Footprint

Qualität der Daten

Die Primärdaten für das Kalenderjahr 2022 stammten von LRP und wurden auf Plausibilität geprüft. Die Daten wurden berechnet, wenn sie nicht gemessen werden konnten, und geschätzt, wenn sie nicht berechnet werden konnten. Die Schätzung der Daten wurde von Expert*innen bei LRP vorgenommen. In Anlehnung an die im Catena-X PCF Rulebook beschriebene Methode wurde ein Data Quality

Rating (DQR) mit den Dimensionen Technology, Time, Geography, Completeness, Reliability auf einer Skala von 1–3 durchgeführt. Insgesamt hatte das durchschnittliche Fahrzeug mit Verbrennungsmotor ein DQR von 1,63 und das durchschnittliche Elektrofahrzeug ein DQR von 1,62.

Inventaranalyse

Es wurden die von LRP zur Verfügung gestellten primären Aktivitätsdaten verwendet. Das modellierte Produktsystem umfasst die relevanten Prozesse, von der Fahrzeugannahme bis zum Vertrieb an die Endkunden oder Recycler. Dies schließt die Berücksichtigung von Energieverbräuchen (einschließlich Vorkettenemissionen), die Verwendung von Granulat als Ölbindemittel in der Trockenlegung sowie der Demontage, die Entsorgung von Abfällen und in- und outbound-Transporte für die Aufbereitungsprozessschritte ein.

Zum besseren Verständnis der Emissionsquellen wird im Folgenden eine Beschreibung der einzelnen Quellen mit ihrer Bewertung und ihren Besonderheiten gegeben. Es wird zwischen vorgelagerten und zentralen Emissionsquellen unterschieden.

Vorgelagert (Upstream):

- **Rohstoffe** wurden nach der verwendeten Menge betrachtet
- **Die Anlieferung** der Altfahrzeuge zu LRP wurde mithilfe eines durchschnittlichen Transportszenarios mit dementsprechendem Durchschnitts-Emissionsfaktoren aus ecoinvent modelliert, um verschiedene Anlieferungsszenarien anteilig zu repräsentieren.
 - Außendienst mit großen PKW (9,92 km/FU)
 - Abholung mit LKW (32,442 tkm/FU (Verbrenner), 65,093 tkm/FU (Elektro))
 - Eigenanfahrt durch Letztbesitzer mit dem Altfahrzeug (7,67 km/FU)

Kernaktivitäten:

- Die Energie wurde mit Diesel und Strom berücksichtigt, einschließlich der Emissionen aus der Vorkette. Der Stromemissionsfaktor des Energielieferanten wurde mit den ecoinvent-Emissionsfaktoren nachgebildet, so

dass CO₂e inklusive Vorkettenemissionen abgedeckt sind. Die Aufteilung des Energieverbrauchs wurde nach den Angaben von LRP auf die Prozessschritte aufgeteilt und zugewiesen (siehe *Überblick des Produktsystems*).

- Prozessabfälle, die bei der Spezial- und Hauptdemontage anfallen, wurden in Altreifen, ölverschmutzte Betriebsmittel inkl. ÖlfILTER und Flüssigkeiten unterteilt und dann durch die Anzahl der demontierten Fahrzeuge dividiert und zugeordnet. Abwasser wurde nicht bewertet, da es aufgrund seiner mangelnden Wesentlichkeit keinen signifikanten Anteil am PCF hat. Dem „Polluter-Pays“-Prinzip folgend wurde der Recyclinganteil (Wiederverwendung, Recycling) des Abfalls nicht dem LRP-Prozess zugeordnet. Lediglich der zu entsorgende Anteil der Abfälle (Energierückgewinnung, Beseitigung) wurde berücksichtigt.

Tabelle 2: Recyclingquoten, nach Eurostat-Quelle: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_waselv__custom_8838396/default/table?lang=en

Recyclingquoten	Recycling	Entsorgung	Gesamt
Altreifen	87,61%	12,39%	100%
ÖlfILTER	94,80%	5,21%	100%
Flüssigkeiten	95,06%	4,95%	100%

Charakterisierungsfaktoren und Folgenabschätzung

Bei der Auswahl der Emissionsfaktoren wurde stets der konservative Ansatz gewählt. Wenn Unsicherheit darüber bestand, welcher Faktor besser geeignet war, wurde der Faktor, welcher höhere Emissionen verursacht, für die Berechnung gewählt. Für die Folgenabschätzung wurden alle elementaren Ströme von der Ökosphäre (z. B. CO₂-Emissionen, Rohstoffe) in die Technosphäre (z. B. Erdöl, Wasser) und umgekehrt, die aus den Prozessen innerhalb des Produktsystems entstehen, konsolidiert und entsprechend der Auswirkung auf globale Erwärmung (GWP) jedes Stroms aggregiert. Das GWP eines Stoffstroms definiert seine Auswirkung auf globale Erwärmung im Verhältnis zur Auswirkung durch ein Kilogramm Kohlendioxid. Die GWPs der Stoffströme wurden nach der gewählten Methode der Folgenabschätzung IPCC 2021 GWP100 berechnet. In der ecoinvent-Datenbank und innerhalb der Methodik des IPCC 2021 werden alle im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase in den Emissionsfaktoren berücksichtigt. Dies gewährleistet eine umfassende und genaue Darstellung der Gase, die zum Klimawandel beitragen. Durch die Berücksichtigung aller relevanten Treibhausgase ermöglicht ecoinvent eine genauere Bewertung der Umweltauswirkungen verschiedener Produkte und Prozesse.

Allgemeine Emissionsfaktoren

Die PCF-Modellierung wurde mit einem Excel-basierten Tool durchgeführt, das Emissionsfaktoren aus der Datenbank ecoinvent (Version 3.10) enthält. Die Emissionsfaktoren wurden mit der bestmöglichen geographischen Repräsentativität für Deutschland, Europa oder mit einem globalen Durchschnitt gewählt. Die tatsächliche Produktionstechnologie der Materialien wurde bei der Auswahl der Emissionsfaktoren wann immer möglich berücksichtigt, um eine technologische Repräsentativität zu gewährleisten.

Emissionsfaktoren für Strom

Im Jahr 2022 kaufte LRP Strom von Scholt Energy, dessen Strom einen Kohlenstoff-Fußabdruck von 279 gCO₂ pro kWh hat (Energieträgermix Scholt Energy⁴, Abbildung 2). Zur Bewertung des Emissionsfaktors wurden die genannten Energiequellen anhand der Datensätze von ecoinvent modelliert. Bei dieser Bewertung wurden sowohl die CO₂e-Emissionen als auch die Emissionen der Vorkette des Stroms berücksichtigt. Dies führte zu einem angepassten Emissionsfaktor von 366 gCO₂e pro kWh. Dieser Emissionsfaktor wurde bei der Berechnung berücksichtigt. Durch die Einbeziehung des Strommixes von Scholt Energy als Energieerzeuger wurden die

⁴ Quelle: <https://www.scholt.de/media/b3xjr4yf/sec-stomkennzeichnung-2022-de.pdf>

Emissionen marktbasierend berechnet. Vorgelagerte Emissionen wurden hier ebenfalls berücksichtigt, einschließlich der Übertragungs- und Verteilungsverluste.

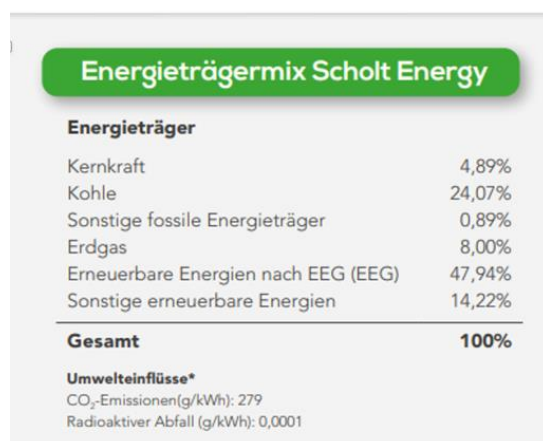
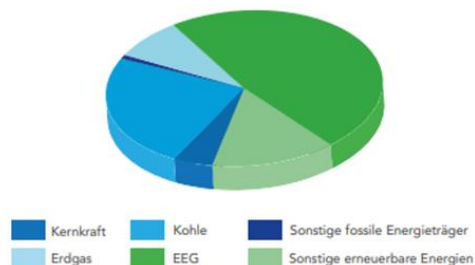


Abbildung 2: Energieträgermix Scholt Energy, der für den Stromverbrauch der untersuchten Prozesse verwendet wurde

5. Ergebnisse: Product Carbon Footprint

In dieser Auswertung wurden die Emissionsquellen den LRP-Prozessschritten zugeordnet (Abbildung 3).

Prozessschritt	Verbrenner		Elektroauto	
	Emissionen (kg CO ₂ e / Fahrzeug)	Anteil	Emissionen (kg CO ₂ e / Fahrzeug)	Anteil
01_Fahrzeugannahme & Inspektion	14,8217	23,78%	21,6501	25,70%
02_Demontage Hochvoltspeicher	0,0000	0,00%	0,0452	0,05%
03_Neutralisation Pyrotechnik	0,0002	0,00%	0,0002	0,00%
04_Trockenlegung	6,2150	9,97%	6,2150	7,38%
05_Spezial- & Hauptdemontage	13,9078	22,31%	13,9078	16,51%
06_Zwischenlager Ausbauteile	0,3330	0,53%	0,3330	0,40%
07_Lagerung direkt am Fahrzeug	0,0000	0,00%	0,0000	0,00%
08_Fahrzeugkompaktierung	9,0625	14,54%	9,0625	10,76%
09_Marktplatz & Vertrieb	17,9851	28,86%	33,0211	39,20%
Ergebnis pro FU	62,3254		84,2350	
pro kg Bauteil	0,0500		0,0337	

Abbildung 3: Emissionen in kgCO₂e/Einheit, Aufteilung nach Prozessschritten

Emissions-Hotspot war der Transport der Komponenten und der Fahrzeuge zum LRP-Standort in Krostitz mit dem LKW in den Prozessschritten O9 und O1. Der zweitgrößte Verursacher war der Dieselverbrauch durch Greifer und Stapler in den

Prozessschritten 08, 05 und 04. Den geringsten Beitrag leistet der Stromverbrauch.

6. Schlussfolgerungen

Abschließend zeigt die Analyse des Product Carbon Footprints (PCF) des LRP-Aufbereitungsprozesses den signifikanten Einfluss von Anlieferung der Altfahrzeuge und Vertrieb der demontierten Bauteile auf die CO₂e-Emissionen.

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass diese Ergebnisse auf den verfügbaren Daten und den aktuellen Herstellungsverfahren beruhen. Es ist zu erwarten, dass sich die PCF-Ergebnisse weiterentwickeln werden, sobald mehr lieferantenspezifische Daten zugänglich werden und Fortschritte bei den verwendeten Technologien zur Aufbereitung erzielt werden. Zukünftige Analysen könnten Möglichkeiten zur weiteren Reduzierung der mit dem LRP-Aufbereitungsprozess verbundenen CO₂e-Emissionen aufdecken, indem die dieselbetriebenen Prozesse elektrifiziert und die Energie- sowie Transporteffizienz verbessert werden.

Letztlich unterstreicht diese Studie die Bedeutung einer kontinuierlichen Überwachung und Optimierung der Klimaauswirkungen in der Fahrzeugaufbereitung. Durch die Nutzung datengestützter Erkenntnisse und die Einführung nachhaltiger Praktiken können Unternehmen darauf hinarbeiten, ihren CO₂e-Fußabdruck zu verringern und einen Beitrag zu einer umweltfreundlicheren Zukunft zu leisten.

Literaturverzeichnis

Catena-X Automotive Network (2023). *Catena-X Product Carbon Footprint Rulebook, Version 2*. https://catena-x.net/fileadmin/user_upload/Vereinsdokumente/Geschaeftsstelle_Dateien_Ablage/CX-0029-ProductCarbonFootprintRulebook-v2.0.0.pdf

Ministerium für Wirtschaft, Energie und Industriestrategie (2022). *Berichterstattung über Treibhausgase: Umrechnungsfaktoren 2022*. <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022>

FitzGerald, D., & Sonderegger, T. (2021). *Dokumentation der in der ecoinvent-Datenbank v3. 9.1 vorgenommenen Änderungen*.

IPCC (2021): *Klimaänderung 2021: The Physical Science Basis. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Sechsten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen*[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Vereinigtes Königreich und New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). *Die ecoinvent-Datenbank Version 3 (Teil I): Überblick und Methodik*. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 1218–1230.