

EPD - ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

UMWELT-PRODUKTDEKLARATION nach ISO 14025 und EN 15804+A2



HERAUSGEBER

Bau EPD GmbH, A-1070 Wien, Seidengasse 13/3, www.bau-epd.at

PROGRAMMBETREIBER

Bau EPD GmbH, A-1070 Wien, Seidengasse 13/3, www.bau-epd.at

DEKLARATIONSINHABER

Alpacem Cement, d.d., SI-5210 Deskle, Anhovo 1

DEKLARATIONSNUMMER

BAU-EPD-ALPACEM-SLOVENIJA-2024-1-ECOINVENT- 10 Zementdatensätze

AUSSTELLUNGSDATUM

11.07.2024

GÜLTIG BIS

11.07.2029

ANZAHL DER DATENSÄTZE

10

ENERGIE MIX ANSATZ

MARKTORIENTIERTER ANSATZ (MARKED BASED APPROACH)

Alpacem Cement, d.d.

CEM I 42,5 N

CEM I 42,5 N SR 0

CEM I 52,5 R

CEM II/A-LL 42,5 R

CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

CEM II/B-LL 32,5 R

CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

CEM III/B 32,5 N - LH/SR

MC 5



Alpacem

Inhaltsverzeichnis des Projektberichts

1	Allgemeine Angaben	4
2	Produkt	6
2.1	Allgemeine Produktbeschreibung	6
2.2	Anwendung	7
2.3	Produktrelevante Normen, Regelwerke und Vorschriften	7
2.4	Technische Daten	7
2.5	Grundstoffe / Hilfsstoffe	9
2.6	Herstellung	12
2.7	Verpackung	13
2.8	Lieferzustand	13
2.9	Transporte	13
2.10	Produktverarbeitung / Installation	13
2.11	Nutzungsphase	14
2.12	Referenznutzungsdauer (RSL)	14
2.13	Nachnutzungsphase	14
2.14	Entsorgung	14
2.15	Weitere Informationen	14
3	LCA: Rechenregeln	15
3.1	Deklarierte Einheit/ Funktionale Einheit	15
3.2	Systemgrenze	16
3.3	Flussdiagramm der Prozesse im Lebenszyklus	18
3.4	Abschätzungen und Annahmen	18
3.5	Abschneideregeln	19
3.6	Hintergrunddaten	19
3.7	Datenqualität	19
3.8	Betrachtungszeitraum	20
3.9	Allokation	20
3.10	Vergleichbarkeit	20
4	LCA: Szenarien und weitere technische Informationen	21
4.1	A1-A3 Herstellungsphase	21
4.2	A4-A5 Errichtungsphase	21
4.3	B1-B7 Nutzungsphase	21
4.4	C1-C4 Entsorgungsphase	21
4.5	D Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und Recyclingpotenzial	21
5	LCA: Ergebnisse	22
5.1	Ergebnisse CEM I 42,5 N	23
5.2	Ergebnisse CEM I 42,5 N SR 0	25
5.3	Ergebnisse CEM I 52,5 R	27
5.4	Ergebnisse CEM II/A-LL 42,5 R	29
5.5	Ergebnisse CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R	31

5.6	Ergebnisse CEM II/B-LL 32,5 R	33
5.7	Ergebnisse CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	35
5.8	Ergebnisse CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N	37
5.9	Ergebnisse CEM III/B 32,5 N - LH/SR	39
5.10	Ergebnisse MC 5	41
6	LCA: Interpretation	44
7	Literaturhinweise.....	50
8	Verzeichnisse und Glossar	51
8.1	Abbildungsverzeichnis.....	51
8.2	Tabellenverzeichnis.....	51
8.3	Abkürzungen	52

1 Allgemeine Angaben

Produktbezeichnung Klinker, Zement bzw. Putz- und Mauerbinder	Deklarierte Einheit 1 Tonne Klinker, Zement bzw. Putz- und Mauerbinder
Deklarationsnummer BAU-EPD-ALPACEM-SLOVENIJA-2024-1-ECOINVENT-10 Zementdatensätze	Deklariertes Bauprodukt: Produktion von 1 Tonne
Deklarationsdaten <input checked="" type="checkbox"/> Spezifische Daten <input type="checkbox"/> Durchschnittsdaten	<ul style="list-style-type: none"> • CEM I 42,5 N nach SIST EN 197-1:2011 [1] • CEM I 42,5 N SR 0 nach SIST EN 197-1:2011 [1] • CEM I 52,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1] • CEM II/A-LL 42,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1] • CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1] • CEM II/B-LL 32,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1] • CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N nach SIST EN 197-1:2011 [1] • CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N nach SIST EN 197-5:2021 [2] • CEM III/B 32,5 N - LH/SR nach SIST EN 197-1:2011 [1] • MC 5 nach SIST EN 413-1:2011 [3]
Deklarationsbasis MS-HB Version 4.0.0 vom 27.01.2023 [4]: PKR: Anforderungen an eine EPD für Zement PKR-Code: 1.3.1 Version 1.0 vom 22.05.2023 (PKR geprüft u. zugelassen durch das unabhängige PKR-Gremium) Der Inhaber der Deklaration haftet für die zugrundeliegenden Angaben und Nachweise; eine Haftung der Bau EPD GmbH in Bezug auf Herstellerinformationen, Ökobilanzdaten und Nachweise ist ausgeschlossen.	Anzahl der Datensätze im Dokument: 10 Gültigkeitsbereich Die EPD gilt für die oben angeführten Produkte der Alpacem Cement, d.d. Repräsentativität Das repräsentative Marktgebiet (Produktion, Vertrieb, Anwendung, Entsorgung) der deklarierten Produkte ist Slowenien. Die EPD ist repräsentativ für die gesamte Menge der deklarierten Produkte im Jahr 2022. Die in der EPD bewertete Produktionstechnologie ist repräsentativ für die Gesamtmenge der im Jahr 2022 produzierten deklarierten Produkte.
Deklarationsart lt. ÖNORM EN 15804:2022 [5] von der Wiege bis zum Werkstor	Datenbank, Software, Version Datenbank: Ecoinvent v3.8 (Cut-off by classification) Software: Ökobilanzrechner der floGeco GmbH (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01) [6] Version Charakterisierungsfaktoren: Joint Research Center, EF 3.0

<p>Ersteller der Ökobilanz floGeco GmbH Hinteranger 61d A-6161 Natters Österreich</p>	<p>Die ÖNORM EN 15804:2022 [5] dient als Kern-PKR. Die c-PKR des CEN EN 16908:2022 [7] wurde angewendet.</p> <p>Unabhängige Verifizierung der Deklaration nach EN ISO 14025:2010 <input type="checkbox"/> intern <input checked="" type="checkbox"/> extern</p> <p>Verifizierer: Univ.-Prof. DI Dr. Alexander Passer</p>
<p>Deklarationsinhaber Alpacem Cement, d.d., SI-5210 Deskle, Anhovo 1, Slowenien</p>	<p>Herausgeber und Programmbetreiber Bau EPD GmbH Seidengasse 13/3 1070 Wien Österreich</p>



DI (FH) DI DI Sarah Richter
Leitung Konformitätsbewertungsstelle



Univ.- Prof. DI Dr. Alexander Passer
Unabhängiger Verifizierer

Information: EPD-Ergebnisse der gleichen Produktgruppe aus verschiedenen Programmbetrieben müssen nicht zwingend vergleichbar sein.

2 Produkt

2.1 Allgemeine Produktbeschreibung

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel, d. h. ein fein gemahlener anorganischer Stoff, der, mit Wasser gemischt, Zementleim ergibt, welcher durch Hydratation erstarrt und erhärtet und nach dem Erhärten auch unter Wasser fest und raumbeständig bleibt.

Zement nach SIST EN 197-1:2011 [1] bzw. SIST EN 197-5:2022 [2] besteht aus

- Zementhauptbestandteilen (Portlandzementklinker, Hüttensand, Puzzolane, Flugasche, gebrannter Schiefer, Kalkstein oder Silicastaub),
- Zementnebenbestandteilen (verbessern nach entsprechender Aufbereitung aufgrund ihrer Korngrößenverteilung die physikalischen Eigenschaften von Zement),
- Calciumsulfat (wird den anderen Bestandteilen des Zements bei seiner Herstellung zur Regelung des Erstarrungsverhaltens zugegeben) und
- (Zement-)Zusätzen (die Gesamtmenge der Zusätze darf einen Massenanteil von 1,0 % bezogen auf den Zement (ausgenommen Pigmente) nicht überschreiten).

Portlandzementklinker entsteht aus einem Rohstoffgemisch, das in einer Ofenanlage bei einer Temperatur von über 1400 °C bis zum Sintern erhitzt wird. Portlandzementklinker besteht vorwiegend aus Calciumsilikaten und Calciumaluminaten.

Putz- und Mauerbinder gemäß EN 413-1:2011 [3] ist ein werkmäßig hergestelltes, feingemahlendes hydraulisches Bindemittel, dessen Festigkeit im Wesentlichen auf dem Vorhandensein von Portlandzementklinker beruht. Putz- und Mauerbinder muss aus Portlandzementklinker, anorganischen Stoffen und ggf. Zusätzen (z.B. Luftporenbildner) bestehen. Bei einem MC 5 Putz- und Mauerbinder muss der Portlandzementklinker einen Massenanteil von $\geq 25\%$ und der Anteil an Zusätzen $\leq 1\%$ betragen.

Diese EPD betrachtet die Herstellung der Zemente bzw. der Putz- und Mauerbinder

- CEM I 42,5 N nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- CEM I 42,5 N SR 0 nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- CEM I 52,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- CEM II/A-LL 42,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- CEM II/B-LL 32,5 R nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N nach SIST EN 197-5:2021 [2]
- CEM III/B 32,5 N - LH/SR nach SIST EN 197-1:2011 [1]
- MC 5 nach SIST EN 413-1:2011 [3]

der Alpacem Cement, d.d.

Zur Erstellung der Ökobilanz wurde der Ökobilanzrechner der floGeco GmbH (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01) verwendet. Für die Modellierung bzw. Bewertung der Produkte aus dem Werk Anhovo (Slowenien) wurden einzelne Datensätze entsprechend angepasst (d.h. zusätzlich zum Rechner angewandt), weil einzelne Datensätze im Ökobilanzrechner rein repräsentativ für die österreichische Situation sind und für die Bewertung einer Produktion in Slowenien entsprechend anzupassen waren. Außerdem wurde die Bewertung des angewandten Strommix basierend auf den momentanen slowenischen ecoinvent-Datensätzen modelliert.

Die EPD ist repräsentativ für die gesamte Produktionsmenge der deklarierten Produkte im Jahr 2022.

Die in der EPD bewertete Produktionstechnologie ist repräsentativ für die Gesamtmenge der im Jahr 2022 produzierten deklarierten Produkte.

Die Schwankungsbreite der abgebildeten Produkte wird in Kapitel 6 LCA: Interpretation entsprechend dargestellt und diskutiert.

2.2 Anwendung

Die Alpacem Cement, d.d. produziert im Werk Anhovo (in Deskle, Slowenien) ihren Klinker, der direkt im Zementwerk in die verschiedenen Zementprodukte integriert wird.

Die Hauptanwendung von Zement ist die Herstellung von Beton nach SIST EN 206:2021 [8], Zementestrich nach SIST EN 13813:2003 [9] und Mauer Mörtel nach SIST EN 998-1:2017 [10] und SIST EN 998-2:2017 [11]. Putz und Mauerbinder nach SIST EN 413-1:2011 [3] bildet durch das Mischen mit Sand und Wasser (bzw. ggf. Zusätzen) einen verarbeitbaren Mörtel, der für die Verwendung bei Putz- und Mauerarbeiten geeignet ist.

Der CEM I 42,5 N kann zur Herstellung aller Betone nach SIST EN 206:2021 [8] verwendet werden. Der CEM I 42,5 N SR 0 eignet sich aufgrund seines stark erhöhten Widerstands gegen die Aggression von Sulfat-Ionen für bewehrten und unbewehrten Beton, der chemisch aggressiven Umgebungen, insbesondere Sulfatangriffen, ausgesetzt ist (Kläranlagen, usw.). CEM I 52,5 R ist für Bauvorhaben konzipiert, bei denen höchste Anfangs- und Endfestigkeiten gefordert sind (z.B. bewehrte, unbewehrte oder vorgespannte Betonelemente mit hohen statischen Belastungen). Der CEM II/A-LL 42,5 R eignet sich für Betonfertigteile aus bewehrtem, unbewehrtem und vorgespanntem Beton, bei denen eine schnelle Festigkeitsentwicklung erwünscht ist. Der CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R ist für anspruchsvolle Konstruktionen konzipiert, bei denen hohe Anfangs- und Endfestigkeiten erforderlich sind, sowie Frost- und Tauwechselbeständigkeit (z.B. Betonfertigteile, frostbeständigen Beton, SCC usw.). Der CEM II/B-LL 32,5 R und der CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N sind Universalzemente und für eine Vielzahl von Anwendungen in der Bauindustrie konzipiert (u.a. für bewehrte und unbewehrte Betone im Hochbau oder die Herstellung von Industrie- und Straßenbelägen). Der CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N eignet sich besonders für Anwendungen, bei denen ein geringes Schwinden des Betons und eine moderate Druckfestigkeitsentwicklung mit langsamer Freisetzung der Hydratationswärme erwünscht sind (z.B. Industriebeläge oder komplexe Massivbauwerke mit hohen Festigkeits- und Dauerhaftigkeitsansprüchen). Der CEM III/B 32,5 N - LH/SR ist mit seiner niedrigen Hydratationswärme und seinem Sulfatwiderstand geeignet zur Herstellung von Vollbeton für dickwandige und sulfatbeständige Bauwerke (z.B. im Wasserbau) bzw. für Anwendungen, bei denen die Verwendung von Zementen mit langsamer Festigkeitsentwicklung empfohlen wird. Der MC 5 ist ein Putz- und Mauerbinder der Festigkeitsklasse 5 (Klinkeranteil $\geq 25\%$) und eignet sich zur einfachen und wirtschaftlichen Herstellung von hochwertigem frostbeständigen Mauer Mörteln und Mörteln für die Herstellung von Grob- und Feinputzen im Außen- und Innenbereich.

2.3 Produktrelevante Normen, Regelwerke und Vorschriften

Für das Inverkehrbringen der Zemente nach SIST EN 197-1:2011 [1] in der EU/EFTA (mit Ausnahme der Schweiz) gilt die Verordnung (EU) Nr. 305/2011(CPR). Die Zemente nach SIST EN 197-1:2011 [1] benötigen eine Leistungserklärung unter Berücksichtigung der SIST EN 197-1:2011 [1] und die CE-Kennzeichnung. Der CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N nach SIST EN 197-5:2022 [2] braucht eine nationale Anwendungszulassung (Zertifizierung durch das Zavoda za Gradbeništvo Slovenije ZAG/ Slovenian National Building And Civil Engineering Institute (Konformitätszertifikat REG2-0004-04-ZGPro1-3532 [12])). Der Putz- und Mauerbinder MC 5 benötigt eine Leistungserklärung unter Berücksichtigung der SIST EN 413-1:2011 [3] und die CE-Kennzeichnung.

Tabelle 1: Produktrelevante Normen und Regelwerke

Norm	Titel
SIST EN 197-1:2011	Cement - 1. del: Sestava, zahteve in merila skladnosti za običajne cemente/ Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements/ Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
SIST EN 197-5:2021	Cement - 5. del: Portlandski mešani cement CEM II/C-M in Mešani cement CEM VI/ Cement - Part 5: Portland-composite cement CEM II/C-M and Composite cement CEM VI Zement - Teil 5: Portlandkompositzement CEM II/C-M und Kompositzement CEM VI
SIST EN 413-1:2011	Zidarski cement - 1. del: Sestava, zahteve in merila skladnosti/ Masonry cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria Putz- und Mauerbinder - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien

2.4 Technische Daten

Tabelle 2: Technische Daten CEM I 42,5 N

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	3110	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	42,5	N/mm ²

Tabelle 3: Technische Daten CEM I 42,5 N SR 0

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	3210	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	42,5	N/mm ²
C ₃ A-Gehalt des Klinkers	0	%

Tabelle 4: Technische Daten CEM I 52,5 R

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	3100	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	52,5	N/mm ²

Tabelle 5: Technische Daten CEM II/A-LL 42,5 R

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	3060	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	42,5	N/mm ²

Tabelle 6: Technische Daten CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	3040	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	42,5	N/mm ²

Tabelle 7: Technische Daten CEM II/B-LL 32,5 R

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	2960	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	32,5	N/mm ²

Tabelle 8: Technische Daten CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	2970	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	42,5	N/mm ²

Tabelle 9: Technische Daten CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	2940	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	42,5	N/mm ²

Tabelle 10: Technische Daten CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	2900	kg/m ³
Klasse der Normdruckfestigkeit nach SIST EN 197-1:2011	32,5	N/mm ²
Begrenzte frühzeitige Wärmeentwicklung	220	J/g

Tabelle 11: Technische Daten MC 5

Bezeichnung	Wert	Einheit
Mittlere Rohdichte bzw. Rohdichtebereich	2770	kg/m ³
Festigkeitsklasse nach SIST EN 413-1:2011	5-15	MPa

2.5 Grundstoffe / Hilfsstoffe

Für die deklarierten Produkte wurde von der Alpacem Cement, d.d. die repräsentative stoffliche Zusammensetzung für das Produktionsjahr 2022 erhoben und zur EPD Erstellung zur Verfügung gestellt. Tabelle 12 bis

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	20 – 34%
Hüttensand	Hauptbestandteil	66 – 80%
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 21 zeigen aus Vertraulichkeitsgründen (siehe „8.3 Regeln zur Vertraulichkeit der Daten“ – ÖNORM EN ISO 14025:2010 [13]) die Vorgaben zur stofflichen Zusammensetzung aus der SIST EN 197-1:2011 [1], der SIST EN 197-5:2021 [2] bzw. der SIST EN 413-1:2011 [3].

ANMERKUNG aus Sist EN 197-1:2011 [1] – 6.1: Der Eindeutigkeit halber beziehen sich die Anforderungen an die Zusammensetzung auf die Summe aller Haupt- und Nebenbestandteile (siehe Tabelle 12 bis

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	20 – 34%
Hüttensand	Hauptbestandteil	66 – 80%
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 21 dieser EPD). Der gebrauchsfertige Zement besteht aus den Haupt- und Nebenbestandteilen, dem erforderlichen Calciumsulfat (zur Regelung des Erstarrungsverhaltens – z.B. natürlicher Gips) und den verwendeten Zusätzen (z.B. Chromatreduzierer).

Tabelle 12: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM I 42,5 N

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	95 – 100%
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 13: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM I 42,5 N SR 0

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	95 – 100%
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 14: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM I 52,5 R

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	95 – 100%

Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%
--	------------------	--------

Tabelle 15: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/A-LL 42,5 R

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	80 – 94%
Kalkstein	Hauptbestandteil	6 – 20%
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 16: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	80 – 88%
Hüttensand	Hauptbestandteil	12 – 20%
Silicastaub	Hauptbestandteil	
Puzzolan (natürlich, natürlich getempert)	Hauptbestandteil	
Flugasche (kieselsäurereich, kalkreich)	Hauptbestandteil	
Gebrannter Schiefer	Hauptbestandteil	
Kalkstein	Hauptbestandteil	
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 17: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/B-LL 32,5 R

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	65 – 79%
Kalkstein	Hauptbestandteil	21 – 35%
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 18: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	65 – 79%
Hüttensand	Hauptbestandteil	21 – 35%
Silicastaub	Hauptbestandteil	
Puzzolan (natürlich, natürlich getempert)	Hauptbestandteil	
Flugasche (kieselsäurereich, kalkreich)	Hauptbestandteil	
Gebrannter Schiefer	Hauptbestandteil	
Kalkstein	Hauptbestandteil	
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 19: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	50 – 64%
Hüttensand	Hauptbestandteil	36 – 50%
Silicastaub	Hauptbestandteil	
Puzzolan (natürlich, natürlich getempert)	Hauptbestandteil	
Flugasche (kieselsäurereich, kalkreich)	Hauptbestandteil	
Gebannter Schiefer	Hauptbestandteil	
Kalkstein	Hauptbestandteil	
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 20: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	20 – 34%
Hüttensand	Hauptbestandteil	66 – 80%
Nebenbestandteile (fein zerkleinerte anorganische, mineralische Stoffe, die aus der Klinkerproduktion (z.B. Rohmehl) stammen oder den anderen Hauptbestandteilen entsprechen, im Zement aber nicht als Hauptbestandteil enthalten sind)	Nebenbestandteil	0 – 5%

Tabelle 21: Grundstoffe / Hilfsstoffe MC 5

Bestandteile:	Funktion	Massen %
Portlandzementklinker	Hauptbestandteil	≥25%
Anorganische mineralische Stoffe z.B. Kalkstein	Hauptbestandteil	0-74%
Zusätze z.B. Mahlhilfen	Hauptbestandteil	≤1%

Die Produkte/Erzeugnisse/mindestens ein Teilerzeugnis enthält Stoffe der ECHA-Kandidatenliste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe (en: Substances of Very High Concern – SVHC) (Datum 08.07.2024) oberhalb von 0,1 Massen-%: **nein**.

2.6 Herstellung

Die Rohstoffe für die Herstellung von Zementklinker werden im Steinbruch Rodež gewonnen. Der Steinbruch wird auf verschiedenen Etagen abgebaut und das Material anschließend einem Hammerbrecher zugeführt. Das zerkleinerte Material mit einer maximalen Korngröße von etwa 4 cm wird durch schichtweises Aufstapeln in einem Mischbett vorhomogenisiert und dann über Förderbänder zum Zementwerk transportiert. Der Prozess wird mit dem Mahlen des Rohmehls fortgesetzt, wobei der Rohmehlmischung aus dem Steinbruch korrigierende Komponenten in bestimmten Anteilen zugesetzt werden, um die gewünschte chemische Zusammensetzung zu erreichen.

Im Werk Anhovo der Alpacem Cement, d.d. erfolgt die Klinkerproduktion nach dem Trockenverfahren in einer modernen Drehrohrofenanlage mit 5-stufigen Zyklonvorwärmern und Vorkalzinators. Im Wärmetauscher wird das Rohmehl durch die Abgase des Drehrohrofens auf über 850 °C erhitzt. Das aus der unteren Zyklonstufe des Wärmetauschers austretende Heißmehl gelangt in den Drehrohrofen, der leicht geneigt ist und in dem sich das Material vom Ofeneinlauf zum Hauptbrenner am Ofenauslauf bewegt. In der so genannten Sinterzone erreicht das Material im Ofen eine Temperatur von etwa 1450 °C und es laufen die wichtigsten Reaktionen zur

Bildung der Klinkermineralien ab. Am Ofenauslauf gelangt der Klinker in den Klinkerkühler. Nach dem Brennen und Abkühlen wird der Klinker in Silos gelagert.

Zement besteht aus Zementklinker, Gips als Sulfatträger zur Erstarrungsregelung, sowie weiteren Zusatzstoffen wie Kalkstein, Hüttensand oder Flugasche. Die Zemente werden nach bestimmten Rezepturen in Kugelmøhlen gemahlen, die mit modernen Sichern und einem System zur automatischen Regelung der Aufgabe und Feinheit des Zements ausgestattet sind. Der produzierte Zement wird in Silos gelagert, von wo aus er per LKW oder Bahn als Schüttgut oder in Säcken versandt wird.

Durch Qualitätssicherungssysteme, die sich an den Anforderungen an die werkseigene Produktionskontrolle nach SIST EN 197-2:2020 [3] bzw. der Norm für Qualitätsmanagementsysteme SIST EN ISO 9001:2015 [14] orientieren, wird die Auslieferung von Produkten mit gleichmäßigen Eigenschaften sichergestellt. Neben den konkreten Vorgaben zur Prozesssteuerung sowie zur Überwachung der Zwischen- und Endprodukte umfassen QM-Systeme nach SIST EN ISO 9001:2015 [14] auch Maßnahmen zur Verbesserung der Organisationsstruktur und der Produktionsabläufe insgesamt.

Abbildung 1 zeigt die schematische Darstellung des Zementherstellungsprozesses der Alpacem Cement, d.d. vom Steinbruch bis zum Versand.

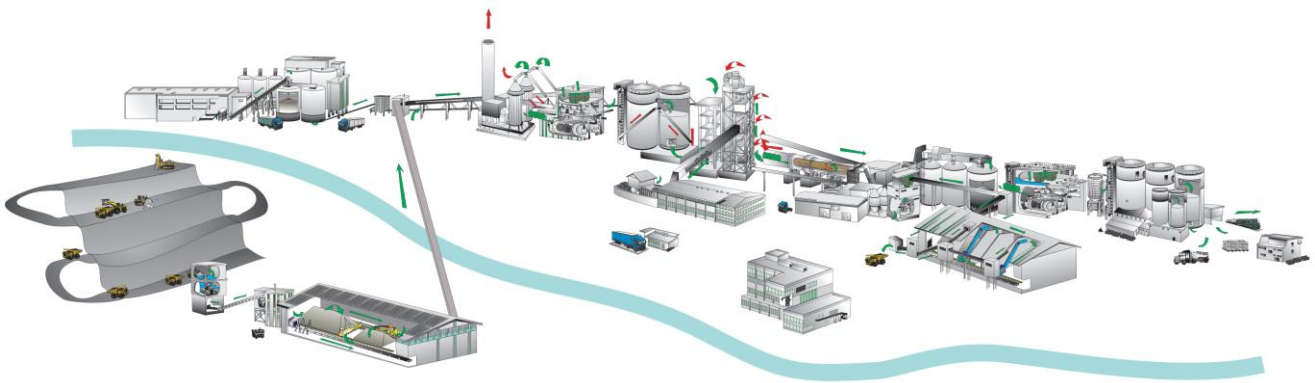


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Zementherstellungsprozesses der Alpacem Cement, d.d. vom Steinbruch bis zum Versand

2.7 Verpackung

Ein sehr kleiner Anteil des Zementes erreicht den Kunden als Sackware in Säcken aus Papier mit Folie. Als zusätzliche Verpackungsmaterialien kommen dabei PE-Schrumpffolien (EAK 150102 [15]) und Holzpaletten (EAK 150103 [15]) im Rahmen des Ebakom-Systems zum Einsatz. Holzpaletten werden zurückgenommen.

Diese EPD betrachtet nur Siloware und berücksichtigt kein Verpackungsmaterial für den geringen Marktanteil an Sackware.

2.8 Lieferzustand

Zement ist ein pulverförmiges Schüttgut und wird überwiegend als lose Ware abgegeben und auf Straßen- oder Schienenfahrzeuge verladen. Ein sehr kleiner Anteil des Zementes sowie Putz- und Mauerbinder erreicht den Kunden als Sackware.

2.9 Transporte

Zement und auch Putz- und Mauerbinder sind homogene Massengüter, welche entweder per LKW oder Bahn transportiert werden. Die in dieser EPD betrachteten Produkte werden überwiegend zu lokalen Absatzmärkten geliefert.

2.10 Produktverarbeitung / Installation

Die Hauptanwendung von Zement ist die Herstellung von Beton, Estrich bzw. Mörtel. Frischbeton ist eine Mischung aus Gesteinskörnung, Wasser und Zement. Wenn Zement mit Wasser in Berührung kommt, findet eine chemische Reaktion statt, die als Hydratation bezeichnet

wird und die Gesteinskörnung zu einem festen Baumaterial, dem Beton, verbindet. Putz- und Mauerbinder bildet durch das Mischen mit Sand und Wasser (bzw. ggf. Zusätzen) einen verarbeitbaren Mörtel, der für die Verwendung bei Putz- und Mauerarbeiten geeignet ist.

Frischbeton wird heute fast ausschließlich in Betonmischanlagen hergestellt, entweder auf Großbaustellen oder in Fertigteilwerken. Zementestrich und Zementmörtel werden auf der Baustelle direkt gemischt bzw. von Mischwerken aus antransportiert.

2.11 Nutzungsphase

Da Zement bzw. Putz- und Mauerbinder als Zwischenprodukte Anwendung bei der Herstellung verschiedener zementgebundener Baustoffe (Transportbeton, Fertigteilbeton, Zementestrich, Mörtel, etc.) finden, ist es meist nicht möglich, Informationen über die Umweltauswirkungen aus dem Produkt während der Bauphase, der Nutzungsphase und der Entsorgungsphase bereitzustellen, da diese maßgeblich von der Nutzung des Zements abhängen. In dieser EPD werden daher die Lebenszyklusmodule A1-A3 (Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Transport zum Hersteller, Herstellung) betrachtet. Die Bauphase, die Nutzungsphase und die Entsorgungsphase werden nicht berücksichtigt. Dies ist gemäß ÖNORM EN 15804:2022 [5] zulässig, da Zement die in der Norm genannten Bedingungen dafür erfüllt (siehe 3.2 Systemgrenze).

2.12 Referenznutzungsdauer (RSL)

Für Zement nicht relevant (siehe 2.11 Nutzungsphase und 3.2 Systemgrenze).

2.13 Nachnutzungsphase

Für Zement nicht relevant (siehe 2.11 Nutzungsphase und 3.2 Systemgrenze).

2.14 Entsorgung

Falls Zement entsorgt werden muss, sollte dieser mit Wasser aushärten und unter Beachtung der örtlichen behördlichen Bestimmungen entsorgt werden. Die Entsorgung des ausgehärteten Produkt erfolgt dann wie für Betonabfälle und Betonschlämme.

Abfallschlüssel des Europäischen Abfallartenkatalogs (EAK) in Abhängigkeit von der Herkunft: 17 01 01 [15] (Beton) oder 10 13 14 [15] (Betonabfälle und Betonschlämme).

Diese EPD betrachtet aufgrund der in 2.11 Nutzungsphase und 3.2 Systemgrenze angeführten Argumentationen die Entsorgungsphase nicht.

2.15 Weitere Informationen

Ergänzende Informationen zu den deklarierten Produkten können online unter <https://alpacem.si> abgerufen werden.

3 LCA: Rechenregeln

3.1 Deklarierte Einheit/ Funktionale Einheit

Die deklarierte Einheit ist 1 Tonne des jeweiligen Zements bzw. des Putz- und Mauerbinders.

Tabelle 22: Deklarierte Einheit CEM I 42,5 N = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	3110	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000322	m ³ /kg

Tabelle 23: Deklarierte Einheit CEM I 42,5 N SR 0 = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	3210	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000312	m ³ /kg

Tabelle 24: Deklarierte Einheit CEM I 52,5 R = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	3100	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000323	m ³ /kg

Tabelle 25: Deklarierte Einheit CEM II/A-LL 42,5 R = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	3060	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000327	m ³ /kg

Tabelle 26: Deklarierte Einheit CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	3040	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000329	m ³ /kg

Tabelle 27: Deklarierte Einheit CEM II/B-LL 32,5 R = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	2960	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000338	m ³ /kg

Tabelle 28: Deklarierte Einheit CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	2970	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000337	m ³ /kg

Tabelle 29: Deklarierte Einheit CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	2940	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000340	m ³ /kg

Tabelle 30: Deklarierte Einheit CEM III/B 32,5 N - LH/SR = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	2900	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000345	m ³ /kg

Tabelle 31: Deklarierte Einheit MC 5 = 1 t

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1	t
Rohdichte für Umrechnung in kg	2770	kg/m ³
Massenbezogenes Volumen	0,000361	m ³ /kg

3.2 Systemgrenze

Tabelle 32: Deklarierte Lebenszyklusphasen

HERSTELLUNGS-PHASE			BAU-PHASE		NUTZUNGSPHASE							ENTSORGUNGS-PHASE				Vorteile und Belastungen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau / Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau, Erneuerung	betrieblicher Energieeinsatz	betrieblicher Wassereinsatz	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Entsorgung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotenzial
X	X	X	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Typ der Ökobilanz bzw. der EPD: von der Wiege bis zum Werkstor

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Herstellung des Zements einschließlich der Rohstoffgewinnung bis zum fertigen Produkt am Werkstor.

Da Zement sowie Putz- und Mauerbinder als Zwischenprodukte Anwendung bei der Herstellung verschiedener zementgebundener Baustoffe (Transportbeton, Fertigteilebeton, Zementestrich, etc.) finden, ist es meist nicht möglich, Informationen über die Umweltauswirkungen aus dem Produkt während der Bauphase, der Nutzungsphase und der Entsorgungsphase bereitzustellen, da diese maßgeblich von der Nutzung des Zements abhängen. In der EPD werden daher die Lebenszyklusmodule A1-A3 (Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Transport zum Hersteller, Herstellung) betrachtet. Die Bauphase, die Nutzungsphase und die Entsorgungsphase werden nicht berücksichtigt. Dies ist gemäß ÖNORM EN 15804:2022 [5] zulässig, da Zement die folgenden in der Norm genannten Bedingungen erfüllt:

- Das Produkt oder Material wird während der Installation physikalisch in andere Produkte integriert, so dass es am Ende der Lebensdauer nicht physikalisch von diesen getrennt werden kann.

- Das Produkt oder Material ist am Ende der Lebensdauer infolge eines physikalischen oder chemischen Umwandlungsprozesses nicht mehr identifizierbar.
- Das Produkt oder Material enthält keinen biogenen Kohlenstoff.

Modul A1: Rohstoffgewinnung und -aufbereitung:

- Rohstoffgewinnung für die Zement- und Klinkerherstellung
dies umfasst z. B. den Abbau kalkhaltiger Materialien wie Kalkstein oder Mergel sowie tonhaltiger Materialien wie Ton oder Tonschiefer
- Gewinnung von Primärbrennstoffen
Wichtige Primärenergieträger, die bei der Zementproduktion verwendet werden, sind Steinkohle, Petrolkoks, Braunkohle und Erdgas
- Aufbereitung von Rohstoffen, Brennstoffen und Co-Produkten anderer Industrien (z. B. Hochofenschlacke, Flugasche)

Modul A2: Transporte zum Zementwerk und interne Transporte

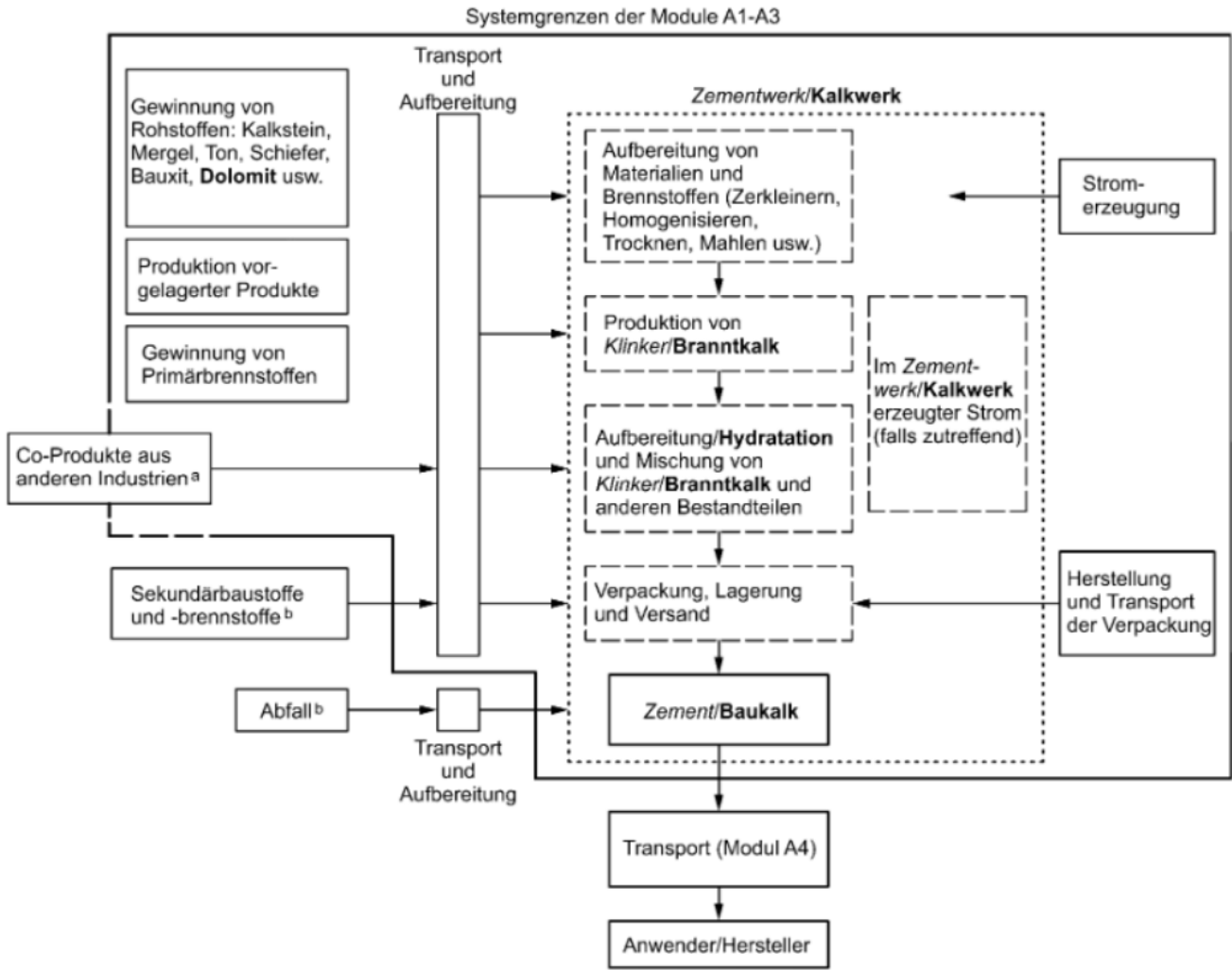
- Transport von Rohstoffen, Brennstoffen und Co-Produkten anderer Industrien zum Zement- oder Mahlwerk
- interne Transporte im Zement- oder Mahlwerk
- gegebenenfalls Transport von Portlandzementklinker und anderen Zementbestandteilen zum Mahlwerk

Modul A3: Zementherstellung

- Klinkerproduktion: Erhitzen des Rohstoffgemischs in einer Ofenanlage bis zum Sintern (bei einer Temperatur von über 1400 °C)
- Mahlen der Rohstoffe
- Mahlen und Mischen der Zementhaupt- und -nebenbestandteile
- Lagerung des Zements, Vorbereitung zum Versand

Für die als Roh- und Brennstoffe verwendeten Abfälle liegen die Abfallschlüsselnummern nach Österreichischer Abfallverzeichnisverordnung vor (siehe Projektbericht Zementrechner – Tabelle 15, Tabelle 17 und Tabelle 22). Die Abfälle gehen lastenfrei in die Ökobilanz ein, weil sie aufgrund der vorliegenden Abfallschlüsselnummer erst im Drehrohrofen das Ende der Abfalleigenschaften erreichen. Transporte von Abfällen von Abfallaufbereitungsanlagen zum Zementwerk werden im Ökobilanzrechner nicht miteinbezogen. Co-Produkte aus anderen Industrien (Schlacken, Hüttensand, Flugasche und REA-Gips) werden basierend auf einer ökonomischen Allokation berücksichtigt (siehe 3.9 Projektbericht Zementrechner). Auch der Transport dieser eingesetzten Co-Produkte ins Werk wird mitberücksichtigt.

3.3 Flussdiagramm der Prozesse im Lebenszyklus



^a siehe 6.4.3 ÖNORM EN 16908

^b siehe Anhang D ÖNORM EN 16908

Abbildung 2: Systemgrenzen der Zementproduktion nach ÖNORM EN 16908 [7]

3.4 Abschätzungen und Annahmen

Zur Erstellung der Ökobilanz wurde der Ökobilanzrechner der floGeco GmbH (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01) verwendet. Abschätzungen und Annahmen bezüglich der Ökobilanzmodellierungen im verifizierten Rechner können im Projektbericht des floGeco-Rechentools [6] eingesehen werden. Die hier angesprochenen Abschätzungen und Annahmen beziehen sich auf die Datenerhebungen für die betrachteten Produkte der Alpacem Cement, d.d.

Bei einer Gegenüberstellung der jeweils angesetzten Wasserinputs (Prozesswasser) und -outputs (Abwasser) ergibt sich ein Überschuss an Wasserinput (Prozesswasser), welcher auf dem Werksgelände entsprechend versickert bzw. verdunstet.

Bezüglich Emissionen wurden von der Alpacem Cement, d.d. für zwei klassische Luftschadstoffe (Chlorwasserstoff HCl, Fluorwasserstoff HF) sowie für einige metallische Spurenelemente (Cadmium Cd, Thallium Tl, Antimon Sb, Arsen As, Blei Pb, Chrom Cr, Cobalt Co, Kupfer Cu, Mangan Mn, Nickel Ni, Vanadium V, Zinn Sn, Dioxine, Furane PCDD/Fs und Benzol) keine Werte angegeben, weil die Emissionswerte laut Auskunft des Herstellers unterhalb der Nachweisgrenze liegen ("emissions below detection limit") und deshalb keine Werte erfasst werden können. Aufgrund der Auskunft, dass die Werte für die Emissionen unterhalb der Nachweisgrenze liegen und aufgrund der Tatsache, dass diese Emissionswerte die Ökobilanzergebnisse nicht beeinflussen (Sensitivitätsanalyse wurde durchgeführt), werden diese Emissionswerte in der Bewertung mit Null angesetzt.

3.5 Abschneideregeln

Gemäß ÖNORM EN 15804:2022 [5] müssen für einen (Einheits-)Prozess die Abschneidekriterien von 1 % des erneuerbaren und des nicht erneuerbaren Einsatzes von Primärenergie und 1 % der Gesamtmasse dieses Einheitsprozesses eingehalten werden. Darüber hinaus darf die Gesamtsumme der vernachlässigten Input-Flüsse im Modul A1-A3 höchstens 5 % des Energie- und Masseinsatzes betragen.

Zur Erstellung der Ökobilanz wurde der Ökobilanzrechner der floGeco GmbH verwendet (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01). Im Ökobilanzrechner angewandte Abschneideregeln können im Projektbericht des floGeco-Rechentools [6] eingesehen werden. Die hier angesprochenen Abschneideregeln beziehen sich auf die Datenerhebungen Alpacem Cement, d.d.

Der Hersteller hat die Mengen aller eingesetzten Stoffe, die benötigten Energiemengen, die Produktionsaufwände sowie die anfallenden Transportprozesse erhoben und vorgelegt. Außerdem wurden entsprechende Messwerte für Emissionen angegeben. Geringe Mengen an Abfällen, die bei der Zementherstellung anfallen (z. B. Kleinmengen an Schmierstoffen oder Verpackungsmaterial – prinzipiell werden die Roh- und Brennstoffe unverpackt angeliefert) werden im Ökobilanzrechner nicht berücksichtigt, weil diese auch zum größten Teil in der Klinkerherstellung direkt thermisch verwertet werden.

Hilfsstoffe, deren Stoffströme einen Anteil von weniger als 1 % darstellen, wurden vernachlässigt. Dabei handelt es sich um Schmieröle, Schmierfette, etc. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse weniger als 5 % der Wirkungskategorien ausmacht.

3.6 Hintergrunddaten

Zur Erstellung der Ökobilanz wurde der Ökobilanzrechner der floGeco GmbH verwendet (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01). Im Ökobilanzrechner angewandte Hintergrunddaten können im Projektbericht des floGeco-Rechentools (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01) [6] eingesehen werden.

Für die Erstellung des Ökobilanzrechners wurde als Hintergrund-Datenbank ecoinvent v3.8 mit dem Systemmodell „cut-off by classification“ verwendet [16]. Da die mit dem Rechner deklarierten Zemente hauptsächlich von Mitgliedern der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) hergestellt werden, wurden, soweit möglich, österreichische Hintergrunddaten für den Ökobilanzrechner herangezogen. Ansonsten wurden europäische, globale oder z.T. auch schweizerische (aufgrund der geographischen Nähe oft repräsentativer als der europäische/ globale Durchschnitt) Datensätze verwendet (siehe Projektbericht Ökobilanzrechner floGeco GmbH - Anhang 1 - Tabelle 36 und Tabelle 37 [6]).

Für die Modellierung bzw. Bewertung der Produkte aus dem Werk Anhovo (Slowenien) wurden einzelne Datensätze entsprechend angepasst (d.h. zusätzlich zum Rechner angewandt), weil einzelne ecoinvent-Datensätze im Ökobilanzrechner rein repräsentativ für die österreichische Situation sind und für die Bewertung einer Produktion in Slowenien entsprechend anzupassen waren.

Außerdem wurde die Bewertung des angewandten Strommix mit den momentanen slowenischen ecoinvent-Datensätzen modelliert (siehe 3.7). Dies erfolgte mittels einer entsprechenden Anpassung des Strom-LCA-Rechners des Zement-LCA-Rechners.

Die Daten für die Produktion der betrachteten Produkte wurden über Datenerhebungen im Werk Anhovo erfasst. Die bereitgestellten Daten wurden vor der Eingabe in den Ökobilanzrechner auf Plausibilität geprüft. Die Vordergrunddaten stammen direkt vom Hersteller und sind deshalb entsprechend repräsentativ für die betrachteten Produkte.

3.7 Datenqualität

Für die Erstellung des Ökobilanzrechners wurden Datensätze aus ecoinvent v.3.8 mit dem Systemmodell „cut-off by classification“ verwendet [16]. Die im Ökobilanzrechner der floGeco GmbH (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01) angewandten Datensätze können im dazugehörigen Projektbericht in Anhang 1 - Tabelle 36 und Tabelle 37 eingesehen werden [6]. Die für die spezifische Bewertung des Zementwerks Anhovo (Slowenien) angepassten Datensätze sind im Projektbericht zu dieser EPD in Kapitel 3.6 dargestellt.

Die Daten für die Produktion der betrachteten Produkte wurden über Datenerhebungen im Werk erfasst. Eine Prüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität der Herstellerangaben erfolgte über mehrere Online-Meetings. Dabei wurden die Kriterien der Bau EPD GmbH für die Datenerhebung eingehalten. Die bereitgestellten Daten wurden vor der Eingabe in den Ökobilanzrechner auf Plausibilität geprüft.

Bei der Erhebung der Vordergrunddaten (Primärdaten) wurden folgende Qualitätsanforderungen berücksichtigt:

- Die Kriterien der Bau EPD GmbH für die Datenerhebung und die Abgrenzung der Stoff- und Energieströme werden eingehalten.
- Die verwendeten Daten entsprechen dem Jahresdurchschnitt des Bezugsjahres 2022.
- Alle wesentlichen Daten wie Energie- und Rohstoffbedarf sowie Transportwege innerhalb der Systemgrenze wurden vom Hersteller bereitgestellt.

Die Anforderungen an die Hintergrunddaten gemäß den Vorgaben der Bau EPD GmbH (MS-HB [4]) werden mit dem Ökobilanzrechner erfüllt. Die Hintergrund-Datenbank ecoinvent 3.8 [16] wurde im Jahr 2021 publiziert, beinhaltet jedoch einzelne Datensätze, deren Erhebungs- bzw. Bezugsjahr mehr als 10 Jahre (Anforderung ÖNORM EN 15804:2022 [5] bzw. Bau EPD GmbH) zurückliegt. Diese Datensätze wurden jedoch über die Jahre in den verschiedenen ecoinvent-Datenbank-Versionen unter Berücksichtigung notwendiger Anpassungen für Datenbank-Updates mitgeführt. In den Dokumentationen zur ecoinvent Datenbank v.3 („Übersicht und Methodik“ - https://ecoinvent.org/wp-content/uploads/2021/09/dataqualityguideline_ecoinvent_3_20130506.pdf, „Dokumentation der in der ecoinvent Datenbank v3.8 umgesetzten Änderungen“ - <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/data-releases/ecoinvent-3-8/>) können detaillierte Informationen über die Datenqualität der ecoinvent-Datensätze eingesehen werden.

Die Modellierung des angewandten Strommix erfolgt über eine (externe) Anpassung des im Zement-LCA-Rechner integrierten Strom-LCA-Rechners. Der Stromrechner ermöglicht die laut den Vorgaben der Bau EPD GmbH (MS-HB [4]) notwendige Berücksichtigung des tatsächlichen Produktmix des Stromlieferanten basierend auf der Stromkennzeichnung des eingesetzten Strommix. Im Strom-LCA-Rechner wird die Stromzusammensetzung mit repräsentativen Stromdatensätzen für die jeweiligen Herstellungstechnologien modelliert (Technologieansatz). Da der Großteil des Stroms in Slowenien produziert wird, wurden im angepassten Strom LCA-Rechner die slowenischen ecoinvent-Datensätze für die jeweiligen Technologien als repräsentativ angesetzt. Details zum angepassten Strom-LCA-Rechner können im Projektbericht dieser EPD eingesehen werden.

3.8 Betrachtungszeitraum

Die verwendeten Daten für die Herstellung der deklarierten Produkte entsprechen dem Jahresdurchschnitt des Produktionsjahres 2022.

3.9 Allokation

Die Regeln zur Allokation von Co-Produkten wurden bei der Erstellung des angewandten Zement-Ökobilanzrechners berücksichtigt. Im Ökobilanzrechner angewandte Allokationsansätze können im dazugehörigen Projektbericht [6] eingesehen werden.

Hochfenschlacke (Hüttensand), Flugaschen, REA-Gips und Silicastaub sind nach ÖNORM EN 15804:2022 [5] als handelbare Co-Produkte der Roheisenerzeugung, der Stromerzeugung in Kohlekraftwerken bzw. der Silicium-Herstellung einzustufen. Die Herstellungsprozesse dieser Co-Produkte sind nicht unabhängig von der Herstellung der jeweiligen Hauptprodukte (Stahl, Strom, Silicium) und können nicht von den Hauptprodukten getrennt werden. Daher ist ein Allokationsverfahren zu verwenden.

Bei der Allokation des Hochofenprozesses, der Prozesse in Kohlekraftwerken und der Prozesse in Silicium-Werken ist zu beachten, dass der Hauptzweck die Herstellung der jeweiligen Hauptprodukte (Stahl, Strom, Silicium) ist, nicht die Herstellung der Co-Produkte, was sich insbesondere an den erzielten Umsätzen zeigt. Der Unterschied zwischen dem durch die Hauptprodukte und die Co-Produkte generierten Betriebseinkommen ist als groß (> 25 %) einzustufen. Daher kommt nach ÖNORM EN 15804:2022 [5] für die Umweltlasten die ökonomische Allokation zur Anwendung.

3.10 Vergleichbarkeit

Grundsätzlich ist eine Gegenüberstellung oder die Bewertung von EPD-Daten nur möglich, wenn alle zu vergleichenden Datensätze nach ÖNORM EN 15804:2022 [5] erstellt wurden, die gleichen programmspezifischen PKR bzw. etwaige zusätzliche Regeln sowie die gleiche Hintergrunddatenbank verwendet wurden und darüber hinaus der Gebäudekontext bzw. produktspezifische Leistungsmerkmale berücksichtigt werden.

4 LCA: Szenarien und weitere technische Informationen

4.1 A1-A3 Herstellungsphase

Laut ÖNORM EN 15804 sind für die Module A1-A3 keine Angaben zu technischen Szenarien gefordert. Die Bilanzierung dieser Module liegt in der Verantwortung des Herstellers und darf vom Verwender der Ökobilanz nicht verändert werden.

Die Datensammlung für die Herstellungsphase erfolgte gemäß ISO 14044 Abschnitt 4.3.2. Entsprechend der Zieldefinition wurden in der Sachbilanz alle maßgeblichen Input- und Output-Ströme, die im Zusammenhang mit dem betrachteten Produkt auftreten, identifiziert und quantifiziert.

In einem ersten Schritt erfolgt mit Hilfe des angepassten Strom-LCA-Rechners die Modellierung des im Werk Anhovo angewandten Strommix. Im nächsten Schritt kann mit Hilfe des Ökobilanzrechners zunächst die Produktion von Portlandzementklinker bewertet werden. Im nachfolgenden Schritt kann die Ökobilanz für den betrachteten Zement basierend auf den vorher ermittelten Klinkerdaten erstellt werden.

Die im Ökobilanzrechner hinterlegten Sachbilanzen bzw. Input- und Outputflüsse basieren auf den Datensammlungen von Prof. Gerd Mauschitz vom Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften der TU Wien, der für die Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) jährlich eine Produktions-, Brennstoff-, Energie-, Rohstoff- und Emissionsstatistik basierend auf kontinuierlichen Datenlieferungen der Mitglieder der VÖZ erstellt [17]. Die im Ökobilanzrechner der floGeco GmbH (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01) angewandten LCA-Szenarien und -Ansätze können im dazugehörigen Projektbericht [6] eingesehen werden.

4.2 A4-A5 Errichtungsphase

Module nicht deklariert.

4.3 B1-B7 Nutzungsphase

Module nicht deklariert.

4.4 C1-C4 Entsorgungsphase

Module nicht deklariert.

4.5 D Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und Recyclingpotenzial

Modul nicht deklariert.

5 LCA: Ergebnisse

Die mit dem Ökobilanzrechner (verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01) berechenbaren Parameter bzw. Ökobilanzergebnisse entsprechen einer Bilanzierung nach ÖNORM EN 15804:2022 [5]. Es werden deshalb die ÖNORM EN 15804:2022 [5] angeführten Charakterisierungsfaktoren (Joint Research Center, EF 3.0) der Wirkungsabschätzung angewandt.

Es gilt anzumerken, dass die Wirkungsabschätzungsergebnisse nur relative Aussagen sind, die keine Aussagen über „Endpunkte“ der Wirkungskategorien, Überschreitung von Schwellenwerten, Sicherheitsmarken oder über Risiken enthalten.

Gemäß dem Verursacherprinzip nach ÖNORM EN 15804:2022 [5] bzw. CEN/TR 16970 sind die Emissionen aus der Verbrennung von Abfällen dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat. Der Ökobilanzrechner weist aus Transparenzgründen für das Treibhauspotenzial (GWP total) zusätzlich zum Nettowert (ohne die CO₂-Emissionen aus der Abfallverbrennung) auch einen Bruttowert (inkl. der Emissionen aus der Abfallverbrennung) aus.

5.1 Ergebnisse CEM I 42,5 N

Tabelle 33: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM I 42,5 N

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	678,318
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	657,775
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	20,006
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,050
ODP	kg CFC-11 äquiv	3,08E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	2,571
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,097
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,623
EP-Land	mol N äquiv	7,481
POCP	kg NMVOC äquiv	1,700
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,45E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	2400,442
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	12,537
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 855,196 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 780,828 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 73,832 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 34: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM I 42,5 N

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	7,80E-06
IRP	kBq U235 äquiv	10,139
ETP-fw	CTUe	4398,342
HTP-c	CTUh	5,85E-08
HTP-nc	CTUh	4,66E-06
SQP	Punkte	528,288
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 35: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM I 42,5 N

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	87,849
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	87,849
PENRE	MJ H _u	2400,489
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	2400,489
SM	kg	75,146
RSF	MJ H _u	772,317
NRSF	MJ H _u	1747,176
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 36: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM I 42,5 N

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,789E-03
NHWD	kg	4,566
RWD	kg	2,691E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 37: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM I 42,5 N

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.2 Ergebnisse CEM I 42,5 N SR 0

Tabelle 38: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	722,472
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	700,788
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	21,118
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,053
ODP	kg CFC-11 äquiv	3,29E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	2,726
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,102
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,663
EP-Land	mol N äquiv	7,960
POCP	kg NMVOC äquiv	1,807
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,48E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	2534,643
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	12,640
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 911,325 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 832,172 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 78,588 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 39: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	8,25E-06
IRP	kBq U235 äquiv	10,691
ETP-fw	CTUe	4552,236
HTP-c	CTUh	6,19E-08
HTP-nc	CTUh	4,96E-06
SQP	Punkte	558,779
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 40: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	92,023
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	92,023
PENRE	MJ H _u	2534,695
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	2534,695
SM	kg	70,296
RSF	MJ H _u	824,604
NRSF	MJ H _u	1865,463
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 41: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,888E-03
NHWD	kg	4,698
RWD	kg	2,864E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 42: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.3 Ergebnisse CEM I 52,5 R

Tabelle 43: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM I 52,5 R

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	693,701
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	669,076
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	23,991
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,052
ODP	kg CFC-11 äquiv	3,09E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	2,795
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,116
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,636
EP-Land	mol N äquiv	7,602
POCP	kg NMVOC äquiv	1,740
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,69E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	2514,551
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	13,789
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 870,650 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 792,177 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 77,838 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 44: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM I 52,5 R

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	8,06E-06
IRP	kBq U235 äquiv	10,505
ETP-fw	CTUe	4382,982
HTP-c	CTUh	5,92E-08
HTP-nc	CTUh	4,71E-06
SQP	Punkte	555,463
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 45: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM I 52,5 R

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	103,898
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	103,898
PENRE	MJ H _u	2514,594
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	2514,594
SM	kg	89,933
RSF	MJ H _u	772,625
NRSF	MJ H _u	1747,872
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 46: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM I 52,5 R

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,888E-03
NHWD	kg	5,076
RWD	kg	2,707E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 47: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM I 52,5 R

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.4 Ergebnisse CEM II/A-LL 42,5 R

Tabelle 48: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	581,311
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	560,517
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	20,258
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,044
ODP	kg CFC-11 äquiv	2,58E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	2,353
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,098
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,533
EP-Land	mol N äquiv	6,378
POCP	kg NMVOC äquiv	1,460
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,45E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	2140,282
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	12,351
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 728,336 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 662,802 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 64,999kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 49: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	6,88E-06
IRP	kBq U235 äquiv	8,815
ETP-fw	CTUe	4019,193
HTP-c	CTUh	4,99E-08
HTP-nc	CTUh	3,94E-06
SQP	Punkte	472,205
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 50: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	87,960
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	87,960
PENRE	MJ H _u	2140,318
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	2140,318
SM	kg	69,103
RSF	MJ H _u	641,966
NRSF	MJ H _u	1452,290
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 51: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,602E-03
NHWD	kg	4,771
RWD	kg	2,269E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 52: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.5 Ergebnisse CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Tabelle 53: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	587,577
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	566,724
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	20,312
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,048
ODP	kg CFC-11 äquiv	2,58E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	2,384
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,099
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,546
EP-Land	mol N äquiv	6,505
POCP	kg NMVOC äquiv	1,493
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,52E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	2164,358
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	13,267
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 734,925 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 669,232 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 65,151 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 54: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	7,06E-06
IRP	kBq U235 äquiv	9,320
ETP-fw	CTUe	3850,282
HTP-c	CTUh	5,17E-08
HTP-nc	CTUh	4,04E-06
SQP	Punkte	494,200
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 55: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	92,750
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	92,750
PENRE	MJ H _u	2164,391
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	2164,391
SM	kg	171,970
RSF	MJ H _u	643,376
NRSF	MJ H _u	1455,479
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 56: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,773E-03
NHWD	kg	4,975
RWD	kg	2,283E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 57: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.6 Ergebnisse CEM II/B-LL 32,5 R

Tabelle 58: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	480,131
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	462,888
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	16,797
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,037
ODP	kg CFC-11 äquiv	2,12E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	1,959
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,081
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,446
EP-Land	mol N äquiv	5,332
POCP	kg NMVOC äquiv	1,221
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,12E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	1757,448
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	11,149
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 601,273 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 547,166 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 53,662 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 59: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	5,79E-06
IRP	kBq U235 äquiv	7,410
ETP-fw	CTUe	3634,504
HTP-c	CTUh	4,17E-08
HTP-nc	CTUh	3,28E-06
SQP	Punkte	399,857
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 60: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	74,281
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	74,281
PENRE	MJ H _u	1757,478
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	1757,478
SM	kg	104,151
RSF	MJ H _u	528,955
NRSF	MJ H _u	1196,630
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 61: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,397E-03
NHWD	kg	4,020
RWD	kg	1,869E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 62: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.7 Ergebnisse CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Tabelle 63: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	530,458
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	512,491
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	17,506
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,044
ODP	kg CFC-11 äquiv	2,32E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	2,086
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,085
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,480
EP-Land	mol N äquiv	5,721
POCP	kg NMVOC äquiv	1,315
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,06E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	2093,984
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	11,368
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 658,970 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 601,896 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 56,613 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 64: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	6,54E-06
IRP	kBq U235 äquiv	7,853
ETP-fw	CTUe	3595,082
HTP-c	CTUh	4,52E-08
HTP-nc	CTUh	3,53E-06
SQP	Punkte	445,421
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 65: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	77,152
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	77,152
PENRE	MJ H _u	2094,020
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	2094,020
SM	kg	87,111
RSF	MJ H _u	561,130
NRSF	MJ H _u	1269,418
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 66: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,533E-03
NHWD	kg	6,332
RWD	kg	2,061E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 67: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.8 Ergebnisse CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Tabelle 68: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	465,294
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	448,678
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	16,179
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,046
ODP	kg CFC-11 äquiv	1,96E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	1,911
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,081
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,438
EP-Land	mol N äquiv	5,185
POCP	kg NMVOC äquiv	1,201
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,43E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	1847,432
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	12,911
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 574,714 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 524,801 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 49,477 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 69: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	6,09E-06
IRP	kBq U235 äquiv	8,043
ETP-fw	CTUe	3041,559
HTP-c	CTUh	4,36E-08
HTP-nc	CTUh	3,25E-06
SQP	Punkte	438,517
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 70: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	82,157
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	82,157
PENRE	MJ H _u	1847,450
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	1847,450
SM	kg	297,461
RSF	MJ H _u	477,769
NRSF	MJ H _u	1080,833
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 71: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,723E-03
NHWD	kg	6,106
RWD	kg	1,787E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 72: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.9 Ergebnisse CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Tabelle 73: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	350,820
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	328,151
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	22,081
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,052
ODP	kg CFC-11 äquiv	1,17E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	1,979
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,112
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,360
EP-Land	mol N äquiv	4,073
POCP	kg NMVOC äquiv	1,002
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,90E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	1702,021
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	18,571
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 412,339 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 370,949 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 40,801 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 74: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	5,91E-06
IRP	kBq U235 äquiv	8,398
ETP-fw	CTUe	1793,069
HTP-c	CTUh	3,93E-08
HTP-nc	CTUh	2,54E-06
SQP	Punkte	462,595
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 75: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	122,651
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	122,651
PENRE	MJ H _u	1702,003
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	1702,003
SM	kg	693,821
RSF	MJ H _u	268,613
NRSF	MJ H _u	607,671
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 76: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	2,279E-03
NHWD	kg	7,460
RWD	kg	1,178E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 77: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

5.10 Ergebnisse MC 5

Tabelle 78: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement MC 5

Kernindikatoren für die Umweltwirkungen		
Parameter	Einheit	A1-A3
GWP-gesamt	kg CO ₂ äquiv	315,839
GWP-fossil	kg CO ₂ äquiv	293,106
GWP-biogen	kg CO ₂ äquiv	22,168
GWP-luluc	kg CO ₂ äquiv	0,027
ODP	kg CFC-11 äquiv	1,33E-05
AP	mol H ⁺ äquiv	1,835
EP-Süßwasser	kg PO ₄ ³⁻ äquiv	0,106
EP-Salzwasser	kg N äquiv	0,298
EP-Land	mol N äquiv	3,463
POCP	kg NMVOC äquiv	0,837
ADP-Mineralien und Metalle	kg Sb äquiv	1,33E-04
ADP-fossile Energieträger	MJ H _u	1429,817
WDP	m3 Welt äquiv entzogen	11,999
Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; luluc = Landnutzung und Landnutzungsänderung; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADP = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen; WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)	
Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h., einschließlich CO ₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 381,414 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-total), 338,726 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-fossil), 42,123 kg CO ₂ äquiv / t (GWP-biogen).		

Tabelle 79: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement MC 5

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren		
Parameter	Einheit	A1-A3
PM	Auftreten von Krankheiten	4,86E-06
IRP	kBq U235 äquiv	5,391
ETP-fw	CTUe	3188,889
HTP-c	CTUh	2,87E-08
HTP-nc	CTUh	1,99E-06
SQP	Punkte	356,291
Legende	PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme - Süßwasser; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung; HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung; SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex	

Tabelle 80: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement MC 5

Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes		
Parameter	Einheit	A1-A3
PERE	MJ H _u	91,848
PERM	MJ H _u	0,000
PERT	MJ H _u	91,848
PENRE	MJ H _u	1429,829
PENRM	MJ H _u	0,000
PENRT	MJ H _u	1429,829
SM	kg	39,767
RSF	MJ H _u	286,327
NRSF	MJ H _u	647,744
FW	m ³	*ND
Legende	PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärbrennstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen	
*ND: Indicator Not Declared: die ecoinvent-Datensätze lassen keine vollständige Erfassung des Einsatzes von Süßwasserressourcen zu		

Tabelle 81: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement MC 5

Abfallkategorien und Outputflüsse		
Parameter	Einheit	A1-A3
HWD	kg	1,322E-03
NHWD	kg	7,751
RWD	kg	1,180E-02
CRU	kg	0,000
MFR	kg	0,000
MER	kg	0,000
EEE	MJ	0,000
EET	MJ	0,000
Legende	HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie elektrisch; EET = Exportierte Energie thermisch	

Tabelle 82: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement MC 5

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor		
Parameter	Einheit	A1-A3
C-Gehalt-Produkt	kg C	0,000
C-Gehalt-Verpackung	kg C	0,000
Legende	C-Gehalt-Produkt = biogener Kohlenstoffgehalt im Produkt; C-Gehalt-Verpackung = biogener Kohlenstoffgehalt in der zugehörigen Verpackung	

Tabelle 83 zeigt die Einschränkungshinweise hinsichtlich der Deklaration maßgebender Kern- und zusätzlicher Umweltwirkungsindikatoren, die in den jeweiligen Projektberichten und EPD-Dokumenten platziert werden müssen.

Tabelle 83: Klassifizierung von Einschränkungshinweisen zur Deklaration von Kern- und zusätzlichen Umweltindikatoren

ILCD-Klassifizierung	Indikator	Einschränkungshinweis
ILCD-Typ 1	Treibhauspotenzial (GWP, en: Global Warming Potential)	keine
	Potenzial des Abbaus der stratosphärischen Ozonschicht, (ODP, en: Ozone Depletion Potential)	keine
	potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen (PM, en: Particulate Matter)	keine
ILCD-Typ 2	Versauerungspotenzial, kumulierte Überschreitung (AP, en: Acidification Potential)	keine
	Eutrophierungspotenzial, in das Süßwasser gelangende Nährstoffanteile (EP-Süßwasser)	keine
	Eutrophierungspotenzial, in das Salzwasser gelangende Nährstoffanteile (EP-Salzwasser)	keine
	Eutrophierungspotenzial, kumulierte Überschreitung (EP-Land)	keine
	troposphärisches Ozonbildungspotential (POCP, en: Photochemical Ozone Creation Potential)	keine
	potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235 (IRP, en: Ionizing Radiation Potential)	1
ILCD-Typ 3	Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen für nicht fossile Ressourcen (ADP-Mineralien und Metalle)	2
	Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen für fossile Ressourcen (ADP-fossil)	2
	Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer), entzugsgewichteter Wasserverbrauch (WDP, en: Water Deprivation Potential)	2
	potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme (ETP-fw)	2
	potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (HTP-c)	2
	potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (HTP-nc)	2
	potenzieller Bodenqualitätsindex (SQP, en: Soil Quality Index)	2
Einschränkungshinweis 1 — Diese Wirkungskategorie behandelt hauptsächlich die mögliche Wirkung einer ionisierenden Strahlung geringer Dosis auf die menschliche Gesundheit im Kernbrennstoffkreislauf. Sie berücksichtigt weder Auswirkungen, die auf mögliche nukleare Unfälle und berufsbedingte Exposition zurückzuführen sind, noch auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle in unterirdischen Anlagen. Die potenzielle vom Boden, von Radon und von einigen Baustoffen ausgehende ionisierende Strahlung wird ebenfalls nicht von diesem Indikator gemessen.		
Einschränkungshinweis 2 — Die Ergebnisse dieses Umweltwirkungsindikators müssen mit Bedacht angewendet werden, da die Unsicherheiten bei diesen Ergebnissen hoch sind oder da es mit dem Indikator nur begrenzte Erfahrungen gibt.		

6 LCA: Interpretation

Es gilt anzumerken, dass die Wirkungsabschätzungsergebnisse nur relative Aussagen sind, die keine Aussagen über „Endpunkte“ der Wirkungskategorien, Überschreitung von Schwellenwerten, Sicherheitsmarken oder über Risiken enthalten.

Alle wesentlichen Daten wie Energie- und Rohstoffbedarf sowie Transportwege innerhalb der Systemgrenze wurden vom Hersteller zur Erstellung der Ökobilanz bereitgestellt. Die Anforderungen an die Hintergrunddaten gemäß den Vorgaben der Bau EPD GmbH (MS-HB [2]) werden erfüllt. Die Qualität der angewandten Daten ermöglicht deshalb die Erstellung von plausiblen und aussagekräftigen Ökobilanz-Ergebnissen.

Abbildung 3 zeigt die Dominanzanalyse für die Klinkerherstellung der Alpacem Cement, d.d. im Referenzjahr 2022.

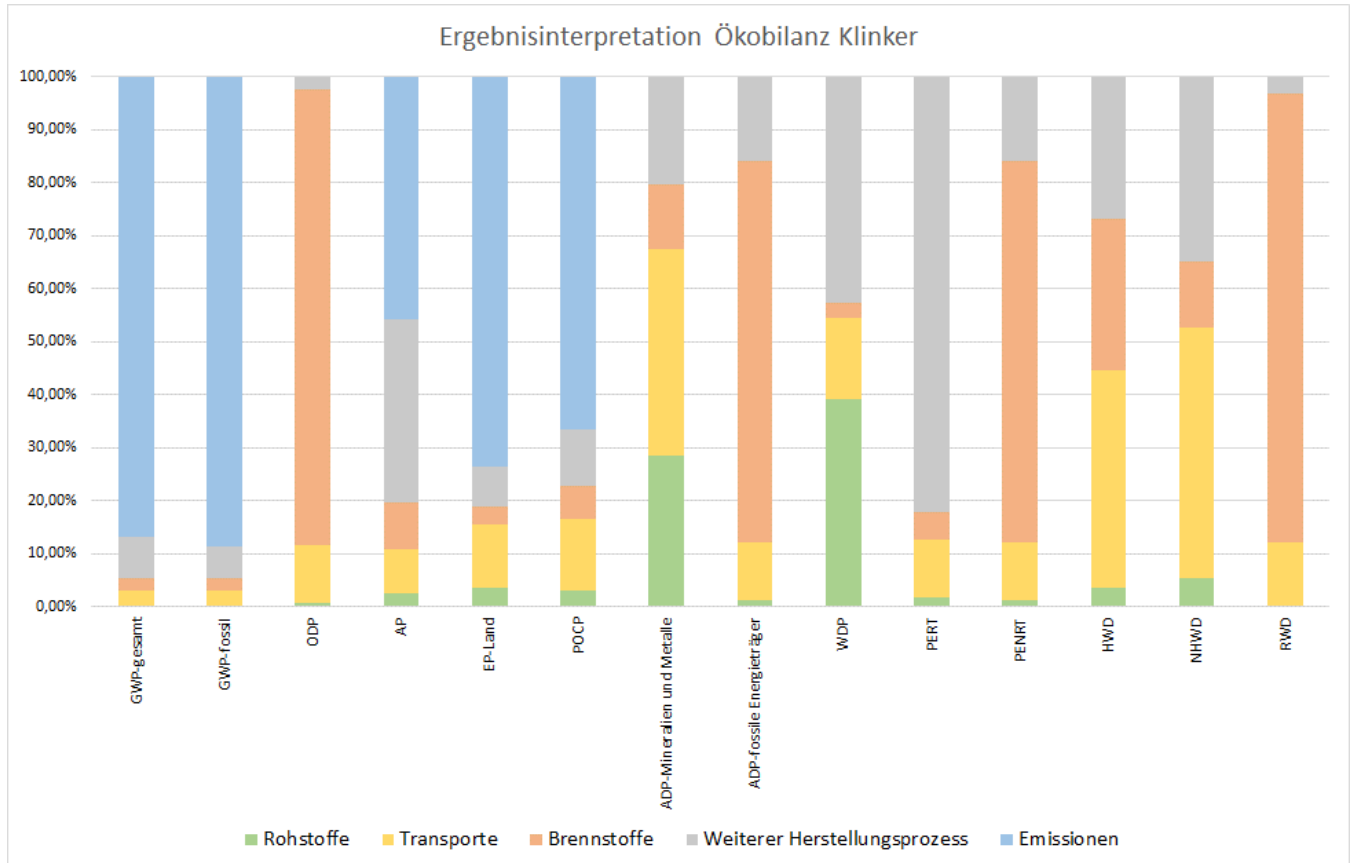


Abbildung 3: Dominanzanalyse Klinkerherstellung Alpacem Cement, d.d.

Abbildung 4 bis Abbildung 13 zeigen die Dominanzanalysen für die Herstellung der deklarierten Produkte.

Abbildung 4 bis Abbildung 13 zeigen den großen Einfluss der Rohstoffherstellung auf die Gesamtergebnisse der Herstellung der deklarierten Produkte. Für diesen großen Einfluss ist hauptsächlich der in den Zementen implementierte Klinker verantwortlich. Für vier Indikatoren (GWP, AP, EP-Land, POCP) sind hier die entsprechenden Emissionen (z.B. CO₂ für GWP) aus der Klinkerherstellung hauptverantwortlich für die Belastungen (Abbildung 3). Bei allen anderen Indikatoren haben die Herstellungsprozesse, die Herstellung der Brenn- und Rohstoffe sowie die Transporte einen entsprechenden Einfluss auf die Belastungen aus der Klinkerproduktion (Abbildung 3).

Die CO₂-Emissionen aus der Abfallmitverbrennung in der Klinkerproduktion von gesamt ca. 196 kg CO₂ äquiv pro Tonne unterstreichen das Potential der Wiederverwertung von Abfällen in der Zementherstellung und den damit vermeidbaren Verbrauch an primären fossilen Energieträgern.

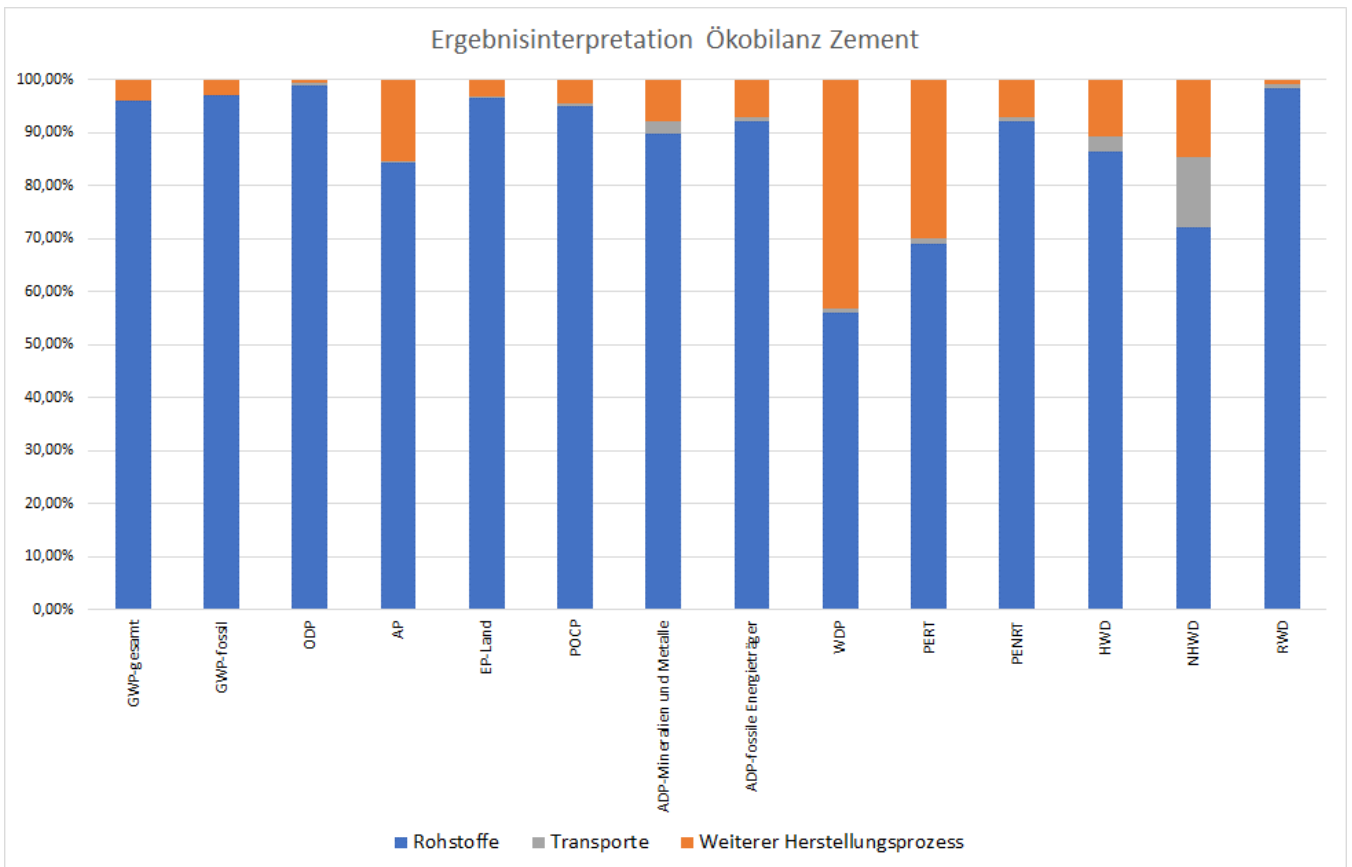


Abbildung 4: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM I 42,5 N

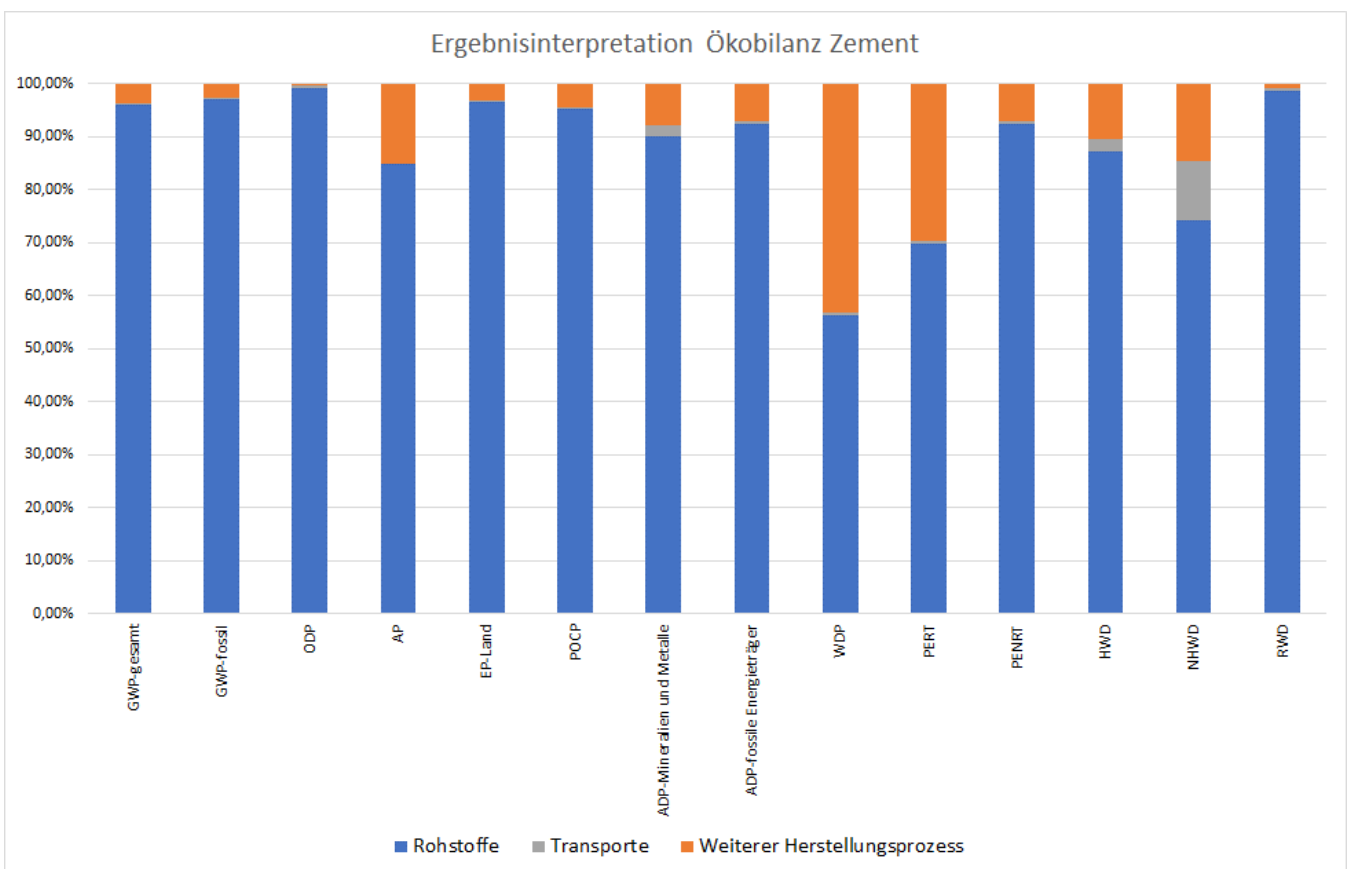


Abbildung 5: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM I 42,5 N SR 0

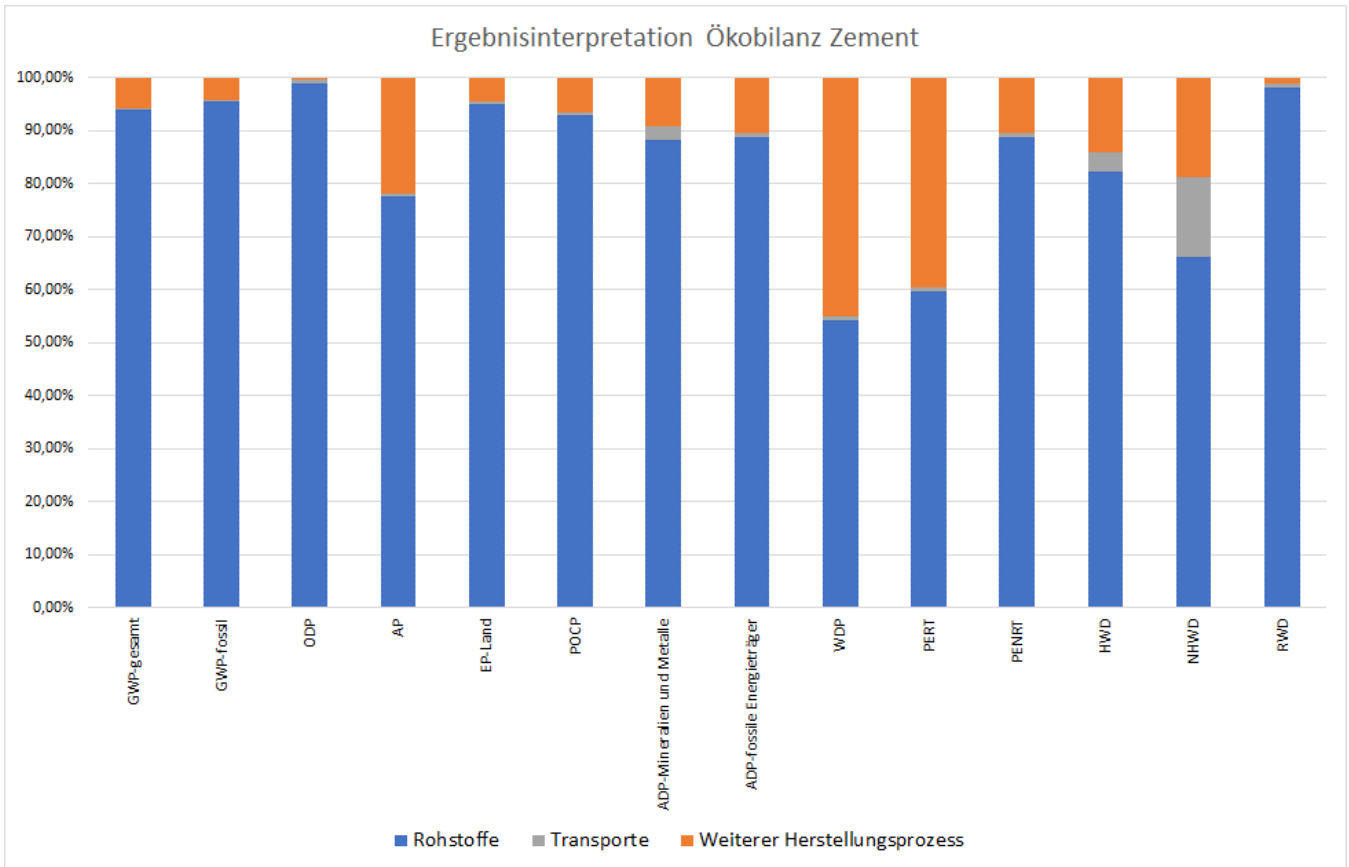


Abbildung 6: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM I 52,5 R

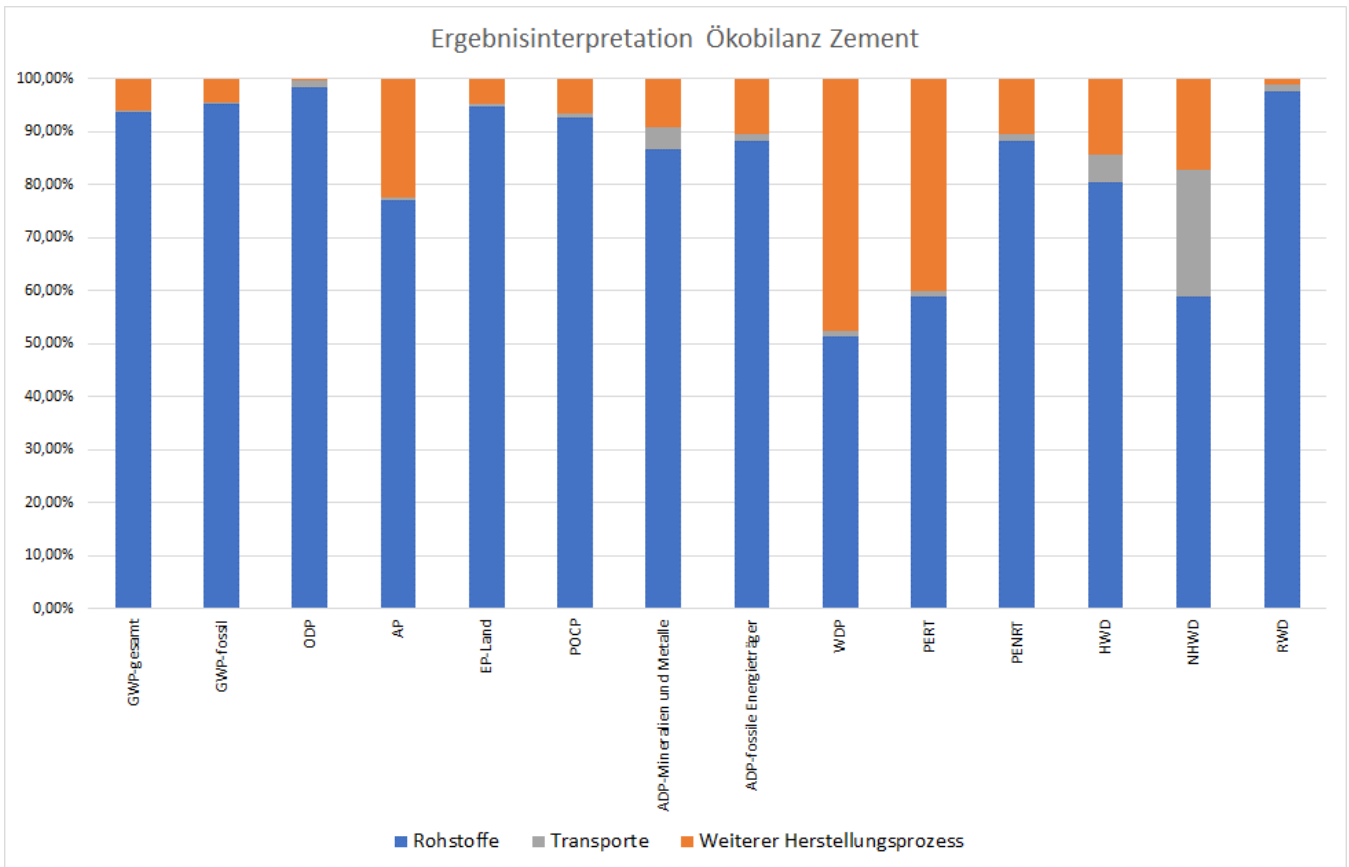


Abbildung 7: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM II/A-LL 42,5 R

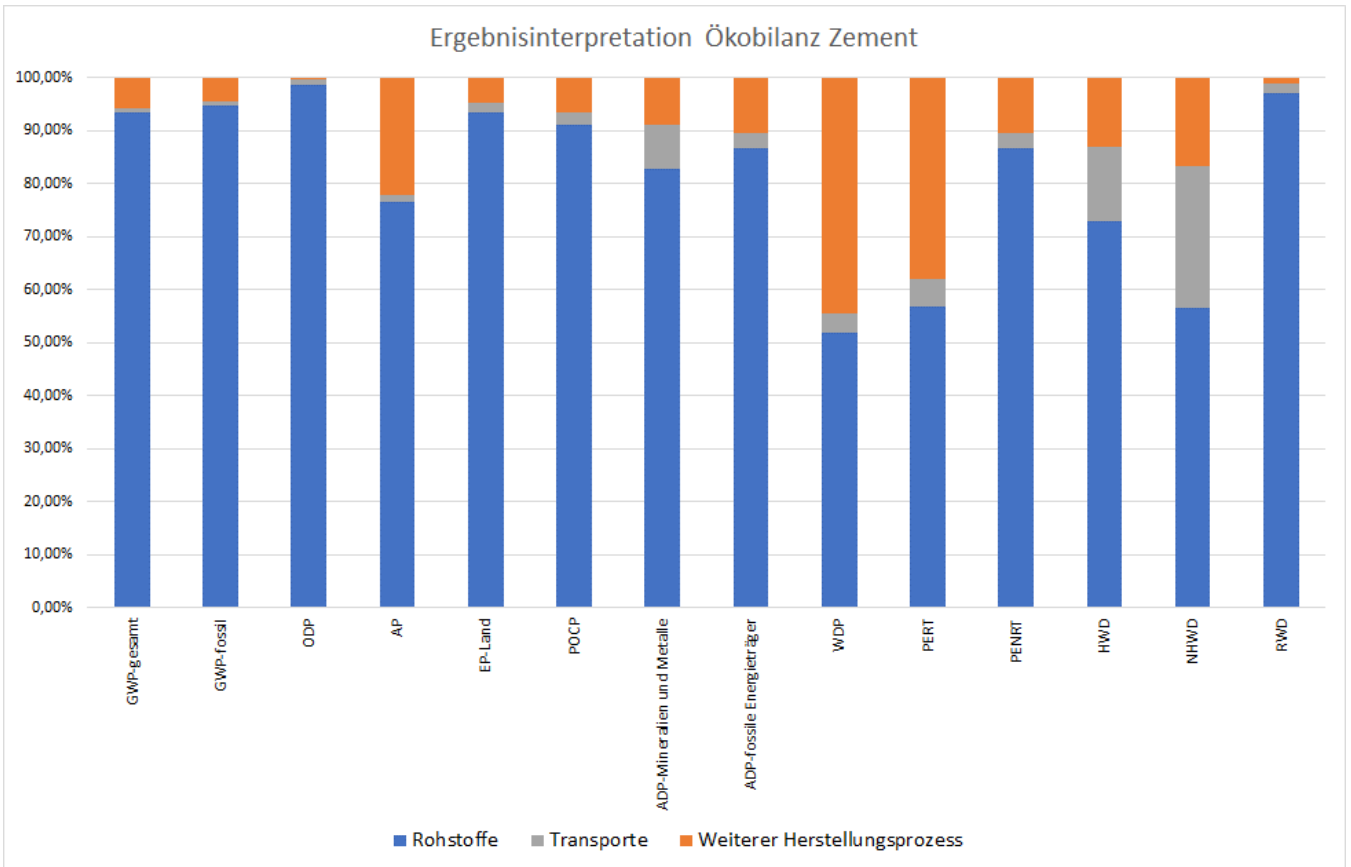


Abbildung 8: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R

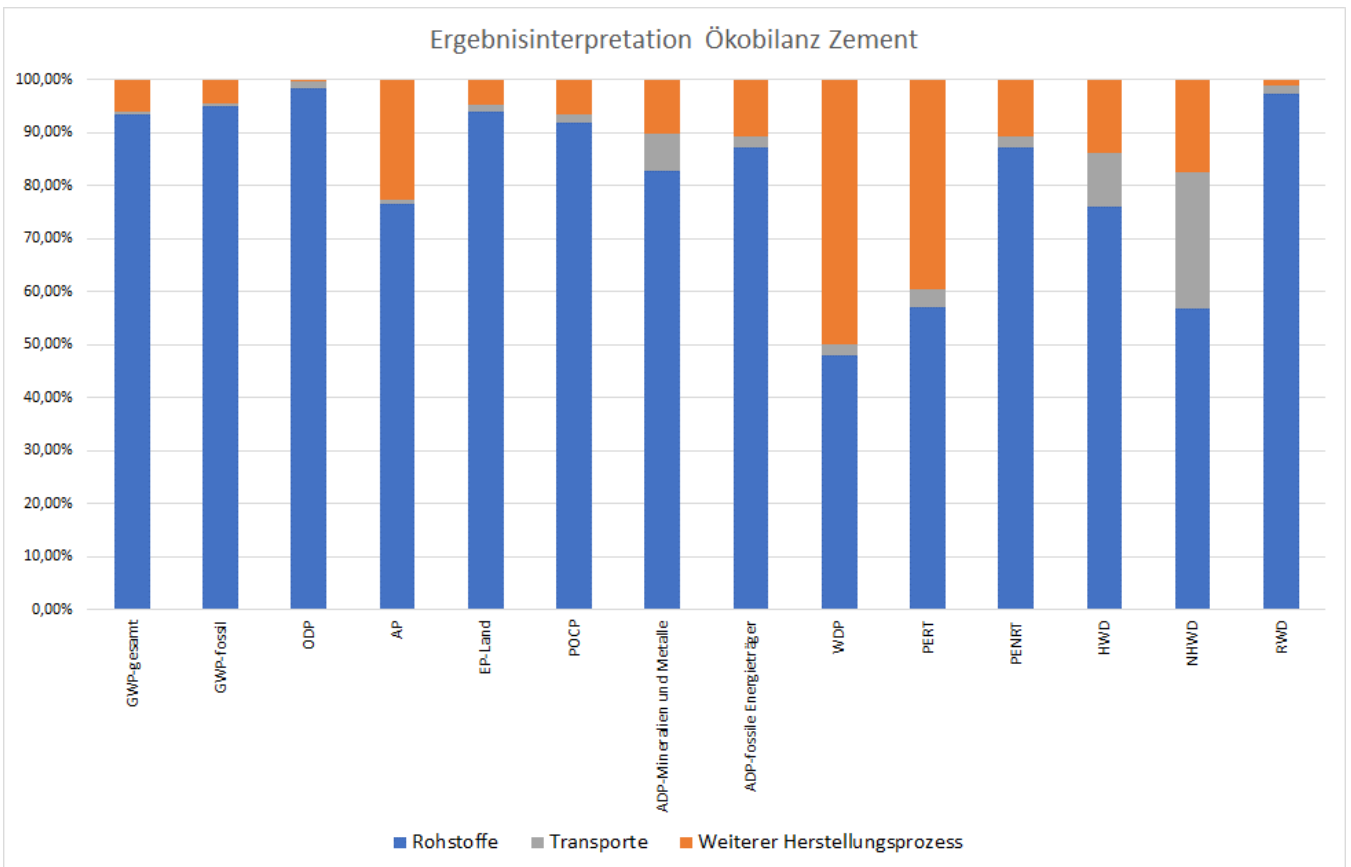


Abbildung 9: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM II/B-LL 32,5 R

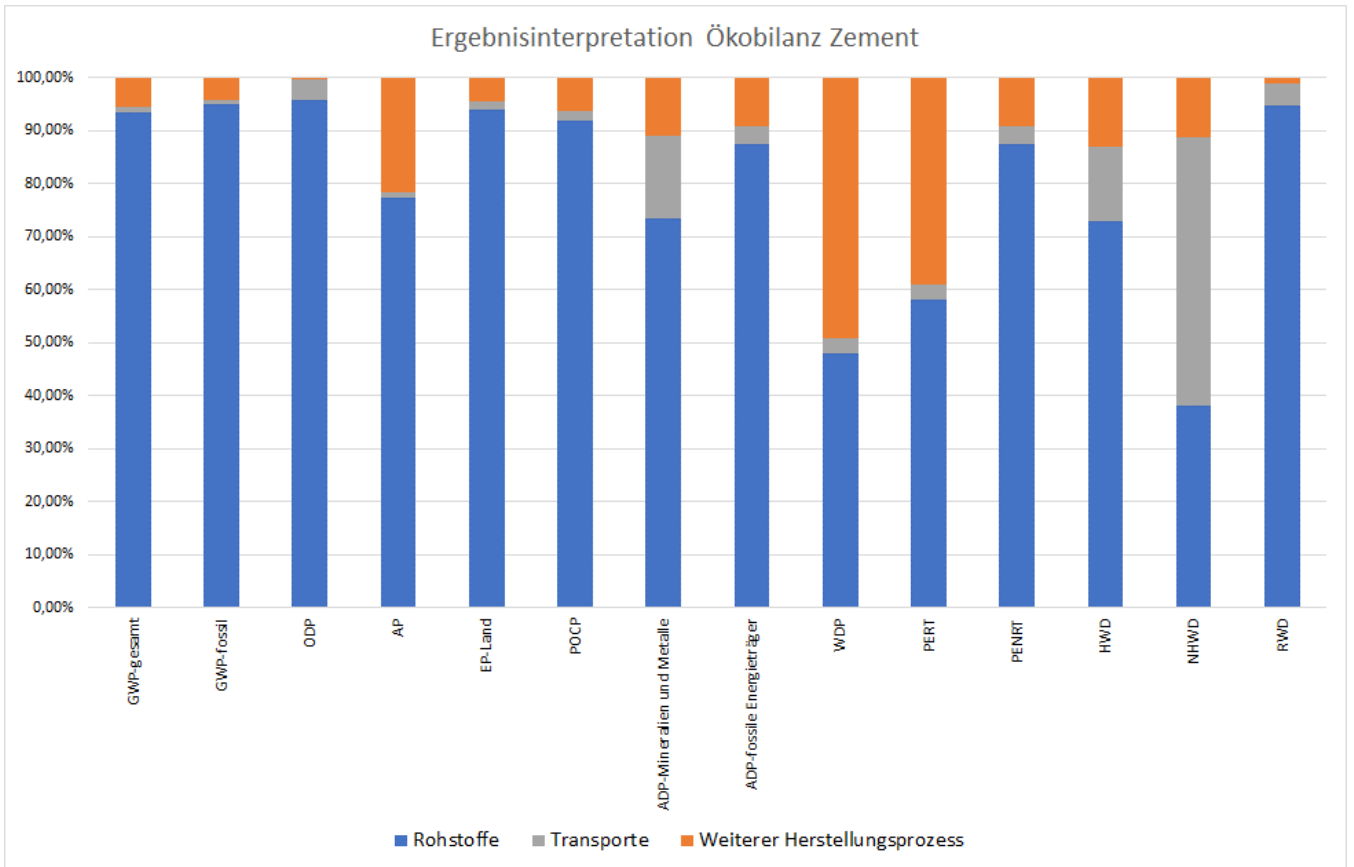


Abbildung 10: Dominanzanalyse Herstellung CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N

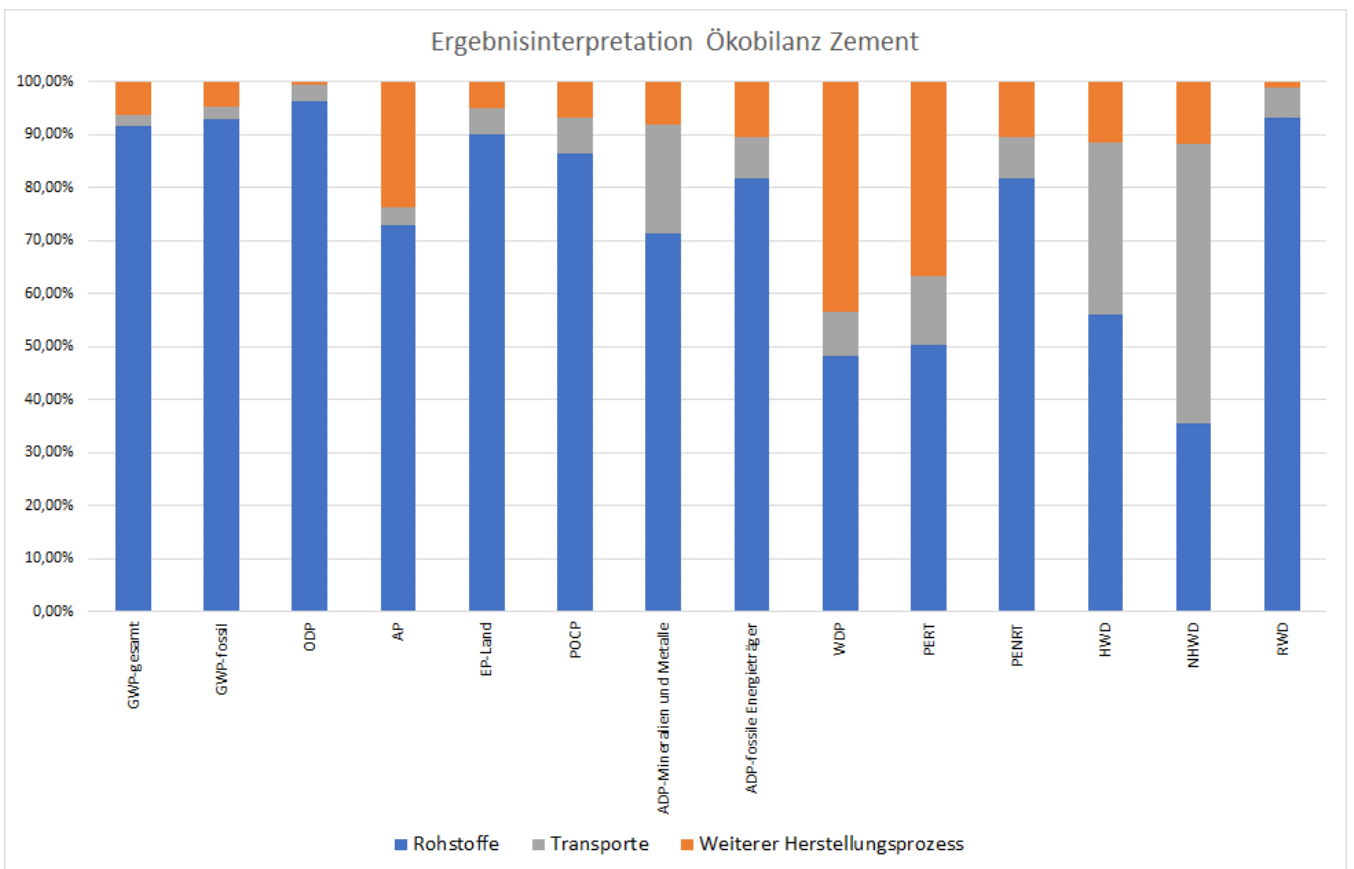


Abbildung 11: Dominanzanalyse Herstellung CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N

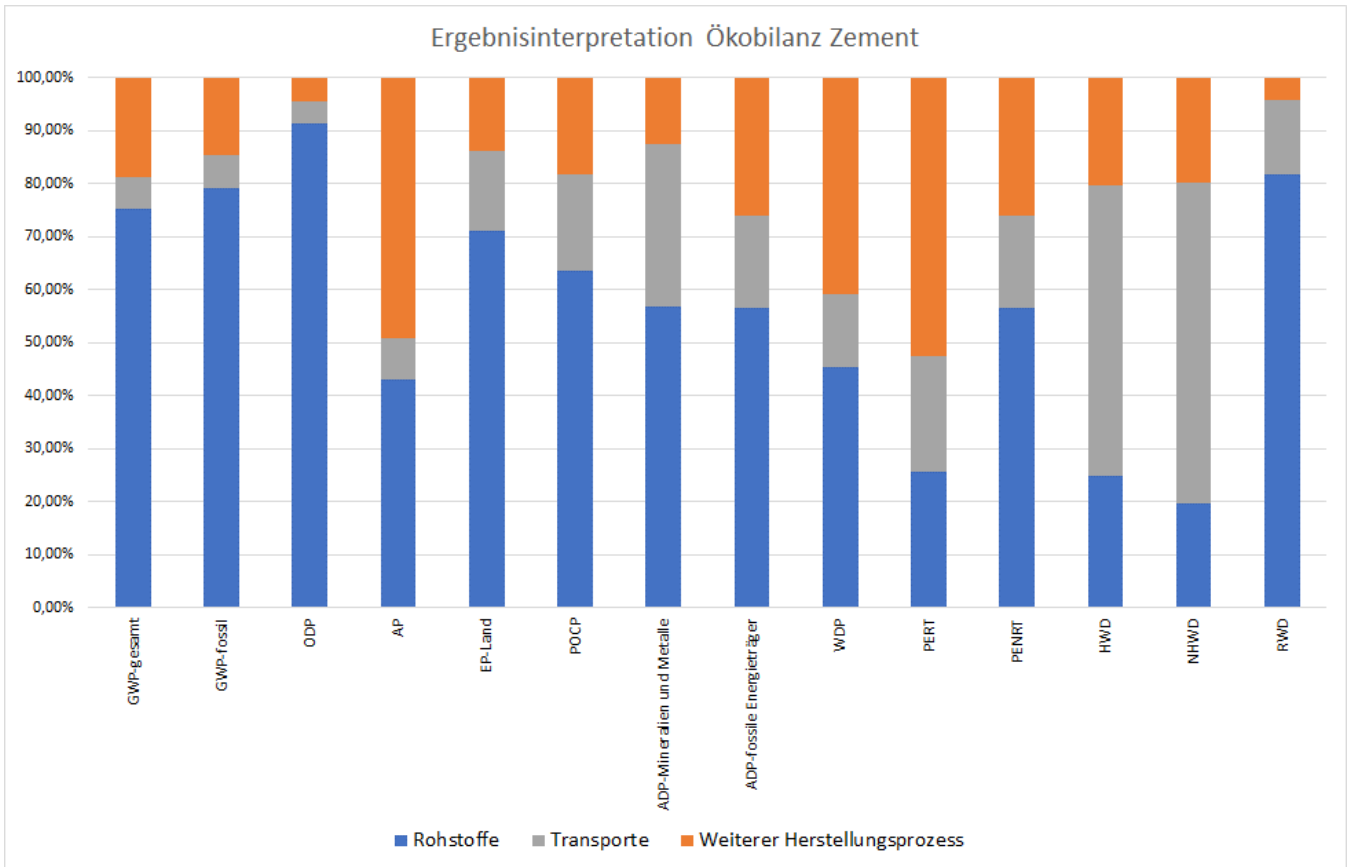


Abbildung 12: Dominanzanalyse Herstellung CEM III/B 32,5 N - LH/SR

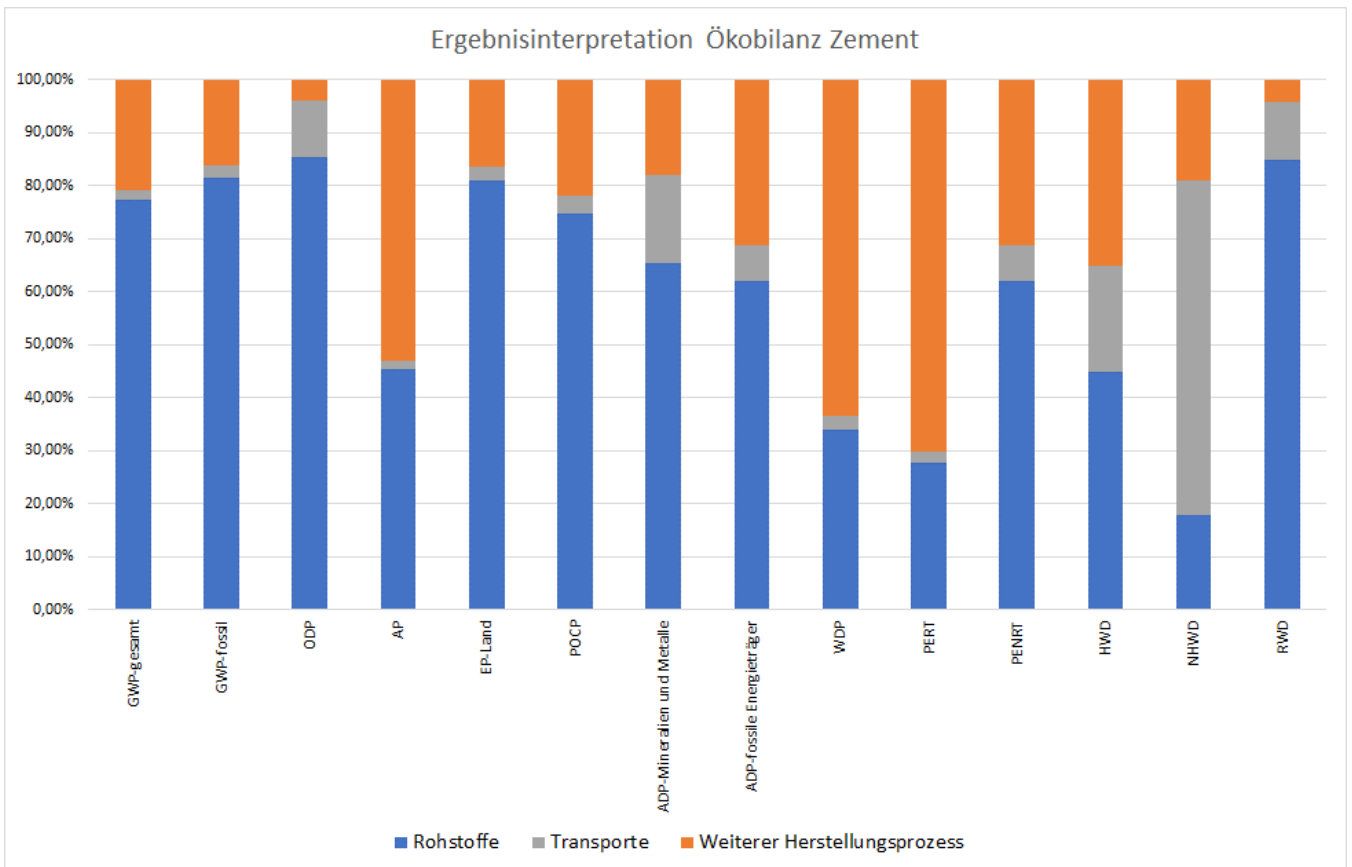


Abbildung 13: Dominanzanalyse Herstellung MC 5

7 Literaturhinweise

- [1] SIST EN 197-1:2011. Cement - 1. del: Sestava, zahteve in merila skladnosti za običajne cemente/ Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [2] SIST EN 197-5:2021. Cement - 5. del: Portlandski mešani cement CEM II/C-M in Mešani cement CEM VI/ Cement - Part 5: Portland-composite cement CEM II/C-M and Composite cement CEM VI. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [3] SIST EN 197-2:2020. Cement - 2. del: Ocenjevanje in preverjanje nespremenljivosti lastnosti/ Cement - Part 2: Assessment and verification of constancy of performance. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [4] *Bau EPD GmbH*: Managementsystem-Handbuch (EPD-MS-HB) des EPD-Programms, Stand 27.01.2023. Bau EPD Österreich, Wien, 2023.
- [5] ÖNORM EN 15804:2022. Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Austrian Standard Institute, Wien.
- [6] *floGeco GmbH*: Projektbericht - Ökobilanzrechner für Zemente - verifizierte Rechnerversion: 230626_floGeco-EPD-Rechner_v01. Bau EPD GmbH, Wien, 2023.
- [7] ÖNORM EN 16908:2022. Zement und Baukalk - Umweltproduktdeklarationen - Produktkategorieregeln in Ergänzung zu EN 15804. Austrian Standard Institute, Wien.
- [8] SIST EN 206:2021. Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost/ Concrete - Specification, performance, production and conformity. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [9] SIST EN 13813:2003. Estrihi - Materiali za estrihe - Lastnosti in zahteve/ Screed material and floor screeds - Screed material - Properties and requirements. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [10] SIST EN 998-1:2017. Specifikacija za malte za zidanje - 1. del: Zunanji in notranji omet/ Specification for mortar for masonry - Part 1: Rendering and plastering mortar. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [11] SIST EN 998-2:2017. Specifikacija za malte za zidanje - 2. del: Malta za zidanje/ Specification for mortar for masonry - Part 2: Masonry mortar. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [12] REG2-0004-04-ZGPro1-3532:2022. Certifikat o skladnosti - portlandski mesani cement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N - SALONIT ANHOVO, d.d. Zavod za Gradbeništvo Slovenije ZAG/ Slovenian National Building And Civil Engineering Institute, Ljubljana.
- [13] ÖNORM EN ISO 14025:2010. Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren. Austrian Standard Institute, Wien.
- [14] SIST EN ISO 9001:2015. Sistemi vodenja kakovosti - Zahteve/ Quality management systems - Requirements. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana.
- [15] *Europäische Kommission*: Europäische Abfallartenkatalog (EAK). Europäische Kommission, Brüssel, 2021.
- [16] *ecoinvent Association*: ecoinvent Datenbank 3.8 – Systemmodell „Cut-Off by Classification“, <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/> [Zugriff am: 10.11.2022].
- [17] *Mauschitz, G.*: Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie - Berichtsjahr 2017 bzw. 2011. Technische Universität Wien, Wien, 2018 bzw. 2013.

8 Verzeichnisse und Glossar

8.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Zementherstellungsprozesses der Alpacem Cement, d.d. vom Steinbruch bis zum Versand ..	13
Abbildung 2: Systemgrenzen der Zementproduktion nach ÖNORM EN 16908 [7]	18
Abbildung 7: Dominanzanalyse Klinkerherstellung Alpacem Cement, d.d.	44
Abbildung 8: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM I 42,5 N.....	45
Abbildung 9: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM I 42,5 N SR 0.....	45
Abbildung 10: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM I 52,5 R.....	46
Abbildung 11: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM II/A-LL 42,5 R.....	46
Abbildung 12: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R.....	47
Abbildung 13: Dominanzanalyse Zementherstellung CEM II/B-LL 32,5 R.....	47
Abbildung 14: Dominanzanalyse Herstellung CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	48
Abbildung 15: Dominanzanalyse Herstellung CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N.....	48
Abbildung 16: Dominanzanalyse Herstellung CEM III/B 32,5 N - LH/SR	49
Abbildung 17: Dominanzanalyse Herstellung MC 5.....	49

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produktrelevante Normen und Regelwerke	7
Tabelle 2: Technische Daten CEM I 42,5 N	7
Tabelle 3: Technische Daten CEM I 42,5 N SR 0.....	8
Tabelle 4: Technische Daten CEM I 52,5 R.....	8
Tabelle 5: Technische Daten CEM II/A-LL 42,5 R	8
Tabelle 6: Technische Daten CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R.....	8
Tabelle 7: Technische Daten CEM II/B-LL 32,5 R.....	8
Tabelle 8: Technische Daten CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	8
Tabelle 9: Technische Daten CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N	8
Tabelle 10: Technische Daten CEM III/B 32,5 N - LH/SR.....	8
Tabelle 11: Technische Daten MC 5.....	8
Tabelle 12: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM I 42,5 N.....	9
Tabelle 13: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM I 42,5 N SR 0	9
Tabelle 14: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM I 52,5 R	9
Tabelle 15: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/A-LL 42,5 R.....	10
Tabelle 16: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R	11
Tabelle 17: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/B-LL 32,5 R.....	11
Tabelle 18: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	11
Tabelle 19: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N.....	12
Tabelle 20: Grundstoffe / Hilfsstoffe CEM III/B 32,5 N - LH/SR	12
Tabelle 21: Grundstoffe / Hilfsstoffe MC 5.....	12
Tabelle 22: Deklarierte Einheit CEM I 42,5 N = 1 t.....	15
Tabelle 23: Deklarierte Einheit CEM I 42,5 N SR 0 = 1 t	15
Tabelle 24: Deklarierte Einheit CEM I 52,5 R = 1 t	15
Tabelle 25: Deklarierte Einheit CEM II/A-LL 42,5 R = 1 t.....	15
Tabelle 26: Deklarierte Einheit CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R = 1 t	15
Tabelle 27: Deklarierte Einheit CEM II/B-LL 32,5 R = 1 t.....	15
Tabelle 28: Deklarierte Einheit CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N = 1 t.....	15
Tabelle 29: Deklarierte Einheit CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N = 1 t.....	16
Tabelle 30: Deklarierte Einheit CEM III/B 32,5 N - LH/SR = 1 t.....	16
Tabelle 31: Deklarierte Einheit MC 5 = 1 t	16
Tabelle 32: Deklarierte Lebenszyklusphasen	16
Tabelle 38: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM I 42,5 N	23
Tabelle 39: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM I 42,5 N	23
Tabelle 40: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM I 42,5 N	24
Tabelle 41: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM I 42,5 N.....	24
Tabelle 42: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM I 42,5 N	24

Tabelle 43: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0	25
Tabelle 44: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0	25
Tabelle 45: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0	26
Tabelle 46: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0	26
Tabelle 47: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM I 42,5 N SR 0	26
Tabelle 48: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM I 52,5 R	27
Tabelle 49: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM I 52,5 R	27
Tabelle 50: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM I 52,5 R	28
Tabelle 51: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM I 52,5 R	28
Tabelle 52: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM I 52,5 R	28
Tabelle 53: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R	29
Tabelle 54: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R	29
Tabelle 55: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R	30
Tabelle 56: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R	30
Tabelle 57: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/A-LL 42,5 R	30
Tabelle 58: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R	31
Tabelle 59: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R	31
Tabelle 60: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R	32
Tabelle 61: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R	32
Tabelle 62: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/A-M (LL-S) 42,5 R	32
Tabelle 63: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R	33
Tabelle 64: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R	33
Tabelle 65: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R	34
Tabelle 66: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R	34
Tabelle 67: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/B-LL 32,5 R	34
Tabelle 68: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	35
Tabelle 69: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	35
Tabelle 70: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	36
Tabelle 71: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	36
Tabelle 72: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	36
Tabelle 73: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N	37
Tabelle 74: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N	37
Tabelle 75: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N	38
Tabelle 76: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N	38
Tabelle 77: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM II/C-M (S-LL) 42,5 N	38
Tabelle 78: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR	39
Tabelle 79: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR	39
Tabelle 80: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR	40
Tabelle 81: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR	40
Tabelle 82: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement CEM III/B 32,5 N - LH/SR	40
Tabelle 83: Ergebnisse Kernindikatoren für die Umweltwirkungen pro Tonne Zement MC 5	41
Tabelle 84: Ergebnisse zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren pro Tonne Zement MC 5	41
Tabelle 85: Ergebnisse Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes pro Tonne Zement MC 5	42
Tabelle 86: Ergebnisse Abfallkategorien und Outputflüsse pro Tonne Zement MC 5	42
Tabelle 87: Ergebnisse biogener Kohlenstoffgehalt am Werkstor pro Tonne Zement MC 5	42
Tabelle 88: Klassifizierung von Einschränkungshinweisen zur Deklaration von Kern- und zusätzlichen Umweltindikatoren	43

8.3 Abkürzungen

8.3.1 Abkürzungen gemäß ÖNORM EN 15804

EPD	Umweltproduktdeklaration (en: environmental product declaration)
PKR	Produktkategorieregeln, (en: product category rules)
LCA	Ökobilanz, (en: life cycle assessment)
LCI	Sachbilanz, (en: life cycle inventory analysis)
LCIA	Wirkungsabschätzung, (en: life cycle impact assessment)
RSL	Referenz-Nutzungsdauer, (en: reference service life)
ESL	Voraussichtliche Nutzungsdauer, (en: estimated service life)

EPBD	Richtlinie zur Energieeffizienz von Gebäuden, (en: Energy Performance of Buildings Directive)
GWP	Treibhauspotenzial (en: global warming potential)
ODP	Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (en: depletion potential of the stratospheric ozone layer)
AP	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (en: acidification potential of soil and water)
EP	Eutrophierungspotenzial (en: eutrophication potential)
POCP	Potenzial für die Bildung von troposphärischem Ozon (en: formation potential of tropospheric ozone)
ADP	Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen (en: abiotic depletion potential)"

8.3.2 Abkürzungen gemäß vorliegender PKR

CE-Kennz.	franz. Communauté Européenne = „Europäische Gemeinschaft“ oder Conformité Européenne, soviel wie „Übereinstimmung mit EU-Richtlinien“
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (de: Verordnung über die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe)



Eigentümer und Herausgeber

Bau EPD GmbH
Seidengasse 13/3
1070 Wien
Österreich

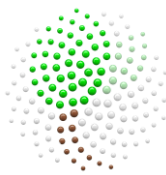
Tel +43 699 15 900 500
Mail office@bau-epd.at
Web www.bau-epd.at



Programmbetreiber

Bau EPD GmbH
Seidengasse 13/3
1070 Wien
Österreich

Tel +43 699 15 900 500
Mail office@bau-epd.at
Web www.bau-epd.at



Ersteller der Ökobilanz

floGeco GmbH
Hinteranger 61d
A-6161 Natters
Österreich

Tel +43 664 13 51 523
Mail office@flogeco.com
Web www.flogeco.com



Inhaber der Deklaration

Alpacem Cement, d.d.
Anhovo 1
SI-5210 Deskle
Slowenien

Tel +386 5 3921 000
Mail info.cement@alpacem.si
Web <https://alpacem.si>