

UMWELT-PRODUKTDOKUMENTATION

nach ISO 14025 und EN 15804+A2

| | |
|---------------------|---|
| Deklarationsinhaber | Holcim (Deutschland) GmbH |
| Herausgeber | Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) |
| Programmhälter | Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) |
| Deklarationsnummer | IBU-CEI-HOL-2205120-DE2024001424-1PUG001-DE |
| Ausstellungsdatum | 03/06/2024 |
| Gültig bis | 02/06/2029 |

Beton test EPD produziert im Transportbetonwerk Mülheim

Rezept Nummer 9911 version 1, EPD Version 1

Projektspezifische EPD

Holcim (Deutschland) GmbH

www.ibu-epd.com | <https://epd-online.com>



1. Allgemeine Angaben

Holcim (Deutschland) GmbH

Programmhalter

IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.
Hegelplatz 1
10117 Berlin
Deutschland

Deklarationsnummer

IBU-CEI-HOL-2205120-DE2024001424-1PUG001-DE

Diese Deklaration basiert auf den Produktkategorieeregeln

Betonbauteile aus Ort- oder Lieferbeton, 03.2022
(PCR geprüft und zugelassen durch den
unabhängigen Sachverständigenrat (SVR))

Ausstellungsdatum

03/06/2024

Gültig bis

02/06/2029



Hans Peters
(Vorstandsvorsitzender des Instituts Bauen und Umwelt e.V.)



Florian Pronold
(Geschäftsführer Institut Bauen und Umwelt e.V.)

test EPD

Inhaber der Deklaration

Holcim (Deutschland) GmbH
Tropowitzstraße 5
22529 Hamburg
Germany

Deklariertes Produkt / Deklarierte Einheit

1 m³ unbewehrter Beton test EPD

Gültigkeitsbereich:

Dieses Dokument bezieht sich auf die
Produktion des Betons mit folgenden
Eigenschaften test EPD, Rezept Nummer 9911
version 1, hergestellt im Betonwerk Mülheim
der Firma Holcim (Deutschland) GmbH in
Deutschland zur Verwendung in einem
spezifischen Bauvorhaben.

Die EPD wurde mit dem vorverifiziertem
Programm CarbonCLARITY™ EN 15804 EPD
Generator - RMX von Climate Earth berechnet.

Der Inhaber der Deklaration haftet für die
zugrundeliegenden Angaben und Nachweise;
eine Haftung des IBU in Bezug auf
Herstellerinformationen, Ökobilanzdaten und
Nachweise ist ausgeschlossen.

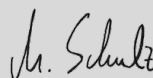
Die EPD wurde nach den Vorgaben der EN
15804+A2 erstellt. Im Folgenden wird die Norm
vereinfacht als EN 15804 bezeichnet.

Verifizierung

Die Europäische Norm EN 15804 dient als Kern-PCR

Unabhängige Verifizierung der Deklaration und
Angaben gemäß ISO 14025:2011

☐ intern ☒ extern



Matthias Schulz
(Name des unabhängigen Verifizierers)

2. Produkt

2.1 Produktbeschreibung/Produktdefinition

Beton wird hergestellt durch Mischen von Zement, grober und feiner Gesteinskörnung und Wasser, mit oder ohne Zugabe von Zusatzmitteln, Zusatzstoffen oder Fasern.

Der Beton wird im frischen Zustand in Schalungen eingebracht, verdichtet und erhärtet durch die Hydratation des Zements zu einem festen künstlichen Gestein.

Das deklarierte Produkt ist unbewehrter Beton, der auf die Baustelle geliefert wird. Bei bewehrten Bauteilen ist der Anteil des Bewehrungsstahls gesondert zu berücksichtigen.

Zur Berechnung der Ökobilanz des Betons test EPD im Betonwerk Mülheim wurden die Produktionsdaten von der Rezept Nummer 9911 version 1 ermittelt.

Für die Verwendung von Beton gelten die jeweiligen nationalen Bestimmungen am Ort der Verwendung, in Deutschland zum Beispiel die *Bauordnungen der Länder* und die technischen Bestimmungen aufgrund dieser Vorschriften.

2.2 Anwendung

Beton ist im Bauwesen ein vielfältig eingesetzter Baustoff. Er findet Anwendung im Hochbau vor allem für Decken, Wände, Treppen, Fundamente, Stützen und Binder, im Tiefbau bei erdberührten Bauteilen, Fundamenten, Bodenplatten, Bohrpfehlen und im Ingenieurbau z.B. bei Brücken.

2.3 Technische Daten

Beton test EPD hat die folgenden technischen Eigenschaften:

Bautechnische Daten

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|-----------------|---|-------------------|
| Rohdichte | 2262 | kg/m ³ |
| Druckfestigkeit | Nicht spezifiziert, da nur die Zusammensetzung festgelegt ist | N/mm ² |

Dieser Beton wird gemäß DIN EN 206-1:2013+A2:2021, Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität hergestellt. Es ist ein Beton nach Zusammensetzung, für den die Zusammensetzung und die Ausgangsstoffe, die verwendet werden müssen, vorgegeben werden.

Diese technischen Daten erfüllen die Anforderungen gemäß EN 206-1 bezüglich Qualitäts- und Konformitätskontrolle. Die Prüfung erfolgt gemäß EN 12350. Weitere in der PCR B aufgelistete technische Daten sind für dieses Produkt nicht relevant. Dies liegt daran, dass Angaben wie z. B. die Wärmeleitfähigkeit, die Zugfestigkeit oder das Elastizitätsmodul in den Vorschriften für die Bemessung von Betonbauteilen zu finden sind und daher nicht routinemäßig überprüft werden.

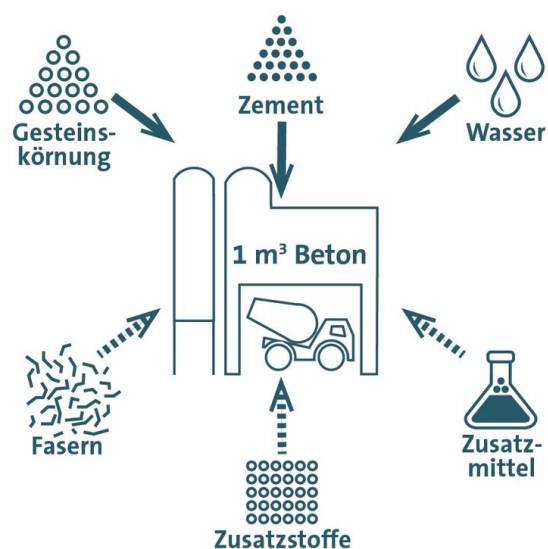
Leistungsmerkmale für Beton in Bezug auf dessen Merkmale nach der maßgebenden technischen Bestimmung (keine CE-Kennzeichnung).

2.4 Lieferstatus

Beton wird in einbaufertigem Zustand in Betonfahrmischern an die Baustelle geliefert. Alternativ kann der Beton durch die Nutzung geeigneter eigener Fahrzeuge im Betonwerk abgeholt werden.

2.5 Grundstoffe/Hilfsstoffe

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|-----------------|-----------|---------|
| Zement | ca. 17-22 | M. % |
| Wasser | ca. 17-22 | M. % |
| Gesteinskörnung | ca. 50-70 | M. % |
| Zusatzstoffe | ca. <1 | M. % |
| Fasern | ca. <1 | M. % |
| Zusatzmittel | ca. <1 | M. % |



Hinweis: gestrichelte Linien zeigen Produktionsschritte, die nicht notwendigerweise bei diesem Beton zutreffen müssen

Das Produkt enthält Stoffe der ECHA-Liste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe (en: Substances of Very High Concern – SVHC) (Datum: 14.06.202) oberhalb von 0,1 Massen-%: nein

Das Produkt enthält weitere CMR-Stoffe der Kategorie 1A oder 1B, die nicht auf der Kandidatenliste stehen, oberhalb von 0,1 Massen-% in mindestens einem Teilerzeugnis: nein

Dem vorliegenden Bauprodukt wurden Biozidprodukte zugesetzt oder es wurde mit Biozidprodukten behandelt (es handelt sich damit um eine behandelte Ware im Sinne der Biozidprodukteverordnung (EU) Nr. 528/2012): nein

2.6 Herstellung

Die dosierten Gesteinskörnungen werden zunächst trocken mit Zement als Bindemittel und weiteren Zusatzstoffen (siehe 2.5 Grundstoffe/Hilfsstoffe) vorgemischt. Danach wird die Mischung mit Wasser zu einem plastisch verformbaren Frischbeton gemischt. Dieser wird ohne Lagerung mit Betonfahrmischern auf die Baustelle transportiert und dort in die vorbereitete

Schalung (i. d. R. mit Bewehrung) eingebracht und verdichtet.

Zur Sicherung der Betonqualität ist ein Qualitätssicherungssystem im Betonwerk Mülheim installiert, das sich an den Anforderungen an die werkseigene Produktionskontrolle in *EN 206-1* und *DIN 1045-2* orientiert.

2.7 Umwelt und Gesundheit während der Herstellung

Frischbeton- und Restwasserrecycling sind gängige Praxis im Betonwerk Mülheim. Noch nicht erhärtete Betonreste aus Mischern und Betonfahrzeugen werden ausgewaschen und sowohl die Gesteinskörnung als auch das anfallende Restwasser erneut als Betonausgangsstoffe wiederverwendet.

Frischbeton enthält eine stark alkalische Lösung, die beim Mischen von Zement mit Wasser entsteht und die Haut- und Augenreizungen hervorrufen kann. Die Abrasivität der Gesteinskörnung in Beton und Mörtel kann dies zusätzlich noch unterstützen.

Aufgrund des in nicht chromatarmen Zementen enthaltenden wasserlöslichen Chromats kann sich bei anhaltendem Kontakt mit Betonen aus derartigen Zementen eine allergische Chromatdermatitis entwickeln. Gemäß *REACH*-Verordnung sind Zemente, bei denen die Gefahr eines Hautkontakts besteht, daher chromatarm.

Weitere Informationen können aus dem entsprechenden Sicherheitsdatenblatt entnommen werden.
<https://www.holcim.de/de/sicherheitsdatenblaetter>

2.8 Produktverarbeitung/Installation

Beton wird nach dem Mischen ohne Lagerung mit Betonfahrmischern auf die Baustelle transportiert und dort in die vorbereitete Schalung (in der Regel mit Bewehrung aus Betonstahl) eingebracht und i.d.R. mit Innenrüttlern verdichtet. Nach einer ausreichend langen Erhärtungszeit werden die Bauteile ausgeschalt. Es folgt eine Nachbehandlungsphase.

2.9 Verpackung

Die Anlieferung von Beton erfolgt ohne Verwendung von Verpackungsmaterial.

2.10 Nutzungszustand

Die Zusammensetzung von erhärtetem Beton ändert sich im Nutzungszustand grundsätzlich nicht.

2.11 Umwelt und Gesundheit während der Nutzung

Die natürliche ionisierende Strahlung von Beton ist gering und gesundheitlich unbedenklich.

Die Umweltverträglichkeit von Beton wird dadurch sichergestellt, dass lediglich genormte Ausgangsstoffe verwendet werden dürfen, die a priori als unbedenklich angesehen werden oder für welche die Umweltverträglichkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen wurde. Beton, der mit derart geprüften Ausgangsstoffen hergestellt ist, bedarf dann keines weiteren Nachweises (*DAfStb1*).

2.12 Referenz-Nutzungsdauer

Eine Referenz-Nutzungsdauer von 50 Jahren wird für die Nutzungsphase des Betons verwendet.

2.13 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand

Beton erfüllt nach *DIN 4102-1* und *EN 13501-1* die Anforderungen der Baustoffklasse A1, "nicht brennbar". Im Brandfall können keine toxischen Gase und Dämpfe entstehen, und es kommt nicht zum Abtropfen oder Abfallen von brennenden Betonbestandteilen.

Über eine entsprechende Dimensionierung der Bauteile können hohe Feuerwiderstandsklassen erreicht werden (in *EN 1992-1-2* sind Tabellenwerte für Feuerwiderstandsklassen nach *EN 13501-2* von bis zu R 240 bzw. REI 240 angegeben).

Brandschutz

| Bezeichnung | Wert |
|----------------|---------------------|
| Baustoffklasse | A1 "nicht brennbar" |

Wasser

Unter Wassereinwirkung (z.B. Hochwasser) verhält sich Beton weitgehend inert. Es werden keine Stoffe in Mengen ausgewaschen, die wassergefährdend sein könnten.

Mechanische Zerstörung

Bei der mechanischen Zerstörung von Beton, bspw. durch Betonabbruch, entstehen keine umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Stoffe.

2.14 Nachnutzungsphase

Bauteile aus Beton können rückgebaut werden. Für das Recycling bewehrter Bauteile wird der Betonabbruch vom Betonstahl getrennt und aufbereitet. Hierzu wird der Beton zunächst zerkleinert und in einzelne Kornfraktionen getrennt und im Straßenbau oder in geringen Anteilen als rezyklierte Gesteinskörnung zur Herstellung von Frischbeton verwendet. Der Betonstahl wird als Stahlschrott wiederverwendet.

2.15 Entsorgung

Die Deponierfähigkeit von Beton gem. Klasse I nach der TA Siedlungsabfall ist gewährleistet. Für Bauabfälle aus Beton gelten gemäß Abfallverwertungsverzeichnis (AVV) die Abfallschlüssel 17 01 01 (Beton), 17 04 05 (Stahlfasern) und 17 02 13 (Kunststofffasern).

2.16 Weitere Informationen

Weitere Informationen: <https://www.holcim.de/de>.

3. LCA: Rechenregeln

3.1 Deklarierte Einheit

Die deklarierte Einheit ist 1 m³ unbewehrter Beton test EPD.

Bei bewehrten Bauteilen ist der Anteil des Bewehrungsstahls gesondert zu berücksichtigen.

Deklarierte Einheit

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|---------------------------|---------|-------------------|
| Deklarierte Einheit | 1 | m ³ |
| Rohdichte | 2262 | kg/m ³ |
| Umrechnungsfaktor zu 1 kg | 4,42E-4 | - |

Zur Berechnung der Ökobilanz des Betons test EPD im Betonwerk Mülheim, wurden die Produktionsdaten der Rezept Nummer 9911 version 1 verwendet.

3.2 Systemgrenze

Typ der EPD: von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen, Module C1-C4 und Modul D (A1-A3 + C + D und zusätzliche Module A4, A5 und B1)

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Herstellung des Betons einschließlich der Rohstoffgewinnung, dessen Einbau und Nutzung bis zur Entsorgung des fertigen Produkts.

Materialherstellung und Errichtung



Modul A1: Gewinnung und Aufbereitung der Betonausgangsstoffe



Modul A2: Transport der Rohstoffe zum Betonwerk



Modul A3: Betonherstellung im Werk und Abfallbehandlung



Modul A4: Transport zur Baustelle

Modul A5: Beinhaltet alle mit dem Einbau des Betons verbundenen Prozesse (z.B. Pumpen oder Kübeleinbau auf der Baustelle) sowie die Herstellung, den Transport und die Behandlung von nicht verwendetem Beton (z.B. Rückbeton)

Nutzungsstadium



Modul B1: Carbonatisierung während der Nutzungsphase

Modul B2-B7: Für Betonbauteile sind Instandhaltungs- und Reparaturmaßnahmen während der Referenznutzungsdauer i. d. R. nicht erforderlich, so dass in diesen Modulen keine Umweltlasten anfallen

Entsorgungsstadium



Modul C1: Rückbau / Abbruch von Betongebäuden / -bauteilen

Modul C2: Transport von Betonabbruch zur Aufbereitung

Modul C3: Brechen von Beton

Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze



Modul D: Gutschriften und Lasten für die Nutzung von Betonabbruch als Ersatz für Primärmaterial

3.3 Abschätzungen und Annahmen

Es wurden keine Abschätzungen oder Annahmen getroffen, die für die Interpretation der Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse relevant wären.

3.4 Abschneideregeln

Es wurden alle Rohstoffe für die Betonherstellung, alle Transporte sowie alle Energie- und Wasserverbräuche für Herstellung, Mischen, Einbau und Abfallbehandlung des Betons berücksichtigt.

Die Umweltlasten aus der Herstellung und Nutzung der Schalung wurden für die Ökobilanzierung der Betonherstellung vernachlässigt. Bei üblichen Einsatzhäufigkeiten von Schalungen liegt die Masse der eingesetzten Ressourcen und der eingesetzten Primärenergie bei unter 1 % der Gesamtwerte für die Betonherstellung. Die für die Nachbehandlung des Betons verwendeten Materialien wurden ebenfalls nicht berücksichtigt, da sie weniger als 1 % der Gesamtmasse und des Primärenergieverbrauchs der Betonherstellung ausmachen.

3.5 Hintergrunddaten

Der CarbonCLARITY™ EN 15804 EPD Generator - RMX Version 1.0.0 datiert auf den 01/08/2023 mit der Konfigurationsdatei datiert auf den 19/10/2023 wurde für die Lebenszyklusanalyse verwendet.

Für die Kalkulation wurden Datensätze aus EPDs und aus der GaBi-Software für Ökobilanzierungen verwendet (GaBi Datenbank SP40, 2020).

3.6 Datenqualität

Datengrundlage für die vorliegende EPD ist die kontinuierliche Datenerfassung im Betonwerk Mülheim. Die gesammelten Daten wurden von Climate Earth auf Plausibilität überprüft. Die Datenqualität kann als sehr gut eingeschätzt werden.

Die Hintergrund-Datensätze sind im Durchschnitt weniger als 5 Jahre alt und ihre Qualität wird als gut oder sehr gut eingestuft.

3.7 Betrachtungszeitraum

Für die Ökobilanzierung des Betons test EPD, wurden Daten aus dem Zeitraum 01/01/2020 bis 31/12/2020 herangezogen.

3.8 Geographische Repräsentativität

Land oder Region, in dem/r das deklarierte Produktsystem hergestellt und ggf. genutzt sowie am Lebensende behandelt wird: Deutschland.

3.9 Allokation

Zementartige Produkte wie Flugasche, Hüttensand oder Silikastaub werden als Co-Produkte betrachtet und es findet eine ökonomische Allokation Anwendung.

Die für die Produktion von Zement eingesetzten alternativen Brennstoffe werden entweder als Sekundärbrennstoffe oder als Abfall eingestuft. Emissionen aus Sekundärbrennstoffen sind in den Ergebnissen der Umweltwirkungsbilanz enthalten, während Emissionen aus der Verbrennung von Abfällen als zusätzliche Informationen gemäß PCR Zement ausgewiesen werden. Der Abfallstatus der betroffenen Brennstoffe wurde dabei anhand der Abfallschlüsselnummer nachgewiesen. Der Ausschluss der Umweltwirkungen durch die Verbrennung brennbarer Abfälle wurde nur für CO₂-Emissionen angewendet, da andere Emissionen (z.B. NO_x, SO_x, usw.) nicht ohne

Weiteres von verschiedenen Brennstoffarten unterschieden werden konnten.

Die bei der Betonherstellung eingesetzten Energie- und Hilfsstoffe werden jeder einzelnen Betonsorte entsprechend des jeweilig ausgelieferten Volumens (m³) auf Basis des im Werk insgesamt produzierten Betonvolumens zugeordnet.

Schließlich wird der Einsatz von Recycling- und/oder Sekundärrohstoffen jeder einzelnen Betonsorte anhand ihrer tatsächlichen Zusammensetzung zugeordnet.

3.10 Vergleichbarkeit

Grundsätzlich ist eine Gegenüberstellung oder die Bewertung von EPD Daten nur möglich, wenn alle zu vergleichenden Datensätze nach *EN 15804* erstellt wurden und der Gebäudekontext, bzw. die produktspezifischen Leistungsmerkmale, berücksichtigt wurden.

Die GaBi Hintergrunddatenbank wurde verwendet (Version GaBi Datenbank SP40, 2020).

4. LCA: Szenarien und weitere technische Informationen

Informationen zur Beschreibung des biogenen Kohlenstoffgehalts am Werkstor

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|--|------|---------|
| Biogener Kohlenstoff im Produkt | 0 | kg C |
| Biogener Kohlenstoff in der zugehörigen Verpackung | 0 | kg C |

Notiz: 1 kg biogener Kohlenstoff ist äquivalent zu 44/12 kg CO₂

Modul A4: Transport zur Baustelle

Die folgende Tabelle zeigt die Daten, die zur Modellierung des Produkttransports zur Baustelle verwendet wurden:

Transport zur Baustelle (A4)

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|--|------|-----------------------|
| Liter Treibstoff (je m ³ Beton) | 4,96 | lt Diesel Äq./100 km* |
| Transportdistanz | 10,0 | km |
| Auslastung (einschließlich Leerfahrten) | 41,6 | % |
| Rohdichte der transportierten Produkte | 2262 | kg/m ³ |
| Volumen-Auslastungsfaktor | 0,83 | - |

* Werden LKW nicht mit Diesel angetrieben, wird der notwendige Energieverbrauch in den äquivalenten Dieselvebrauch umgerechnet. Daher kann der Gesamtkraftstoffverbrauch in einer einzigen Einheit von Liter Dieselequivalent / 100 km ausgedrückt werden.

Modul A5: Einbau von Beton

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Daten, die zur Modellierung des Produkteinbaus verwendet wurden:

Einbau ins Gebäude (A5)

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|------------------------|------|---------|
| Stromverbrauch | 0,46 | kWh |
| Sonstige Energieträger | 8,34 | MJ |
| Materialverlust | 13,6 | kg |

Modul B1: Carbonatisierung

Durch Carbonatisierung nehmen Betonbauteile während ihrer Nutzungsdauer Kohlendioxid aus der Luft auf. Dies kann als negatives Treibhauspotenzial in Modul B1 ausgedrückt werden und wurde unter folgenden Annahmen nach EN 16757 kalkuliert. Berechnung wird ein pessimales Szenario für die Karbonatisierungsrate des Betons verwendet (z.B. k-Faktor in EN 16757), da die Druckfestigkeit des Betons nicht angegeben wird.

Carbonatisierung in der Nutzungsphase

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Bauwerkstyp | Gebäude | - |
| Umgebungsbedingungen | Gebäude, Innenraum trocken, mit Anstrich/Tapete | - |
| Nutzungsdauer | 50 | Jahre |
| Verhältnis Oberfläche zu Volumen | 5 | m ² /m ³ |
| Gewicht pro Flächeneinheit | 452 | kg/m ² |

Carbonatisierungsergebnisse für alternative Szenarien können anhand nachfolgender Formel berechnet werden:

$$CO_2 \text{ Aufnahme} = \frac{k \cdot \sqrt{t}}{1000} \cdot A_i \cdot D_c \cdot C_{\text{Faktor}}$$

mit

k = k-Faktor entnommen aus EN 16757, abhängig vom Bauwerkstyp, Umgebungsbedingungen und Betondruckfestigkeitsklasse [mm/Jahr^{0.5}]

t = Nutzungsdauer (Jahr)

A_i = Oberfläche des Betonbauteils (m²)

D_c = Grad der Carbonatisierung entnommen aus EN 16757, abhängig vom Bauwerkstyp und den Umgebungsbedingungen (%)

C_{faktor} = 231 (kg CO₂/m³). Dieser ist nach EN 16757 kalkuliert und basiert auf der Betonzusammensetzung.

Module B2-B7:

Für Betonbauteile sind Instandhaltungs- und Reparaturmaßnahmen während der Referenznutzungsdauer i. d. R. nicht erforderlich, so dass in diesen Modulen keine Umweltlasten anfallen.

Zudem wird keine Energie und kein Wasser verbraucht.

Module C1-C4:

Nach aktuellem Stand der Technik erfolgt der Rückbau von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton überwiegend mit Longfrontbaggern, die mit Abbruchzangen ausgerüstet sind.

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|---------------------------------------|------|-------------------|
| Dieselvebrauch für den Abbruchprozess | 2,9 | lt/m ³ |
| Erhaltenes Abbruchmaterial | 2262 | kg |

Der Betonabbruch wird dann zu einer Brechanlage transportiert, wobei folgende Daten verwendet wurden:

| Name | Value | Unit |
|------|-------|------|
| LKW | 50 | km |

Die Aufbereitung des Bauschutts aus Beton erfolgt heute üblicherweise mit Backen- oder Prallbrechern, die neben dem reinen Brechen auch eine Vorabsiebung und eine Metallabscheidung durchführen.

In Deutschland wurden über 93% des Bauschutts aus Beton aufbereitet oder für Verfüllungen verwendet wohingegen nur weniger als 7% deponiert werden (MON). Daher wird in dieser Ökobilanzierung ein Szenario für 100% Recycling betrachtet.

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|----------------------|------|---------|
| Zur Wiederverwendung | 0 | kg |
| Zum Recycling | 2262 | kg |
| Zur Deponierung | 0 | kg |

Die Carbonatisierung des Bauschutts aus Beton am Ende der Lebenszyklusphase wird anhand der Leitlinie EN 16757 modelliert.

Modul D: Gutschriften und Lasten nach dem Lebensende

Der Output am Ende des Brechvorgangs kann als Sekundärmaterial die Primärmaterialien Sand / Kies und Splitt / Schotter ersetzen. Potentiell zurückgewonnene

Stahlfasern können zur Produktion von neuen Stahlprodukten verwendet werden.

Die Berechnung der Netto-Ausgangsströme in Modul D berücksichtigt Sekundärmaterial-Eingänge aus Gesteinskörnungen und Fasern, während kleinere Sekundärmaterial-Eingänge aus anderen Rohstoffen wie Zement, Zusatzstoffen oder Zusatzmitteln ausgeschlossen werden. Zusätzliche Ausgangsströme aus dem Lebenszyklus-Modul A5 werden ebenfalls ausgeschlossen.

Für den Ersatz von Primärrohstoffen werden ökobilanzielle Gutschriften im Modul D ausgewiesen.

5. LCA: Ergebnisse

Die nachfolgende Tabelle enthält die Ergebnisse der Ökobilanz für eine deklarierte Einheit von 1 m³ unbewehrter Beton test EPD.

Zur Ermittlung der Wirkungsbilanz wurden die Charakterisierungsfaktoren des "Environmental Footprint reference Package 3.0" verwendet.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; ND = MODUL ODER INDIKATOR NICHT DEKLARIERT; MNR = MODUL NICHT RELEVANT)

| Produktionsstadium | | | Stadium der Errichtung des Bauwerks | | Nutzungsstadium | | | | | | | Entsorgungsstadium | | | | Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze |
|--------------------|-----------|-------------|---|---------|-------------------|----------------|-----------|--------|------------|---|--|--------------------|-----------|------------------|-------------|---|
| Rohstoffversorgung | Transport | Herstellung | Transport vom Hersteller zum Verwendungsort | Montage | Nutzung/Anwendung | Instandhaltung | Reparatur | Ersatz | Erneuerung | Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes | Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes | Rückbau/Abriß | Transport | Abfallbehandlung | Beseitigung | Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- oder Recyclingpotenzial |
| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | C1 | C2 | C3 | C4 | D |
| x | x | x | x | x | x | ND | MNR | MNR | MNR | ND | ND | x | x | x | x | x |

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ – UMWELTAUSWIRKUNGEN nach EN 15804+A2: 1 m³

| Kernindikator | Einheit | A1-A3 | A4 | A5 | B1 | C1 | C2 | C3 | C4 | D |
|----------------|------------------------------------|----------|----------|---------|-------|----------|----------|----------|----|-----------|
| GWP-total | [kg CO ₂ -Äq.] | 353 | 2,99 | 3,24 | -8,80 | 8,64 | 9,33 | 0,95 | 0 | -9,34 |
| GWP-fossil | [kg CO ₂ -Äq.] | 352 | 2,96 | 3,23 | -8,80 | 8,61 | 9,29 | 0,93 | 0 | -9,25 |
| GWP-biogenic | [kg CO ₂ -Äq.] | 0,41 | 6,04E-3 | 2,7E-3 | 0 | 1,3E-3 | 3,56E-3 | 9,12E-4 | 0 | -0,05 |
| GWP-luluc | [kg CO ₂ -Äq.] | 0,08 | 1,69E-4 | 3,73E-3 | 0 | 0,04 | 0,04 | 9,3E-3 | 0 | -0,02 |
| ODP | [kg CFC11-Äq.] | 5,51E-13 | 9,66E-16 | 3,6E-15 | 0 | 2,96E-15 | 3,13E-15 | 9,27E-16 | 0 | -1,24E-10 |
| AP | [mol H ⁺ -Äq.] | 0,67 | 0,03 | 0,01 | 0 | 0,10 | 0,03 | 0,03 | 0 | -0,02 |
| EP-freshwater | [kg P-Äq.] | 6,7E-5 | 7,06E-7 | 2,11E-6 | 0 | 1,91E-5 | 2,02E-5 | 4,8E-6 | 0 | -3,66E-5 |
| EP-marine | [kg N-Äq.] | 0,18 | 0,02 | 5,42E-3 | 0 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0 | -7,15E-3 |
| EP-terrestrial | [mol N-Äq.] | 2,35 | 0,18 | 0,06 | 0 | 0,54 | 0,16 | 0,14 | 0 | -0,08 |
| POCP | [kg NMVOC-Äq.] | 0,53 | 0,05 | 0,02 | 0 | 0,14 | 0,03 | 0,04 | 0 | -0,02 |
| ADPE | [kg Sb-Äq.] | 7,35E-6 | 1,19E-7 | 1,15E-7 | 0 | 7,52E-7 | 7,96E-7 | 2,26E-7 | 0 | -3,48E-6 |
| ADPF | [MJ] | 1234 | 40,5 | 22,7 | 0 | 116 | 122 | 78,7 | 0 | -117 |
| WDP | [m ³ Welt-Äq. entzogen] | 5,88 | 3,48E-3 | 0,04 | 0 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0 | -2,53 |

| | |
|---------|---|
| Legende | GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen – nicht fossile Ressourcen (ADP – Stoffe); ADPF = Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen – fossile Brennstoffe (ADP – fossile Energieträger); WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer) |
|---------|---|

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ – INDIKATOREN ZUR BESCHREIBUNG DES RESSOURCENEINSATZES nach EN 15804+A2: 1 m³

| Indikator | Einheit | A1-A3 | A4 | A5 | B1 | C1 | C2 | C3 | D |
|-----------|-------------------|-------|---------|---------|----|---------|---------|---------|-------|
| PERE | [MJ] | 72,1 | 0,26 | 1,05 | 0 | 6,91 | 7,32 | 1,76 | -69,9 |
| PERM | [MJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PERT | [MJ] | 72,1 | 0,26 | 1,05 | 0 | 6,91 | 7,32 | 1,76 | -69,9 |
| PENRE | [MJ] | 1234 | 40,5 | 22,7 | 0 | 116 | 122 | 78,7 | -117 |
| PENRM | [MJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PENRT | [MJ] | 1234 | 40,5 | 22,7 | 0 | 116 | 122 | 78,7 | -117 |
| SM | [kg] | 10,4 | 0 | 0,06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2262 |
| RSF | [MJ] | 550 | 0 | 3,31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NRSF | [MJ] | 820 | 0 | 4,93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FW | [m ³] | 0,88 | 2,44E-4 | 6,59E-3 | 0 | 6,11E-3 | 6,47E-3 | 9,41E-3 | 0,12 |

| | |
|---------|---|
| 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 = Nettoeinsatz von Süßwasserressourcen |
|---------|---|

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ – ABFALLKATEGORIEN UND OUTPUTFLÜSSE nach EN 15804+A2: 1 m³

| Indikator | Einheit | A1-A3 | A4 | A5 | B1 | C1 | C2 | C3 | D |
|-----------|---------|---------|---------|---------|----|---------|---------|---------|----------|
| HWD | [kg] | 7,35E-6 | 8,64E-9 | 4,23E-7 | 0 | 4,3E-6 | 4,55E-6 | 1,03E-6 | -4,57E-7 |
| NHWD | [kg] | 28,5 | 5,72E-3 | 0,17 | 0 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | -22,1 |
| RWD | [kg] | 0,06 | 4,7E-5 | 7,93E-4 | 0 | 1,53E-4 | 1,62E-4 | 4,59E-3 | -5,09E-3 |
| CRU | [kg] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MFR | [kg] | 0 | 0 | 13,6 | 0 | 0 | 0 | 2262 | 0 |
| MER | [kg] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EEE | [MJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EET | [MJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | |
|---------|--|
| 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 elektrische Energie; EEE = Exportierte thermische Energie |
|---------|--|

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ – zusätzliche Wirkungskategorien nach EN 15804+A2-optional: 1 m³

| Indikator | Einheit | A1-A3 | A4 | A5 | B1 | C1 | C2 | C3 | D |
|-----------|-------------------|---------|----------|----------|----|---------|---------|----------|----------|
| PM | [Krankheitsfälle] | 5,82E-6 | 7,53E-7 | 2,33E-7 | 0 | 2,3E-6 | 2,07E-7 | 5,88E-7 | -1,09E-6 |
| IRP | [kBq U235-Äq.] | 4,60 | 4,34E-3 | 0,06 | 0 | 0,02 | 0,02 | 0,36 | -0,56 |
| ETP-fw | [CTUe] | 398 | 32,8 | 11,9 | 0 | 92,8 | 98,1 | 34,2 | -72,2 |
| HTP-c | [CTUh] | 2,58E-8 | 6,33E-10 | 3,77E-10 | 0 | 2,24E-9 | 2,36E-9 | 7,56E-10 | -2,92E-9 |
| HTP-nc | [CTUh] | 3,1E-6 | 4,23E-8 | 3,26E-8 | 0 | 1,42E-7 | 1,2E-7 | 4,8E-8 | -1,97E-7 |
| SQP | [-] | 89,3 | 0,27 | 3,75 | 0 | 36,2 | 38,3 | 8,93 | -64,5 |

| | |
|---------|--|
| Legende | PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IRP = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (kanzerogene Wirkung); HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (nicht kanzerogene Wirkung); SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex |
|---------|--|



$$2,51\text{e}2 = 2,51 \times 10^2 = 251$$

$$4,25\text{e}-3 = 4,25 \times \frac{1}{10^3} = 0,00425$$

Zu Globales Erwärmungspotenzial (GWP):

Für alle GWP-Indikatoren in A1 – A3 werden die Nettowerte deklariert. Der Abfallstatus der (abfallbasierten) Brennstoffe für die Zementherstellung wurde nachgewiesen. Die Bruttoemissionen (d.h. einschließlich CO₂ aus der Verbrennung von Abfällen) betragen 422 kg CO₂-Äq. / t (GWP-total), 422 kg CO₂-Äq. / t (GWP fossil), 0,41 kg CO₂ Äq. / t (GWP-biogenic).

Bei Abfällen mit biogenem Kohlenstoffgehalt entsprechen die Brutto CO₂ Emissionen der Aufnahme von biogenem CO₂ in der Wachstumsphase der Biomasse.

Einschränkungshinweis 1 – gilt für den Indikator "Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235". 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 – gilt für die Indikatoren: „Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen – nicht fossile Ressourcen“, „Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe“, „Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)“, „Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme“, „Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung“, „Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung“, „Potenzieller Bodenqualitätsindex“. 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

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Einflussfaktoren auf wichtige Indikatoren der Wirkungs- und Sachbilanz.

| Kategorie | GWP _{total} | AP | EP _{terrestria I} | POCP | PERT | PENRT | ADPE | FW | PM |
|---------------------------------|---|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Zement | 95,5 % | 93,1 % | 90,7 % | 92,2 % | 71,4 % | 83,0 % | 78,2 % | 30,5 % | 84,6 % |
| Gesteinskörnung | 0,98 % | 1,63 % | 1,94 % | 1,86 % | 17,9 % | 3,69 % | 10,2 % | 0,95 % | 11,0 % |
| Zusatzstoffe | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |
| Fasern | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |
| Zusatzmittel | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |
| Übrige Materialien und Prozesse | 3,47 % | 5,26 % | 7,39 % | 5,90 % | 10,7 % | 13,3 % | 11,6 % | 68,5 % | 4,32 % |
| Gesamt | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Legende | Zement: Beinhaltet die Auswirkungen für die Herstellung aller verwendeten Zemente. Gesteinskörnung: Beinhaltet die Auswirkungen für die Herstellung von Sand und Kies. Zusatzstoffe: Beinhaltet die Auswirkungen für die Herstellung aller verwendeter Zusatzstoffe wie z.B. Hüttensand, Flugasche oder Kalksteinmehl. Fasern: Beinhaltet die Auswirkungen für die Herstellung von Fasern. Zusatzmittel: Beinhaltet die Auswirkungen für die Herstellung von Zusatzmitteln, wie z.B. Fließmittel oder Verzögerer. Übrige Materialien und Prozesse: Beinhaltet die Auswirkungen von Materialien oder Prozessen, die nicht von den oben genannten Kategorien erfasst worden sind. | | | | | | | | |

Bei der Betonherstellung dominiert die Zementherstellung alle Wirkungskategorien. Dies gilt insbesondere für das Treibhauspotenzial (GWP). Ein weiterer großer Einflussfaktor ist die Gewinnung/Produktion und der Transport der

Rohstoffe. Der Beitrag anderer Prozesse in der Anlage in Bezug auf die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Versauerung und Eutrophierung ist gering.

7. Nachweise

7.1 Radioaktivität

Messungen der spezifischen Aktivität (Gammaskopie) des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) ergaben folgende Werte (in Bq/kg Beton):

| Element | Wert (min-max) |
|---------|----------------|
| RA226 | 19 (13–25) |
| Th228 | 20 (10–47) |
| K40 | 360 (130–560) |

In Deutschland existieren derzeit keine gesetzlich festgelegten Grenzwerte zur Beurteilung der Radioaktivität von Baustoffen.

7.2 VOC-Emissionen und Auslaugung

Die Umweltverträglichkeit von Beton wird dadurch gewährleistet, dass nur genormte Ausgangsstoffe verwendet werden dürfen, die a priori als unbedenklich gelten. Daher werden üblicherweise keine Tests auf VOC und Auswaschungen aus dem Beton durchgeführt.

8. Literaturhinweise

Normen

DIN 1045-2

DIN 1045-2:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

DIN 4102-1:

DIN 4102-1:1998-05, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

EN 12350

DIN EN 12350 - Prüfung von Frischbeton

EN 12390

DIN EN 12390 - Prüfung von Festbeton

EN 13501-1

DIN EN 13501-1:2018, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten

EN 13501-2

DIN EN 13501-2:2016-12, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen

EN 1992-1-2

DIN EN 1992-1-2:2004/A1:2019, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall

EN 206-1

DIN EN 206-1:2013+A2:2021, Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

ISO 14025

DIN EN ISO 14025:2011-10, Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren

EN 16757

DIN EN 16757:2017, Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Produktkategorieregeln für Beton und Betonelemente

EN 15804

DIN EN 15804:2012+A2 + AC:2021: EN 15804:2019+A2 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte.

Weitere Literatur**AVV**

Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV), 10. Dezember 2001.

BfS1

BfS 2008 Gehrke, K. Hoffmann, B., Schkade, U., Schmidt, V., Wichterey, K.: Natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und die daraus resultierende Strahlenexposition Zwischenbericht; Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin 2008

CarbonCLARITY™ EN 15804 EPD Generator - RMX

Version 1.0.0 datiert 01/08/2023
www.climateearth.com

DAfStb1

Erläuterung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e.V. (DAfStb) zum aktuellen Regelungsstand der Umweltverträglichkeit von Beton (Dezember 2010)

ECHA

Europäische Chemikalienagentur (ECHA): Liste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe.
<https://echa.europa.eu/>

EF 3.0

Environmental Footprint, ref package 3.0, November 2019 (European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA))

GaBi

Software und Datenbank zur Ökobilanzierung, Version 10.6.1.35, Sphera Solutions GmbH., 2022.

IBU 2021

Institut Bauen und Umwelt e.V.: Allgemeine Anleitung für das EPD-Programm des Institut Bauen und Umwelt e.V. Version 2.0, Berlin: Institut Bauen und Umwelt e.V., 2021. www.ibu-epd.com

MON

Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018 Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2018
(<https://kreislaufwirtschaft-bau.de/>)

PCR Teil A

Produktkategorie-Regeln für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen. Teil A: Rechenregeln für die Ökobilanz und Anforderungen an den Projektbericht nach EN 15804+A2:2021 (v1.3). Berlin: Institut Bauen und Umwelt e.V., 31/08/2022.

PCR Zement

Produktkategorie-Regeln für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen. Teil B: Anforderungen an die EPD für Zement, Version 5. Berlin: Institut Bauen und Umwelt e.V. (Hrsg.), 04/07/2023.
www.ibu-epd.com

PCR Teil B

Produktkategorie-Regeln anleitungstexte für Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen Teil B: Anforderungen an die EPD für Betonbauteile aus Ort- oder Lieferbeton, V1.6, Berlin: Institut Bauen und Umwelt e.V. 17/07/2023

REACH-Verordnung

Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe, EG 1907/2006:2006-12-18

| | |
|---|--|
|  <p>Institut Bauen und Umwelt e.V.</p> | <p>Herausgeber IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Hegelplatz 1 10117 Berlin Deutschland</p> <p>Tel +49 (0)30 3087748 - 0 Fax +49 (0)30 3087748 - 29 Mail info@ibu-epd.com Web www.ibu-epd.com</p> |
|  <p>Institut Bauen und Umwelt e.V.</p> | <p>Programmhalter IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Hegelplatz 1 10117 Berlin Deutschland</p> <p>Tel +49 (0)30 3087748 - 0 Fax +49 (0)30 3087748 - 29 Mail info@ibu-epd.com Web www.ibu-epd.com</p> |
|  <p>climate earth EPDs made easy</p> | <p>Ersteller der Ökobilanz Climate Earth, Inc. 137 Park Place, Suite 204 Point Richmond, CA 94801 United States</p> <p>Tel +1 (415) 391-2725 Mail info@climateearth.com Web www.climateearth.com</p> |
|  | <p>Inhaber der Deklaration Holcim (Deutschland) GmbH Tropfowitzstraße 5 22529 Hamburg Germany</p> <p>Tel +49 5132 927432 Mail tm-deu@holcim.com Web https://www.holcim.de/de</p> |