



Beton

Erläuterungen
zu den EPD's

Umwelt produkt deklara tionen



Impressum

Herausgeber:

InformationsZentrum Beton GmbH
Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf
www.beton.org

Autoren:

Bauass. Dipl.-Ing. Alice Becke
Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.
Dipl.-Ing. Jochen Reiners
VDZ Technology gGmbH
Andreas Tuan Phan
Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V.

Gesamtproduktion:

© by Verlag Bau+Technik GmbH,
Steinhof 39, 40699 Erkrath, 2020
www.verlagbt.de

Titelbild:

Villa Hulliger – Das Dreieckshaus,
Philipp Architekten BDA –
Anna Philipp Dipl.-Ing. (FH) Architektin BDA

Druck:

Linsen Druckcenter GmbH, Siemensstraße 12, 47533 Kleve

Umwelt produkt deklara tionen für Beton

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	3
2	Nachhaltigkeitszertifizierung und die ökologische Qualität von Gebäuden.....	4
3	Umweltproduktdeklarationen.....	6
4	Ökobilanz Beton.....	7
4.1	Anwendungsbereich und deklarierte Einheit.....	7
4.2	Datenerhebung und Repräsentativität.....	7
4.3	Betondruckfestigkeitsklassen und Betonzusammensetzung.....	8
4.4	Lebensweg von Betonbauteilen.....	9
4.4.1	Allgemeines.....	9
4.4.2	Produktionsstadium.....	11
4.4.3	Errichtung / Bauphase.....	13
4.4.4	Nutzungsphase.....	14
4.4.5	Nutzungsende.....	14
4.4.6	Nutzen und Lasten außerhalb des Lebenszyklus von Gebäuden.....	15
5	Ergebnisse der Ökobilanzierung.....	15
5.1	Darstellung in den Umweltproduktdeklarationen.....	15
5.2	Auswertung und Interpretation.....	15
6	Umweltinformationen für „Durchschnittsbeton“.....	18
7	Übertragung der Ergebnisse auf das Gesamtgebäude.....	19
7.1	Berücksichtigung der Bewehrung bei Stahlbetonbauteilen.....	19
7.2	Weitere Einflüsse auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden.....	19
7.2.1	Flexibilität und Umnutzungsmöglichkeit.....	21
7.2.2	Dauerhaftigkeit.....	21
7.2.3	Schallschutz.....	21
7.2.4	Brandschutz.....	21
7.2.5	Energieeffizienz und thermischer Komfort.....	21
8	Weiterführende Informationen.....	22
8.1	Links.....	22
8.2	Andere Ökobilanzen und Umweltproduktdeklarationen.....	22
9	Literaturverzeichnis.....	23
	Anhang.....	25
A.1.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C20/25.....	26
A.2.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C25/30.....	27
A.3.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C30/37.....	28
A.4.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C35/45.....	29
A.5.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C45/55.....	30
A.6.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C50/60.....	31

1 Vorwort

Der Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. (BTB) und die Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e.V. unter Federführung der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. (FDB) haben dem Forschungsinstitut der Zementindustrie (Verein Deutscher Zementwerke) den Auftrag erteilt, Ökobilanzen für Betone sechs üblicher Druckfestigkeitsklassen zu erarbeiten. Nach der Fertigstellung wurden die Ökobilanzen beim Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) eingereicht und verifiziert und liegen seit Juli 2013 als Umweltproduktdeklarationen (englisch: Environmental Product Declaration EPD) vor.

Insbesondere für frühe Planungsphasen stellen EPDs Informationen für die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden bereit. Zu diesem Zeitpunkt ist die Entscheidung, ob die Ausführung von Gebäudeteilen in Transportbeton oder als Betonfertigteile erfolgt, oft noch nicht gefallen. Mit den vorliegenden Beton-EPDs wurden einerseits die bereits veröffentlichten ökobilanziellen Baustoffprofile für Transportbeton aktualisiert und gleichzeitig Branchendaten angeboten, die ein möglichst breites Spektrum der Betonindustrie abdecken.

Die 2013 veröffentlichten Umweltproduktdeklarationen für Beton mussten vor Ablauf ihrer Gültigkeit im Juli 2018 aktualisiert werden [IBU1]. Die Überarbeitung der EPDs erfolgte nach den Vorgaben der europäischen Norm EN 15804:2012-04 + A1:2013-05 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“. Die in 2017 aktualisierte Umweltproduktdeklaration Zement bildete die Datengrundlage. Deklarationen wurden für folgende sechs Druckfestigkeitsklassen erarbeitet: C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C45/55, C50/60. Diese stehen unter www.beton.org/epd zur Verfügung.

Wesentliche Änderungen ergeben sich aufgrund der besseren Datengrundlage zum Stromverbrauch in

Transportbetonwerken. Hierzu wurden die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben der Forschungsgemeinschaft Transportbeton e. V. (FTB) „Energetische Optimierung der Betonherstellung im Transportbetonwerk – Bestandsaufnahme und Ableitung von Optimierungspotenzialen“ [BTB] herangezogen. Weiterhin ergeben sich Änderungen in den Umweltwirkungen aus der verpflichtenden Zuteilung von Emissions- und Energiebeiträgen der Produktion von Steinkohleflugasche. Neu in der aktualisierten Umweltproduktdeklaration ist die Berücksichtigung der Carbonatisierung während der Nutzungsphase (Modul B1). Während dieser Phase nehmen Betonbauteile Kohlendioxid aus der Luft auf. Dies wird als negatives Treibhauspotenzial berücksichtigt.

Diese Broschüre soll Hilfestellung bei der Verwendung der Ökobilanzdaten in den EPDs geben und einzelne Hintergründe der Bilanzierung erläutern. In erster Linie sollen die bereitgestellten Daten dem Informationsaustausch zwischen Unternehmen („Business-to-Business“) dienen und als Grundlage für die Ökobilanzierung von Gebäuden genutzt werden. Angaben in EPDs finden ihre Anwendung bei der Nachhaltigkeitsbetrachtung im Gebäude- oder Bauwerkskontext, sind aber für den Baustoffvergleich und eine Kommunikation zum privaten Konsumenten („Business-to-Consumer“) nicht geeignet.



Eine Environmental Product Declaration (EPD) enthält wichtige Informationen für die Ökobilanzierung von Bauwerken, z. B. im Rahmen einer Nachhaltigkeitszertifizierung.

Weitere Literatur zum Themenkomplex „Nachhaltig Bauen mit Beton“ finden Sie u. a. auf der Internetseite www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de.

2 Nachhaltigkeitszertifizierung und die ökologische Qualität von Gebäuden

Wer die Nachhaltigkeit von Bauwerken bewerten will, braucht umfangreiche Informationen zu den verwendeten Bauprodukten, den Bauverfahren, dem Bauprozess, der Nutzung des Gebäudes sowie dem Nutzungsende.

Den beiden in Deutschland entwickelten Systemen zur Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden

- BNB – Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude [BNB]
- DGNB – Zertifizierungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. [DGNB]

liegt jeweils eine derartige ganzheitliche Betrachtung zugrunde. Alle weiteren Aussagen beziehen sich auf diese beiden Systeme.

Sie berücksichtigen den kompletten Lebenszyklus eines Gebäudes und beurteilen eine Vielzahl von Gebäudeeigenschaften (Kriterien). Diese werden in verschiedene Themenbereiche untergliedert: „Ökologische Qualität“, „Ökonomische Qualität“, „Soziokulturelle und funktionale Qualität“, „Technische Qualität“, „Prozessqualität“ (Planung und Bauausführung) sowie „Standortqualität“ (Abb.1) und sind in der Gesamtbewertung nach festgelegten Faktoren gewichtet. Innerhalb dieser Themenbereiche werden zahlreiche Einzelkriterien betrachtet (Abb. 2).

Ein wesentlicher Teil der ökologischen Qualität wird mit Hilfe einer Ökobilanzierung des Bauwerkes quantifiziert. Dabei werden zunächst alle Stoff- und Energieflüsse zusammengestellt, die dem Gebäude im Verlauf seines Lebensweges zugeführt und davon abgegeben werden.

Dies schließt alle Prozesse von der Rohstoffgewinnung oder Rohstoffherzeugung bis zur endgültigen Beseitigung ein (Abb. 4). Auf Grundlage dieser Zusammenstellung werden potenzielle Umweltwirkungen, z. B. auf den Treibhauseffekt oder die Versauerung von Boden und Wasser, beurteilt.

Aufgrund der Fülle der Nachhaltigkeitskriterien und deren Gewichtung sowie der großen Bedeutung der Nutzungsphase für die Ökobilanz eines Gebäudes ist der Einfluss der Ökobilanz der Baustoffe der Tragkonstruktion relativ gering. Bei der exemplarischen Berechnung eines fiktiven Bürogebäudes mit Fundamenten, Decken und Kellerwänden aus Beton betrug der Anteil der Ökobilanz der Betonherstellung an der Gesamtbewertung nach DGNB weniger als 2 % [VDZ1]. Das zeigt, dass die Verwendung eines Baustoffes mit geringen Umweltwirkungen während seiner Gewinnung oder Herstellung nicht automatisch zu „nachhaltigeren“ Gebäuden führt.

Aus diesem Grund sind Branchenquerschnittsdaten, wie sie mit den Beton-EPDs zur Verfügung gestellt werden, im Allgemeinen ausreichend für die Ökobilanzierung von Gebäuden im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung. Herstellerspezifische Ökobilanzen sind in der Regel nicht erforderlich.

Bauprodukte können nicht als „gut“ oder „schlecht“ bewertet werden. Ihre Leistung sowohl aus technischer, wirtschaftlicher aber auch ökologischer Sicht ist immer im Gesamtsystem zu betrachten. So wirkt sich der intelligente Einsatz des Baustoffes Beton, d. h. die geschickte Nutzung seiner Potenziale [BMD1] generell positiv auf die Nachhaltigkeit eines Gebäudes aus.

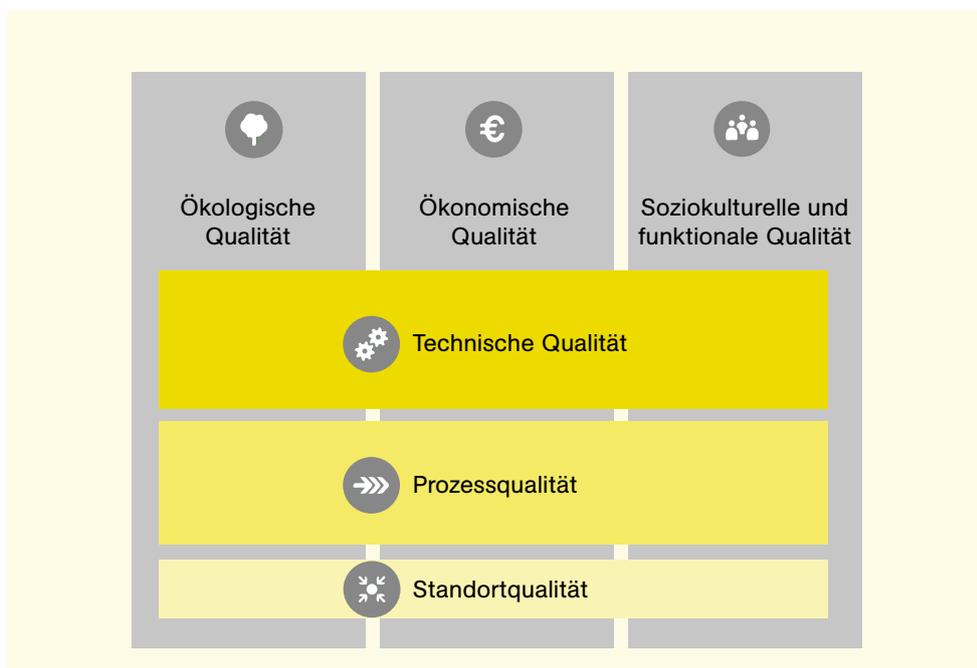


Abb. 1: Die Nachhaltigkeitsthemenbereiche (Themenbereiche) in den Zertifizierungssystemen BNB [BNB] sowie DGNB [DGNB]

<p>Ökologische Qualität</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ökobilanz des Gebäudes (emissionsbedingte Umweltwirkungen und Primärenergiebedarf) ➤ Risiken für die lokale Umwelt ➤ Verantwortungsbewusste Ressourcengewinnung ➤ Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen ➤ Flächeninanspruchnahme ➤ Biodiversität am Standort 	<p>Ökonomische Qualität</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus ➤ Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit ➤ Flächeneffizienz ➤ Marktfähigkeit 	<p>Standortqualität</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Verhältnisse und Risiken am Mikrostandort ➤ Quartiersmerkmale ➤ Verkehrsanbindung ➤ Nähe zu nutzungsrelevanten Objekten und Einrichtungen ➤ Erschließung
<p>Technische Qualität</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Schallschutz ➤ Wärme- und Tauwasserschutz ➤ Einsatz und Integration von Gebäudetechnik ➤ Reinigung und Instandhaltungsfreundlichkeit ➤ Rückbau, Trennung und Verwertung ➤ Widerstand gegen Naturgefahren ➤ Immissionsschutz ➤ Bedienungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der TGA ➤ Mobilitätsinfrastruktur 	<p>Prozessqualität</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Qualität der Projektvorbereitung ➤ Integrale Planung ➤ Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe ➤ Dokumentation für eine nachhaltige Bewirtschaftung ➤ Verfahren zur städtebaulichen und gestalterischen Konzeption ➤ Baustelle / Bauprozess ➤ Qualitätssicherung der Bauausführung ➤ Systematische Inbetriebnahme ➤ Nutzerkommunikation ➤ FM-gerechte Planung 	<p>Soziokulturelle Qualität</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Thermischer Komfort ➤ Innenraumluftqualität ➤ Visueller Komfort ➤ Akustischer Komfort ➤ Sicherheit ➤ Einflussnahmemöglichkeiten durch Nutzer ➤ Aufenthaltsqualitäten innen und außen ➤ Barrierefreiheit ➤ Gestalterische und städtebauliche Qualität ➤ Zugänglichkeit ➤ Mobilitätsinfrastruktur ➤ Kunst am Bau

Abb. 2: Sechs Themenfelder zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Kriterien, um diese zu spezifizieren. Je nach Gebäudetyp und Bewertungssystem werden die Kriterien unterschiedlich gewichtet oder entfallen [DGNB und BNB].

Durch den Baustoff Beton werden nicht nur die ökologischen, sondern auch zahlreiche andere Nachhaltigkeitskriterien beeinflusst: thermischer Komfort, Anpassungsfähigkeit, Flexibilität, Dauerhaftigkeit, Brandschutz, akustischer Komfort, Drittverwendungsfähigkeit etc.

Zahlreiche Nachhaltigkeitskriterien werden durch den Baustoff Beton positiv beeinflusst.

Bei der Nachhaltigkeitszertifizierung werden auch viele Kriterien betrachtet, die unabhängig von der Wahl des Baustoffes sind. Hierzu gehören z. B. Barrierefreiheit, Einflussnahme des Nutzers, Zugänglichkeit, Ausschreibung und Vergabe, Qualitätssicherung der Bauausführung (Abb. 2 und auch Kapitel 7.2).

Für die Erfüllung der Bauaufgabe „Errichtung eines nachhaltigen Gebäudes“ muss ein komplexer Abwägungsprozess durchgeführt werden. Dabei führt der Vergleich von Baustoff-Ökobilanzen zum Zweck der Baustoffwahl in der Regel zu Fehlschlüssen und ist unzulässig. Der Produktnutzen ist letztendlich nur auf der Ebene eines Gebäudes oder Gebäudeteils mit definierten Eigenschaften quantifizierbar.

EPDs sind nicht für den Baustoffvergleich geeignet.

3 Umweltproduktdeklarationen

Umweltproduktdeklarationen (EPDs) quantifizieren systematisch die Umweltwirkungen eines Produktes. Außerdem können sie zusätzliche Angaben zu technischen Eigenschaften, die für die Einschätzung der Leistung des Bauproduktes im Gebäude benötigt werden, wie Lebensdauer, Wärme- und Schallisolation oder den Einfluss auf die Qualität der Innenraumluft geben. Datengrundlage bilden die Ergebnisse einer Ökobilanz. Eine Wertung der Angaben erfolgt dabei nicht. Vielmehr muss der Planer diese Informationen auf die Maßstäbe des Zertifizierungssystems zur Bewertung der deklarierten Sachverhalte wie z. B. Energie- und Ressourceneinsatz und Auswirkungen des Produktes auf Folgen wie Treibhauseffekt, Versauerung, Überdüngung, Zerstörung der Ozonschicht anwenden.

Die Umweltwirkungen eines Produktes werden in der Regel über eine Ökobilanzierung entsprechend den Normen DIN EN ISO 14040 [DIN1] und DIN EN ISO 14044 [DIN2] ermittelt. Hierfür werden alle Stoffströme, die mit einem Produkt von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung verknüpft sind, systematisch erfasst. Potenzielle Umweltwirkungen dieser Stoffströme werden charakterisiert und quantifiziert. Ökobilanzen bilden den eigentlichen Kern einer Umweltproduktdeklaration.

Idealerweise werden die Umweltwirkungen sowohl bei der Betrachtung des Gebäudes als auch bei den verwendeten Bauprodukten über den gesamten Lebenszyklus erfasst. Das heißt: Für ein Gebäude werden die Auswirkungen des Stoff-, Energie- und Wasserverbrauchs sowie

des Abfallaufkommens während der Herstellphase (inkl. der Herstellung aller verwendeten Baustoffe und deren Ausgangsstoffe), seiner langjährigen Nutzungsphase und für den Rückbau bzw. Abriss betrachtet.

Umweltproduktdeklarationen werden in der Regel in Übereinstimmung mit den Anforderungen der DIN EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ [DIN3] und sogenannten Produktkategorieregeln (Product Category Rules – PCR) erarbeitet. Dabei wird die Zuverlässigkeit der Ökobilanz-Daten über eine unabhängige Verifizierung sichergestellt.

Für die Beton-EPDs wurden folgende Produktkategorieregeln für Bauprodukte aus dem Programm für Umweltproduktdeklarationen des Institutes Bauen und Umwelt e. V. (IBU) berücksichtigt:

- IBU PCR, Teil A: Rechenregeln für die Ökobilanz und Anforderungen an den Hintergrundbericht [IBU2]
- IBU PCR, Teil B: Anforderungen an die EPD für Betonbauteile aus Ort- oder Lieferbeton [IBU3]
- IBU PCR, Teil B: Anforderungen an die EPD für Betonfertigteile [IBU4]
- EN 16757:2017 – Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product Category Rules for concrete and concrete elements [DIN7]

Das nachfolgende Kapitel 4 erläutert die verschiedenen Schritte zur Erstellung der Ökobilanz für Beton.

Tafel 1: Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes (links) und der Umweltwirkungen (rechts) im Rahmen einer Ökobilanz nach DIN EN 15804 [DIN3]

Schutz natürlicher Ressourcen (Ressourceninanspruchnahme)	Schutz des Ökosystems (Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt)
<ul style="list-style-type: none"> · Primärenergieaufwand nicht erneuerbar (PE_{nem}) · Primärenergieaufwand erneuerbar (PE_{em}) · Einsatz von Sekundärstoffen · Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen · Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen · Einsatz von Trinkwasser 	<ul style="list-style-type: none"> · Globales Erwärmungspotenzial (GWP) · Potenzial der Bildung troposphärischen Ozons (POCP) · Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP) · Eutrophierungspotenzial (Überdüngung) (EP) · Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP) · Potenzial für abiotischen Ressourcenabbau für nicht fossile Ressourcen (ADP_{e}) · Potenzial für abiotischen Ressourcenabbau für fossile Ressourcen (ADP_{foss})

4 Ökobilanz Beton

4.1 Anwendungsbereich und deklarierte Einheit

Die Ökobilanz bezieht sich auf einen Kubikmeter [m³] in Deutschland hergestellten unbewehrten Beton für Bauteile im Hochbau (Wände, Decken, Balken, Treppen etc.), im Tiefbau (z. B. erdberührte Bauteile, Gründungselemente) und im Ingenieurbau (z. B. Brücken).

Für den Straßenbau kommt in der Regel Ortbeton aus Anlagen zum Einsatz, die sich in unmittelbarer Nähe der Einbaustelle befinden. In der Ökobilanzierung wurde Straßenbaubeton daher nicht betrachtet.

Fertigteile, die nicht konstruktiv eingesetzt werden (z. B. Pflastersteine, Gehwegplatten, Betonrohre, Dachsteine etc.) sind ebenfalls nicht von der Beton-EPD erfasst. Für Umweltinformationen zu speziellen Betonfertigteilen siehe <https://ibu-epd.com/veroeffentlichte-epds/>.

Für die Ökobilanzierung von Bauteilen aus Stahlbeton ist der Bewehrungsstahl separat zu betrachten. Hinweise hierzu siehe Kapitel 7.

- › durchschnittliche Transportentfernung der Ausgangsstoffe zum Werk (Zement, Gesteinskörnung, Wasser, Flugasche, Betonzusatzmittel),
- › Energieverbrauch im Bezugsjahr 2016 (elektrische Energie und Dieselmotorkraftstoff – sofern möglich aufgeschlüsselt in die verschiedenen Produktionsschritte),
- › durchschnittliche Transportentfernung zwischen Werk und Baustelle,
- › Umweltlasten typischer Arbeitsprozesse auf der Baustelle.

Für Transportbeton wurden repräsentative Betonzusammensetzungen aus einem Forschungsvorhaben des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. [DAFSTB] gewählt und mit Experten aus der Praxis sowie langjährig geführten Verbandsstatistiken des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie e. V. abgeglichen. Für den Betonfertigteilebereich wurden seitens der Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e. V. Daten von Fertigteilherstellern aus dem gesamten Bundesgebiet mit stark unterschiedlichen jährlichen Produktionsvolumina erhoben. Somit ist die Repräsentativität der Daten insgesamt sichergestellt. Die ermittelten Betonzusammensetzungen können demnach als typisch angesehen werden.

Die anschließende Durchschnittsbildung erfolgte für jede Betondruckfestigkeitsklasse gewichtet nach dem Produktionsvolumen von Transportbeton und Betonfertigteilen. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass – angepasst an den Produktionsprozess – statistisch höhere Betonfestigkeiten eher bei Fertigteilen zum Einsatz kommen, während niedrigere Betonfestigkeiten mehr als Transportbeton verwendet werden (Abb. 3).

Die Daten der Beton-EPD sind im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden für alle aus Beton hergestellten Bauwerksteile anwendbar.

4.2 Datenerhebung und Repräsentativität

Für die Ökobilanzen wurden sowohl für Transportbeton als auch für Betonfertigteile folgende Daten erhoben:

- › Produktionsmenge im Bezugsjahr 2016,
- › durchschnittliche Betonzusammensetzung,

In [BTB] sind Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Energetische Optimierung der Betonherstellung in Trans-

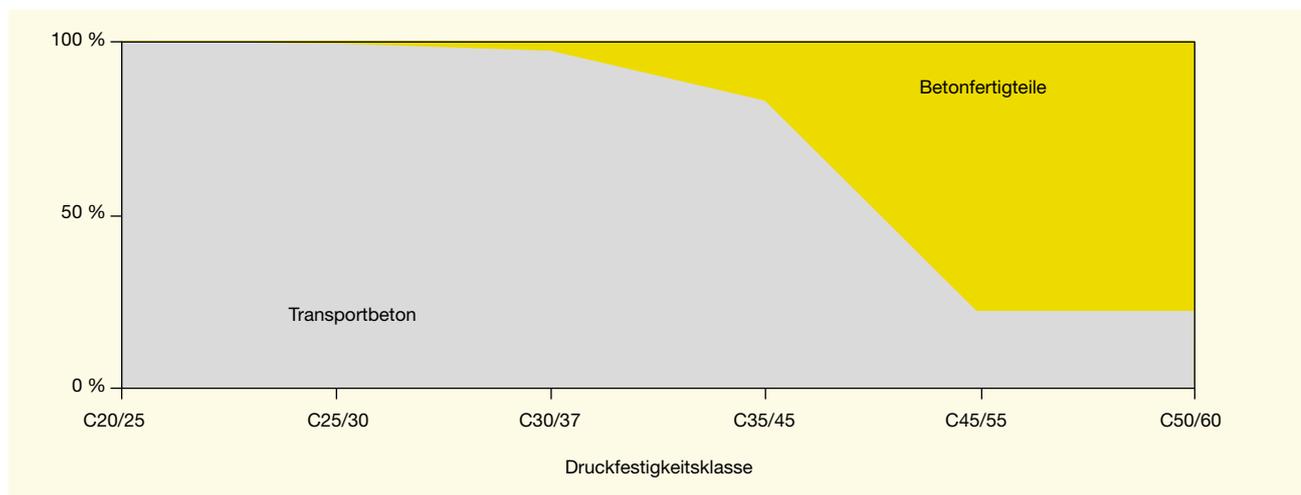


Abb.3: Verhältnis der Produktionsmengen Transportbeton / Betonfertigteile (schematisch)

portbetonwerken“ dokumentiert, in dessen Zuge eine Bestandsaufnahme zum Energieverbrauch bei Transportbetonwerken durchgeführt wurde. Ausgewählt waren sechs Werke, die in den Anlagentypen, den Misch- und Antriebssystemen und der Produktionsleistung variierten, um eine Vielzahl unterschiedlicher und gängiger Transportbetonwerke abzudecken. Mit Hilfe eines elektrischen Leistungsmessgerätes wurden die Leistungsaufnahme und der Energieverbrauch der jeweiligen Verbraucher im laufenden Betrieb aufgezeichnet. Für die Ökobilanzierung wurde ein Mittelwert herangezogen.

4.3 Betondruckfestigkeitsklassen und Betonzusammensetzung

Betonbauwerke und ihre Bauteile müssen die zu erwartenden Beanspruchungen sicher aufnehmen können und über viele Jahrzehnte dagegen widerstandsfähig bleiben. Dies verlangt eine sach- und materialgerechte Konstruktion, Bemessung, Baustoffauswahl und Bauausführung. Zur Sicherstellung der geforderten Eigenschaften werden

bei der Planung geeignete Annahmen für die zu erwartenden Umwelteinwirkungen getroffen (z.B. trockene Innenraumluft, mäßige Feuchte, Schlagregen, Tausalzangriff) und sogenannten Expositionsklassen zugeordnet [DIN4]. Die Betonzusammensetzung variiert je nach Druckfestigkeitsklasse und Bauaufgabe.

Insgesamt wurden folgende sechs Betondruckfestigkeitsklassen im Rahmen der Ökobilanz untersucht: C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C45/55 und C50/60. Tafel 2 zeigt die durchschnittliche Zusammensetzung der deklarierten Betone.

Die Auswahl der verschiedenen Druckfestigkeitsklassen soll es dem Planer ermöglichen, auch im frühen Planungsstadium mit einer angemessenen Genauigkeit die Umweltwirkungen des verwendeten Betons abzuschätzen. Für den Fall, dass zu diesem Zeitpunkt noch keine ausreichenden Informationen vorliegen, sind im Kapitel 6 zusätzlich die Umweltwirkungen eines „Durchschnittsbetons“ und weitere Hinweise zur Anwendbarkeit dieser Daten zu finden.

Tafel 2: Durchschnittliche Zusammensetzung des deklarierten Betons (gewichtetes Mittel aus Transportbeton und Betonfertigteilen) [Angaben in kg je m³ Beton]

	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C50/60
Zement	260	290	320	357	366	392
Flugasche	28	42	55	35	43	19
Gesteinsmehl	12	18	24	15	5	7
Gesteinskörnung	1.880	1.820	1.792	1.813	1.834	1.846
davon Kies	836	810	797	783	683	683
davon Sand	649	628	623	646	665	679
davon Splitt	376	364	356	369	482	480
davon rezyklierte GK	19	18	18	15	4	4
Wasser	170	176	170	164	155	153
Betonzusatzmittel	1,3	1,2	1,3	1,7	3,03	3,3
Summe	2.351,3	2.347,2	2.362,3	2.385,7	2.406,3	2.420,3

Tafel 3: Anhaltswerte für die Mindestdruckfestigkeitsklassen in Bezug auf die Umweltbedingungen (Expositionsklassen):

Beschreibung der Umgebung und Beispiele für die Zuordnung	Mindestdruckfestigkeitsklasse
Bauteile in Innenräumen mit üblicher Luftfeuchte (einschließlich Küche, Bad)	C16/20
Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat, z. B. offene Hallen, gewerbliche Küchen, Bäder, Wäschereien, Hallenbäder etc.	C20/25
Außenbauteile mit und ohne direkter Beregnung	C25/30
Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen, Einzelgaragen, Außenbauteile in Küstennähe	C30/37
Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung, Bauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen, Bauteile in betonangreifenden Böden	C35/45

Zur Abschätzung der anzuwendenden Betonfestigkeit lässt sich sagen, dass im Allgemeinen statisch hoch ausgenutzte Bauteile wie Stützen und Unterzüge mit höheren Festigkeiten hergestellt werden als z. B. Decken und Wände. Die Umweltbedingungen, denen Außenbauteile ausgesetzt sind, bestimmen über die Expositionsklassen ebenfalls die erforderliche Betondruckfestigkeit. Für Innenbauteile werden im Allgemeinen geringere Druckfestigkeiten verwendet als für Außenbauteile.

Eine detaillierte Aufstellung siehe [VDZ2].

4.4 Lebensweg von Betonbauteilen

4.4.1 Allgemeines

Die Umweltproduktdeklarationen für Beton umfassen den Lebensweg der Bauteile „von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen“ (cradle-to-gate with options). Im Gegensatz zu einer oft verwendeten EPD „von der Wiege bis zum Werkstor“ (cradle-to-gate) sind hier neben dem Produktionsstadium weitere ausgewählte Stadien des Lebensweges eines Betonbauteils erfasst. Die unterschiedlichen Stadien werden nach DIN EN 15804 [DIN3] in sogenannte Module unterteilt und dem Lebensweg eines Gebäudes zugeordnet (Abb. 5).

Die Beton-EPDs enthalten Angaben für den gesamten Lebensweg der Bauteile von der Gewinnung der Ausgangsstoffe bis zum Abriss des Gebäudes.

Zu folgenden Modulen werden Aussagen getroffen (siehe auch Abb. 6):

- › Produktstadium und Errichtungsphase: A1 bis A3, A4 und A5
- › Nutzungsphase: B1
- › Ende des Lebensweges: C1, C2 und C3
- › Gutschriften und Lasten außerhalb des Lebenszyklus des Gebäudes: D

Die wesentlichen Arbeitsschritte zur Herstellung eines auf der Baustelle geschalteten Gebäudeteils aus Transportbeton und eines Betonfertigteils sind annähernd die gleichen. Sie sind lediglich zeitlich verschoben (Abb. 6).

Die bestehenden Unterschiede zwischen den beiden Bauverfahren Betonfertigteilbauweise (BFT) und Transportbeton (TB) wirken sich in der Gesamtbilanzierung nur gering aus:

BFT: geringere Anzahl von Transporten zwischen Werk und Baustelle mit jedoch teilweise deutlich größerer Transportentfernung (durchschnittliche Entfernung: 180 km bei einer mittleren Nutzlast des Transportes von ca. 22 t)

TB: häufigere Transporte mit dem Fahrmischer, über meist geringere Entfernungen (durchschnittliche Transportentfernung 14,9 km bei ca. 7,5 m³ Transportvolumen der Fahrmischer)

BFT + TB: an das Bauverfahren angepasste Betonzusammensetzung (z. B. hohe Frühfestigkeit für Betonfertigteilbauweise, längere Verarbeitbarkeit von Transportbeton)

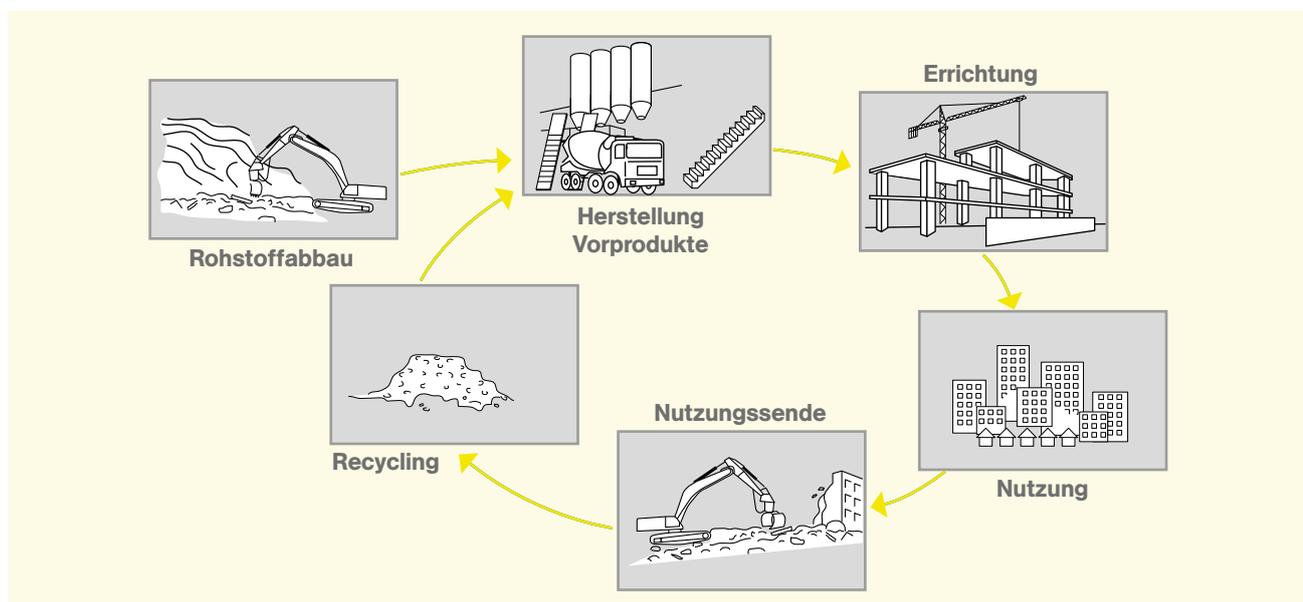


Abb. 4: Lebensweg von Bauwerken

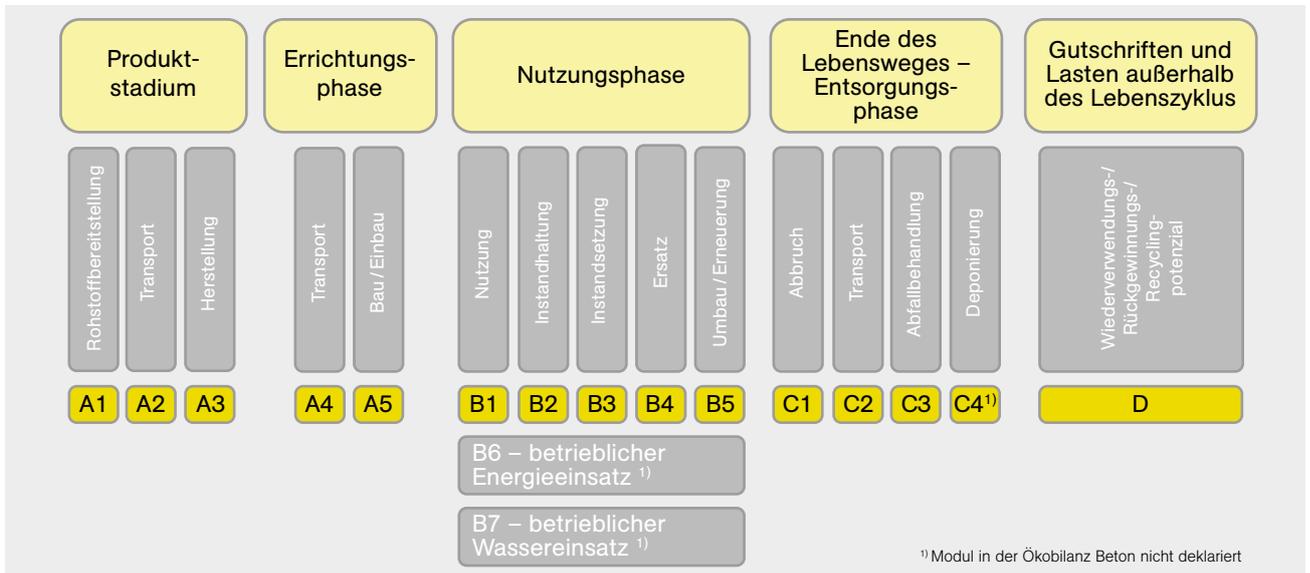


Abb. 5: Stadien des Lebensweges und Module für die Beschreibung und Bewertung eines Gebäudes; Abbildung nach Bild 1 in DIN EN 15804 [DIN2]

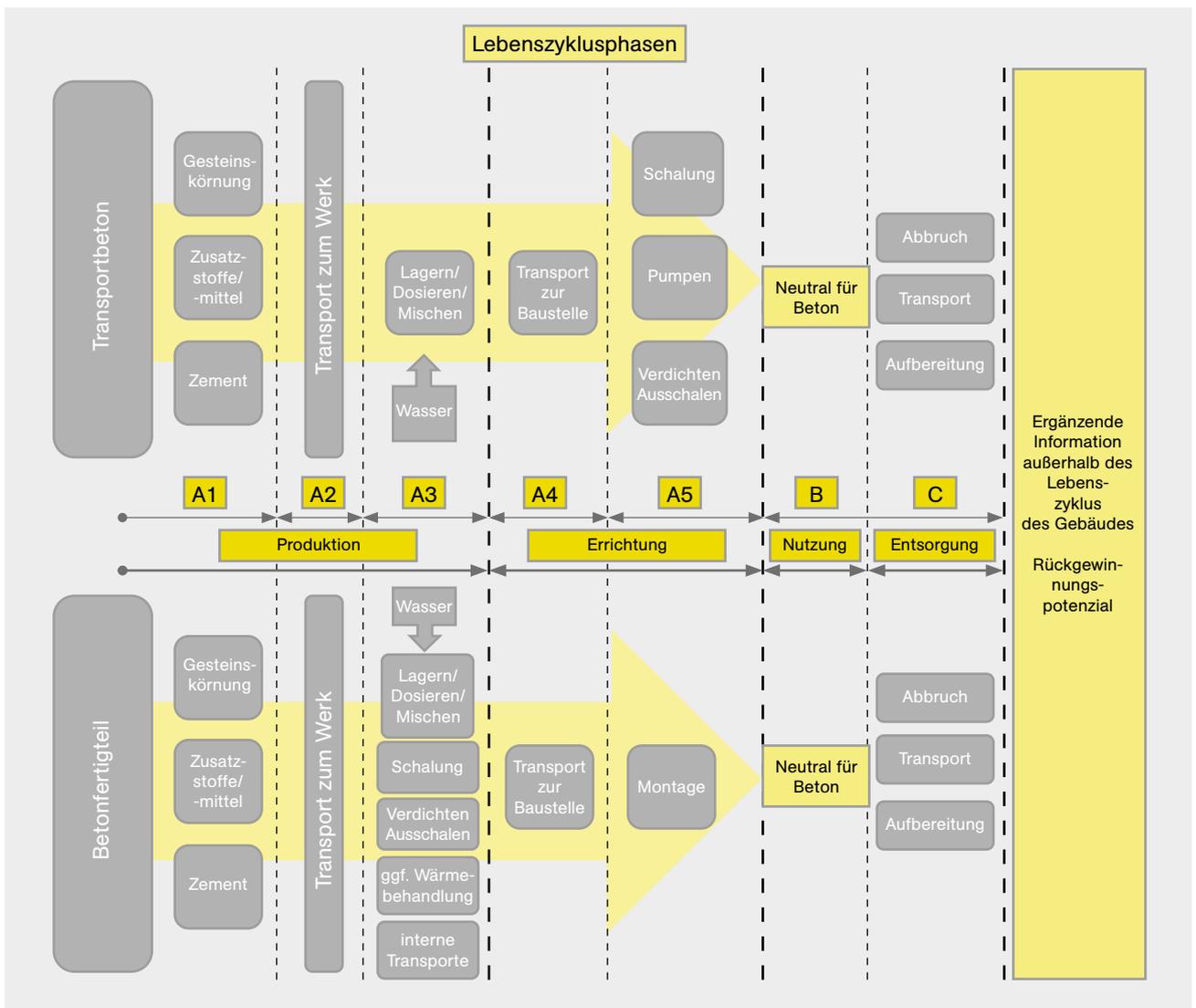


Abb. 6: Schema des Lebensweges eines Bauteils aus Beton mit Zuordnung zu den Modulen (in Anlehnung an DIN EN 15804)



Foto: BetonBild

Abb. 7: Natürliche Ausgangsstoffe für Beton: Wasser, Zement, Gesteinskörnung

4.4.2 Produktstadium Förderung/Produktion der Betonausgangsstoffe (Modul A1)

Beton wird hergestellt durch Mischen von Zement, grober und feiner Gesteinskörnung und Wasser, mit oder ohne Zugabe von Zusatzmitteln und Zusatzstoffen. Die durchschnittliche Zusammensetzung des deklarierten Betons ist auf Tafel 2 angegeben.

Gesteinskörnung

Als Gesteinskörnung werden Sand, Kies und/oder Splitt verwendet. Teilweise werden diese Primärrohstoffe durch rezyklierte Gesteinskörnungen ersetzt.

Zement

Zement ist ein hydraulisch erhärtendes Bindemittel. Er besteht aus einem Gemisch fein aufgemahlener, nicht metallisch-anorganischer Bestandteile. Zement kann durch gemeinsames Vermahlen des bis zur Sinterung gebrannten Zementklinkers mit anderen Haupt- und Nebenbestandteilen oder durch Mischen getrennt feingemahlener Haupt- und Nebenbestandteile hergestellt werden.

Die verfahrenstechnischen Unterschiede zwischen Transportbeton- und Betonfertigteilbauweise wirken sich nur gering auf die Ökobilanz aus.

Die einzelnen Lebenszyklusphasen und die berücksichtigten Prozesse werden nachfolgend näher erläutert.

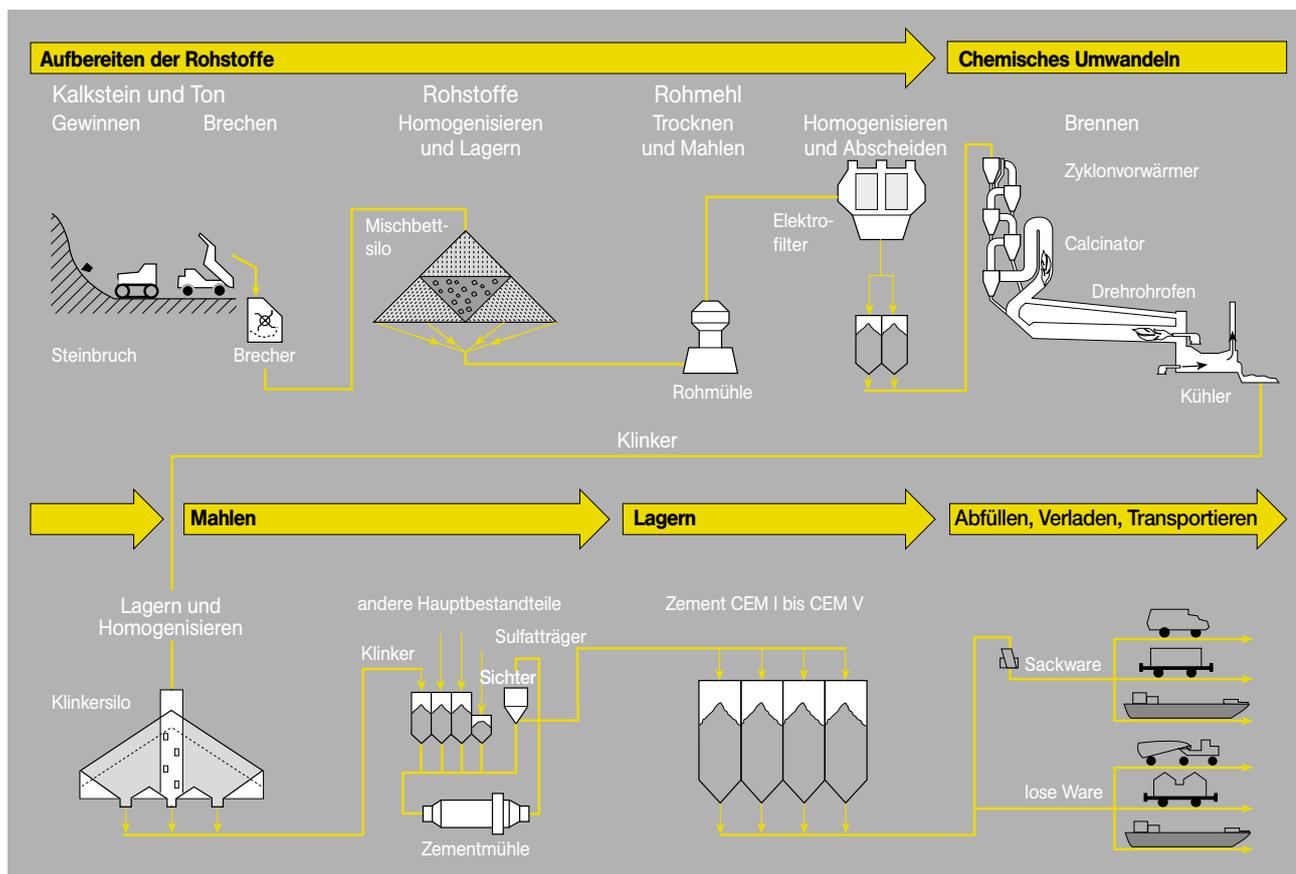


Abb. 8: Zementherstellung (schematisch)

Abb. 8 zeigt schematisch die Herstellung von Zement. Dabei entsteht zunächst aus einem Rohstoffgemisch, das in einer Ofenanlage bei einer Temperatur von mehr als 1.400°C bis zum Sintern erhitzt wird, sogenannter Zementklinker. Die dafür verwendeten Ausgangsstoffe müssen hauptsächlich Calciumoxid (CaO) und Siliciumdioxid (SiO₂) sowie in geringen Mengen Oxide des Aluminiums (Al₂O₃) und des Eisens (Fe₂O₃) enthalten. Gesteine, die diese Verbindungen liefern, sind Kalkstein oder Kreide und Ton oder deren natürlich vorkommendes Gemisch, der Kalksteinmergel.

Mögliche weitere Hauptbestandteile können z. B. Hütensand, Kalkstein, Flugasche oder gebrannter Schiefer sein. Zur Regelung des Erstarrens und der Festigkeitsentwicklung werden Sulfatträger wie Gipsstein oder Anhydrit zugesetzt.

Durch das Forschungsinstitut der Zementindustrie wurden in den Jahren 2016 und 2017 Ökobilanzierungen für verschiedene in Deutschland hergestellte Zementarten durchgeführt. Es zeigte sich, dass insbesondere der Anteil des Zementklinkers die Ökobilanz eines Zementes entscheidend beeinflusst. Für die Ökobilanzierung von Betonen wurde deshalb der Klinkeranteil für die verschiedenen Druckfestigkeitsklassen möglichst wirklichkeitsnah abgebildet.

Wasser/Abwasser

Neben Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz oder werkseigenen Brunnen wird in Betonwerken auch auf dem Werksgelände anfallendes Niederschlagswasser z. T. zur Betonherstellung verwendet.

Wasser aus der Aufbereitung von Restbeton oder der Reinigung von Mixern bzw. Fahrmischertrommeln wird in Betonwerken in entsprechenden Anlagen wiederaufbereitet. Produktionsbedingte Abwässer fallen daher in Betonwerken nicht an.

Betonzusatzstoff: Steinkohleflugasche

Flugaschen sind ein Verbrennungsrückstand aus Kohle-

kraftwerken. Sie können sowohl bei der Zementherstellung als auch als Betonzusatzstoff eingesetzt werden.

Betonzusatzmittel

Durch den Einsatz von Betonzusatzmitteln können die Frischbetoneigenschaften beeinflusst werden. Zum Einsatz können z. B. kommen: Betonverflüssiger, Fließmittel, Verzögerer, Luftporenbildner und Beschleuniger. Dabei werden die beiden zuerst genannten in Deutschland mit Abstand am häufigsten angewendet.

Transport der Rohstoffe zum Transportbeton-/Fertigteilwerk (Modul A2)

Die Transportentfernung variiert je nach Ausgangsstoff. Sie ist für Gesteinskörnungen relativ gering (gemittelt LKW/Bahn/Schiff ca. 69 km), da historisch Betonwerke oft in der Nähe von Kies-/Sandgruben oder Steinbrüchen errichtet wurden. Als durchschnittliche Transportentfernung von Zement wurden 91 km angesetzt. Für Betonzusatzmittel und Flugaschen wurde eine durchschnittliche Entfernung von ca. 130 km bilanziert.

Betonherstellung (Modul A3)

Die eigentliche Betonherstellung umfasst das Mischen des Betons aus den Ausgangsstoffen. Diese werden im Betonwerk aus Silos und von offenen Halden über Radlader und Förderbänder in die Mischanlagen befördert. Für die internen Transporte im Werk werden elektrische Energie und Diesel benötigt.

Im Transportbetonwerk wird der Frischbeton direkt in den oberen Einfülltrichter der Fahrmischer gefüllt, um zur Baustelle transportiert zu werden (Abb. 9).

Im Anschluss an das Mischen wird der Frischbeton im Fertigteilwerk über Kübelbahnen und Betonverteiler in die vorbereiteten Schalungen eingebracht (Abb. 10) und verdichtet (Abb.11).



Abb. 9: Einfüllen des Frischbetons in den Fahrmischer



Abb. 10: Übergabe des Frischbetons im Fertigteilwerk

Um die Bauteile möglichst bald nach der Herstellung ausschalen zu können, ist bei der Herstellung von Fertigteilen die Frühfestigkeit des Betons von besonderer Bedeutung. Die Erhärtung wird daher häufig durch eine Wärmebehandlung des jungen Betons beschleunigt. Nach ca. 12 bis 18 Stunden werden die Teile ausgeschalt und z. B. per Kran zum weiteren Aushärten und bis zum Transport auf die Baustelle auf den Lagerplatz gebracht.

Während beim Transportbeton auf der Baustelle typischerweise Stahlrahmenschalungen mit einer kunststoffbeschichteten Schalhaut aus Holz eingesetzt werden, kommen im Fertigteilwerk meist Stahlschalungen zum Einsatz, die für Konsolen und variable Querschnittsteile mit Holzschalung ergänzt werden.

4.4.3 Errichtung / Bauphase

Transport von Transportbeton und Betonfertigteilen zur Baustelle (Modul A4)

Die Entfernung zwischen dem Werkstor und der Baustelle sind bei Transportbeton und Betonfertigteilen sehr unterschiedlich. Aufgrund der zeitlich begrenzten Verarbeitbarkeit des Frischbetons (90 Minuten) und des engen Netzes von Transportbetonwerken legen Fahrmischer bis zur Baustelle durchschnittlich eine Strecke von 14,9 km zurück. Dagegen liegt die durchschnittliche Transportentfernung von Betonfertigteilen bei ca. 180 km. Dieser Unterschied führt dazu, dass die Umweltwirkungen beim Fertigteiltransport, bezogen auf den Kubikmeter Beton, deutlich größer sind. Dieser Umstand wurde für die Ökobilanzierung bei der Ermittlung der durchschnittlichen Umweltwirkungen des Betontransports berücksichtigt. Außerdem wird eine leere Rückfahrt angesetzt.

Einbau von Transportbeton und Betonfertigteilen auf der Baustelle (Modul A5)

Der Einbau von Transportbeton erfolgt meist mit Betonpumpen oder über Betonkübel, die per Turmdrehkran bewegt werden. Nach dem Einbringen in die Schalung wird der Beton im Regelfall mit Innenrüttlern verdichtet und nach dem Erhärten ausgeschalt (Abb. 12).

Betonfertigteile werden nach der Anlieferung mit Kranen (i. d. R. Autokran oder Turmdrehkran) vom Lieferfahrzeug an die Einbaustelle gehoben und dort montiert (Abb. 13).

Der Einbau von Transportbeton auf der Baustelle benötigt mehr Energie als der Einbau von Betonfertigteilen, da Prozesse wie der Schalungsbau, das Einbringen des Betons in die Schalung und die Verdichtung bei Betonfertigteilen bereits im Werk stattgefunden haben und dort bilanziert wurden.



Abb. 11: Verdichten des Betons in der Schalung im Fertigteilwerk



Abb. 12: Einbau von Transportbeton mit Betonpumpe und Verdichtung durch Innenrüttler



Abb. 13: Montage eines Betonfertigteils

Foto: BetonBild

Foto: BetonBild

Auf der sicheren Seite liegend werden die Umweltwirkungen des Einbaus von Transportbeton in der EPD ausgewiesen.

4.4.4 Nutzungsphase Nutzung (Modul B1)

In der Gebäudenutzungsphase entstehen durch Betonbauteile während der Referenznutzungsdauer von 50 Jahren [BMV1] in der Regel keine Umweltlasten.

Durch Carbonatisierung nehmen Betonbauteile während ihrer Nutzungsdauer Kohlendioxid aus der Luft auf. Durch die Carbonatisierung des Betons wird die Freisetzung von Kohlendioxid bei der Baustoffherstellung teilweise rückgängig gemacht. Dies kann als negatives Treibhauspotenzial ausgedrückt werden. [DIN7] macht im Anhang BB Angaben zur Quantifizierung der CO₂-Aufnahme. In der EPD wird folgende Annahme getroffen: „Unter Annahme eines 20 cm dicken Betonbauteils ergibt sich in der Nutzungsphase hierfür ein Wert von ca. -10 kg CO₂ je m³ Beton.“

Wartung (Modul B2) und Reparatur (Modul B3)

Die Betonzusammensetzung und die Konstruktion der Bauteile sind auf die Nutzungsdauer von 50 Jahren ausgelegt [DIN6]. Die tatsächliche Nutzungs- und Lebensdauer eines Bauwerks ist meist erheblich länger und letztlich von der üblichen Instandhaltung abhängig. Betonbauteile in üblichen Umgebungs- und Witterungsbedingungen weisen ein Dauerhaftigkeitspotenzial von weit über 100 Jahren auf.

Weitere Hinweise zur Lebensdauer von Beton gibt z. B. [BERG].

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

Während der Gebäudenutzung fallen durch die Betonbauteile keine Umweltlasten an. Die Carbonatisierung während der Nutzungsphase wird als negatives Treibhauspotenzial ausgedrückt.

4.4.5 Nutzungsende

Endet der Lebensweg eines Gebäudes, können darin verbaute Betonbauteile zurückgebaut oder abgebrochen werden (Modul C1). Der Betonabbruch wird meist zu Brechanlagen transportiert (Modul C2) und dort aufbereitet (Modul C3).

Rückbau/Abbruch von Betongebäuden und -bauteilen (Modul C1)

Nach aktuellem Stand der Technik erfolgt der Rückbau von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton überwiegend mit Baggern, die mit Abbruchzangen ausgerüstet sind. Das Zerkleinern des Betons erfolgt dabei durch das Einleiten von Druckkraft (Abb. 14).

Transport von Betonabbruch (Modul C2)

Heutzutage wird der Betonabbruch häufig direkt an Ort und Stelle mit mobilen Brechanlagen zerkleinert. Der Transport erfolgt dabei üblicherweise über Bagger oder Radlader, die den groben Bauschutt vor Ort der Brechanlage zuführen.

Abfallbehandlung – Betonaufbereitung (Modul C3)

Von den im Jahr 2016 angefallenen rund 58,5 Mio. t Bauschutt wurden nur ca. 6,2 % der Abfallbeseitigung zugeführt. Weitere 16,1 % wurden auf Deponien und im Rahmen der Verfüllung von Abgrabungen verwertet, während ca. 77,7 % des Bauschutts recycelt wurden. Überwiegend wurden recycelte mineralische Baustoffe im Erd- und Straßenbau verwendet (74,8 %). Wieder als Gesteinskörnung in der Asphalt- und Betonherstellung wurden ca. 21,0 % (15,2 Mio. t) eingesetzt [MON].

Die Aufbereitung erfolgt heute üblicherweise mit Backen- oder Prallbrechern. Diese zerkleinern den Betonschutt, dessen Teile nach dem Gebäudeabbruch noch Abmessungen von bis zu 80 cm haben, zu kleineren Kornfraktionen bis ca. 32 mm. Die Brechanlagen führen neben dem reinen Brechen auch eine Vorabsiebung und eine Metallabscheidung durch.



Abb. 14: Abbrucharbeiten mit Baggern

4.4.6 Nutzen und Lasten außerhalb des Lebenszyklus von Gebäuden

Rückgewinnung und Recycling (Modul D)

In der Brechanlage erreicht der Betonabbruch den „end-of-waste“ Status, d.h. er gilt nicht mehr als Abfall, sondern kann als Sekundärmaterial die Primärmaterialien Sand und Splitt/Schotter ersetzen. Hierfür werden ökobilanzielle Gutschriften im Modul D ausgewiesen.

Die CO₂-Aufnahme durch Carbonatisierung kann bis zum „Zeitpunkt funktionaler Äquivalenz“ im Modul D als negatives Treibhauspotenzial ausgewiesen werden. Da die funktionale Äquivalenz mit dem Ersatz natürlicher Gesteinskörnung (z. B. im Straßenunterbau) erreicht ist, wird in dieser Ökobilanz davon abgesehen, Carbonatisierung im Modul D zu berücksichtigen. Stattdessen wird die CO₂-Aufnahme aus Carbonatisierung nach der Nutzungsphase als „zusätzliche technische Information“ ausgewiesen.

Zusätzliche technische Information: Carbonatisierung nach dem Nutzungsende

Auch nach der Weiterverwendung von Recyclingbeton im Straßenunterbau findet eine Carbonatisierung von Beton statt. [DIN7] gibt 75 % der maximal möglichen CO₂-Auf-

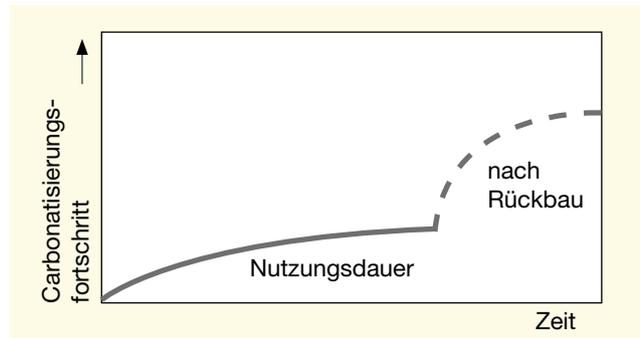


Abb. 15: Quantitativer Verlauf des Carbonatisierungsfortschritts in Beton

nahme als mittleren Richtwert für die Langzeitaufnahme von CO₂ an. Unter dieser Voraussetzung ergeben sich die in Tafel 4 genannten Werte. **Diese Werte sollten jedoch nur als Anhaltswerte verstanden werden, da sie vielen Einflussfaktoren unterliegen.**

Die CO₂-Aufnahme aus Carbonatisierung nach der Nutzungsphase wird als „zusätzliche technische Information“ ausgewiesen.

Tafel 4: Potenzial für die CO₂-Aufnahme nach dem Nutzungsende, abhängig von der Betondruckfestigkeitsklasse nach [DIN7]

Betondruckfestigkeitsklasse	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C50/60
Potenzial für CO ₂ -Aufnahme nach dem Nutzungsende [kg/m ³ Beton]	59,3	67,5	76,2	87,4	100,4	106,9

5 Ergebnisse der Ökobilanzierung

5.1 Darstellung in den Umweltproduktdeklarationen

Unter Berücksichtigung der vorab dargestellten Lebenszyklusphasen und Prozesse sowie der aufgeführten Annahmen wurden die Ökobilanzen für Beton errechnet.

Deren Ergebnisse sind ein wichtiger Bestandteil für die vorliegenden Umweltproduktdeklarationen. Die verschiedenen Umweltwirkungen werden jeweils für die einzelnen Module (Abb. 5) angegeben. Die Produktphase (Module A1 bis A3) wird zusammengefasst.

Im Anhang sind die Ergebnisse der Ökobilanz für alle Festigkeitsklassen zusammengefasst dargestellt. Diese wurden vom Institut Bauen und Umwelt e.V. IBU verifiziert und bestätigt.

5.2 Auswertung und Interpretation

Erwartungsgemäß fallen bei der Ökobilanz von Betonbauteilen die größten Umweltwirkungen in der Herstellungsphase (Produktstadium Module A1 bis A3) an. Abb. 16

zeigt den Anteil der verschiedenen Module ausgewählter Parameter der Bilanzierung eines Kubikmeters erhärteten unbewehrten Betons der Druckfestigkeitsklassen C20/25 und C50/60.

Modul D enthält die für die Verwendung von Betonabbruch als Sekundärrohstoff errechneten Gutschriften.

Schaut man sich das Produktstadium detaillierter an (Abb. 17), so wird deutlich, dass hier die Herstellung und die Gewinnung der Betonausgangsstoffe – und dabei besonders die Zementherstellung – den größten Einfluss auf die Ökobilanz von Beton haben. Die Zementherstellung trägt mit rund 80 % und die Gewinnung und Produktion von Gesteinkörnung mit rund 5 % zum Gesamtreibhauspotenzial der Betonherstellung bei. Dadurch relativieren sich auch die verfahrensbedingten Unterschiede zwischen vorgefertigten und vor Ort ge-

schalteten Betonbauteilen, sodass diese unter dem Strich kaum ins Gewicht fallen.

Mit zunehmender Betondruckfestigkeit steigen die Umweltwirkungen der Betonherstellung an (Abb. 18). Für eine angemessene Beurteilung der Umweltwirkung ist jedoch generell der Bezug zum Nutzen des Baustoffs im Gebäude herzustellen. Dies geschieht in Abb. 18 beispielhaft durch die Darstellung des Treibhauspotenziales (GWP) in Bezug auf die Betondruckfestigkeit (spezifisches Treibhauspotenzial). Hier wird deutlich, dass das spez. Treibhauspotenzial mit steigender Festigkeit abnimmt. Damit zeigt sich, dass eine korrekte Beurteilung der Umweltwirkungen nur im Zusammenhang mit der konkreten Bauaufgabe mit den dortigen Randbedingungen, also letztendlich auf Gebäudeebene, getroffen werden kann [DAFSTB].

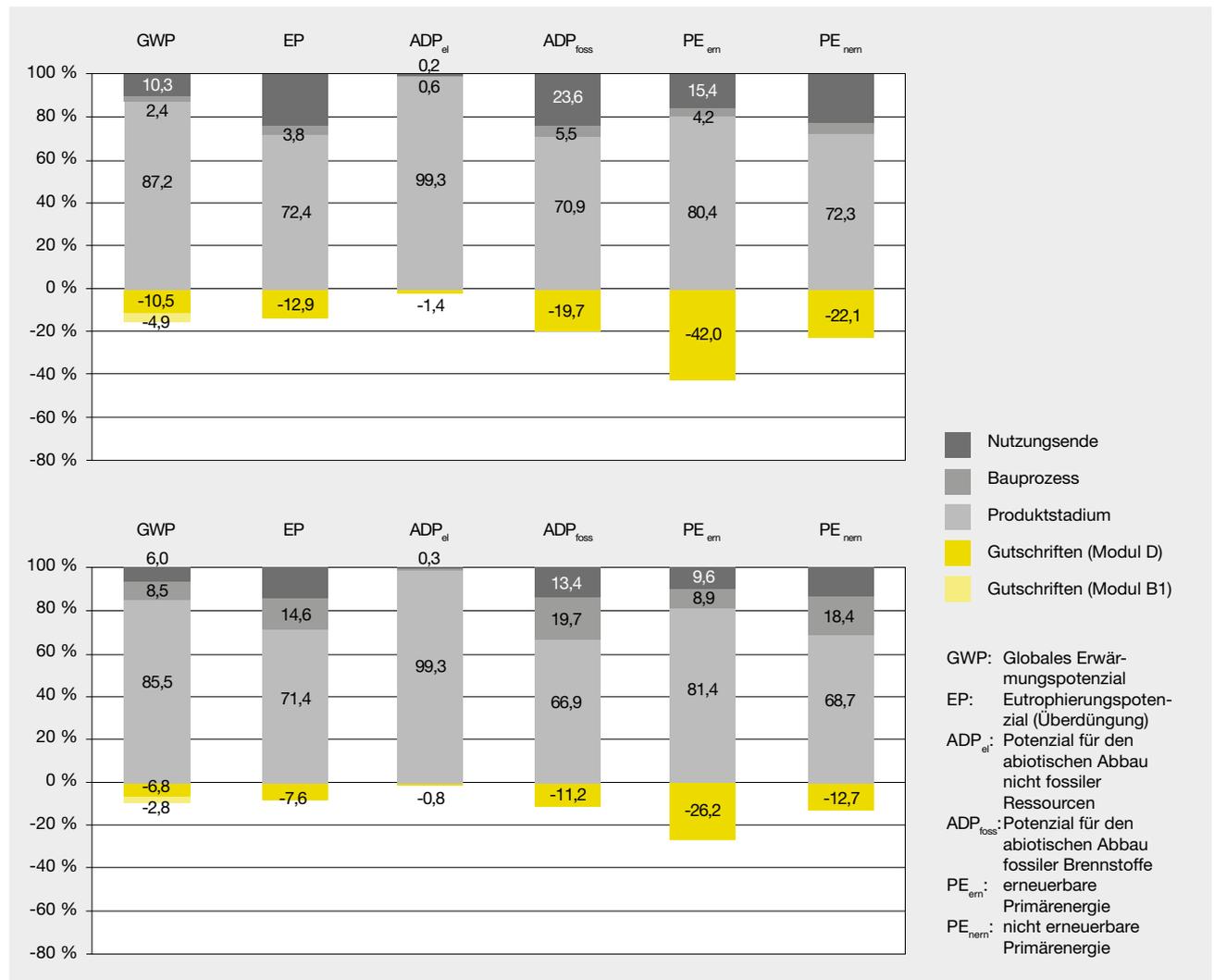


Abb. 16: Starke Dominanz der Produktherstellung in der Ökobilanz von Beton (oben: C20/25 und unten: C50/60)

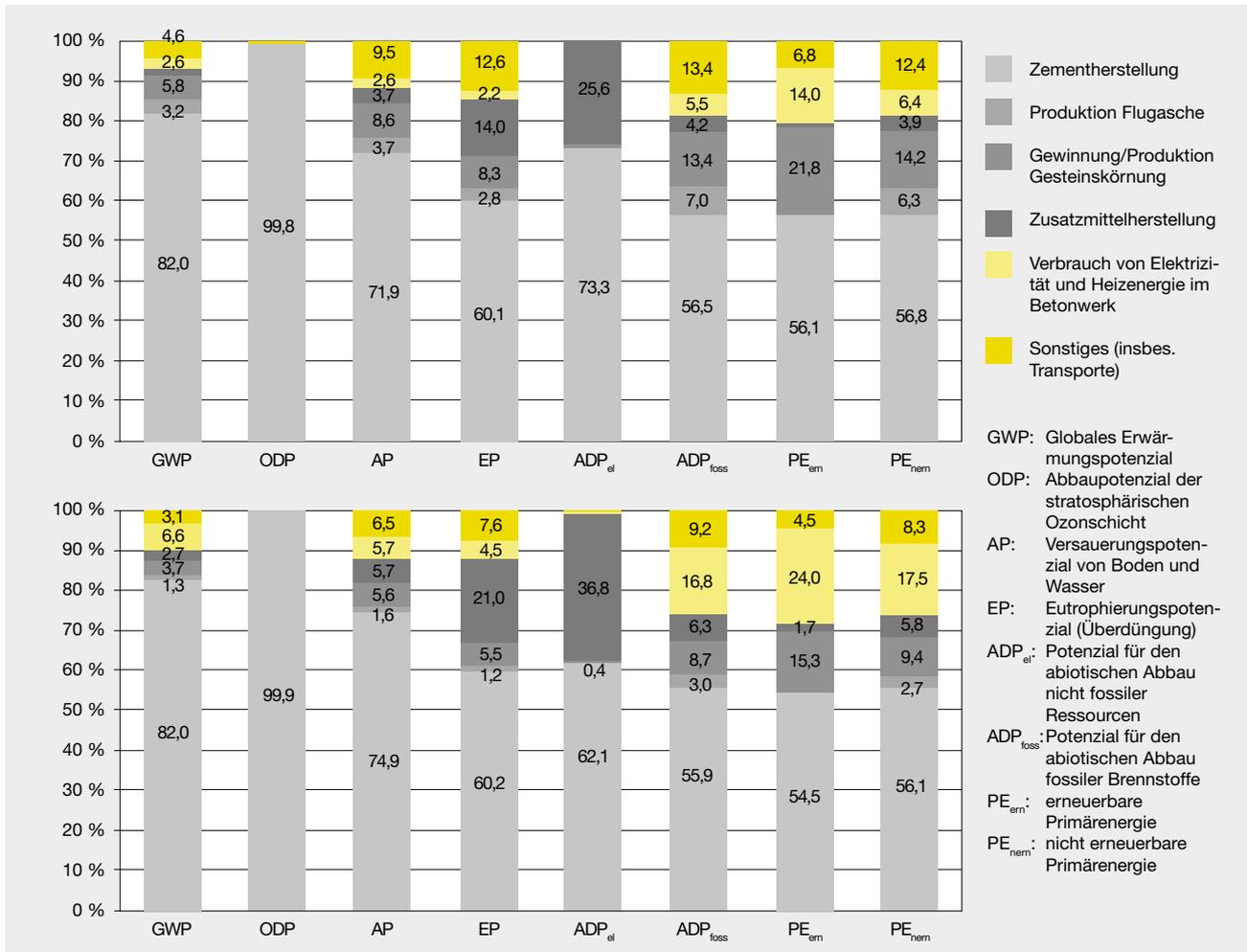


Abb. 17: Einflussfaktoren auf die Wirkungs- und Sachbilanz eines Betons der Druckfestigkeitsklasse C20/25 (oben) und C50/60 (unten) im Produktstadium

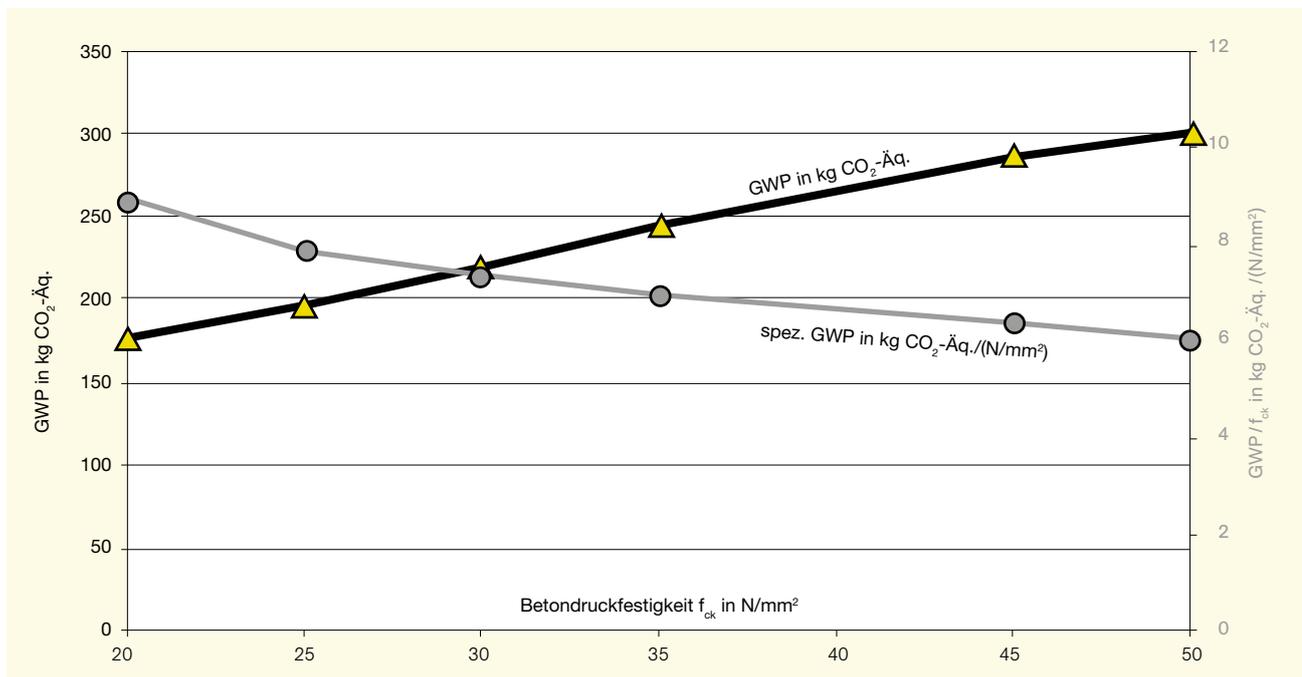


Abb. 18: Treibhauspotenzial (GWP) für die Herstellung (A1 bis A3) von 1 m³ Beton (schwarz) und bezogen auf die charakteristische Betondruckfestigkeit (grau)

6 Umweltinformationen für „Durchschnittsbeton“

Für den Fall, dass zum Zeitpunkt der Ökobilanzierung des Bauwerkes noch keine ausreichenden Informationen vorliegen, wurden Umweltwirkungen für einen „Durchschnittsbeton“ ermittelt. Diese basieren nicht auf einer verifizierten EPD, sondern wurden aus den Ökobilanzen der

sechs untersuchten Druckfestigkeitsklassen in Kombination mit dem jeweiligen Produktionsvolumen in Deutschland generiert. Da die Betonzusammensetzung aber stark variieren kann, können die nachfolgenden Daten nur als grobe Näherung dienen.

Tafel 5: Umweltwirkungen für 1 m³ „Durchschnittsbeton“ – nicht verifiziert

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
Globales Erwärmungspotenzial	[kg CO ₂ -Äq.]	209,8	5,8	1,1	-10,0	3,1	12,0	6,0	-21,4
Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht	[kg CFC11-Äq.]	5,73E-08	1,15E-12	4,71E-12	0,00E+00	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser	[kg SO ₂ -Äq.]	3,04E-01	1,47E-02	1,60E-03	0,00E+00	3,00E-02	3,21E-02	1,13E-02	-4,73E-02
Eutrophierungspotenzial	[kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.]	5,71E-02	3,47E-03	2,57E-04	0,00E+00	6,53E-03	7,65E-03	2,17E-03	-8,86E-03
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon	[kg Ethen Äq.]	2,48E-02	-4,92E-03	1,11E-04	0,00E+00	3,18E-03	-1,11E-02	9,74E-04	-2,79E-03
Potenzial f. d. abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen	[kg Sb Äq.]	6,95E-04	6,18E-07	5,36E-07	0,00E+00	3,28E-07	1,28E-06	1,97E-06	-8,60E-06
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe	[MJ]	954,8	78,5	10,5	0,0	41,7	163,0	68,4	-227,0
Einsatz Primärenergie erneuerbar	[MJ]	201,2	5,3	5,9	0,0	2,8	11,0	20,7	-94,1
Einsatz Primärenergie nicht erneuerbar	[MJ]	1.058,6	78,8	13,7	0,0	41,9	163,0	78,7	-279,0

7 Übertragung der Ergebnisse auf das Gesamtgebäude

7.1 Berücksichtigung der Bewehrung bei Stahlbetonbauteilen

Mit den Werten aus den Beton-EPDs liegen die erforderlichen Informationen vor, um für die Beurteilung der ökologischen Qualität eines Gebäudes die Umweltwirkungen zu ermitteln, die dem Beton zuzuordnen sind. Das Gesamtbetonvolumen der Konstruktion (soweit bekannt, unterschieden in unterschiedliche Druckfestigkeitsklassen) ist lediglich mit den Ökobilanzwerten pro m³ Beton zu multiplizieren.

Der Bewehrungsanteil ist zusätzlich zu erfassen. Hierfür wurden ergänzend zu den Datensätzen in der Ökobau.dat [BMI2] im September 2018 vom ift Rosenheim Umweltproduktdeklarationen für Betonstahl [IFT1] und Betonstahlmatten [IFT2] veröffentlicht. Darin deklariert werden jeweils die gesamte Herstellphase (A1-A3) sowie der Transport in der Errichtungs- (A4) und Entsorgungsphase (C2).

Zur Ermittlung der Ökobilanz eines Bauwerkes werden die Ökobilanz-Datensätze auf die eingesetzten Gesamtmassen angewendet (Tafel 6).

7.2 Weitere Einflüsse auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden

Zur Bewertung der Nachhaltigkeit sind komplexe Abwägungsprozesse zwischen den einzelnen Dimensionen der Nachhaltigkeit, den technischen bzw. funktionalen Eigenschaften des Bauwerkes sowie seiner Bauteile oder Baustoffe zu berücksichtigen.

Gerade bei der Konstruktion und Ausführung von Gebäuden erweist sich der Baustoff Beton – im Sinne der Nachhaltigkeit ganzheitlichen Betrachtung – als besonders vielseitig und leistungsfähig.



Neben den Umweltwirkungen werden durch den Baustoff Beton zahlreiche weitere Nachhaltigkeitskriterien positiv beeinflusst.

Tafel 6: Ökobilanzdaten 1 m³ Beton C45/55 und 1 Tonne Betonstahl

Parameter	Einheit	EPD 1 m ³ Beton C45/55 [IBU1]		EPD 1 t Betonstahl A1 bis A4 [IFT1]
		A1 bis A5, (A1 bis A5 + B1 + C1 bis C3)	D	
Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	[kg CO ₂ -Äq.]	316,3 ¹⁾ (327,9)	-21,40 ²⁾	256,3
Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	[kg CFC11-Äq.]	7,72E-8 (7,72E-8)	-1,32E-10	7,08E-6
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	[kg SO ₂ -Äq.]	0,480 (0,553)	-0,047	0,686
Eutrophierungspotenzial (EP)	[kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.]	0,09836 (0,1147)	-0,0089	0,062
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	[kg Ethen Äq.]	0,0112 (0,0043)	-0,0028	0,0565
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADP _{gr})	[kg Sb Äq.]	1,02E-3 (1,03E-3)	-8,60E-6	0,000301
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADP _{fossil})	[MJ]	1.765 (2.038)	-227,0	4.220
Primärenergie erneuerbar	[MJ]	314 (349)	-94,1	1.945
Primärenergie nicht erneuerbar	[MJ]	1.909 (2.193)	-279,0	6.030

¹⁾ Im Wert für das GWP der Module A1 bis A3 nicht enthalten sind 42 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Herstellung von Zementklinker. Nach dem Verursacherprinzip (EN 15804) wären diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat.

²⁾ Ein mögliches negatives Treibhauspotenzial aus der Carbonatisierung des Betons ist hier nicht erfasst.

Tafel 7: Abschätzung des Einflusses des gewählten Baustoffes auf die Nachhaltigkeitsbewertung im Bewertungssystem der DGNB (Version 2018)

	Kriterienbezeichnung	Einfluss
Ökologische Qualität	Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt	
	Ökobilanz des Gebäudes (emissionsbedingte Umweltwirkungen und Primärenergiebedarf)	x
	Risiken für die lokale Umwelt	x
	Verantwortungsbewusste Ressourcengewinnung	x
	Ressourceninanspruchnahme und Abfallaufkommen	
	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	-
	Flächeninanspruchnahme	-
	Biodiversität am Standort	-
Ökonomische Qualität	Lebenszykluskosten	
	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	x
	Wertentwicklung	
	Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit	x
	Marktfähigkeit	-
Soziokulturelle und funktionale Qualität	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit	
	Thermischer Komfort	x
	Innenraumluftqualität	x
	Akustischer Komfort	x
	Visueller Komfort	x
	Einflussnahme des Nutzers	-
	Aufenthaltsqualitäten innen und außen	-
	Sicherheit	o
	Funktionalität	
	Barrierefreiheit	-
Technische Qualität	Qualität der technischen Ausführung	
	Schallschutz	x
	Qualität der Gebäudehülle	x
	Einsatz und Integration von Gebäudetechnik	-
	Reinigungsfreundlichkeit des Baukörpers	x
	Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit	x
	Immissionsschutz	o
	Mobilitätsinfrastruktur	-
Prozessqualität	Qualität der Planung	
	Qualität der Projektvorbereitung	-
	Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe	-
	Dokumentation für eine nachhaltige Bewirtschaftung	-
	Verfahren zur städtebaulichen und gestalterischen Konzeption	-
	Qualität der Bauausführung	
	Baustelle / Bauprozess	x
	Qualitätssicherung der Bauausführung	x
	Geordnete Inbetriebnahmen	-
	Nutzerkommunikation	-
FM-gerechte Planung	-	
Standortqualität	Mikrostandort	-
	Ausstrahlung und Einfluss auf das Quartier	-
	Verkehrsanbindung	-
	Nähe zu nutzungsrelevanten Objekten und Einrichtungen	-

- x unmittelbarer Einfluss
- o Einfluss ist vorhanden, aber nicht dominant
- baustoffunabhängiges Kriterium

7.2.1 Flexibilität und Umnutzungsmöglichkeit

Flexibilität in der möglichen Grundrissaufteilung wirkt sich vorteilhaft auf die Wertstabilität und damit die Nachhaltigkeit eines Gebäudes aus. Ziel ist es, Veränderungen aufgrund wechselnder Nutzerbedürfnisse oder Nutzerwechsel mit möglichst wenig Ressourceneinsatz realisierbar zu machen. Für den Entwurf bedeutet das die Minimierung der tragenden Bauteile bei zugleich großen Deckenspannweiten und kosteneffizientem Gesamtkonzept. Die Auflösung der tragenden Wand zur Stütze und die Trennung der Gebäudehülle von der tragenden Konstruktion sind zwei wichtige Aspekte, die weitgehende Flexibilität in der Raumgestaltung ermöglichen.

Für eine hohe Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit sollten mögliche Nutzungsänderungen und potenzielle Erweiterungsmöglichkeiten bereits in der Planungsphase bedacht werden.

7.2.2 Dauerhaftigkeit

Unter Dauerhaftigkeit versteht man die Fähigkeit der Betonbauteile, gegenüber Umwelteinwirkungen und den geplanten Belastungen widerstandsfähig zu sein, ohne einen besonderen bzw. regelmäßigen Aufwand zur Aufrechterhaltung der Widerstandsfähigkeit leisten zu müssen. Damit der Beton den aus den Umgebungsbedingungen resultierenden Einwirkungen widerstehen kann, wird er gezielt zusammengesetzt und die Bauteile werden entsprechend konstruiert.

Der Baustoff Beton trägt mit seiner Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit dazu bei, dass an den entsprechenden Bauteilen kaum Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen.

7.2.3 Schallschutz

Eine grundlegende Aufgabe des nachhaltigen Bauens ist der Schutz vor übermäßiger Lärmbelastung – sowohl Verkehrslärm, aber auch Lärm aus fremden Wohn- und Arbeitsbereichen.

Prinzipiell steht zum Schutz vor Lärm eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verfügung. Bei der Konstruktion ist z. B. auf eine sorgfältige Trennung der Bauteile zu benachbarten Wohnungen mit Hilfe durchgehender Trennfugen in Wand und Geschossdecken zu achten.

Auf der Materialseite ist dringend zu empfehlen, Baustoffe mit hoher Rohdichte einzusetzen. Beton erweist sich auch bei dieser Aufgabe als vorteilhaft.

7.2.4 Brandschutz

Brandschutz ist eine ganz wesentliche Aufgabe des nachhaltigen Bauens. Immer noch lauten die Ziele baulichen Brandschutzes: Personenschutz, Sachschutz, Nachbarschutz, Umweltschutz, Kulturgutschutz. Nachhaltiges Bauen erfordert jedoch mehr als nur den Schutz des nackten Lebens. Grundvoraussetzung dafür ist die Verwendung nicht brennbarer Baustoffe, z. B. Beton. Er stellt nicht nur sicher, dass Rettungswege im Brandfall frei von Feuer und Rauch sind, sondern verhindert auch, dass gebaute Werte Opfer der Flammen werden.

Beton brennt nicht. Der Baustoff verhindert die Ausbreitung von Bränden.

Beton hat auch ohne eine gesonderte Brandschutzausrüstung bereits hervorragende Brandschutzeigenschaften.

7.2.5 Energieeffizienz und thermischer Komfort

Große Bedeutung für Energieeffizienz und Behaglichkeit hat die thermische Trägheit von Baustoffen, die durch deren Wärmespeicherfähigkeit bestimmt wird. Solare Wärmegewinne können in schweren Baustoffen effizienter als in leichten genutzt werden. Ein Beispiel: Aufgrund der hohen thermischen Kapazität bleiben in massiven Bauten selbst bei relativ starker Sonneneinstrahlung die Temperaturen noch im behaglichen Bereich – und das allein durch die Wärmespeicherfähigkeit des Betons, ohne maschinelle Klimatisierung die Innenraumtemperaturen.

Als innovative, kostengünstige und energieeffiziente Methode zum Kühlen und Erwärmen von Gebäuden wird die sogenannte Betonkernaktivierung immer interessanter. Sie nutzt die Fähigkeit der Decken und Wände im Gebäude, thermische Energie zu speichern und damit Räume zu heizen oder zu kühlen. Weiterführende Informationen zur Energieeffizienz und zum thermischen Komfort siehe [BMD2].

Bauteile aus Beton erhöhen den thermischen Komfort, da sie solare Gewinne durch ihre hohe Masse speichern können.

Weitere Fakten zum Baustoff Beton finden Sie in der Broschüre „Beton. Die beste Wahl.“

9 Literaturverzeichnis

- [BERG] Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): Betonkalender 2013: Lebensdauer und Instandsetzung – Brandschutz. Ernst & Sohn GmbH, Berlin 2013
- [BMD1] BetonMarketing Deutschland (Hrsg.): Nachhaltiges Bauen mit Beton – Ein Fachbeitrag für Architekten, Planer und Bauherren. Erkrath 2006
- [BMD2] BetonMarketing Deutschland (Hrsg.): Energieeffizienz im Wohnungsbau. Erkrath 2014
- [BMI1] Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. April 2015 (aktualisierte Fassung 2019)
- [BMI2] Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat: Ökobau.dat 2019 – www.oekobaudat.de
- [BNB] Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) – www.nachhaltigesbauen.de
- [BTB] Energetische Optimierung der Betonherstellung, TB iNFO 60, September 2015
- [DAFSTB] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Heft 584 – Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Potenziale des Sekundärstoffeinsatzes im Betonbau – Teilprojekt B. Beuth Verlag, Berlin 2011
- [DGNB] Deutsche Gesellschaft Nachhaltiges Bauen: DGNB Zertifizierungssystem – www.dgnb-system.de
- [DIN1] DIN EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
- [DIN2] DIN EN ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
- [DIN3] DIN EN 15804:2012-04+A1:2013-05 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte
- [DIN4] DIN EN 1992-1-2 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [DIN5] DIN EN 1992-1-1/NA Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [DIN6] DIN EN 206-1:2001-07 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [DIN7] EN 16757:2017 – Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product Category Rules for concrete and concrete elements
- [FDB1] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebaue e.V. (Hrsg.): Merkblatt Nr. 10 zum nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen. Bonn 2019
- [IBU1] Institut Bauen und Umwelt: EPD Beton. InformationsZentrum Beton GmbH. Juli 2018
- [IBU2] Institute Construction and Environment e.V. (IBU) – Product Category Rules for Building-Related Products and Services, Part A: Calculation Rules for the Life Cycle Assessment and Requirements for the Project Report, Version 1.6, 11.04.2017
- [IBU3] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) – PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen – Teil B: Anforderungen an die EPD für Betonbauteile aus Ort- oder Lieferbeton, Version 1.6, 30.11.2017
- [IBU4] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) – PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen – Teil B: Anforderungen an die EPD für Betonfertigteile, Version 1.6, 30.11.2017
- [IFT1] ift Rosenheim: EPD Betonstahl zur Bewehrung von Beton. Badische Drahtwerke GmbH, September 2018
- [IFT2] ift Rosenheim: EPD Betonstahlmatten und Gitterträger. Baustahlgewerbe GmbH, September 2018
- [MON] Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016. Dezember 2018
- [VDZ1] Reiners, J.: Vortrag „Stellung von Zement und Beton in der Nachhaltigkeitsdiskussion“, Technisch-Wissenschaftliche Zementtagung, Düsseldorf, 28. September 2011
- [VDZ2] Zementmerkblatt B9 „Expositionsklassen“

Anhang

A.1.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C20/25.....	26
A.2.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C25/30.....	27
A.3.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C30/37.....	28
A.4.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C35/45.....	29
A.5.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C45/55.....	30
A.6.	Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C50/60.....	31

A.1. Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C20/25



5. LCA: Ergebnisse

Die Wirkungsabschätzungsergebnisse stellen nur relative Aussagen dar. Sie machen keine Aussagen über Endpunkte der Wirkungskategorien, Überschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsmargen oder über Risiken. Für die Berechnung wurden CML-Faktoren der Version Oktober 2012 verwendet.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; MND = MODUL NICHT DEKLARIERT)

Produktionsstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium								Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	X	X	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	MND	X	

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C 20/25

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	178,00	3,90	1,08	-10,00	3,10	12,00	6,01	-21,40
ODP	[kg CFC11-Äq.]	4,79E-8	7,67E-13	4,71E-12	0,00E+0	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	2,61E-1	9,93E-3	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2	3,21E-2	1,13E-2	-4,73E-2
EP	[kg (PO ₄) ³ -Äq.]	4,98E-2	2,35E-3	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3	7,65E-3	2,17E-3	-8,86E-3
POCP	[kg Ethen-Äq.]	2,05E-2	-3,35E-3	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3	-1,11E-2	9,74E-4	-2,79E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	6,08E-4	4,13E-7	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7	1,28E-6	1,97E-6	-8,60E-6
ADPF	[MJ]	819,00	52,50	10,50	0,00	41,70	163,00	68,40	-227,00

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potential für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe); ADPF = Potential für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP - fossile Energieträger)

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ RESSOURCENEINSATZ: 1 m³ Konstruktionsbeton C 20/25

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
PERE	[MJ]	180,00	3,50	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PERM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERT	[MJ]	180,00	3,50	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PENRE	[MJ]	912,00	52,70	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
PENRM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PENRT	[MJ]	912,00	52,70	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
SM	[kg]	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00
RSF	[MJ]	164,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NRSF	[MJ]	311,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FW	[m³]	0,76	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,28

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 Sekundärstoffe; NRSF = Nicht erneuerbare Sekundärstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ OUTPUT-FLÜSSE UND ABFALLKATEGORIEN:

1 m³ Konstruktionsbeton C 20/25

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
HWD	[kg]	2,50E-4	3,31E-6	1,29E-8	0,00E+0	2,62E-6	1,02E-5	2,30E-6	-3,58E-6
NHWD	[kg]	40,10	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	-46,50
RWD	[kg]	3,70E-2	7,97E-5	1,26E-3	0,00E+0	6,33E-5	2,42E-4	4,00E-2	-2,07E-2
CRU	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MFR	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00	0,00
MER	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EEE	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EET	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

Im Wert für das GWP der Module A1 bis A3 nicht enthalten sind 26 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Zementklinkerherstellung. Nach dem Verursacherprinzip /DIN EN 15804/ sind diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat. Aus Transparenzgründen wird der Wert hier jedoch zusätzlich angegeben: GWP inkl. Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung: 204 CO₂-Äq.. So soll über Ländergrenzen hinweg die Vergleichbarkeit von berechneten Treibhauspotenzialen für Zemente auch dann sichergestellt werden, falls die bei der Klinkerherstellung eingesetzten Sekundärstoffe in anderen Ländern keinen Abfallstatus haben sollten.

A.2. Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C25/30



5. LCA: Ergebnisse

Die Wirkungsabschätzungsergebnisse stellen nur relative Aussagen dar. Sie machen keine Aussagen über Endpunkte der Wirkungskategorien, Überschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsmargen oder über Risiken. Für die Berechnung wurden CML-Faktoren der Version Oktober 2012 verwendet.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; MND = MODUL NICHT DEKLARIERT)

Produktionsstadium m		Stadium der Errichtung des Bauwerks			Nutzungsstadium								Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze	
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	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	MND	X		

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C 25/30

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	197,00	3,90	1,08	-10,00	3,10	12,00	6,01	-21,40
ODP	[kg CFC11-Äq.]	5,36E-8	7,67E-13	4,71E-12	0,00E+0	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	2,87E-1	9,93E-3	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2	3,21E-2	1,13E-2	-4,73E-2
EP	[kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.]	5,35E-2	2,35E-3	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3	7,65E-3	2,17E-3	-8,86E-3
POCP	[kg Ethen-Äq.]	2,30E-2	-3,35E-3	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3	-1,11E-2	9,74E-4	-2,79E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	6,43E-4	4,13E-7	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7	1,28E-6	1,97E-6	-8,60E-6
ADPF	[MJ]	900,00	52,50	10,50	0,00	41,70	163,00	68,40	-227,00

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potential für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe); ADPF = Potential für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP - fossile Energieträger)

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ RESSOURCENEINSATZ: 1 m³ Konstruktionsbeton C 25/30

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
PERE	[MJ]	190,00	3,50	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PERM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERT	[MJ]	190,00	3,50	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PENRE	[MJ]	999,00	52,70	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
PENRM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PENRT	[MJ]	999,00	52,70	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
SM	[kg]	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00
RSF	[MJ]	183,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NRSF	[MJ]	348,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FW	[m³]	0,80	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,28

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

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ OUTPUT-FLÜSSE UND ABFALLKATEGORIEN:

1 m³ Konstruktionsbeton C 25/30

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
HWD	[kg]	3,13E-4	3,31E-6	1,29E-8	0,00E+0	2,62E-6	1,02E-5	2,30E-6	-3,58E-6
NHWD	[kg]	38,30	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	-46,50
RWD	[kg]	3,90E-2	7,97E-5	1,26E-3	0,00E+0	6,33E-5	2,42E-4	4,00E-2	-2,07E-2
CRU	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MFR	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00	0,00
MER	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EEE	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EET	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

Im Wert für das GWP der Module A1 bis A3 nicht enthalten sind 29 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Zementklinkerherstellung. Nach dem Verursacherprinzip /DIN EN 15804/ sind diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat. Aus Transparenzgründen wird der Wert hier jedoch zusätzlich angegeben: GWP inkl. Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung: 226 CO₂-Äq.. So soll über Ländergrenzen hinweg die Vergleichbarkeit von berechneten Treibhauspotenzialen für Zemente auch dann sichergestellt werden, falls die bei der Klinkerherstellung eingesetzten Sekundärbrennstoffe in anderen Ländern keinen Abfallstatus haben sollten.

A.3. Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C30/37



5. LCA: Ergebnisse

Die Wirkungsabschätzungsergebnisse stellen nur relative Aussagen dar. Sie machen keine Aussagen über Endpunkte der Wirkungskategorien, Überschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsmargen oder über Risiken. Für die Berechnung wurden CML-Faktoren der Version Oktober 2012 verwendet.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; MND = MODUL NICHT DEKLARIERT)

Produktionsstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium								Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	X	X	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	MND	X	

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C 30/37

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	219,00	4,50	1,08	-10,00	3,10	12,00	6,01	-21,40
ODP	[kg CFC11-Äq.]	5,97E-8	8,81E-13	4,71E-12	0,00E+0	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	3,17E-1	1,14E-2	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2	3,21E-2	1,13E-2	-4,73E-2
EP	[kg (PO ₄) ³ -Äq.]	5,91E-2	2,69E-3	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3	7,65E-3	2,17E-3	-8,86E-3
POCP	[kg Ethen-Äq.]	2,58E-2	-3,82E-3	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3	-1,11E-2	9,74E-4	-2,79E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	7,11E-4	4,75E-7	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7	1,28E-6	1,97E-6	-8,60E-6
ADPF	[MJ]	997,00	60,40	10,50	0,00	41,70	163,00	68,40	-227,00

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potential für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe); ADPF = Potential für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP - fossile Energieträger)

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ RESSOURCENEINSATZ: 1 m³ Konstruktionsbeton C 30/37

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
PERE	[MJ]	204,00	4,10	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PERM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERT	[MJ]	204,00	4,10	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PENRE	[MJ]	1100,00	60,60	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
PENRM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PENRT	[MJ]	1100,00	60,60	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
SM	[kg]	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00
RSF	[MJ]	204,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NRSF	[MJ]	388,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FW	[m³]	0,93	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,28

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 Sekundärstoffe; NRSF = Nicht-erneuerbare Sekundärstoffe; FW = Einsatz von Süßwasserressourcen

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ OUTPUT-FLÜSSE UND ABFALLKATEGORIEN:

1 m³ Konstruktionsbeton C 30/37

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
HWD	[kg]	3,75E-4	3,80E-6	1,29E-8	0,00E+0	2,62E-6	1,02E-5	2,30E-6	-3,58E-6
NHWD	[kg]	39,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	-46,50
RWD	[kg]	4,20E-2	9,17E-5	1,26E-3	0,00E+0	6,33E-5	2,42E-4	4,00E-2	-2,07E-2
CRU	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MFR	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00	0,00
MER	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EEE	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EET	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

Im Wert für das GWP der Module A1 bis A3 nicht enthalten sind 33 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Zementklinkerherstellung. Nach dem Verursacherprinzip /DIN EN 15804/ sind diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat. Aus Transparenzgründen wird der Wert hier jedoch zusätzlich angegeben: GWP inkl. Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung: 252 CO₂-Äq.. So soll über Ländergrenzen hinweg die Vergleichbarkeit von berechneten Treibhauspotenzialen für Zemente auch dann sichergestellt werden, falls die bei der Klinkerherstellung eingesetzten Sekundärstoffe in anderen Ländern keinen Abfallstatus haben sollten.

A.4. Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C35/45



5. LCA: Ergebnisse

Die Wirkungsabschätzungsergebnisse stellen nur relative Aussagen dar. Sie machen keine Aussagen über Endpunkte der Wirkungskategorien, Überschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsmargen oder über Risiken. Für die Berechnung wurden CML-Faktoren der Version Oktober 2012 verwendet.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; MND = MODUL NICHT DEKLARIERT)

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	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	MND	X

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C35/45

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	244,00	9,10	1,08	-10,00	3,10	12,00	6,01	-21,40
ODP	[kg CFC11-Äq.]	6,81E-8	1,81E-12	4,71E-12	0,00E+0	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	3,48E-1	2,29E-2	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2	3,21E-2	1,13E-2	-4,73E-2
EP	[kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.]	6,55E-2	5,42E-3	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3	7,65E-3	2,17E-3	-8,86E-3
POCP	[kg Ethen-Äq.]	2,98E-2	-7,67E-3	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3	-1,11E-2	9,74E-4	-2,79E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	8,22E-4	9,76E-7	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7	1,28E-6	1,97E-6	-8,60E-6
ADPF	[MJ]	1080,00	123,80	10,50	0,00	41,70	163,00	68,40	-227,00

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potential für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe); ADPF = Potential für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP - fossile Energieträger)

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ RESSOURCENEINSATZ: 1 m³ Konstruktionsbeton C35/45

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
PERE	[MJ]	229,00	8,30	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PERM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERT	[MJ]	229,00	8,30	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PENRE	[MJ]	1200,00	124,30	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
PENRM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PENRT	[MJ]	1200,00	124,30	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
SM	[kg]	21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00
RSF	[MJ]	233,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NRSF	[MJ]	443,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FW	[m³]	0,80	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,28

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

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ OUTPUT-FLÜSSE UND ABFALLKATEGORIEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C35/45

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
HWD	[kg]	3,36E-4	7,79E-6	1,29E-8	0,00E+0	2,62E-6	1,02E-5	2,30E-6	-3,58E-6
NHWD	[kg]	41,80	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,04	-46,50
RWD	[kg]	4,70E-2	1,88E-4	1,26E-3	0,00E+0	6,33E-5	2,42E-4	4,00E-2	-2,07E-2
CRU	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MFR	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00	0,00
MER	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EEE	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EET	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

Im Wert für das GWP der Module A1 bis A3 nicht enthalten sind 37 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Zementklinkerherstellung. Nach dem Verursacherprinzip /EN 15804/ sind diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat. Aus Transparenzgründen wird der Wert hier jedoch zusätzlich angegeben: GWP inkl. Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung: 281 CO₂-Äq. So soll über Ländergrenzen hinweg die Vergleichbarkeit von berechneten Treibhauspotenzialen für Zemente auch dann sichergestellt werden, falls die bei der Klinkerherstellung eingesetzten Sekundärbrennstoffe in anderen Ländern keinen Abfallstatus haben sollten.

A.5. Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C45/55



5. LCA: Ergebnisse

Die Wirkungsabschätzungsergebnisse stellen nur relative Aussagen dar. Sie machen keine Aussagen über Endpunkte der Wirkungskategorien, Überschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsmargen oder über Risiken. Für die Berechnung wurden CML-Faktoren der Version Oktober 2012 verwendet.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; MND = MODUL NICHT DEKLARIERT)

Produktionsstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium								Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
Rohtstoffversorgung	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	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	MND	X	

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C 45/55

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	286,00	29,10	1,08	-10,00	3,10	12,00	6,01	-21,40
ODP	[kg CFC11-Äq.]	7,72E-8	5,75E-12	4,71E-12	0,00E+0	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	4,06E-1	7,23E-2	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2	3,21E-2	1,13E-2	-4,73E-2
EP	[kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.]	8,10E-2	1,71E-2	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3	7,65E-3	2,17E-3	-8,86E-3
POCP	[kg Ethen-Äq.]	3,51E-2	-2,40E-2	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3	-1,11E-2	9,74E-4	-2,79E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	1,02E-3	3,11E-6	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7	1,28E-6	1,97E-6	-8,60E-6
ADPF	[MJ]	1360,00	394,10	10,50	0,00	41,70	163,00	68,40	-227,00

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potential für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe); ADPF = Potential für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP - fossile Energieträger)

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ RESSOURCENEINSATZ: 1 m³ Konstruktionsbeton C 45/55

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
PERE	[MJ]	282,00	26,50	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PERM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERT	[MJ]	282,00	26,50	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PENRE	[MJ]	1500,00	395,80	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
PENRM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PENRT	[MJ]	1500,00	395,80	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
SM	[kg]	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00
RSF	[MJ]	264,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NRSF	[MJ]	502,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FW	[m³]	0,88	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,28

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

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ OUTPUT-FLÜSSE UND ABFALLKATEGORIEN:

1 m³ Konstruktionsbeton C 45/55

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
HWD	[kg]	3,89E-4	2,48E-5	1,29E-8	0,00E+0	2,62E-6	1,02E-5	2,30E-6	-3,58E-6
NHWD	[kg]	50,20	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	-46,50
RWD	[kg]	5,80E-2	5,98E-4	1,26E-3	0,00E+0	6,33E-5	2,42E-4	4,00E-2	-2,07E-2
CRU	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MFR	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00	0,00
MER	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EEE	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EET	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

Im Wert für das GWP der Module A1 bis A3 nicht enthalten sind 42 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Zementklinkerherstellung. Nach dem Verursacherprinzip /EN 15804/ sind diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat. Aus Transparenzgründen wird der Wert hier jedoch zusätzlich angegeben: GWP inkl. Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung: 328 CO₂-Äq. So soll über Ländergrenzen hinweg die Vergleichbarkeit von berechneten Treibhauspotenzialen für Zemente auch dann sichergestellt werden, falls die bei der Klinkerherstellung eingesetzten Sekundärbrennstoffe in anderen Ländern keinen Abfallstatus haben sollten.

A.6. Ergebnisse der Ökobilanz für 1 Kubikmeter Konstruktionsbeton C50/60



5. LCA: Ergebnisse

Die Wirkungsabschätzungsergebnisse stellen nur relative Aussagen dar. Sie machen keine Aussagen über Endpunkte der Wirkungskategorien, Überschreitungen von Schwellenwerten, Sicherheitsmargen oder über Risiken. Für die Berechnung wurden CML-Faktoren der Version Oktober 2012 verwendet.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBILANZ ENTHALTEN; MND = MODUL NICHT DEKLARIERT)

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	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	MND	X

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C 50/60

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
GWP	[kg CO ₂ -Äq.]	300,00	28,80	1,08	-10,00	3,10	12,00	6,01	-21,40
ODP	[kg CFC11-Äq.]	8,40E-8	5,68E-12	4,71E-12	0,00E+0	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
AP	[kg SO ₂ -Äq.]	4,22E-1	7,15E-2	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2	3,21E-2	1,13E-2	-4,73E-2
EP	[kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.]	8,37E-2	1,69E-2	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3	7,65E-3	2,17E-3	-8,86E-3
POCP	[kg Ethen-Äq.]	3,79E-2	-2,38E-2	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3	-1,11E-2	9,74E-4	-2,79E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	1,07E-3	3,07E-6	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7	1,28E-6	1,97E-6	-8,60E-6
ADPF	[MJ]	1360,00	389,70	10,50	0,00	41,70	163,00	68,40	-227,00

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potential für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe); ADPF = Potential für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP - fossile Energieträger)

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ RESSOURCENEINSATZ: 1 m³ Konstruktionsbeton C 50/60

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
PERE	[MJ]	292,00	26,20	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PERM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PERT	[MJ]	292,00	26,20	5,89	0,00	2,80	11,00	20,70	-94,10
PENRE	[MJ]	1510,00	391,40	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
PENRM	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PENRT	[MJ]	1510,00	391,40	13,66	0,00	41,90	163,00	78,70	-279,00
SM	[kg]	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00
RSF	[MJ]	287,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NRSF	[MJ]	546,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FW	[m³]	0,88	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,28

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

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ OUTPUT-FLÜSSE UND ABFALLKATEGORIEN:

1 m³ Konstruktionsbeton C 50/60

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
HWD	[kg]	3,35E-4	2,45E-5	1,29E-8	0,00E+0	2,62E-6	1,02E-5	2,30E-6	-3,58E-6
NHWD	[kg]	50,60	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,04	-46,50
RWD	[kg]	6,00E-2	5,91E-4	1,26E-3	0,00E+0	6,33E-5	2,42E-4	4,00E-2	-2,07E-2
CRU	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MFR	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2400,00	0,00
MER	[kg]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EEE	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EET	[MJ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

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

Im Wert für das GWP der Module A1 bis A3 nicht enthalten sind 46 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Zementklinkerherstellung. Nach dem Verursacherprinzip /DIN EN 15804/ sind diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat. Aus Transparenzgründen wird der Wert hier jedoch zusätzlich angegeben: GWP inkl. Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung: 346 CO₂-Äq. So soll über Ländergrenzen hinweg die Vergleichbarkeit von berechneten Treibhauspotenzialen für Zemente auch dann sichergestellt werden, falls die bei der Klinkerherstellung eingesetzten Sekundärbrennstoffe in anderen Ländern keinen Abfallstatus haben sollten.

InformationsZentrum Beton GmbH

Toulouser Allee 71
40476 Düsseldorf
Telefon 0211 28048-1
izb@beton.org
www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin

Kochstraße 6-7
10969 Berlin
Telefon 030 3087778-0
berlin@beton.org

Büro Hannover

Hannoversche Straße 21
31319 Sehnde
Telefon 05132 502099-0
hannover@beton.org

Büro Beckum

Neustraße 1
59269 Beckum
Telefon 02521 8730-0
beckum@beton.org

Büro Ostfildern

Gerhard-Koch-Straße 2 + 4
73760 Ostfildern
Telefon 0711 32732-200
ostfildern@beton.org