

Fact Sheet

Ökobilanz von Carbonbeton

Bearbeitung: CARBOCON GMBH, HIB Huber Integral Bau GmbH, solidian GmbH und Bauhaus-Universität Weimar | Professur Werkstoffe des Bauens, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig | Institut für Betonbau, Technische Universität Dresden | Professur für Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeit, United Nations University | Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources (UNU-Flores) sowie C³Verband

Herausgeber: C³Verband

Dresden, Juli 2023

Das Bauwesen

Ökologischer Fußabdruck des Bauwesens

Das Bauwesen trägt wesentlich zur Gestaltung der Umwelt und dem Erhalt unserer Lebensqualität bei. Die Zunahme der weltweiten Bevölkerung von gegenwärtig über acht Milliarden Menschen auf fast elf Milliarden Menschen zum Jahr 2100 führt zu einem erhöhten Bedarf an Wohnraum und Infrastrukturen. Hinzu kommt der steigende Lebensstandard. Folglich nimmt die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke – wie auch der Bedarf an begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen – kontinuierlich zu.

Das Bauwesen stellt dabei sowohl in der Bundesrepublik Deutschland als auch auf internationaler Ebene eine Schlüsselbranche dar, da allein der Bau von Gebäuden und Infrastrukturen sowie deren Betrieb weltweit etwa [1]

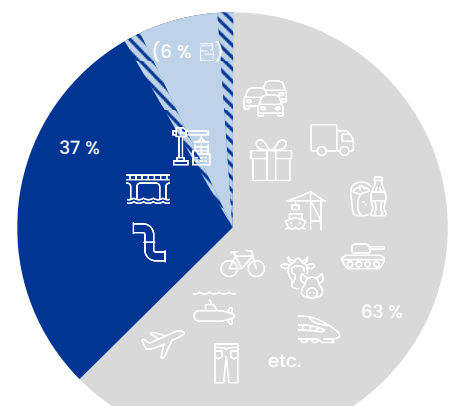
- 55 % der verbrauchten Ressourcen in Anspruch nimmt.
- 34 % der verbrauchten Energie beansprucht.
- 37 % der energie- und prozessbedingten CO₂-Emissionen freisetzt.

Der weltweit meistverwendete Baustoff ist wiederum Beton, wovon ein großer Teil für den Stahlbetonbau vorgesehen ist. So werden im Betonbau jährlich auf der Erde etwa

- 26,2 Mrd. t bzw. 11,2 Mrd. m³ Beton [2] (davon 4,3 Mrd. t Zement [3], 19,6 Mrd. t Sande und Kiese [2] sowie 2,3 Mrd. t Wasser [2]) und 0,3 Mrd. t Stahl [4] eingesetzt.
- 2,5 Mrd. t CO₂-Emission allein durch Herstellung von Zement ausgestoßen (0,59 t CO₂/t [5], was mehr als das Dreifache der weltweiten Luftfahrt [6] und etwa sechs bis acht Prozent der

weltweiten CO₂-Emission entspricht [7].

- 17,36 Exajoule Energie allein zur Herstellung von Zement (2,8 Gigajoule/t [8]) und Stahl (20 Gigajoule/t [9]) aufgewendet, was ein Anteil von drei Prozent des weltweiten Verbrauches an Primärenergie ausmacht [10].



Anteil des Hoch-, Tief- und Ingenieurbauwesens an der energie- und prozessbedingten CO₂-Emission | © C³Verband

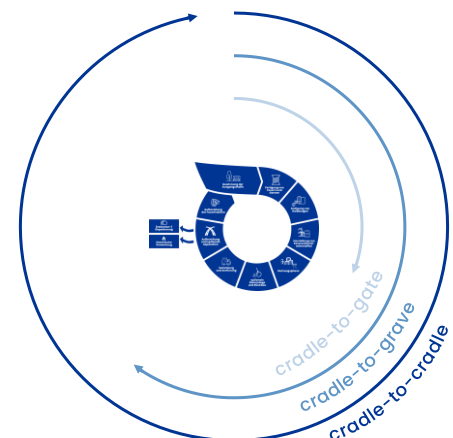
Bedeutung der Ökobilanz für das Bauwesen

Eine Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) erfasst alle mit dem betrachteten System verbundenen Energie- und Stoffströme und alle relevanten potenziellen Schädwirkungen auf die Umweltmedien Boden, Luft und Wasser über den Lebenszyklus für ein konkretes Produkt (Bauwerk, Fassade, Bewehrung etc.) oder eine konkrete Dienstleistung. Dabei kann der Lebenszyklus ganzheitlich als kreislauffähiges Modell (cradle-to-cradle), von der Wiege bis zur Bahre (cradle-to-grave) oder nur abschnittsweise (cradle-to-gate) betrachtet werden. Damit können über die Lebenszyklusphasen alle Prozessschritte von der Entnahme der Rohstoffe zur Produktion, zum Transport, zur Nutzung bis hin zum Recycling und der Entsorgung erfasst werden [11].

Mit dem Ziel der Regierung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2045 den Bestand an Gebäuden klimaneutral zu gestalten [12], werden klimaneutrale Ansätze im Bauwesen zunehmend wichtiger. Gegenwärtig ist davon auszugehen, dass

- öffentliche Ausschreibungen mehr und mehr klimaneutrale Bauweisen fördern werden.
- für Zertifizierungen (beispielsweise für ein nachhaltiges Bauwerk durch eine BNB- oder DGNB-Zertifizierung) Ökobilanzen auszuweisen sind.
- Entscheidungen für klimaneutrale Baustoffe oder Konstruktionen bereits in einem frühen Zeitpunkt der Planung zu treffen sind.
- das gesellschaftliche Umdenken dazu führt, dass der Konsum immer umweltbewusster ausfallen wird.

- besondere Leistungen zum Klimaschutz und zur -anpassung durch das Verleihen eines Gütesiegels (Blauer Engel) oder durch Preise verstärkt öffentlichkeitswirksam ausgezeichnet werden.



Klassifikation einer Ökobilanz | © C³Verband

Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany
carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

Leitlinien, Datenbanken und Software für die Erstellung einer Ökobilanz im Bauwesen

Grundsätze und Regeln einer Ökobilanz sind in den ISO Normen 14040:2006 und 14044:2006 international festgelegt und mit den beiden DIN EN ISO 14040 und 14044 bereits in das deutsche Normenwerk übertragen. Sie geben die vier zentralen Phasen einer Ökobilanz vor (Definition des Ziels und des Untersuchungsrahmens, Erstellung der Sachbilanz, der Wirkungsabschätzung sowie der Auswertung), wobei deren Erarbeitung iterativ erfolgt.

Dagegen liefert die DIN EN 15804 zentrale Regeln für die Erstellung von Umweltproduktdeklarationen von Bauprodukten (Environmental Product Declarations, EPD). Eine EPD stellt die umweltrelevanten Eigenschaften eines bestimmten Produktes in Form von neutralen und objektiven Daten dar [13]. Folglich können die Daten und Informationen für die Erstellung von Ökobilanzen von Bauteilen und Bauwerken herangezogen werden, wobei die EPD direkt über die Website des Institutes Bauen und Umwelt e. V. abgerufen werden können. Für das Bauwesen sind für die ökologische Bilanzierung keine Indikatoren zwingend vorgegeben, jedoch haben sich die dargestellten Indikatoren und deren Umweltwirkung (siehe Tabelle) bewährt.

Für die Ermittlung der erforderlichen Kennwerte und die Ausführung der einzelnen Berechnungen kann auf unterschiedliche, teilweise kostenfreie Datenbanken und (webbasierte) Modellierungstools zurückgegriffen werden. Hierbei gilt, dass beim Anwender technische Prozesskenntnisse vorliegen sollten. Weiterhin ist es wichtig, die Datenqualität der tatsächlich verfügbaren Daten zu den unterschiedlichen Materialien und Prozesse zu prüfen. Daten und Informationen – die weder über ein EDP noch über eine entsprechende Datenbank abgerufen werden können – müssen über das Produktinformationsblatt individuell erfasst werden. Hierzu wird empfohlen, sich direkt an den Produzenten bzw. Hersteller zu wenden.

Für die Interpretation der Ergebnisse ist sowohl die Definition der Systemgrenzen als auch die Aktualität der verfügbaren Daten und Informationen entscheidend. Eine Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Ökobilanzen oder gar EDPs ist demnach nur unter vergleichbaren Rahmenbedingungen gegeben. Bei der ökologischen Bilanzierung im Bauwesen werden zumeist alle Bauteile der Kostengruppe 300, definierte Bauteile der Kostengruppe 400 sowie der Bedarf an Energie für den Betrieb des Bauwerkes

einbezogen. Jedoch wird der Transport zumeist vernachlässigt, da dieser bisher eine untergeordnete Bedeutung hat. Grenzwerte sind erst dann von Bedeutung, wenn die Ökobilanz für eine Zertifizierung hinzugezogen wird oder konkrete Anforderungen durch den Auftraggeber gestellt werden.

Es sei daher noch einmal betont, dass sich sowohl Ökobilanzen von Produkten und Dienstleistungen als auch Umweltproduktdeklarationen von Bauprodukten nur bedingt miteinander vergleichen lassen. Zum einen handelt es sich in der Regel um unterschiedliche Anwendungen und zum anderen werden oftmals unterschiedliche Phasen bilanziert.

Wirkungskategorien oder Inputflüsse	Abkürzung	Einheit	Umweltwirkung
Treibhauspotenzial (über 100 Jahre)	GWP 100	kg CO ₂ -Äquivalent	Klimaerwärmung
Ozonabbaupotenzial	ODP	kg CFC-11-Äquivalent	Abbau der Ozonschicht
photochemisches Ozonbildungspotenzial	POCP	kg C ₂ H ₄ -Äquivalent	Sommersmog
Versauerungspotenzial	AP	kg SO ₂ -Äquivalent	Versauerung
Eutrophierungspotenzial	EP	kg PO ₄ ³⁻ -Äquivalent	Überdüngung
Primärenergieinhalt nicht erneuerbar	PEI ne	MJ oder kWh	fossiler Energieverbrauch
Primärenergieinhalt erneuerbar	PEI e	MJ oder kWh	erneuerbarer Energieverbrauch
abiotischer Ressourcenverbrauch erneuerbare Ressourcen	ADPE	kg SB-Äquivalent	erneuerbarer Ressourcenverbrauch
abiotischer Ressourcenverbrauch mineralischer Ressourcen	ADPE	MJ	mineralischer Ressourcenverbrauch
Frischwasserverbrauch	FW	m ³	Wasserverbrauch

Indikatoren der Ökobilanz für das Bauwesen | © C³Verband in Anlehnung an [14]

Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany
carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

Die Carbonbetonbauweise

Beitrag der Carbonbetonbauweise zum Neubau

Gegenwärtig gibt es keine alternativen Baustoffe zum Beton, um den gesellschaftlichen Standard weiterhin erfüllen zu können. Beispielsweise stellen die Wälder auf der Welt nicht ausreichend nachhaltig gewonnenes Holz zur Verfügung, dass das Bauwesen diese Materialien künftig vorwiegend einsetzen kann [15]. Jedoch zeichnet sich das Bauen mit Carbonbeton bereits heute dadurch aus, dass im Vergleich zu bestehenden Konstruktionen aus Stahlbeton

- bis zu 80 % Material (Sande, Wasser und Zement; teilweise auch Verzicht auf Oberflächenschutzsystem) eingespart wird, aufgrund schlanker Konstruktionen und der Einsparung der Betondeckung zum Schutz der Bewehrung vor Korrosion auf ein Mindestmaß von 10 mm statt 55 mm.
- durchschnittlich 50 % und letztlich bis zu 80 % an Ressourcen für den Aufwand bei der Verladung (Gabelstapler, Kran etc.), beim Transport (Kraftstoff, Ladefläche etc.) und für Lagerflächen eingespart werden, aufgrund geringerer Zuladungen je Bauteil.
- eine bis zu 200 Jahre und somit vierfache Lebensdauer zu erwarten ist, aufgrund der Beständigkeit gegenüber Korrosion und Einträge von Chlorid. Im Rahmen von Zulassungen werden bisweilen bereits 100 Jahre nachgewiesen.
- bis zu 80 % weniger CO₂ ausgestoßen werden, in Abhängigkeit der Menge an eingesetzten Ressourcen, des Einsatzes ökologischer Betone und des angepassten Aufwandes bei der Verladung und dem Transport.

Analog zu allen anderen Bauweisen sind konkrete Angaben nur an konkreten Bauteilen und -werken festzuhalten. Für

eine nachvollziehbare Darstellung werden nachfolgend zwei Beispiele dargeboten.

Beitrag der Carbonbetonbauweise zur Sanierung, Instandsetzung und Verstärkung

Neben den bereits genannten Vorzügen der Carbonbetonbauweise im Neubau, ist beim Bauen im Bestand mit Carbonbeton von besonderer Bedeutung, dass

- ebenfalls bis zu 80 % Material (Sande, Wasser und Zement) eingespart wird, aufgrund der Einsparung bei dem Betonantrag auf ein Mindestmaß von 15 mm statt 80 mm.
- baufällige Objekte aus dem Hoch-, Tief- und Ingenieurbau erhalten und reaktiviert werden können, wo andere Bauweisen (in Hinblick auf die Anforderungen an das zusätzliche Eigengewicht oder des Denkmalschutzes) an Ihre Leistungsgrenzen kommen.

Analog zum Neubau werden nachfolgend zwei Beispiele dargelegt, um die bisherigen Aussagen zu konkretisieren.

Realität vs. theoretisches Potenzial

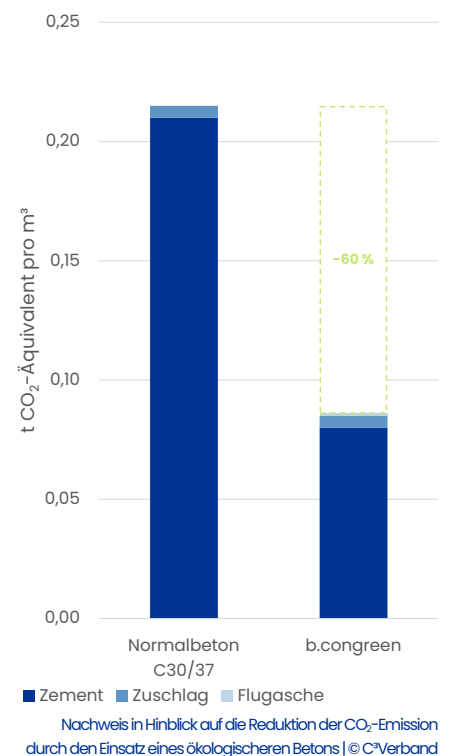
Die bisher realisierten Anwendungen zur Carbonbetonbauweise für den Neubau wie auch für die Sanierung, Instandsetzung und Verstärkung verdeutlichen insbesondere die wesentlichen Einsparungen in Hinblick auf den Einsatz von Ressourcen und die Reduktion des Gewichtes. Die realen Potenziale eines klimaneutralen Fußabdruckes können aber bisher noch nicht vollumfänglich dargestellt werden. Gründe hierfür sind in erster Linie, dass

- die bisherigen Nachweise selten einen für die Carbonbetonbauweise vorteilhaften cradle-to-cradle Ansatz abbilden, da dieser äußerst aufwendig ist und

immer noch nicht alle Daten und Informationen zur Berechnung barrierefrei abgerufen werden können.

- ökologische Bilanzierungen zumeist auf 50 Jahre Lebensdauer ausgelegt werden, wodurch die Vorzüge beim Bauen mit Carbonbeton nicht hinreichend zum Tragen kommen.
- noch nicht alle Normen und Richtlinien in vollem Umfang angepasst worden sind, sodass beim Einsatz von Carbonbeton teilweise immer noch auf klimaneutrale Materialien (Beton mit einem geringeren Anteil an Zement) verzichtet und Konstruktionen zu konservativ umgesetzt werden müssen.

Für ein besseres Verständnis wird für diesen Fall ebenfalls noch eine konkrete Anwendung aus der Praxis ausgeführt.



Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany

carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

Beispiel Neubau 1

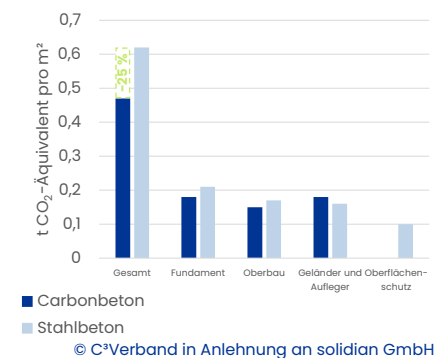
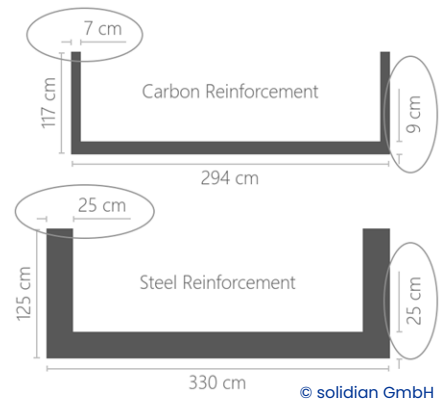
In Albstadt-Ebingen entstand im Jahr 2015 weltweit erstmals eine Fuß- und Radwegbrücke aus Carbonbeton, die ohne eine schlaife oder vorgespannte Bewehrung aus Stahl auskommt. Die 15,550 m lange und 2,940 m breite Brücke (mit einer lichten Breite von 2,800 m) kann sogar von einem Räum- und Streufahrzeug mit einer Last von 10 t befahren werden.

Eine vergleichbare Brücke aus Stahlbeton erfordert eine Deckfläche von 25 cm, während mit Carbonbeton nur noch 9 cm nötig sind, für die Stärke der Wand sogar nur 7 cm statt 25 cm (entspricht einer Einsparung an Material von 64 % bis 72 %). Durch das geringere Gewicht des Überbaues kann auch die Konstruktion der Widerlager und Fundamente schlanker gestaltet werden.

Durch den Einsatz von etwa 330 m² bzw. 190 kg Bewehrung aus Carbon wurden

21.000 kg Sand, 4.000 kg Wasser, 1.500 kg Stahl, 7.500 kg Zement und 9.000 kg Asphalt eingespart. Als Resultat werden pro m² insgesamt 170 kg CO₂-Äquivalente eingespart. In Hinblick auf die gesamte Brücke werden demnach 7,5 t bzw. mehr als 25 % weniger CO₂ ausgestoßen.

Die zugehörige Studie wurde von der LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH durchgeführt, unter Anwendung der Ökobilanzmethode nach DIN EN ISO 14040 und 14044. Die Grundlage für die Berechnung bildeten die Datenbank ÖkobaDat (2017) und das Modellierungstool GaBi (2019), wobei sich der Blickwinkel auf cradle-to-cradle bezieht.



Beispiel Neubau 2

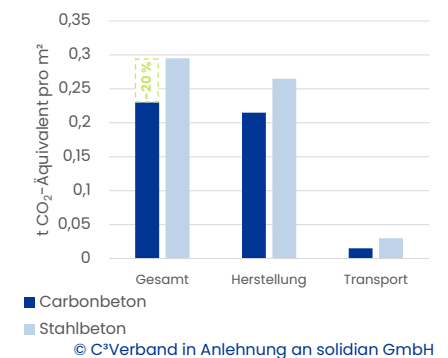
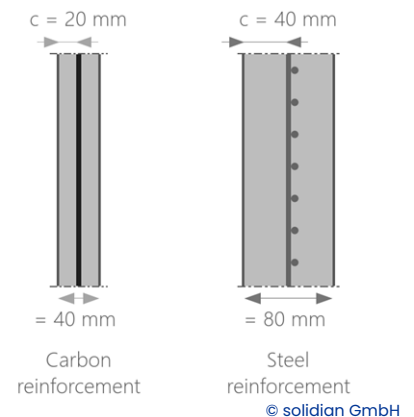
Zur Bewertung der vorgehängten Fassadenplatte wird ein Musterelement mit einem Maß von 2,5 m x 3,4 m für ein Musterobjekt mit einer Fläche von 1.635 m² angenommen.

Die Elemente aus Carbonbeton erfordert eine Betondeckung von lediglich 20 mm. Im Vergleich zu einer vergleichbaren Konstruktion aus Stahlbeton kann die Stärke der Wand somit von 80 mm auf 40 mm reduziert werden (entspricht einer Einsparung an Material von 50 %).

Folglich wurde die Menge an Beton wesentlich reduziert, wobei ein Beton der Güte C50/60 statt C35/45 eingesetzt wurde. Aufgrund des geringen Gewichtes wurden auch Einsparungen bei dem 300 km langen Transport erwirkt. Je Element mit einer Fläche von 8,5 m² werden somit etwa 65,0 kg CO₂-Äquivalente eingespart. In Hinblick auf die gesamte Fassade

entspricht das einer Reduktion des CO₂ von 12 t bzw. mehr als 20 %.

Die zugehörige Studie wurde von der LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH durchgeführt, unter Anwendung der Ökobilanzmethode nach DIN EN ISO 14040 und 14044. Die Grundlage für die Berechnung bildeten die Datenbank und das Modellierungstool von GaBi (2021), wobei sich der Blickwinkel auf cradle-to-cradle mit Optionen bezieht



Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany
carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

Beispiel

Sanierung, Instandsetzung und Verstärkung 1

Die Hyparschale in Magdeburg wurde im Jahr 1969 mit vier hyperbolischen Paraboloiden aus Stahlbeton als Konstruktion des Daches errichtet, die eine Grundrissfläche von 48 m x 48 m stützenfrei überspannen. Die Dicke der Schalen beträgt 50 bis 70 mm.

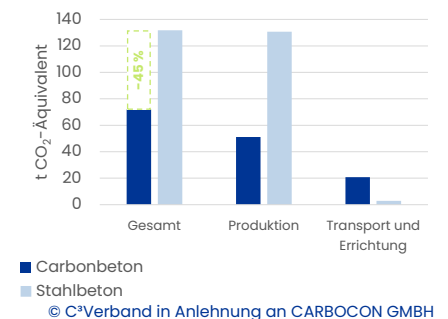
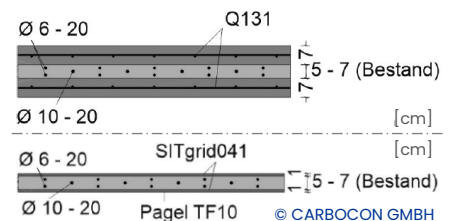
Eine konventionelle Verstärkung mit 70 mm Spritzbeton auf beiden Seiten hätte nicht nur die Ästhetik des Daches beeinträchtigt, sondern aufgrund des hohen Eigengewichtes erhebliche Auswirkungen auf das Gesamttragwerk gehabt. Einzig eine Verstärkung mit einer 10 mm dünnen Schicht aus Carbonbeton konnte das Bauwerk erhalten (entspricht einer Einsparung an Material von 85 %), die jeweils auf der Ober- und Unterseite der Schale angebracht wurde.

Trotz des höheren Global Warming Potential (GWP) Wertes des eingesetzten

Betons (aufgrund der höheren Festigkeit und des weiteren Transportes) fielen bei der Herstellung der Verstärkung aus Carbonbeton einschließlich des Transportes der Baustoffe zur Baustelle knapp 60 t CO₂-Äquivalent weniger an als bei einer Verstärkung mit Stahlbeton, was einer Einsparung von 45 % der CO₂-Äquivalente entspricht.

In diesem Vergleich ist dabei noch nicht berücksichtigt, dass mit dem deutlich höheren Eigengewicht bei einer konventionellen Verstärkung auch die Verstärkung weiterer Bauteile einher gegangen wäre.

Die zugehörige Studie wurde von der CARBOCON GMBH durchgeführt, unter Anwendung der Ökobilanzmethode nach DIN EN ISO 14040 und 14044. Die Grundlage für die Berechnung bildeten die Datenbank ÖKOBAUDAT, LCAonline und Daten aus dem Projekt C³ – Carbon Concrete Composite, wobei sich der Blickwinkel auf cradle-to-gate mit Optionen bezieht.



Beispiel

Sanierung, Instandsetzung und Verstärkung 2

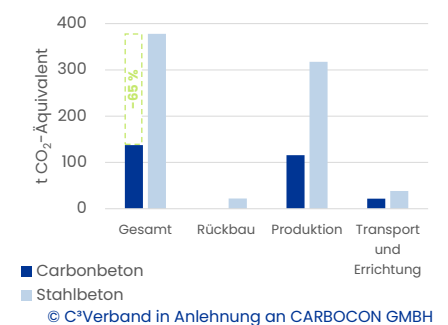
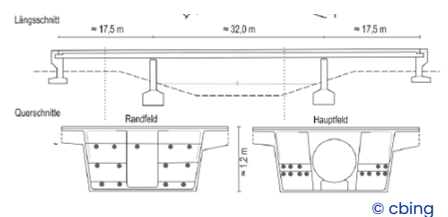
Die Autobahnbrücke der A 648 über die Nidda bei Frankfurt am Main wurde im Jahr 1971 unter Verwendung von spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl errichtet. Im Jahr 2020 wurden aufgrund der rechnerisch nicht ausreichenden Versagensankündigung zwei der drei Teilbauwerke mit Carbonbeton verstärkt, das dritte folgte im Jahr 2021.

Die Verstärkung von Teilbauwerk eins und zwei erfolgte mit sechs Lagen auf der Oberseite der Brücke und fünf Lagen auf der Unterseite, die in einer 40 bzw. 30 mm starken Schicht abgestuft angeordnet wurden. Zum Vergleich erfolgte für dieses Beispiel die Bilanzierung eines Ersatzneubaues vereinfacht gemäß den Bestandsplänen (woraus sich eine Einsparung an Material von 94 % ergeben würde). Es sei angemerkt, dass gegenwärtig die Brücke nicht nochmal entsprechend der Bestandspläne gebaut werden darf.

Bei Abriss und Errichtung eines Ersatzneubaues werden statt 137 t über 378 t CO₂-Äquivalent und somit fast dreimal so viel CO₂-Äquivalente ausgestoßen wie bei der Verstärkung aus Carbonbeton.

In diesem Vergleich ist dabei noch nicht berücksichtigt, dass bei einem Ersatzneubau die Überführung der Brücke für mehrere Wochen nicht möglich wäre oder eine Behelfsbrücke errichtet werden müsste. Bei einer Umleitung wären pro Woche zusätzlich noch einmal 622 t CO₂-Äquivalente allein infolge der längeren Strecke angefallen.

Die zugehörige Studie wurde von der CARBOCON GMBH durchgeführt, unter Anwendung der Ökobilanzmethode nach DIN EN ISO 14040 und 14044. Die Grundlage für die Berechnung bildeten die Datenbank ÖKOBAUDAT, LCAonline und Daten aus dem Projekt C³ – Carbon Concrete Composite, wobei sich der Blickwinkel auf cradle-to-gate mit Optionen bezieht.



Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany
carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

Beispiel Potenzial

Im Jahr 2019 wurde ein bestehendes Parkhaus mit fünf Ebenen um einen Anbau erweitert. Zur Ausbildung der Parkebenen kamen unter anderem 256 Elemente des Systembauteiles „Parkhausdeckenplatte“ zum Einsatz, was eine Fläche von 5.120 m² entspricht.

In diesem Fall ist die matten- und gleichzeitig biegeformige Bewehrung aus Carbon und die schlaufenartige Schulterschubbewehrung aus Stahl ausgeführt worden. Die Stärke der Deckenplatten beträgt die üblichen 10 cm.

Aufgrund der mattenförmigen Bewehrung aus Carbon wird das CO₂-Äquivalent der Parkhausdecke je m² von 53,3 kg auf 51,1 kg bzw. um 4 % reduziert. Unter Berücksichtigung der restriktiven Annahme, dass sich die Lebensdauer von 50 auf 75 Jahre erhöht, würde sich der Wert auf 34,0 kg bzw. um 36 % reduzieren. Für den gesamten Anbau ergebe das eine Einsparung von 87,6 t CO₂-Äquivalent. In Hinblick auf den Transport ergeben sich weitere (oftmals nicht berücksichtigte) Vorzüge. In Anlehnung an die Kennwerte aus diesem Bauprojekt würde für den erforderlichen Transport von Bewehrungen pro km je Woche nur noch 518 statt 3.139 kg CO₂-Äquivalent anfallen, was eine Reduktion von 84 % entspricht.

Unter idealisierten Rahmenbedingungen würde der Anbau ausschließlich mit Carbonbeton umgesetzt werden können, wodurch sich die Stärke der Deckenplatten von 10 auf 8 cm reduzieren würde. In Bezug auf das Parkhaus als Ganzes würden 133 t

CO₂-Äquivalent bzw. 49 % eingespart werden können. Weitere Einsparungen an Ressourcen (Sand, Zement, Zuschlagsstoffe etc.) oder der Einsatz klimaneutralere Ressourcen sind hierbei noch nicht einmal berücksichtigt. In Hinblick auf den Transport der Bewehrung pro km je Woche kämen in diesem Fall gerade einmal 364 kg CO₂-Äquivalent bzw. eine Einsparung von 88 % zusammen. Bei der Verladung und dem Transport der Fertigteile ergibt sich auch noch einmal ein 20 %iges Einsparpotenzial, aufgrund des geringeren Gewichtes der Parkhausdeckenplatten.

Die zugehörige Studie wurde von der Goldbeck Bauelemente Bielefeld SE durchgeführt, wobei sich der Blickwinkel auf cradle-to-gate bezieht.

Weiterentwicklung

Allein die ausgewählten Beispiele verdeutlichen das Potenzial der Carbonbetonbauweise, dass allein durch die bisherige Einsparung an Material und den geringeren Aufwand bei der Herstellung und für den Transport die wesentlich bessere ökologische Bilanzierung als beim Einsatz von Stahlbeton aufweist. Künftig wird sowohl der Einsatz ökologischere Betone mit einem geringeren Anteil an Zement als auch das Hinzuziehen von recycelten und/oder nichterdölbasierten Ausgangsmaterialien für die Herstellung von Kohlenstofffasern noch weitere positive Effekte bewirken. Mit zunehmender Erfahrung werden noch weitere Vorteile zum Tragen kommen, wie durch eine

weitere Optimierung bei der Konstruktion oder den Abläufen bei der Ausführung.

Aus diesem Grund unternehmen der C³Verband und seine Mitglieder alles, um klimaneutrale Ansätze für das Bauwesen zu initiieren (Projekt WIRreFa | WIR! recyceln Fasern etc.) und deren vielversprechende Entwicklungen zusammenzuführen, um die Erkenntnisse und Ergebnisse nutzergruppenorientiert zu transferieren. Dabei liegt der Schwerpunkt stets auf dem Einsatz markrelevanter Produkte und Dienstleistungen, sodass Umwelt und Gesellschaft gleichermaßen davon profitieren werden.

Weiterführende Datenbanken

–
ecoinvent
<https://ecoinvent.org>

ECO Platform
www.eco-platform.org

EPD-Online Tool
<https://epd-online.com>

LCA Managed Content
<https://sphaera.com/datenbank-zur-lebenszyklusbeurteilung-lca/?lang=de>

ÖKOBAUDAT
www.ökobaudat.de

Weiterführende Modellierungstools

–
CAALA:
www.caala.de

eLCA
<https://www.bauteileeditor.de>

GENERIS
<https://www.generis.live/#/signin>



Stahlbeton C40/50 (Referenz)
h = 10 cm
53,3 kg CO₂-Äquivalent pro m²
entspricht 100 %



Carbonbeton
h = 10 cm
51,1 kg CO₂-Äquivalent pro m²
entspricht minus 4 %

Bei Berücksichtigung einer 50 %igen längeren Lebensdauer:
34,0 kg CO₂-Äquivalent pro m²
entspricht minus 36 %



Carbonbeton
h = 8 cm
42,0 kg CO₂-Äquivalent pro m²
entspricht minus 21 %

Bei Berücksichtigung einer 50 %igen längeren Lebensdauer:
27,3 kg CO₂-Äquivalent pro m²
entspricht minus 49 %

Optimierung der Parkhausdeckenplatten aus Carbonbeton | © C³Verband in Anlehnung an O. Heppes

Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany

carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

LCA for Experts

<https://sphaera.com/life-cycle-assessment-lca-software>

LEGEP-Bausoftware

<https://lecep.de>

openLCA

<https://www.openlca.org/openlca>

SimaPro

<https://simapro.com>

Umberto

<https://www.ifu.com/umberto/lca-software>

Weiterführende Literatur

–

Hauke B.: Nachhaltigkeit, Ressourcen-effizienz und Klimaschutz. Konstruktive Lösungen für das Planen und Bauen – Aktueller Stand der Technik. 2021. 350 S.

Weiterführende Links

–

<https://carbon-concrete.org/carbonbeton/recycling>

<https://www.wir-recyceln-fasern.de>

Quellenverzeichnis

–

[1] United Nations Environment Programme: 2022 Global Status Report for Buildings and Construction. Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. 2022. pp. 41 and pp. 71.

[2] Miller S. A., Horvath A., Monteiro P. J.: Readily implementable techniques can cut annual CO₂ emissions from the production of concrete by over 20 %. Environmental Research Letters. Volume 11. Issue 7. 2016. p. 6.

[3] International Energy Agency (IEA): Tracking Report. Cement. 2022. <https://www.iea.org/reports/cement>, abgerufen am 01.06.2023.

[4] World Steel Association. Steel Statistical Yearbook 2018. p. 38.

[5] International Energy Agency (IEA). Tracking Report. Cement. 2022.

<https://www.iea.org/reports/cement>, abgerufen am 01.06.2023.

[6] International Energy Agency (IEA). Tracking Report. Aviation. 2022. <https://www.iea.org/reports/aviation>, abgerufen am 01.06.2023.

[7] International Energy Agency (IEA): Tracking Report. Energy Data Explorer. 2022. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>, abgerufen am 01.06.2023.

[8] Verein Deutscher Zementwerke (VDZ): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2021. 2022. S. 20.

[9] World Steel Association: Steel's contribution to a low carbon future and climate resilient societies. 2018. p. 3.

[10] Statista: Weltweiter Primärenergieverbrauch bis 2021. 2023. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/42226/umfrage/welt-insgesamt-verbrauch-an-primaeenergie-in-millionen-tonnen-oelaequivalent>, abgerufen am 31.05.2023.

[11] Braune A., Durán C. R., Gantner J.: Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung. In: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen: Schriftreihe DGNB Leitfaden. 2018. 20 S.

[12] Die Bundesregierung: Klimaschutzgesetz. Generationenvertrag für das Klima. 2022.

[13] Institut Bauen und Umwelt e. V.: Was ist eigentlich eine EDP. 2020. <https://ibu-epd.com/was-ist-eine-epd>, abgerufen am 01.06.2023.

[14] Bayerische Architektenkammer: Nachhaltigkeit gestalten. 2018. S. 89–91.

[15] WWF Deutschland: Alles aus Holz. Rohstoff der Zukunft oder kommende Krise. Ansätze zu einer ausgewogenen Bioökonomie. 2022. S. 45.

Contact

C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

WTC Dresden, Ammonstraße 72 | 01067 Dresden, Germany
carbon-concrete.org • info@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 00

Dr.-Ing. Stefan Minar

s.minar@carbon-concrete.org • +49 351 48 45 67 19

