

FDB-Merkblatt Nr. 10 zum nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen (01/2025)

Inhalt

1	Allgemeines	1
2	Hinweise für die Planung	2
2.1	Allgemeine Planungsgrundsätze	2
2.2	Einflüsse auf einzelne Nachhaltigkeitsaspekte.....	2
2.2.1	Ressourceneffizienz und Klimaschutz	2
2.2.2	Flächen- und Volumeneffizienz	4
2.2.3	Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit.....	4
2.2.4	Thermischer Komfort	4
2.2.5	Schallschutz und Raumakustik	5
2.2.6	Wärmeschutz.....	5
2.2.7	Brandschutz, Dauerhaftigkeit und Robustheit.....	5
2.2.8	Recycling und Wiederverwendbarkeit.....	5
3	Hinweise zum Baustoff	6
3.1	Umweltproduktdeklarationen für Beton	6
3.2	Ökobilanzdatensätze für Betonstahl, Spannstahl.....	8
3.3	Hinweise zur Baustoffwahl.....	8
4	Zusammenfassung	9
5	Literatur	9

1 Allgemeines

Zunehmende Rohstoffknappheit, das gesellschaftspolitische Ziel der Klimaneutralität und begrenzter Deponieraum sind einige der globalen Entwicklungen, die von nachhaltigen Gebäuden u. a. einen geringen Ressourceneinsatz und reduzierte Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus fordern. Sie müssen ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Ansprüchen gerecht werden, gleichzeitig eine hohe technische Qualität bieten sowie auf die Prozesse des Bauwesens abgestimmt sein. Weiterhin sollen die Gebäude für den Nutzer behaglich sein und dürfen dessen Gesundheit nicht beeinträchtigen. **Für eine Lösung, die alle diese Anforderungen erfüllt, gibt es kein Patentrezept.** Das spezifische Anforderungsprofil des Bauherrn legt deshalb fest, mit welchen Schwerpunkten die zahlreichen Kriterien der Nachhaltigkeit, wie sie z. B. im Zertifizierungssystem des Bundesbauministeriums [1] verankert sind, gegeneinander abgewogen werden sollen.

Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton hat u. a. die Vorgaben des Klimaschutzgesetzes [2] mit der Forderung, die CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2030 um 65 % gegenüber dem Jahr 1990 zu verringern, zum Anlass genommen, eine Roadmap für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau [3] zu veröffentlichen. Darin wird das Ziel formuliert, bis spätestens 2045 die Klimaneutralität der Betonbauweise zu erreichen. Da der Wert eines Gebäudes im Sinne der Nachhaltigkeit nicht nur von dessen Herstellkosten und vom reinen Grundstückswert abhängt, gilt es eine Vielzahl von Kriterien zu prüfen und in die Planung und Errichtung des Gebäudes einfließen zu lassen. Hieraus ergeben sich eine sinnvolle Standortplanung, eine ästhetische Architektur, eine optimierte Tragwerksplanung, eine effiziente Gebäudetechnik, ein sinnvoller Materialeinsatz und ein effizienter Herstellungsprozess.

Diese Aspekte des nachhaltigen Bauens können durch Lösungen erfüllt werden, die beim Betonfertigteilebau schon lange zum Stand der Technik gehören [4]:

- geringer Materialverbrauch durch Verwendung von Typen- und Systemschalungen;
- hohe Maßgenauigkeit und Qualität durch Vorfertigung unter kontrollierten Produktionsbedingungen;
- Vermeidung von Abfällen und Reduzierung des Ressourcenverbrauchs durch Fertigung großer Serien und Vielfachnutzung der Schalung;
- optimierter Materialeinsatz durch individuell, auf das Bauteil bezogene Betonrezeptur;

- Ressourcenschonung durch die Wiederverwendung von RC-Material im Hochbau;
- zirkuläres Bauen durch die Wieder- oder Weiterverwendung von zerstörungsfrei ausgebauten Betonfertigteilen, wie z. B. Fassadenplatten einer Hallenerweiterung;
- geringe Staub- und Lärmbelastung der Baustellenumgebung durch Vorfertigung im Werk;
- Platzeinsparungen auf der Baustelle durch eine Verlagerung der Fertigung ins Werk und just-in-time Lieferung;
- kurze Bauzeit durch Vorfertigung und daraus resultierende frühe Bauwerksnutzung;
- architektonische Vielfalt durch Form, Farbe und Oberflächengestaltung.

Die folgenden Planungshinweise sollen Investoren, Bauherren und Planer bei den Entscheidungsprozessen hinsichtlich des nachhaltigen Bauens unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf der Verwendung von Betonfertigteilen. Denn nachhaltig Bauen mit Betonfertigteilen heißt: „intelligent bauen“.

2 Hinweise für die Planung

2.1 Allgemeine Planungsgrundsätze

Nachhaltiges Bauen erfordert die partnerschaftliche Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten (Planungsteam). Grundlagen sind

- die rechtzeitige Festlegung der wesentlichen Ziele,
- eine ganzheitliche Planung über den gesamten Lebenszyklus sowie
- ein effizientes Qualitätsmanagement.

Architekt, Bauphysiker, Tragwerksplaner und TGA-Planer entwickeln zusammen mit dem Bauherrn ein ganzheitliches Gebäudekonzept, das neben den aktuellen Nutzungsanforderungen und objektspezifischen Umwelteinwirkungen bereits mögliche zukünftige Nutzungsänderungen realistisch einschätzen sollte. Grundsätzlich sind besonders die **Wechselwirkungen** zwischen den verschiedenen Kriterien der Nachhaltigkeitsbetrachtung zu beachten, denn sehr oft werden durch eine Entscheidung mehrere Kriterien beeinflusst. Dabei kann es auch zu gegenläufigen Auswirkungen kommen.



Das Symbol weist im Folgenden jeweils auf mögliche Wechselwirkungen hin.

Die Vorteile des Baustoffs Stahlbeton und der Betonfertigteilmontagebauweise können optimal genutzt werden, wenn eine frühe Beteiligung der Fachplaner und der Betonfertigteilmontagehersteller bereits in der Entwurfsphase erfolgt. Dabei ist insbesondere eine fertigteilgerechte Planung erforderlich [5].

2.2 Einflüsse auf einzelne Nachhaltigkeitsaspekte

2.2.1 Ressourceneffizienz und Klimaschutz

Ein effizienter Ressourceneinsatz und eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen können bei der Betonfertigteilmontagebauweise unter verschiedenen Aspekten erfolgen. Dabei führt vor allem die statische Optimierung bei der Tragwerksplanung zu Material- und Gewichtseinsparungen mit positiven Auswirkungen z. B. auf die Dimensionierung der unterstützenden Bauteile bis hin zur Gründung sowie auf den Transport- und Montageaufwand.

Optimierung durch die Tragwerksplanung:

- Betrachtung der Bauteile mit dem größten Optimierungspotenzial: Im Hochbau sind dies in der Regel die horizontalen Bauteile (d. h. im Geschossbau vor allem die Decke und bei Hallenbauwerken vor allem die Bodenplatte);
- Einsatz von vorgespannten Deckenelementen;
- Reduzierung des Betonstahlgehalts durch Optimierung der Bewehrungsführung oder den Einsatz hochfester Betonstähle;
- Vergrößerung der statischen Nutzhöhe durch
 - Berücksichtigung einer um 5 mm reduzierten Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, 4.4.1.2 (5),
 - Berücksichtigung eines um 5 mm reduzierten Vorhaltemaßes gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, 4.4.1.3 (3) (zusätzliche Qualitätskontrolle erforderlich) oder
 - Berücksichtigung eines um mehr als 5 mm reduzierten Vorhaltemaßes gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, 10.4 (Überprüfung der Mindestbetondeckung am fertigen Bauteil erforderlich);
- Reduzierung der Betondeckung durch Verwendung von nichtmetallischen Bewehrungen oder nichtrostenden oder feuerverzinkten Betonstählen;

- Steigerung des Nachhaltigkeitspotenzials durch Steigerung der Nutzungsdauer und der Leistungsfähigkeit eines Bauteils (Lebensdauer- und Dauerhaftigkeitsbemessung);
- Reduzierung des Teilsicherheitsbeiwerts $\gamma_c = 1,5$ auf $\gamma_{c,red} = 1,35$ durch Prüfung der Betondruckfestigkeit am fertigen Bauteil gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, A.2.3 (1);
- Auflösen und Gliedern von Bauteilen und Querschnitten, z. B. durch Erzeugen von Hohlkastenquerschnitten und fachwerkartigen Strukturen;
- Einsatz von Hohlplatten, Rippen- und Kassettendecken oder Schalenelemente für Keller-, Geschoss- und Dachdecken;
- Kombination verschiedener Baustoffe durch den Einsatz von hybriden Bauteilen;
- Einsatz von Gradientenbeton und Einbau von Hohlkörpern.

In dem Verbundforschungsvorhaben des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e.V. (DAfStb) „Nachhaltig Bauen mit Beton“ [6] wurde unter anderem festgestellt, dass im Geschossbau die Ökobilanz der gesamten Tragstruktur im Wesentlichen durch die Geschossdecken beeinflusst wird. Dabei hat die verbaute Betonmenge einen größeren Einfluss als die Festigkeitsklasse des Betons. Die DAfStb-Richtlinie „Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton, Teil 2 Deckenbauteile“ [7] gibt in ihren Erläuterungen Hinweise auf die CO₂-Bilanz verschiedener Deckensysteme.



Wechselwirkungen: Die statische Optimierung der Bauteilquerschnitte mit dem Ziel eines geringeren Materialeinsatz beeinflusst die **Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit** der Tragstruktur, da ggf. auf Tragreserven verzichtet wird. Die Entscheidung, welcher Schwerpunkt bei der Optimierung gesetzt wird, ist individuell von den Vorgaben und Anforderungen der am Bau Beteiligten abhängig.



Optimierung bei der Herstellung:

- Einsatz von umweltverträglichen Schalölen und anderen Hilfsstoffen;
- Einsatz von leicht verdichtendem oder selbstverdichtendem Beton zur Reduzierung der erforderlichen Verdichtungsenergie;
- Einsatz von Ultraschall zur Steigerung der Frühfestigkeit beim Einsatz CO₂-reduzierter Zemente;
- Verwendung von wiedergewonnener Gesteinskörnung aus dem Produktionsablauf;
- Verwendung von rezykliertem Gesteinskörnung gemäß den Regelungen nach DIN 1045-2 oder gesondertem Verwendungsnachweis (z. B. abZ) → siehe auch FDB-Merkblatt Nr. 15;
- Nutzung von prozessbedingter Abwärme und selbsterzeugter Energie.

Optimierung der Betonrezeptur:

- Reduzierung des Zementgehaltes in der Betonrezeptur;
- Verwendung klinkerreduzierter / klinkerarmer Zemente;
- Einsatz von Erhärtungsbeschleunigern.

Die Verwendung von klinkerreduzierten Zementen ist auch in Betonfertigteilterwerken verbreitet. Dabei ist der Einsatz von CEM I-Zementen stark rückläufig. Im Jahr 2022 betrug er noch rund 60 %. Bild 1 zeigt die Verteilung der eingesetzten Zementarten bei den FDB-Mitgliedern. Die für den Betonfertigteilterbau üblichen kurzen Bauzeiten sind damit auch in Zukunft bei hohen Anforderungen an den Klimaschutz zuverlässig erreichbar.

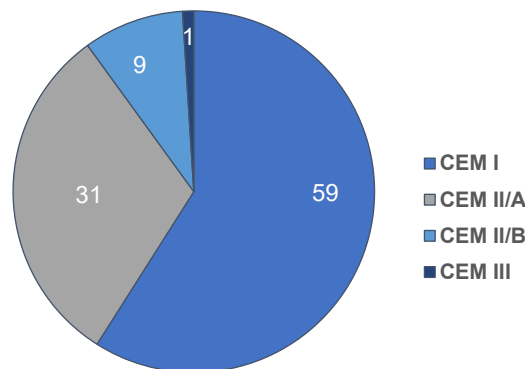


Bild 1: Zementeinsatz in Betonfertigteilterwerken – Anteil der verschiedenen Zementarten, Produktionsjahr 2022
[Quelle: eigene Erhebung]

Wechselwirkungen: Die beschriebenen Optimierungsmaßnahmen können verschiedene Beton-eigenschaften beeinflussen. Daher ist nicht nur die Verfügbarkeit der verwendeten „Ersatzstoffe“, wie z. B. Flugasche, auf dem Markt zu berücksichtigen, sondern auch, dass ökologisch optimierte Betonrezepturen nur dann mit konventionellen Rezepturen vergleichbar sind, wenn sie die gleichen Eigenschaften und konstante Qualität aufweisen.



Bei Verwendung von CEM II- oder CEM III-Zementen sind die möglicherweise veränderte Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Festigkeitsentwicklung zu beachten.

Selbstverdichtender Beton hat einen etwas höheren Leimbedarf. Je nach eingesetztem Mehlkorntyp (Zement, Aschen oder Gesteinsmehl) ergibt sich dadurch ein höherer CO₂-Gehalt.

2.2.2 Flächen- und Volumeneffizienz

Die verfügbare Grundfläche soll nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht optimal ausgenutzt werden, sondern auch, um den vorhandenen Flächenbedarf bei möglichst geringem Flächenverbrauch zu decken.

Stützenfreie Grundrisse oder möglichst wenig vertikale Tragglieder über mehrere Geschosse steigern die **Flächeneffizienz** und dienen außerdem der **Funktionalität** des Gebäudes. So kann mit dünnen Außenwand- oder Fassadenelementen sowie schlanken Stützenquerschnitten die versiegelte Fläche effizient genutzt werden.

Die **Volumeneffizienz** wird wesentlich durch die Dicke der Geschossdecken beeinflusst. Diese kann durch die Wahl eines Tragsystems mit angemessenen Stützweiten optimiert werden. Durch den Einsatz vorgespannter Bauteile lassen sich schlanke Decken auch bei weit gespannten Deckensystemen realisieren. Zusätzlicher Raum kann durch die Integration von Installationen in der Deckenebene gewonnen werden.



Wechselwirkung: Durch schlanke, hoch ausgenutzte Bauteile wird einerseits die Flächen- und Volumeneffizienz erhöht, gleichzeitig können die **Flexibilität und die Umnutzungsfähigkeit** des Gebäudes beeinflusst werden. Insbesondere bei großzügigen, freien Grundrissen ist auf die Auswirkungen der Beurteilung der **Brandabschnitte** zu achten.



2.2.3 Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit, Werterhalt

Für die nachhaltige Nutzung und den Werterhalt von Immobilien sind die Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit des Tragwerkes von großer Bedeutung. Ziel ist eine Anpassung an geänderte Nutzungsanforderungen mit möglichst geringen Kosten und Ressourcenverbrauch.

Stützenfreie Grundrisse bieten eine maximale Flexibilität für die Innenraumgestaltung. Geschossdecken aus Betonfertigteilen können mit bis zu 20 m Spannweite hergestellt werden, Industriehallen mit Binderspannweiten bis 40 m – in Einzelfällen auch darüber hinaus [5].

Bei größeren Spannweiten können durch die Verwendung von Haupt- und Nebenträgern wenige Stützen unabhängig vom Gebäuderaster flexibel entlang der Hauptträger angeordnet werden.

Tragreserven für spätere Nutzungsänderungen können bereits im Vorfeld eingeplant werden. Zum Beispiel ermöglicht der Ansatz einer entsprechend höheren Verkehrslast verschiedene Nutzungen. Für die spätere Änderung in eine industrielle / gewerbliche Nutzung können dynamische Verkehrslasten und ggf. zusätzliche Lastfälle wie „Stapleranprall“ oder nachträglicher Einbau einer Kranbahn berücksichtigt werden.

Durch eine entsprechende Ausbildung der Giebelrahmen und Traufstützen sind nachträgliche Hallenerweiterungen problemlos möglich. Bei der Trennung der Fassade von der Tragkonstruktion und der Verwendung lösbarer Verbindungen können Fassadenelemente im Erweiterungsfall demontiert und an anderer Stelle wieder montiert werden. Im Geschossbau kann eine spätere Aufstockungsmöglichkeit bereits im Vorfeld durch konstruktive Details und Berücksichtigung der entsprechenden Lasten eingeplant werden.



Wechselwirkungen: Die für stützenfreie Grundrisse erforderlichen Spannweiten führen zu größeren Bauteilquerschnitten und Deckenhöhen, die einen deutlichen logistischen Mehraufwand verursachen können.



Die Berücksichtigung einer nachträglichen Nutzlaständerung oder Erweiterung erfordert in der Regel größere, zunächst nicht ausgenutzte Querschnitte sowie entsprechende Anschlussdetails und damit einen größeren Materialaufwand in der Herstellphase.

2.2.4 Thermischer Komfort

Betonfertigteile eignen sich besonders gut für die **Betonkernaktivierung**. Grund dafür sind die kontrollierten Einbaubedingungen der Leitungen im Werk, die ein höchstmögliches Maß an Qualitätssicherung zulassen.

Die Betonkernaktivierung macht sich die thermische Speicherfähigkeit des Betons zunutze. Sie sorgt ohne Luftverwirbelungen für ein behagliches Raumklima und reduziert gleichzeitig den Energiebedarf für Heizung und Kühlung des Gebäudes (sommerlicher Wärmeschutz). Weitere Informationen gibt z. B. [8].



Wechselwirkung: Um eine ausreichende thermisch wirksame Speichermasse aktivieren zu können, müssen die Betondecken- und -wandflächen unverkleidet bleiben. Die Auswirkung von Betonoberflächen auf die **Raumakustik** ist bei der Planung zu berücksichtigen [9].



2.2.5 Schallschutz und Raumakustik

Durch ihre hohe Rohdichte bieten Betonfertigteile ideale Voraussetzungen für einen optimalen Schallschutz.

Zur Verbesserung der Raumakustik bei nicht verkleideten Oberflächen können abgehängte Deckensegel, Baffles oder flächig auf das Betonbauteil aufgebrachte oder in das Bauteil integrierte Absorber angeordnet werden. Ebenso können spezielle Betone oder strukturierte Betonoberflächen zu einer besseren Raumakustik beitragen. Weitere Informationen gibt z. B. [10].



Wechselwirkung: Schallabsorbierende Materialien an Betonoberflächen können deren thermische Wirksamkeit verringern.



2.2.6 Wärmeschutz

Durch eine entsprechende Detailausbildung können Gebäude aus Betonfertigteilen praktisch wärmebrückenfrei konstruiert werden. Insbesondere durch Stahlbeton-Sandwichfassaden können Gebäude thermisch optimiert werden. Hilfestellungen hierzu sowie eine umfangreiche Sammlung von Konstruktionsdetails enthält [11].



Wechselwirkung: Für den Fall, dass die Tragschale von Stahlbeton-Sandwichfassaden als tragende Außenwand genutzt wird, können zusätzliche Stützen entfallen. Hierdurch wird jedoch die **Flexibilität** beeinflusst, da z. B. die Fassadentafeln nicht einfach ausgetauscht oder im Erweiterungsfall wiederverwendet werden können.



2.2.7 Brandschutz

Die erforderliche **Feuerwiderstandsdauer** von Betonfertigteilen kann entsprechend den Nutzungsanforderungen durch eine geeignete Querschnittswahl einfach und kosteneffizient ohne zusätzlichen Materialeinsatz realisiert werden. Das FDB-Merkblatt Nr. 7 gibt Hinweise zum Brandschutz mit Betonfertigteilen.

2.2.8 Wiederverwendbarkeit und Recycling

Die Kreislaufwirtschaft stellt die **Wiederverwendung** vor das Recycling. Tragende Betonfertigteile können aufgrund ihrer langen Lebensdauer von deutlich über 50 Jahren ohne großen technischen Aufwand im Ganzen demontiert und in anderen Bauwerken wiederverwendet werden. Fertigteilkonstruktionen besitzen hinsichtlich der Demontage und Wiederverwendung somit große Vorteile gegenüber monolithischen Konstruktionen. Geeignet sind vor allem vorgefertigte Decken, Wände, Treppenläufe und -podeste oder Dachelemente. Da bereits bei der Planung der spätere Rückbau am Ende des Lebenszyklus eines Bauwerkes berücksichtigt werden muss, ist das Bauen mit demontierbaren und wiederverwendbaren Betonfertigteilen mit einem erhöhten Planungsaufwand verbunden.

Um die Wiederverwendung flächendeckend zu etablieren, muss die Gesetzeslage (Abfallrecht, Produktrecht, Baurecht, Vergaberecht) angepasst sowie technische Regelwerke (Normen, Richtlinien, Planungshilfen) erarbeitet werden. Eine dieser Regelwerke ist die neue *DIN SPEC 91484:2023-09 Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten als Grundlage für Bewertungen des Anschlussnutzungspotentials vor Abbruch- und Renovierungsarbeiten (Pre-Demolition-Audit)*. Die DIN SPEC 91484 zeigt eine mögliche Vorgehensweise auf, wie die Potenziale der Wiederverwendung von Bauprodukten erfasst werden können. Sie unterscheidet zwischen dem Erhalt der Bausubstanz (Vermeidung) sowie der Wiederverwendung, Weiterverwendung und Wiederverwertung und legt somit eine Hierarchie für eine hochwertige Anschlussnutzung fest:

- Wiederverwendung: Bereits gebrauchte Produkte werden für denselben Zweck erneut verwendet.
- Weiterverwendung: Bereits gebrauchte Produkte werden für einen anderen als den ursprünglichen verwendet.
- Wiederverwertung: Das Gebrauchtmaterial wird zu einem Bauprodukt auf der gleichen Qualitätsstufe und vergleichbarer Funktion wie das ursprüngliche Bauprodukt verarbeitet.

Betonbruch hat sich als grobe Gesteinskörnung in Beton oder als ungebundene Schüttung im Straßenbau bewährt und ersetzt dort Primärrohstoffe. Im Jahre 2022 lag die Verwertungsquote von Bauschutt (Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik inkl. Gipsabfälle) bei 94,8 % [12].

Der Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung in Beton schont die natürlichen Ressourcen, führt jedoch nicht zwangsläufig zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen und ist im Einzelfall zu prüfen. Dies liegt am hohen Energieeinsatz für den Gebäudeabbruch und die anschließende erforderliche Aufbereitung (Waschen, Zerkleinern und Sortieren) des Abbruchmaterials. Das FDB-Merkblatt Nr. 15 enthält weitere Erläuterungen.

Vom Beton getrennte **Bewehrung** wird als Stahlschrott zu 100 % dem Wertstoffkreislauf wieder zugeführt.

3 Hinweise zum Baustoff

3.1 Umweltproduktdeklarationen für Beton

In erster Linie geben Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration; EPD) Auskunft über die Umweltwirkungen eines Produktes. Sie dienen dem Informationsaustausch und werden als Grundlage für die Ökobilanzierung von Gebäuden im Zuge der Nachhaltigkeitsbewertung genutzt. Für einen einfachen Baustoffvergleich sind EPDs in der Regel nicht geeignet.

Im Oktober 2023 wurden beim Institut Bauen und Umwelt e.V. (www.ibu-epd.de) die erstmalig 2013 veröffentlichten EPDs für Betone folgender Druckfestigkeitsklassen nach den Vorgaben der EN 15804+A2 aktualisiert und von unabhängigen Fachleuten verifiziert: C20/25, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60 [13]. Zusätzlich wurden EPDs für C8/10 bis C16/20 sowie – mit besonderer Fertigteilrelevanz – EPDs für C55/67 und C60/75 veröffentlicht.

Die Deklarationen gelten jeweils für einen Kubikmeter in Deutschland hergestellten unbewehrten Beton für Bauteile im Hochbau (Wände, Decken, Balken, Treppen etc.), im Tiefbau (erdberührte Bauteile, Gründungselemente etc.) und Ingenieurbau (z. B. Brücken). Dabei spielt es keine Rolle, ob diese Bauteile vor Ort geschalt und betoniert oder als Betonfertigteile auf die Baustelle geliefert wurden. Bauteilspezifische EPDs können sich auf andere deklarierte Einheiten beziehen, z. B. 1 m² Wand oder 1 m² Decke.

In den Beton-EPDs werden die in Bild 2 dargestellten Lebenszyklusphasen des Betons von der Gewinnung der Ausgangsstoffe bis zum Abbruch des Gebäudes und der Wiederverwendung berücksichtigt.

Produktstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium								Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport zur Baustelle	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	x	x	

Bild 2: Übersicht über die deklarierten Lebenszyklusphasen (x: in Ökobilanz enthalten; MND: Modul nicht deklariert; MNR: Modul auf Produktebene nicht relevant)

Umfangreiche Hintergrundinformationen zu den Beton-EPDs sowie Hilfestellungen für die Verwendung der Daten enthält [14].

In Tabelle 1 sind auszugsweise die CO₂-Emissionen sowie der Energie- und Ressourceneinsatz für betonfertigteile-relevante Festigkeitsklassen (ab C30/37) angegeben. Alternativ können neuere Datensätze sowie EPDs von Herstellern oder auch Ökobilanzen verwendet werden, wenn sie DIN EN 15804 entsprechen. Eine umfangreiche Sammlung weiterer EPD-Datensätze enthält zum Beispiel die Ökobau.dat des Bundesbauministeriums [15].

Alle betonfertigteile-relevanten Beton-EPDs als PDF: www.fdb-fertigteilebau.de/wissen/nachhaltigkeit/epds-fuer-beton.

Über die Angaben in der EPD hinaus, entstehen in der Nutzungsphase durch den Beton während der Referenznutzungsdauer von 50 Jahren [1] nur sehr geringe Umweltwirkungen und Ressourcenverbräuche.

Der wichtigste Einflussfaktor auf das **Treibhauspotenzial** bei der Herstellung von Betonfertigteilen (A1 bis A3) ist die Zementherstellung (je nach Festigkeitsklasse mit deutlich über 80 %). Der Energieeinsatz im Werk (für das Heizen der Hallen, ggf. der Schalungen und Ausgangsstoffe, Beleuchtung, Mischen/Verdichten und Krantransporte) machen insgesamt rund 8 % aus [13].

Mit den Beton-EPDs liegen unabhängig verifizierte Baustoffwerte vor, um für die Beurteilung der ökologischen Säule der Nachhaltigkeit eines Gebäudes, die dem verbauten Beton zuzuordnenden Umweltwirkungen zu ermitteln. Die Branchendurchschnittswerte sind auch in der Ökobau.dat [15] enthalten. Auf die bauteilbezogenen (mit 20 % Sicherheitszuschlag versehenen) generischen Datensätze für Betonfertigteile in der Ökobau.dat braucht nicht zurückgegriffen zu werden.

Tabelle 1: Auszüge aus [13] C30/37, C35/45, C45/55, C50/60, C55/67, C60/75 – Deklarierte Einheit: 1 m³ Beton

	Umweltauswirkungen	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1 ²⁾	C1-C3	D	A1-A3, C3 ³⁾
C30/37	Globales Erwärmungspotenzial (GWP _{total}) ¹⁾	kg CO ₂ -Äq.	196	4,35	0,874	-14	18,67	-12,1	201
	Total erneuerbare Primärenergie (PE _{ERT})	MJ	229	3,73	9,32	0	48,46	-73	
	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PE _{NRT})	MJ	972	56,7	11	0	242,2	-157	
	Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	3,7	0	0	0	0	2.360	
	Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0	0	0	0	2.360	0	
C35/45	Globales Erwärmungspotenzial (GWP _{total}) ¹⁾	kg CO ₂ -Äq.	220	8,18	0,874	-12	18,67	-12,1	225
	Total erneuerbare Primärenergie (PE _{ERT})	MJ	256	7,03	9,32	0	48,46	-73	
	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PE _{NRT})	MJ	1.100	107	11	0	242,2	-157	
	Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	4,2	0	0	0	0	2.360	
	Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0	0	0	0	2.360	0	
C45/55	Globales Erwärmungspotenzial (GWP _{total}) ¹⁾	kg CO ₂ -Äq.	273	16,8	0,874	-12	18,67	-12,1	278
	Total erneuerbare Primärenergie (PE _{ERT})	MJ	310	14,5	9,32	0	48,46	-73	
	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PE _{NRT})	MJ	1.420	221	11	0	242,2	-157	
	Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	5,3	0	0	0	0	2.360	
	Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0	0	0	0	2.360	0	
C50/60	Globales Erwärmungspotenzial (GWP _{total}) ¹⁾	kg CO ₂ -Äq.	275	13	0,874	-12	18,67	-12,1	280
	Total erneuerbare Primärenergie (PE _{ERT})	MJ	314	11,2	9,32	0	48,46	-73	
	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PE _{NRT})	MJ	1.380	170	11	0	242,2	-157	
	Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	5,5	0	0	0	0	2.360	
	Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0	0	0	0	2.360	0	
C55/67	Globales Erwärmungspotenzial (GWP _{total}) ¹⁾	kg CO ₂ -Äq.	286	11	0,874	-12	18,67	-12,1	291
	Total erneuerbare Primärenergie (PE _{ERT})	MJ	322	9,46	9,32	0	48,46	-73	
	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PE _{NRT})	MJ	1.460	144	11	0	242,2	-157	
	Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	5,6	0	0	0	0	2.360	
	Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0	0	0	0	2.360	0	
C60/75	Globales Erwärmungspotenzial (GWP _{total}) ¹⁾	kg CO ₂ -Äq.	289	11	0,874	-12	18,67	-12,1	294
	Total erneuerbare Primärenergie (PE _{ERT})	MJ	325	9,46	9,32	0	48,46	-73	
	Total nicht erneuerbare Primärenergie (PE _{NRT})	MJ	1.470	144	11	0	242,2	-157	
	Einsatz von Sekundärstoffen (SM)	kg	5,6	0	0	0	0	2.360	
	Stoffe zum Recycling (MFR)	kg	0	0	0	0	2.360	0	

Fußnoten

¹⁾ Im Wert GWP der Module A1 bis A3 ist der Anteil aus der Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung nicht enthalten.

²⁾ Durch Carbonatisierung nehmen Betonbauteile während ihrer Nutzungsdauer Kohlendioxid aus der Luft auf. Dies kann als negatives Treibhauspotenzial in Modul B1 ausgedrückt werden. Unter Annahme eines 20 cm dicken Betonbauteils ergibt sich für die untersuchten Festigkeitsklassen ein Wert von ca. -12 kg CO₂/m³ Beton.

³⁾ Beton-Ökobilanzdaten für Anwendung der THG-Richtlinie und des Qualitätssiegels QNG (A1-A3, C3)

Hinweis: Näherungswerte für C40/50 können linear interpoliert werden.

3.2 Ökobilanzdatensätze für Bewehrung

Für die Bewertung auf Bauteil- oder Bauwerksebene ist zusätzlich zum Beton auch der in der Regel vorhandene Bewehrungsanteil zu erfassen. Folgende Datensätze können dabei verwendet werden:

- Betonstahl mit 475 kg CO₂-Äq./t nach Ökobau.dat [15] (nach EN 15804+A2, A1-A3)
- Spannstahl mit 1.852 kg CO₂-Äq./t [16] (nach EN 15804+A2, A1-A3, C3, C4)

Alternativ dazu und für andere Bewehrungsarten können auch aktuellere Datensätze sowie EPDs von Herstellern oder auch Ökobilanzen verwendet werden, wenn sie EN 15804 entsprechen.

3.3 Hinweise zur Baustoffwahl

Den „nachhaltigen“ Baustoff an sich gibt es nicht. Die Wahl des Baustoffes beeinflusst jedoch zahlreiche Kriterien der Nachhaltigkeitsbetrachtung. Gleichzeitig gibt es aber auch viele baustoffunabhängige Aspekte, so dass die Betrachtung der Nachhaltigkeit eines Bauwerkes ausschließlich auf Basis der verwendeten Baustoffe unangebracht und falsch ist. Dies bezieht sich insbesondere auf die Ergebnisse der **Ökobilanz**.

In der Regel sind die Umweltwirkungen eines einzelnen Bauproduktes / Baustoffs keine relevanten Faktoren für die Nachhaltigkeit eines Bauwerkes – vielmehr geht es um die **Optimierung eines Bauwerkes** im ganzheitlichen Sinne. Viele bei der Nachhaltigkeitszertifizierung betrachteten Kriterien werden nicht durch den Baustoff beeinflusst.

Bei der Auswahl eines CO₂-reduzierten Betons sind Aspekte wie z. B. Dauerhaftigkeit, Verarbeitbarkeit oder Nachbehandlung im Planungsteam zu klären. Die reine Minimierung des CO₂-Gehaltes pro m³ Beton führt bei einer ganzheitlichen Betrachtung nicht zwangsläufig zu einer CO₂-Reduzierung auf Gebäudeebene. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn für die Erreichung der gleichen Bauaufgabe aufgrund der CO₂-Reduzierung mehr Material (Beton und Bewehrung) verwendet werden muss, durch längere Ausschulfristen die Bauzeit verlängert wird oder Schutzmaßnahmen wie Beschichtungen erforderlich werden. Die alleinige Entscheidung für einen CO₂-reduzierten Beton ist nicht zielführend, wenn nicht auch auf Element- und Bauwerksebene optimiert wird. Dabei bietet die Betonfertigteilbauweise zahlreiche weitere Möglichkeiten, den CO₂-Gehalt eines Gebäudes zu reduzieren (→ siehe auch Kapitel 2.2.1). Diese müssen projektbezogen betrachtet werden.

Aus Bild 3 geht hervor, dass mit zunehmender Betondruckfestigkeit das verursachte Treibhauspotenzial pro m³ Beton zunimmt. Bezogen auf die Betondruckfestigkeit nimmt jedoch das spezifische Treibhauspotenzial von Beton mit steigender Druckfestigkeitsklasse ab. Dies kann insbesondere bei überwiegend auf Druck beanspruchten Bauteilen, wie Geschossstützen oder Wänden genutzt werden. Die korrekte Beurteilung der Umweltwirkungen eines Baustoffes kann immer nur im Zusammenhang mit der konkreten Bauaufgabe und den dortigen Randbedingungen – also auf Gebäudeebene – erfolgen.

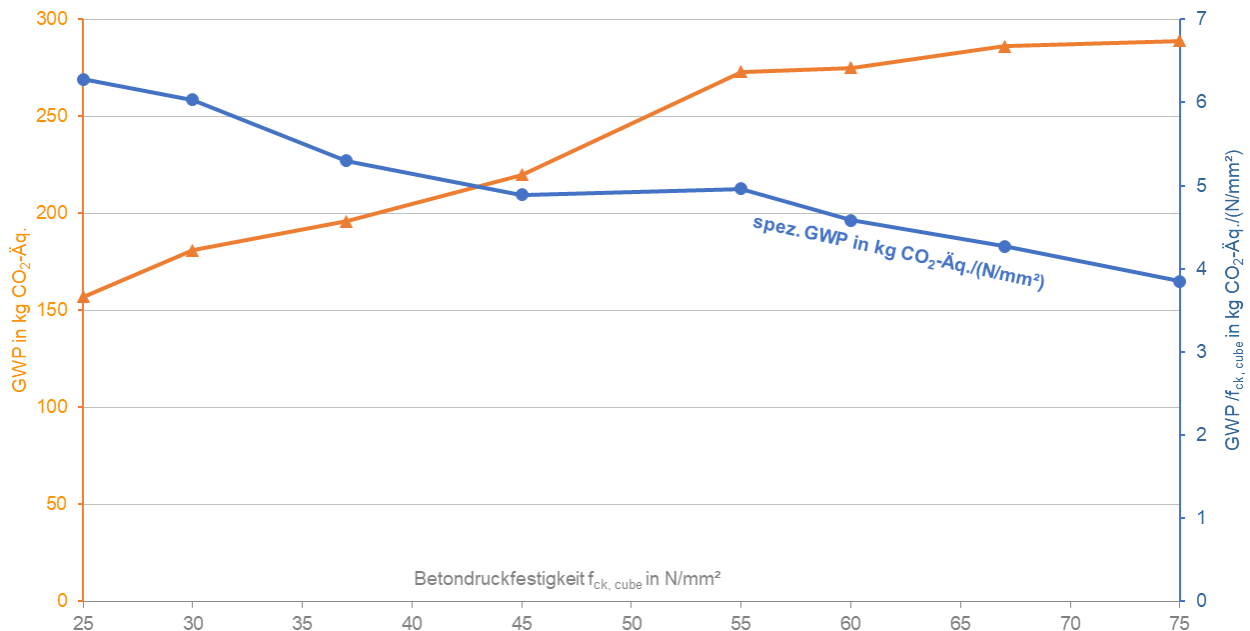


Bild 3: Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit und Treibhauspotenzial (GWP) bzw. spezifischem Treibhauspotenzial (spez. GWP) (A1 bis A3; ohne CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung. Nach dem Verursacherprinzip EN 15804 sind diese dem Produktsystem zuzuordnen, das den Abfall verursacht hat.) [13]

4 Zusammenfassung

Die Ausführungen zeigen, dass im komplexen Abwägungsprozess eine Entscheidung für das Bauen mit Betonfertigteilen überwiegend positive Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden hat.

Die Betonfertigteilm Bauweise ist mit einem höheren Planungsvorlauf und einer von Beginn an konsequenten Planung verbunden. Zunehmend werden bei allen Bauweisen im Zuge der Nachhaltigkeitsbetrachtung höhere Erwartungen an den Planungsablauf gestellt – wie er beim Bauen mit Betonfertigteilen standardmäßig umgesetzt wird.

Das vorliegende Merkblatt und die zahlreichen weiteren Veröffentlichungen der FDB unterstützen die Planenden dabei, das Potenzial der Betonfertigteilm Bauweise im Sinne der Nachhaltigkeit optimal zu nutzen.

Eine frühzeitige Abstimmung aller am Bau Beteiligten ist aufgrund der Anforderungen an nachhaltige Gebäude unabdingbar, damit schon in der Vorplanungsphase geeignete Materialien und Bauverfahren berücksichtigt werden.

Die Umweltproduktdeklarationen für Beton, Betonstahl und Spannstahl ermöglichen bauteilunabhängig bereits in frühen Planungsphasen ein Abschätzen der Umweltwirkungen von Gebäuden aus Betonfertigteilen über die zu erwartende Betonkubatur und den Bewehrungsanteil.

5 Literatur

- [1] Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2015. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin, aktualisierte Ausgabe 2019
- [2] Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.
- [3] Nachhaltig bauen mit Beton – Roadmap des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau (Version 2.0). Berlin, 2023 >> www.dafstb.de/nachhaltigkeit
- [4] Homepage der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilm Bau e.V. (FDB) mit technischen Informationen und Planungshilfen >> www.fdb-fertigteilm Bau.de
- [5] Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau – Grundlagen der Planung. FDB, Bonn 2021.
PDF: www.fdb-fertigteilm Bau.de/fileadmin/user_upload/broschueren/FDB_Geschoss_Hallenbau_2021_Web.pdf (zuletzt aufgerufen, 08.01.2025)
- [6] Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“, Ressourcen- und energieeffiziente, adaptive Gebäudekonzepte im Geschossbau – Teilprojekt C. DAfStb Heft 585. Beuth Verlag, Berlin 2010;
PDF: www.dafstb.de/application/Nachhaltigkeit/DAfStb-Heft_588_Stadtbaustein_Nachhaltig_bauen_mit_Beton.pdf (zuletzt aufgerufen, 08.01.2025)
- [7] DAfStb-Richtlinie Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton (2024-08)
- Teil 1: Grundlagen und Nachweis am Gesamttragwerk
- Teil 2: Deckensysteme
- [8] Friedrich, T.; Multifunktionale Betondecken, in: Beton-Kalender 2016, Band 1, Abschnitt V
- [9] Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau – Leitfaden. Hofer, G.; Varga, M., Grim, M., Amann, S. Nachhaltigkeit massiv AP 7. e7 Energie Markt Analyse GmbH, Wien 2009
- [10] Integrale Akustiksysteme für thermisch aktive Betonbauteile – Akustik in Betondecken. Drotleff; Wack. Forschungsinitiative Zukunft Bau F 2738. Fraunhofer IRB Verlag 2011
- [11] Planungsatlas Hochbau, InformationsZentrum Beton, Düsseldorf >> www.planungsatlas-hochbau.de
- [12] Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2022. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2022. Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. Berlin, Dezember 2024.
PDF: www.kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-14.pdf (zuletzt aufgerufen, 08.01.2025)
- [13] Umweltproduktdeklarationen für verschiedene Betondruckfestigkeitsklassen. InformationsZentrum Beton, Düsseldorf 2023 >> www.beton.org/epd
- [14] Nachhaltig Bauen mit Beton – Begleitbroschüre zu den Umweltproduktdeklarationen Beton. InformationsZentrum Beton, Düsseldorf, Januar 2025;
PDF: <https://betonshop.de/media/wysiwyg/EPD-Begleitbroschuere-Beton-2025.pdf> (zuletzt aufgerufen, 08.01.2025)
- [15] Ökobau.dat 2023-I vom 15.06.2023. Baustoffdatenbank des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) >> www.oekobaudat.de
- [16] Nedri Spanstaal BV (2022) Prestressing steel (strand and wire) for application in prestressed concrete. Environmental Product Declaration 1.1.00267.2021. Stichting MRPI, Den Haag.

FDB-Merkblatt Nr. 2 Korrosionsschutz von Verbindungselementen für Betonfertigteile

FDB-Merkblatt Nr. 3 zur Planung vorgefertigter Betonfassaden

FDB-Merkblatt Nr. 4 zur Befestigung vorgefertigter Betonfassaden

FDB-Merkblatt Nr. 7 über Brandschutzanforderungen von Betonfertigteilen

FDB-Merkblatt Nr. 15 Einsatz von wiedergewonnener und rezyklierter Gesteinskörnung in Betonfertigteilen

auf www.fdb-fertigteilbau.de/fdb-angebote/literatur-downloadcenter-merkblaetter/fdb-merkblaetter

© FDB 2025. Diese Fassung ersetzt die Ausgabe 5/2019. Erstausgabe vom März 2014.

Herausgeber: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. – Mittelstraße 2-10 – 53175 Bonn
Internet: www.fdb-fertigteilbau.de – E-Mail: info@fdb-fertigteilbau.de, Tel. 0228 9545656

Die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. ist der technische Fachverband für den konstruktiven Betonfertigteilbau. Die FDB vertritt die Interessen ihrer Mitglieder national und international und leistet übergeordnete Facharbeit in allen wesentlichen Bereichen der Technik.