

FDB-Merkblatt Nr. 10 zum nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen (07/2019)

1 Allgemeines

Zunehmende Rohstoffknappheit, steigende Energiepreise und begrenzter Deponieraum ... dies sind die globalen Entwicklungen, die von nachhaltigen Gebäuden u. a. einen geringen Verbrauch von Rohstoffen und Energie ebenso wie eine größtmögliche Nutzungsflexibilität und Wiederverwendbarkeit fordern. Sie müssen ökologischen, ökonomischen und sozialen 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.

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, eine geeignete Materialauswahl und ein sinnvoller Herstellungsprozess.

Diese Aspekte des nachhaltigen Bauens können durch Lösungen erfüllt werden, die beim Betonfertigteilebau schon lange zum Stand der Technik gehören [2]:

- hohe Maßgenauigkeit und Qualität durch Vorfertigung unter kontrollierten Produktionsbedingungen;
- Vermeidung von Abfällen und Reduzierung des Ressourcenverbrauchs durch Fertigung großer Serien und Vielfachnutzung der Schalung;
- geringe Staub- und Lärmbelastung der Baustellenumgebung durch Vorfertigung im Werk;
- Platzeinsparungen auf der Baustelle durch optimierte Bauprozesse 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 zum einen die Investoren, Bauherren und Planer für Entscheidungsprozesse beim nachhaltigen Bauen sensibilisieren. Zum anderem sollen sie auch als Vorbereitung einer möglichen Nachhaltigkeitszertifizierung verstanden werden. 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. Grundlagen sind

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

Architekt, Bauphysiker, Tragwerksplaner und Haustechniker 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 Betonfertigteilebauweise können optimal genutzt werden, wenn eine frühe Beteiligung der Fachplaner und der Betonfertigteilehersteller bereits in der Planungsphase erfolgt. So hat die Betonfertigteilebauweise insbesondere bei der ökonomischen Qualität, der technischen Qualität und der Prozessqualität erhebliche Vorteile für das nachhaltige Bauen. Die gestalterische Freiheit durch die Formvielfalt von Betonfertigteilen begeistert zusätzlich, ihr sind kaum Grenzen gesetzt.

2.2 Einflüsse auf einzelne Nachhaltigkeitsaspekte

2.2.1 Ressourcenschonung und Klimaschutz

Eine **ressourcenschonende Optimierung** kann bei der Betonfertigteiltbauweise unter verschiedenen Aspekten erfolgen:

- Eine statische Optimierung aller Bauteile führt zu Material- und Gewichtseinsparungen (weniger Beton, weniger Bewehrung).
- Eine herstellungstechnische Optimierung auf möglichst viele gleiche Bauteilquerschnitte führt zu weniger Abfall und einer kürzeren Produktionszeit.
- Eine Optimierung der Betonrezeptur führt zu einer noch besseren Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit, so dass in der Regel keine Beschichtungen erforderlich sind sowie reinigungs- und wartungsarme Oberflächen entstehen.

So wurde z. B. in dem Verbundforschungsvorhaben des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e.V. „Nachhaltig Bauen mit Beton“ [4] 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.



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.



2.2.2 Flächen- und Volumeneffizienz

Die verfügbare Grundfläche soll nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht optimal ausgenutzt werden, sondern auch, um aus Sicht der Nachhaltigkeit einen 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 schlanken Stützenquerschnitten, z. B. optimiert durch den Einsatz hochfester Betone oder stumpfer Stützenstöße, 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 und hochfester Betone 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 die Verwendung schlanker, hoch ausgenutzter Bauteilquerschnitte wird einerseits der Ressourceneinsatz optimiert, gleichzeitig können – wie bereits oben erwähnt – 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

Für die nachhaltige Nutzung von Immobilien sind die Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit des Tragwerkes von großer Bedeutung. Hierfür soll eine Anpassung an geänderte Nutzungsanforderungen mit möglichst geringen Kosten und Ressourcenverbrauch realisierbar sein.

Stützenfreie Grundrisse bieten eine maximale Flexibilität für die Innenraumgestaltung. Geschossdecken aus Betonfertigteilen können mit bis zu 20 m Spannweite hergestellt werden [3], Industriehallen mit Binderspannweiten bis 50 m. Bei Haupt- und Nebenträgerdecken führt eine flexible Anordnung der Stützen entlang der Hauptträger zur Erhöhung der Flexibilität der Nutzflächen im Erdgeschoss [4].



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 Fassadentafeln 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 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 Herstellungsphase. Sie wirken sich somit auf die **Ökobilanz** der Herstellungsphase aus. 

2.2.4 Thermischer Komfort

Die **Betonkernaktivierung** macht sich die thermische Speicherfähigkeit des Betons zunutze und stabilisiert die Innenraumtemperaturen im Sommer wie im Winter. Sie sorgt nicht nur für ein äußerst behagliches Raumklima – und das ohne Luftverwirbelungen, sondern reduziert gleichzeitig den Energiebedarf für Heizung und Kühlung des Gebäudes. Die thermischen Eigenschaften des Betons wirken sich beim sommerlichen Wärmeschutz positiv auf das Raumklima aus; thermische Energie kann zudem gezielt gespeichert werden. Weitere Informationen gibt z. B. [5]. 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.



 Wechselwirkungen: Für eine möglichst flexible Grundrissgestaltung werden vor allem Büroräume in der Regel mit einem leichten Innenausbau, doppelten Böden und abgehängten Decken ausgeführt. Aufgrund dieser Konstruktionen fehlt es in derartigen Räumen oft an thermisch wirksamer Speichermasse, besonders dann, wenn keine massiven Innenwände für die thermische Nutzung zur Verfügung stehen. Hinweise zur Kombination der Anforderungen „hohe Nutzungsflexibilität“ und „thermische Speichermasse“ gibt [6]. Die Auswirkung von Betonoberflächen auf die **Raumakustik** ist bei der Planung zu berücksichtigen. 

2.2.5 Schallschutz und Raumakustik

Durch ihr hohes Gewicht 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.

Speziell im Hinblick auf thermisch aktivierte Stahlbetondecken (siehe 2.2.4) können bereits in die Decke einbetonierte Absorberstreifen verwendet werden, die bei einer sehr geringen Beeinflussung der thermischen Leistungsfähigkeit praxiserge Absorptionsspektren für die Büronutzung erzielen. Weitere Informationen gibt z. B. [7].

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

2.2.6 Wärmeschutz

Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften der Gebäudehülle beeinflussen den Energiebedarf, die Behaglichkeit und die Dauerhaftigkeit eines Gebäudes. Durch eine entsprechende Detailausbildung können Gebäude aus Betonfertigteilen praktisch wärmebrückenfrei und optisch hochwertig konstruiert werden. Insbesondere durch Stahlbeton-Sandwichfassaden können Gebäude thermisch optimiert werden. Hilfestellungen hierzu sowie eine umfangreiche Sammlung von Details enthält [8].

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

2.2.7 Brandschutz, Dauerhaftigkeit und Robustheit

Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit sind die Einwirkungen aus der Umwelt und die **Nutzungsanforderungen** realistisch einzuschätzen. Der Beton wird passend zu der daraus resultierenden Beanspruchung (Expositionsklassen) zusammengesetzt und das Fertigteil entsprechend ausgebildet. Eine hohe, gleichbleibende Qualität wird dabei durch die kontrollierten Fertigungsbedingungen und die ständige Eigenüberwachung bei der Herstellung gewährleistet.

Die erforderliche **Feuerwiderstandsdauer** von Betonfertigteilen kann entsprechend den Nutzungsanforderungen durch eine geeignete Querschnittswahl einfach und kosteneffizient realisiert werden. Das FDB-Merkblatt Nr. 7 gibt Hinweise zu den Brandschutzanforderungen an Betonfertigteile. Beton trägt nicht zur Erhöhung der Brandlast bei und entwickelt bei einem Brand keine giftigen Gase oder starken Rauch.

Praktisch **wartungsfrei** sind Tragwerke aus Beton aufgrund der Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit des Baustoffes. Die insbesondere im Fertigteilbau zur Anwendung kommenden höherwertigen Betone bewirken automatisch eine sehr hohe Robustheit und Dauerhaftigkeit.

Die Abwägung, ein Bauwerk zu erhalten oder es abzubauen, ist im Sinne der Nachhaltigkeit immer PRO Werterhaltung. Bei Betrachtung von Bestandsgebäuden kann jedoch auch der sogenannte „Ersatzneubau“ mit einem langlebigen und flexiblen Neubau eine nachhaltige Lösung sein [9]. Bei Neubauten ist es dagegen vorteilhaft, robuste und dauerhafte Bauwerke zu planen.



Wechselwirkungen: Um die Funktionsfähigkeit der beim Bauen mit Betonfertigteilen entstehenden **Elementfugen** dauerhaft zu gewährleisten, ist deren fachgerechte Planung, Ausführung und Wartung unerlässlich. Hinweise hierzu gibt [3].



2.2.8 Recycling und Wiederverwendbarkeit

Bereits bei der Planung ist der spätere Rückbau am Ende des Lebenszyklus des Bauwerkes zu berücksichtigen.

Die höchste Stufe des Recyclings ist die Wiederverwendung des gesamten Gebäudes oder einzelner Bauteile. Hierfür ermöglichen wiederverwendbare Betonfertigteile, die bei Ausführung lösbarer Verbindungen zerstörungsfrei ausgebaut werden können, einen planmäßigen Rückbau des Gebäudes und leisten einen Beitrag zur Reduzierung der Abfallmenge und des Ressourcenverbrauches.

Betonbruch hat sich als grobe Gesteinskörnung in Beton oder als ungebundene Schüttung im Straßenbau bewährt und ersetzt dort Primärrohstoffe. Im Jahre 2016 lag die Verwertungsquote von Betonbruch bei über 90 % [10]. Vom Beton getrennte Bewehrung wird als Stahlschrott zu 100 % dem Wertstoffkreislauf wieder zugeführt.



Wechselwirkungen: Der Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen in Beton beeinflusst dessen Verarbeitbarkeit, Festigkeit, Verformungsverhalten und Dauerhaftigkeit. Dies ist bei der Rezeptur und Herstellung zu beachten.



3 Hinweise zum Baustoff

3.1 Umweltproduktdeklarationen für Beton

In erster Linie geben Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declarations - EPDs) 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 Baustoffvergleich sind EPDs nicht geeignet.

Im September 2018 wurden beim Institut Bauen und Umwelt e.V. (www.ibu-epd.de) die erstmalig 2013 veröffentlichten EPDs für Betone folgender Druckfestigkeitsklassen aktualisiert und von unabhängigen Fachleuten verifiziert: C20/25, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60 [11]. 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.

In den Umweltproduktdeklarationen, werden sämtliche **Lebenszyklusphasen** des Betons von der Gewinnung der Ausgangsstoffe bis zum Abbruch des Gebäudes und der Wiederverwendung berücksichtigt (Bild 1).

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	MND	x	

Bild 1: Übersicht über die deklarierten Lebenszyklusphasen

(x: in Ökobilanz enthalten; MND: Modul nicht deklariert; MNR: Modul auf Produktebene nicht relevant)

Download aller Beton-EPDs als pdf-Datei: www.fdb-fertigteilbau.de/wissen/nachhaltigkeit/epds-fuer-beton.

Umfangreiche Hintergrundinformationen zu den Beton-EPDs sowie Hilfestellungen für die Verwendung der Daten werden in [12] veröffentlicht.

Für Betonfertigteile werden üblicherweise Betone mit Druckfestigkeitsklassen C35/45 bis C50/60 eingesetzt. In Tabelle 1 sind auszugsweise die Ökobilanzwerte für einen Beton C45/55 angegeben.

Tabelle 1: Auszug aus der EPD Beton C45/55 – Ergebnisse der Ökobilanz für 1 m³ Beton [13]

Umweltauswirkungen	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1 ²⁾	C1-C3	D
Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	286,0 ¹⁾	29,10	1,08	-10,0	21,11	-21,40
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	7,72E-8	5,75E-12	4,71E-12	0	1,61E-11	-1,32E-10
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	0,406	0,072	1,60E-3	0	0,073	-0,047
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.	0,081	0,017	2,57E-4	0	1,64E-2	-8,86E-3
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen Äq.	0,035	-0,024	1,11E-4	0	-6,95E-3	-2,79E-3
Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen (ADP _{el})	kg Sb Äq.	1,02E-3	3,11E-6	5,36E-7	0	3,57E-6	-8,60E-6
Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADP _{foss})	MJ	1.360,0	394,1	10,5	0	273,1	-227,00
Ressourceneinsatz	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1-C3	D
Total erneuerbare Primärenergie (PE _{ern})	MJ	282,0	26,5	5,89	0	34,5	-94,10
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PE _{nerm})	MJ	1.500,0	395,8	13,66	0	282,6	-279,0
Einsatz von Sekundärstoffen	kg	11,0	0	0	0	0	2.400,0
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe	MJ	264,0	0	0	0	0	0
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe	MJ	502,0	0	0	0	0	0
Einsatz von Süßwasserressourcen	m³	0,88	0,01	0	0	0	-1,28

¹⁾ Hierin nicht enthalten sind 42 kg CO₂-Äq. aus der Verbrennung von Abfällen bei der Herstellung von Zementklinker. Weitere Erläuterungen siehe EPD-Text.
²⁾ Durch Carbonatisierung nehmen Betonbauteile während ihrer Nutzungsdauer Kohlendioxid auf. Weitere Erläuterungen siehe EPD-Text.

Über die Angaben in der EPD hinaus entstehen in der Nutzungsphase (B1 bis B5) durch den Beton während der Referenznutzungsdauer von 50 Jahren [1] keine Umweltwirkungen und Ressourceneinsätze. Durch das Recyclingpotenzial des Betons werden die meisten Umweltwirkungen, die am Lebensende durch den Abbruch des Gebäudes und die Aufbereitung des Recyclingmaterials entstehen (C1 bis C3), kompensiert. Einige sogar um ein Vielfaches.

Die wesentlichen Umweltwirkungen entstehen in der Herstellphase (A1 bis A3). Die wichtigsten Einflussfaktoren sind in Bild 2 dargestellt.

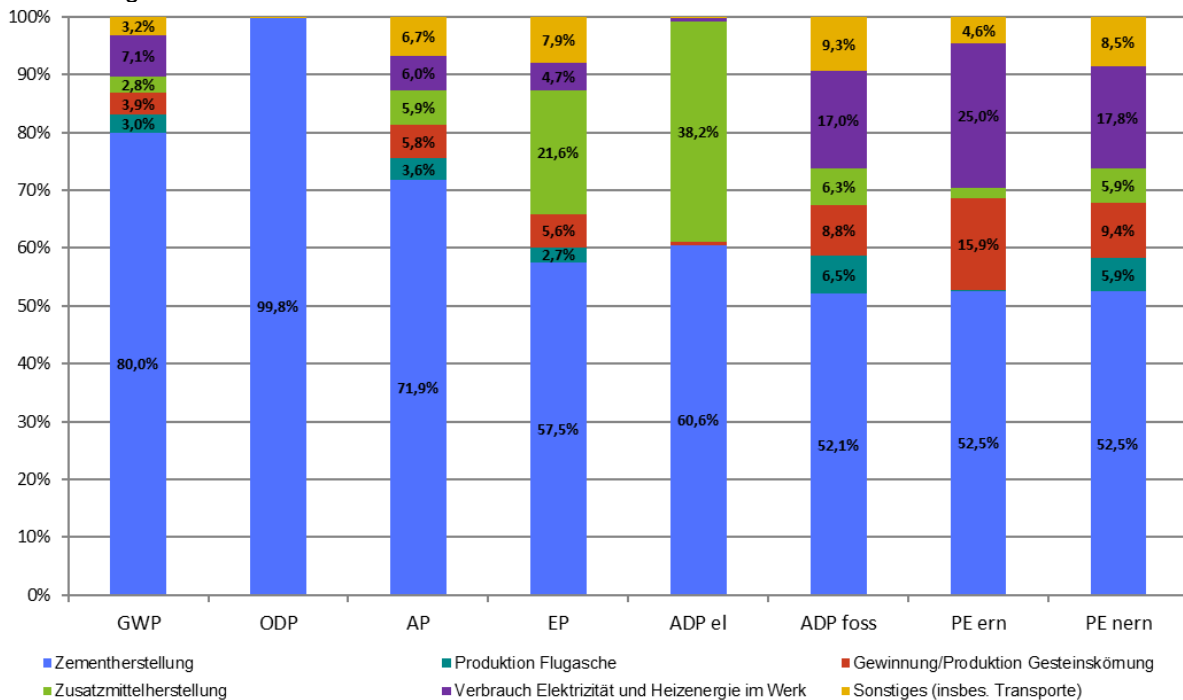


Bild 2: Einflussfaktoren auf die Wirkungs- und Sachbilanz für die Herstellung eines Betons der Druckfestigkeitsklasse C45/55 (A1 bis A3) [13]

(GWP: Globales Erwärmungspotenzial, ODP: Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht, AP: Versauerungspotenzial von Boden und Wasser, EP: Eutrophierungspotenzial (Überdüngung), POCP: Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon, ADP_{el}: Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen, ADP_{foss}: Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe, PE_{ern}: erneuerbare Primärenergie, PE_{nerm}: nicht-erneuerbare Primärenergie)

3.2 Übertragung auf das Gebäude

Mit den Umweltproduktdeklarationen für Beton liegen unabhängig verifizierte Baustoffwerte vor, um für die Beurteilung der ökologischen Säule der Nachhaltigkeit eines Gebäudes die Umweltwirkungen zu ermitteln, die dem verbauten Beton zuzuordnen sind. Insoweit werden die bestehenden Daten der Ökobau.dat [14] aktualisiert und konkretisiert. Auf die bauteilbezogenen (mit 20 % Sicherheitsaufschlag versehenen) Datensätze für Betonfertigteile in der Ökobau.dat braucht nicht zurückgegriffen zu werden. Das Gesamtbetonvolumen der Konstruktion (soweit bekannt, unterschieden in unterschiedliche Druckfestigkeitsklassen) ist lediglich mit den Ökobilanzwerten pro m³ Beton zu multiplizieren.

Der in der Regel vorhandene Bewehrungsanteil ist zusätzlich zu erfassen. Ergänzend zu den Datensätzen in der Ökobau.dat wurden hierfür im Juni 2013 vom ift Rosenheim Umweltproduktdeklarationen für Betonstahl und Betonstahlmatten veröffentlicht [15].

Tabelle 2: Ökobilanzdatensätze für 1 t Betonstahl B 500 und 1 m³ Beton C45/55 (Module A1 bis A5)

Parameter	Einheit	1 t Betonstahl [15]	1 m ³ Beton C 45/55 [13]
GWP	kg CO ₂ -Äq.	280	316
ODP	kg CFC11-Äq.	1,02E-04	7,72E-8
AP	kg SO ₂ -Äq.	0,766	0,480
EP	kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.	0,0991	0,098
POCP	kg Ethen Äq.	0,0397	0,0112
ADP _{el}	kg Sb Äq.	3,71E-05	1,02E-3
ADP _{foss}	MJ	4.320	1.746
PE _{ern}	MJ	960	314
PE _{nerm}	MJ	7.920	1.909

Zur Ermittlung der Ökobilanz eines Bauwerkes werden die Ökobilanz-Datensätze (Tabelle 2) auf die eingesetzten Gesamtmassen angewendet. Exemplarische Ermittlung der ökobilanziellen Werte für die Betonfertigteile (Binder, Riegel, Stützen, Fundamente) einer Industriehalle (Länge = 47 m, Breite = 28 m, Höhe = 10 m, ca. 1.326 m² Nettogeschossfläche) siehe Tabelle 3.

Tabelle 3: Exemplarische Ermittlung der Umweltwirkungen für eine Industriehalle (Anteil der Betonfertigteile; Module A1 bis A5)

Parameter	Einheit	Anteil Bewehrung 32.489 kg ¹⁾	Industriehalle Anteil Beton		Gesamt pro m ² NGF
			52,5 m ³ C45/55	154,4 m ³ C35/45	
GWP	kg CO ₂ -Äq.	9.096,9	16.590,0	39.245,4	49,0
ODP	kg CFC11-Äq.	3,31E-03	4,05E-06	1,05E-05	2,51E-06
AP	kg SO ₂ -Äq.	24,887	25,200	57,514	0,0811
EP	kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.	3,21966	5,145	10,9898	0,0146
POCP	kg Ethen Äq.	1,2898	0,588	3,4340	0,00401
ADP _{el}	kg Sb Äq.	1,21E-03	5,36E-02	1,27E-01	1,37E-04
ADP _{foss}	MJ	140.352	91.665	187.488	317,1
PE _{ern}	MJ	31.189	16.485	37.548	64,2
PE _{nerm}	MJ	257.313	100.223	206.581	425,4

¹⁾ inkl. Spannstahl

Zur genauen Berücksichtigung von Spannstahl im Bauteil sind derzeit keine Datenbanksätze bekannt. Vom Ökobilanzierer sind geeignete Annahmen zu treffen oder die Herstellung von Spannstahl als Vorkette gesondert zu modellieren.

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 kein relevanter Faktor für die Nachhaltigkeit eines Bauwerkes - vielmehr geht es um die Optimierung eines Bauwerkes im **ganzheitlichen** Sinne. So haben die Umweltwirkungen des Zementes, die die Ökobilanz des Betons wesentlich beeinflussen, einen Anteil

an der Nachhaltigkeitszertifizierung eines fiktiven Bürogebäudes von lediglich 0,4 bis 1,2 % [16]. Zum einen liegt das daran, dass viele bei der Zertifizierung betrachteten Kriterien durch den Baustoff nicht beeinflusst werden, zum anderen entsteht über den gesamten Lebenszyklus der größere Anteil der Umweltwirkungen nicht während der Herstellerphase, sondern im Laufe der Nutzungsdauer des Bauwerkes. Hier fallen durch den Beton keine zusätzlichen Umweltlasten an.

Trotzdem entwickeln Zement- und Betonindustrie neben den zurzeit üblichen Rezepturen **optimierte Zemente und Betone** mit möglichst geringen Umweltwirkungen. Die durch den Zement entstehenden Umweltwirkungen können z. B. durch die Reduzierung des Klinkeranteils im Beton verringert werden. Hierbei 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 ebenfalls eine gleichbleibende Festigkeit, Dauerhaftigkeit und konstante Qualität gewährleisten können.

Bei der Herstellung von Betonfertigteilen wird mit einer hohen Frühfestigkeit des Betons gearbeitet, um möglichst kurze Ausschallfristen zu erreichen. Fertigteilwerke verwenden daher häufig höhere Betondruckfestigkeitsklassen mit denen die Querschnittsabmessungen reduziert werden können. Die Rezepturen können durch die kontrollierten Herstellbedingungen im Werk unter ständiger Qualitätskontrolle aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht weiter optimiert werden.

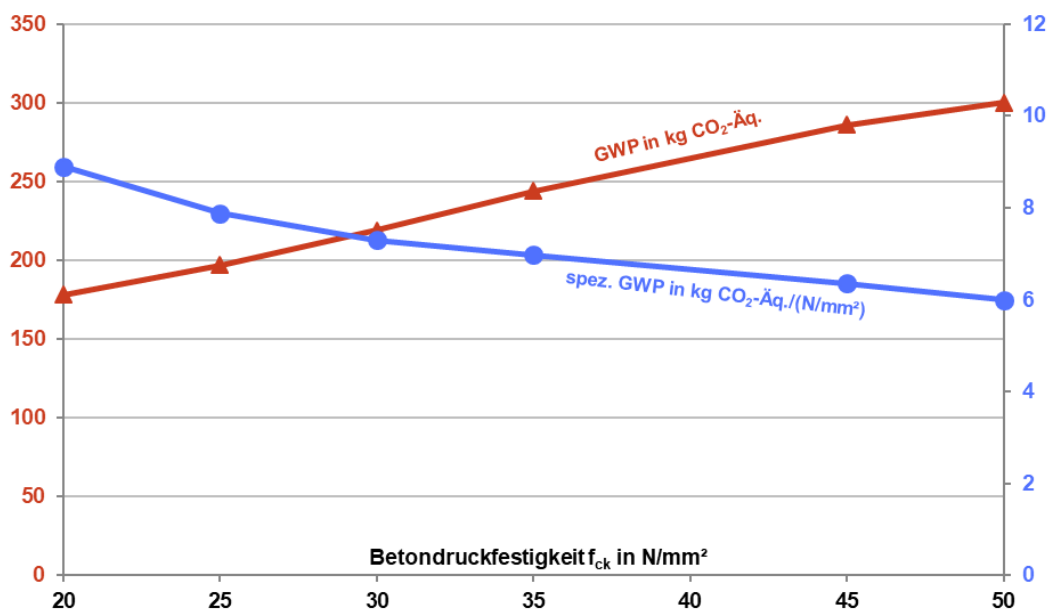


Bild 3: Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit und Treibhauspotenzial (GWP) bzw. spezifischem Treibhauspotenzial (spez. GWP) (A1 bis A3)

Aus Bild 3 geht hervor, dass mit zunehmender Betondruckfestigkeit das verursachte Treibhauspotential pro m³ Beton zunimmt. Bezogen auf die Betondruckfestigkeit nimmt jedoch das spezifische Treibhauspotential von Beton mit steigender Druckfestigkeitsklasse ab. Die korrekte Beurteilung der Umweltwirkungen eines Baustoffes kann demnach nur im Zusammenhang mit der konkreten Bauaufgabe und den dortigen Randbedingungen – also auf Gebäudeebene – getroffen werden.

4 Zusammenfassung

Die vorgenannten Ausführungen zeigen, dass im komplexen Abwägungsprozess eine Entscheidung für das Bauen mit Betonfertigteilen überwiegend positive Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden hat. Das vorliegende Merkblatt und die zahlreichen weiteren Veröffentlichungen der FDB [2] unterstützen den Planer dabei, das Potenzial der Betonfertigteilbauweise 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 Beton und Betonstahl ermöglichen bauteilunabhängig bereits in frühen Planungsphasen ein Abschätzen der Umweltwirkungen von Gebäuden aus Betonfertigteilen über die zu erwartende Betonkubatur und den Bewehrungsanteil.

Dieses Merkblatt wurde vom FDB-Arbeitskreis Nachhaltigkeit und Umwelt erarbeitet. Die Mitglieder der FDB bemühen sich ständig um die Optimierung der Betonfertigteilbauweise unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und arbeiten an intelligenten Lösungen für die Zukunft.

5 Literatur

- [1] Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin, Februar 2016
- [2] www.fdb-fertigteilbau.de Homepage der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. (FDB) mit technischen Informationen und Planungshilfen
- [3] Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau – Grundlagen der Planung. FDB e.V., Bonn 2009
- [4] Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“, Ressourcen- und energieeffiziente, adaptive Gebäudekonzepte im Geschossbau – Teilprojekt C. DAfStb Heft 585. Beuth Verlag, Berlin 2010
- [5] Energieeffizienz im Hochbau. BetonMarketing Deutschland, Erkrath 2013
- [6] 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
- [7] Integrale Akustiksysteme für thermisch aktive Betonbauteile – Akustik in Betondecken. Drotleff; Wack. Forschungsinitiative Zukunft Bau F 2738. Fraunhofer IRB Verlag 2011
- [8] www.planungsatlas-hochbau.de Planungsatlas Hochbau, InformationsZentrum Beton, Erkrath
- [9] Bestandsersatz als ökonomische und ökologische Alternative zur energetischen Sanierung. Studie im Auftrag des Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. April 2010.
- [10] Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016. Kreislaufwirtschaft Bau, Berlin 2018
- [11] www.beton.org/epd Informationsseiten der deutschen Zement- und Betonindustrie
- [12] Nachhaltig Bauen mit Beton – Begleitbroschüre zu den Umweltproduktdeklarationen Beton. BetonMarketing Deutschland, Erkrath, voraussichtlich Juni 2014
- [13] Umwelt-Produktdeklaration Beton der Druckfestigkeitsklasse C45/55. InformationsZentrum Beton GmbH, Erkrath 2018
- [14] Ökobau.dat 2019-I vom 27.02.2019. Baustoffdatenbank des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI). www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html
- [15] EPD Betonstahl (Kurzfassung). Badische Stahlwerke GmbH. ift Rosenheim, Juni 2013
- [16] Abschlussbericht „Auswirkungen der erweiterten europäischen Basisanforderungen für Bauwerke auf die Regelungen der harmonisierten technischen Spezifikationen“. Forschungsinstitut der Zementindustrie: TB-BTe B2275-A-2/2011. Auftraggeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR)

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

auf [www.fdb-fertigteilbau.de/fdb-angebote/literatur-downloadcenter-merkblaetter/fdb-merkblaetter ...](http://www.fdb-fertigteilbau.de/fdb-angebote/literatur-downloadcenter-merkblaetter/fdb-merkblaetter...)

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

Herausgeber: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. – Schloßallee 10 – 53179 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.