



Begleitende Informationen zu Podium 3 – Konstruktiver Fertigteilbau 1 18.02.2014 – 58. BetonTage

Nachhaltiges Bauen mit Betonfertigteilen
Planungshinweise

Ökobilanz Konstruktionsbeton
Umweltinformationen für Beton



konstruktiv & kreativ

Die FDB. Für den konstruktiven Betonfertigteilebau.

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

Die FDB besteht seit 1970 als bundesweiter Zusammenschluss von Herstellern konstruktiver Betonfertigteile.

Wir bringen unser technisches Fachwissen in das nationale und europäische Regelwerk der Normungsgremien ein.

Aus unserer technischen Facharbeit erarbeiten wir Unterlagen für das Bauen und Konstruieren mit Betonfertigteilen. Wir können für Sie technische Sachfragen klären, Kontakte vermitteln und leisten sonstige Hilfestellungen.

Den Dialog und den Erfahrungsaustausch unter den FDB-Mitgliedern halten wir lebendig.

Wir sind in das Netzwerk der Verbände und Marketingorganisationen der deutschen Zement- und Betonfertigteilebranche integriert und werden als verlässlicher Partner geschätzt.

Wir fühlen uns der Lehre verpflichtet: Unterricht begleitendes Material, Vorträge und Vorlesungen, Mustervorlesungen, Hochschullehrer tagungen - die deutschen Hochschulen können auf unsere Unterstützung zählen! Wir informieren die zukünftigen Fachleute für die Branche.

Besuchen Sie für weitere Informationen zum innovativen Bauen mit Betonfertigteilen und zum Leistungsprofil der FDB : www.fdb-fertigteilebau.de

FDB - Ihre Ansprechpartner



v..l.n.r. Tillmann, Becke, Loosen, Hierlein

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Elisabeth Hierlein
Geschäftsführung
Schwerpunkte: Fassaden, Bauphysik,
Kommunikation, Architektur
Telefon 0228 9545655
E-Mail: hierlein@fdb-fertigteilebau.de

Dipl.-Ing. Mathias Tillmann
Technische Geschäftsführung
Schwerpunkte: Normungsarbeit, Technische
Schriften, Fachvorträge/Vorlesungen
Telefon 0228 9545620
E-Mail: tillmann@fdb-fertigteilebau.de

Bauassessorin Dipl.-Ing. Alice Becke
Projektleitung
Schwerpunkte: Nachhaltigkeit und Umwelt,
Produktnormen
Telefon 0228 9545611
E-Mail: becke@fdb-fertigteilebau.de

Judith Loosen
Administration und Öffentlichkeitsarbeit
Schwerpunkte: Organisation, Pressearbeit,
Mitgliederbetreuung
Telefon 0228 9545656
E-Mail: loosens@fdb-fertigteilebau.de

Nachhaltiges Bauen mit Betonfertigteilen

Planungshinweise

Autorinnen: Alice Becke, Elisabeth Hierlein

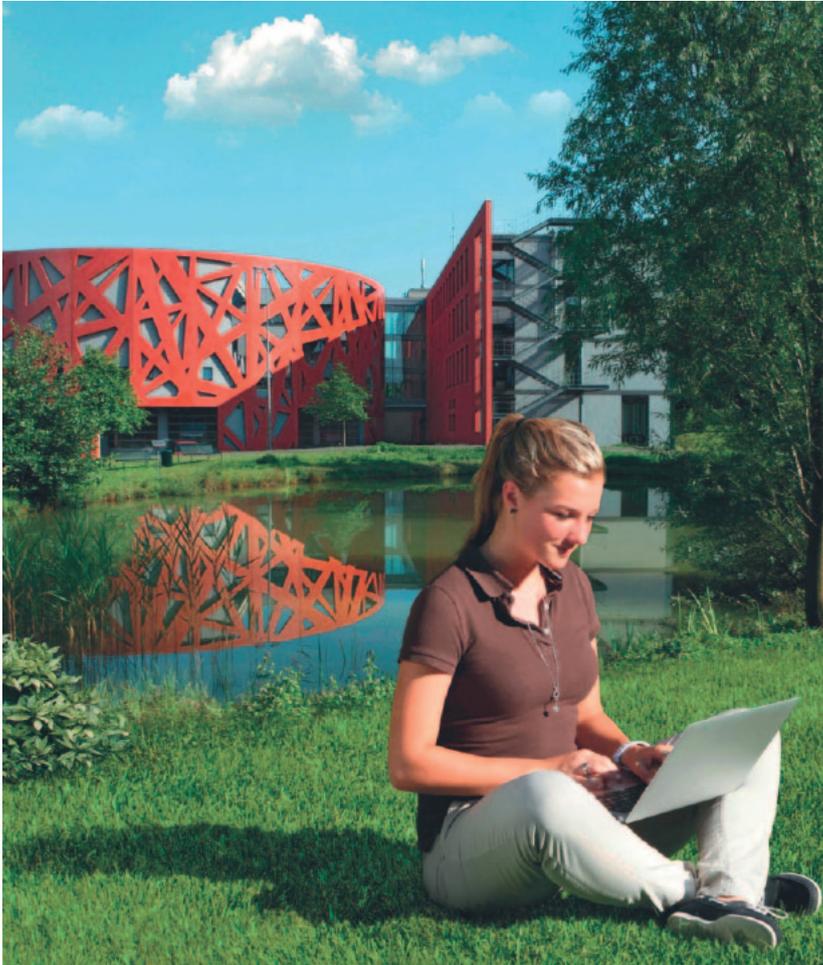


Abb. 1 (Bild oben)
Intelligent in die Zukunft
durch nachhaltiges Bauen mit
Betonfertigteilen

Steigende Energiepreise, zunehmende Rohstoffknappheit und begrenzter Deponieraum – dies sind die globalen Entwicklungen, die von nachhaltigen Gebäuden unter anderem einen geringen Verbrauch von Rohstoffen und Energie ebenso wie eine größtmögliche Nutzungsflexibilität und Wiederverwendbarkeit fordern.

Nachhaltige Gebäude 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 zum Beispiel 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 (Abb. 2).

Diese Aspekte des nachhaltigen Bauens können durch Lösungen erfüllt werden, die beim Betonfertigteilbau 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 die Hinweise 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«.

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 Haus-techniker 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 Nachhaltig-

keitsbetrachtung zu beachten, denn sehr oft werden durch eine Entscheidung mehrere Kriterien beeinflusst. Dabei kann es auch zu gegenläufigen Auswirkungen kommen.

Ein -Symbol weist im Folgenden auf mögliche Wechselwirkungen hin.

Die Vorteile des Baustoffs Stahlbeton und der Betonfertigteilbauweise können optimal genutzt werden, wenn eine frühe Beteiligung der Fachplaner und der Betonfertigteilhersteller bereits in der Planungsphase erfolgt. So hat die Betonfertigteilbauweise 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.

Ressourcenschonung und Klimaschutz

Eine ressourcenschonende Optimierung kann bei der Betonfertigteilbauweise unter verschiedenen Aspekten erfolgen:

- > Eine statische Optimierung aller Bauteile führt zu Materialeinsparungen (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, sodass in der Regel keine Beschichtungen erforderlich sind sowie reinigungs- und wartungsarme Oberflächen entstehen.

So wurde beispielsweise in dem Verbundforschungsvorhaben des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. »Nachhaltig Bauen mit Beton« [3] unter anderem festgestellt, dass im Geschossbau die Ökobilanz der gesamten Tragstruktur im Wesentlichen durch die Geschosdecken beeinflusst wird. Dabei hat die verbaute Betonmenge einen größeren Einfluss als die Festigkeitsklasse des Betons.

Wechselwirkung

Die statische Optimierung der Bauteilquerschnitte mit dem Ziel eines geringeren Materialeinsatzes beeinflusst die Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit der Tragstruktur, da gegebenenfalls 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.

Flächen- und Volumeneffizienz

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 wenige vertikale Tragglieder über mehrere Geschosse steigern die Flächeneffizienz und dienen außerdem der Funktionalität des Gebäudes. So kann mit schlanken Stützenquerschnitten, optimiert etwa durch den Einsatz hochfester Betone oder stumpfer Stützenstöße, die versiegelte Fläche effizient genutzt werden. Die Volumeneffizienz wird wesentlich durch die Dicke der Geschosdecken beeinflusst. Diese kann durch die Wahl eines Tragsystems mit angemessenen Stützwei-

Abb. 2 (Bild oben)
Optimierte Bauprozesse im Fertigteilbau ermöglichen nachhaltiges Bauen

Abb. 3 (Bild unten)
Statische und herstellungstechnische Optimierung von Bauteilen, Giebelausbildung für spätere Hallenerweiterung



Abb. 4 (Bild oben)
Vorkonfektionierte
Rohrregister für die Beton-
kernaktivierung ermöglichen
qualitätsgeprüften Einbau
im Fertigteilwerk

ten 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.

Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit

Für die nachhaltige Nutzung von Immobilien ist die Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit des Tragwerkes von großer Bedeutung. Hierfür soll eine Anpassung an geänderte Nutzungsanforderungen mit möglichst geringen Kosten und Ressourcenverbrauch realisiert werden können.

Stützenfreie Grundrisse bieten eine maximale Flexibilität für die Innenraumgestaltung. Geschossdecken aus Betonfertigteilen können mit bis zu 20 m Spannweite hergestellt werden [4], Industriehallen mit Binder-spanweiten bis 50 m. Bei Haupt- und Nebenträgerdecken führt eine flexible Anordnung der Stützen entlang der Hauptträger zur Erhöhung der Flexibilität der Nutzflächen im Erdgeschoss [3]. 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 auch zusätzliche Lastfälle wie »Stapleranprall« oder nachträglicher Einbau einer Kranbahn berücksichtigt werden.

Durch eine entsprechende Ausbildung der Giebelrahmen und Traufstützen sind nachträgliche Hallenerweiterungen problemlos (Abb. 3). Durch die Trennung der Fassade von der Tragkonstruktion und 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.

Wechselwirkung

Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit sind die beiden Kriterien, die die Drittverwendungsfähigkeit des Gebäudes – als wesentlichen Aspekt von dessen ökonomischer Qualität – bestimmen und damit einen wesentlichen Anteil an dessen Nachhaltigkeitsbewertung haben. 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. Sie wirken sich somit auf die Ökobilanz der Herstellphase aus.

Thermischer Komfort im Sommer und im Winter

Die Betonkernaktivierung macht sich die thermische Speicherefähigkeit des Betons zunutze und stabilisiert die Innenraumtemperaturen im Sommer wie im Win-

ter. 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. 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 (Abb. 4).

Wechselwirkung

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 [5]. Die Auswirkung von Betonoberflächen auf die Raumakustik ist bei der Planung zu berücksichtigen.

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 oben) können bereits in die Decke einbetonierte Absorberstreifen verwendet werden, die bei einer sehr geringen Beeinflussung der thermischen Leistungsfähigkeit praxisgerechte Absorptionsspektren für die Büronutzung erzielen. Weitere Informationen gibt etwa [6].

Wechselwirkung

Schallabsorbierende Materialien an Betonoberflächen können deren thermische Wirksamkeit verringern.

Wärmeschutz

Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften der Gebäudehülle beeinflussen den Energiebedarf, die Behaglichkeit und 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 (Abb. 5). Hilfestellungen hierzu sowie eine umfangreiche Sammlung von Details enthält [7].

Wechselwirkung

Für den Fall, dass die Tragschale von Stahlbeton-Sandwichfassaden als tragende Außenwand genutzt wird, können zusätzlich Stützen entfallen, jedoch wird hierdurch die Flexibilität beeinflusst, da zum Beispiel die Fassadentafeln nicht einfach ausgetauscht oder im Erweiterungsfall wieder verwendet werden können.

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 [8] 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.

Abb. 5 (Bild oben)
Thermische Optimierung der Fassade durch Stahlbeton-Sandwichelemente

Abb. 6 (Bild rechts)
Beton brennt nicht – gut für die Sicherheit (und für die Feuerwehr)



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 abzurechen, 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.

Wechselwirkung

Um die Funktionsfähigkeit der beim Bauen mit Betonfertigteilen entstehenden Elementfugen dauerhaft zu gewährleisten, ist deren fachgerechte Planung, Ausführung und Wartung unerlässlich. Hinweise hierzu gibt [4].

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 2010 lag die Verwertungsquote von Betonbruch bei über 90 % [10]. Vom Beton getrennte Bewehrung wird als Stahlschrott zu 100 % dem Wertstoffkreislauf wieder zugeführt.

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

Wechselwirkung

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

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 baustoffabhängige Aspekte, sodass 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. Bei dieser werden die Umweltwirkungen während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung des Produktes systematisch analysiert. Zu diesen Umweltwirkungen gehören sämtliche relevanten Entnahmen aus der Umwelt sowie die Emissionen in die Umwelt (etwa Abfälle, Kohlendioxidemissionen) und deren Auswirkungen (beispielsweise das Treibhauspotenzial, das Versauerungspotenzial). Insbesondere im Hinblick auf diese ökobilanziellen Werte führt ein lediglich auf die Baustoffebene beschränkter Vergleich zu nicht aussagekräftigen Ergebnissen.



In der Regel sind die Umweltwirkungen eines einzelnen Bauproduktes/Baustoffs kein relevanter Faktor, vielmehr geht es um die Optimierung eines Bauwerkes im ganzheitlichen Sinne. So haben die Umweltwirkungen des Zements, welche die Ökobilanz des Betons wesentlich beeinflussen, einen Anteil an der Nachhaltigkeitszertifizierung eines Gebäudes von lediglich 0,4 bis 1,2 % [11]. Zum einen liegt das daran, dass

Abb. 7 (Bild rechts)
Die hochwertigen Betonfertigteile werden aus regional verfügbaren natürlichen Rohstoffen hergestellt

viele bei der Zertifizierung betrachtete Kriterien durch den Baustoff nicht beeinflusst werden, zum anderen entsteht über den gesamten Lebenszyklus der größere Anteil der Umweltwirkungen nicht während der Herstellungsphase, 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 regelmäßig optimierte Zemente und Betone mit möglichst geringen Umweltwirkungen. Die durch den Zement entstehenden Umweltwirkungen können beispielsweise durch die Reduzierung des Klinkeranteils im Beton verringert werden. Hierbei ist nicht nur die Verfügbarkeit der verwendeten »Ersatzstoffe«, wie etwa 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 im Fertigteilwerk können durch die kontrollierten Herstellbedingungen im Werk unter ständiger Qualitätskontrolle aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht weiter optimiert werden. Durch den Einsatz von selbstverdichtendem Beton wird die Geräusch- und Vibrationsbelastung im Werk reduziert und Rüttelenergie eingespart. Gleichzeitig wird die Herstellung komplexer geometrischer Strukturen ermöglicht.

Zusammenfassung und Ausblick

Es wird deutlich, dass im komplexen Abwägungsprozess eine Entscheidung für das Bauen mit Betonfertigteilen überwiegend positive Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden hat. Die Planungshinweise und zahlreiche FDB-Merkblätter, unter anderem [8], [12] bis [14] unterstützen den Planer dabei, das Potenzial der Betonfertigteilmontage 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.

Für die im Zuge der Zertifizierungsplanung erforderliche Abschätzung der Umweltwirkungen werden die derzeit in der Ökobau.dat [15] verfügbaren Werte der Vielfalt der Betonbauteile nicht gerecht. Aus diesem Grund haben Zement- und Betonindustrie momentan Umweltproduktdeklarationen für unbewehrten Konstruktionsbeton unterschiedlicher Druckfestig-



keitsklassen erarbeitet (siehe auch Beitrag »Ökobilanz Konstruktionsbeton« Seite 82 bis 87). Somit ist bauteilunabhängig bereits in der frühen Planungsphase eine Abschätzung der Umweltwirkungen von Betonbauwerken über die zu erwartende Betonkubatur und den Bewehrungsanteil möglich.

Abb. 8 (Bild oben)
Nachhaltiges Bauen ist Teamarbeit

Literatur

- [1] Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Bundesministerium Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Berlin, Februar 2011
- [2] www.fdb-fertigteilmontage.de, Homepage der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilmontage e.V. (FDB) mit technischen Informationen und Planungshilfen
- [3] Verbundforschungsvorhaben »Nachhaltig Bauen mit Beton«, Ressourcen- und energieeffiziente, adaptive Gebäudekonzepte im Geschossbau – Teilprojekt C. DAfStb Heft 585. Beuth Verlag, Berlin 2010
- [4] Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau – Grundlagen der Planung. FDB e.V., Bonn 2009
- [5] 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
- [6] Integrale Akustiksysteme für thermisch aktive Betonbauteile – Akustik in Betondecken. Drotleff; Wack. Forschungsinitiative Zukunft Bau F 2738. Fraunhofer IRB Verlag 2011
- [7] www.planungsatlas-hochbau.de, Planungsatlas Hochbau der Betonmarketing Deutschland GmbH, Erkrath
- [8] FDB-Merkblatt Nr. 7 über Brandschutzanforderungen von Betonfertigteilen. FDB e.V., Bonn 11/2012
- [9] Bestandsersatz als ökonomische und ökologische Alternative zur energetischen Sanierung. Studie im



Alice Becke studierte Bauingenieurwesen an der FH Lippe und Höxter und der TU Dresden. 2007 schloss sie das zweite Staatsexamen beim Landesbetrieb Straßen NRW ab. Nach dem Studium arbeitete sie sechs Jahre als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Massivbau der FH Lippe und Höxter. Seit 2007 ist sie für die Betonfertigteilindustrie tätig: 2007 bis 2011 beim Bundesverband Betonbauteile Deutschland e.V. (BDB), ab 2010 als Geschäftsführendes Vorstandsmitglied, seit Mitte 2011 als Projektleiterin bei der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. (FDB) und beim Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG) mit den Schwerpunkten Nachhaltigkeit, Umwelt und übergeordnete technische Fragestellungen. Seit 2007 ist sie Geschäftsführerin der Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e.V.



Elisabeth Hierlein studierte Konstruktiven Ingenieurbau an der Universität Dortmund und ist zudem diplomierte Wirtschaftsingenieurin. Sie arbeitete 17 Jahre lang in der Tragwerksplanung in Kölner Ingenieurbüros vom Entwurf bis zur Ausführungsplanung. Seit 2006 ist sie für die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. (FDB) tätig, seit Juli 2007 als Geschäftsführerin. Die Schwerpunktthemen ihrer fachlichen Arbeit sind der konstruktive Fertigteilbau, Fassaden, Architekturbeton, Bauphysik und nachhaltig Bauen mit Beton.

Auftrag des Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V., April 2010.

[10] Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2010. Kreislaufwirtschaft Bau, Berlin 2013

[11] Vortrag »Stellung von Zement und Beton in der Nachhaltigkeitsdiskussion«. Jochen Reiners. Technische-Wissenschaftliche Zementtagung, Düsseldorf, 28. September 2011

[12] FDB-Merkblatt Nr. 2 Korrosionsschutz von Verbindungselementen für Betonfertigteile. FDB e.V. Bonn 6/2011

[13] FDB-Merkblatt Nr. 3 zur Planung vorgefertigter Betonfassaden. FDB e.V. Bonn 3/2010

[14] FDB-Merkblatt Nr. 4 zur Befestigung vorgefertigter Betonfassaden. FDB e.V. Bonn 11/2011

[15] www.nachhaltigesbauen.de – Baustoffdatenbank des Bundesministeriums für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung (Ökobau.dat)

[16] www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de – Informationsseiten der deutschen Zement- und Betonindustrie

Fotos:

FDB, Bonn (1 – 4, 6, 8)

Enotherm, Bochum (5)

BetonBild, Erkrath (7)

Ökobilanz Konstruktionsbeton

Umweltinformationen für Beton

Autoren : Alice Becke, Elisabeth Hierlein, Jochen Reiners

Für die Nachhaltigkeit eines Gebäudes ist es weitestgehend unerheblich, ob die Betonbauteile für das Tragwerk vor Ort aus Transportbeton hergestellt oder als Betonfertigteile auf die Baustelle geliefert werden. Aus diesem Grund wurden Branchen-Ökobilanzen für Konstruktionsbeton erstellt, die für beide Bauweisen gleichermaßen gültig sind.

Immer mehr Investoren legen Wert auf den Nachweis der Nachhaltigkeit ihres Gebäudes [1]. Für diese Bewertung wurden in einer zweijährigen Zusammenarbeit des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) [2] sowie das Zertifizierungssystem der DGNB [3] entwickelt und im Jahr 2009 in Deutschland eingeführt. Die diesen Systemen zugrunde liegende ganzheitliche Betrachtung eines Gebäudes umfasst dessen kompletten Lebenszyklus und beurteilt eine Vielzahl von Eigenschaften (Kriterien). Diese werden in folgende fünf Hauptkriteriengruppen untergliedert: »Ökologische

Qualität«, »Ökonomische Qualität«, »Soziokulturelle und funktionale Qualität«, »Technische Qualität« und »Prozessqualität« (Planung und Bauausführung) (Abb. 1).

Für die Beurteilung der ökologischen Qualität eines Gebäudes stellen Ökobilanzen ein wichtiges Instrument dar. Bei einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 [5] werden zunächst über eine sogenannte Sachbilanz die Stoffe und Energien erfasst, > die aus der Natur entnommen werden (wie etwa stoffliche Ressourcen und Energieträger) oder > in die Natur entlassen werden (wie zum Beispiel Emissionen oder Abfälle), und anschließend über eine sogenannte Wirkungsbilanz deren Umweltwirkungen ermittelt und dem Nutzen (funktionelle Einheit) gegenübergestellt. Hierbei stehen der Schutz der natürlichen Ressourcen und der Schutz des Ökosystems im Vordergrund.

Es gibt für Ökobilanzen keine allgemein anerkannte Liste der zu erfassenden Wirkungskategorien. Für Bauprodukte legt DIN EN 15804 [6] die zu betrachtenden Kategorien fest, die zum Teil wiederum als einzelne Nachhaltigkeitskriterien in die Zertifizierungssysteme eingehen (Tab. 1). Idealerweise werden diese Wirkungen sowohl bei der Betrachtung von Gebäuden als auch bei einzelnen Bauprodukten über den gesamten Lebenszyklus erfasst. Das heißt, für ein Gebäude werden die Auswirkungen des Stoff-, Energie- und Wasserverbrauchs sowie des Abfallaufkommens während der Herstellphase (inklusive der Herstellung aller verwendeten Baustoffe und deren Ausgangsstoffe), seiner langjährigen Nutzungsphase und für das Lebensende (Rückbau beziehungsweise Abriss) betrachtet. Um den Einfluss der verwendeten Baustoffe auf die ökologische Qualität eines Gebäudes zu ermitteln, werden auch für die Baustoffe Informationen über deren Lebenszyklus benötigt. Abb. 2 zeigt die Aufteilung des Lebenszyklus eines Bauproduktes oder Gebäudes in verschiedene Module und deren Zuordnung zu den Lebenszyklusphasen [6].

Abb. 1 (Bild rechts)
Die fünf Nachhaltigkeitsqualitäten und ihre Gewichtung im Zertifizierungssystem BNB [4]
Quelle: ebenda



Tab. 1 (rechts)
Ausgewählte Wirkungskategorien einer Ökobilanz nach [6]

Nachhaltigkeitskriterien für die Bewertung der Ökologischen Qualität	
Schutz natürlicher Ressourcen (Ressourceninanspruchnahme)	Schutz des Ökosystems (Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt)
<ul style="list-style-type: none"> > Primärenergieaufwand nicht erneuerbar > Primärenergieaufwand erneuerbar > Einsatz von Sekundärstoffen > Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen > Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen > Einsatz von Trinkwasser 	<ul style="list-style-type: none"> > Globales Erderwärmungspotenzial > Versauerungspotenzial von Boden und Wasser > Eutrophierungspotenzial (Überdüngung) > Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht > Potenzial der Bildung troposphärischen Ozons > Potenzial für abiotischen Ressourcenabbau für nicht-fossile Ressourcen > Potenzial für abiotischen Ressourcenabbau für fossile Ressourcen

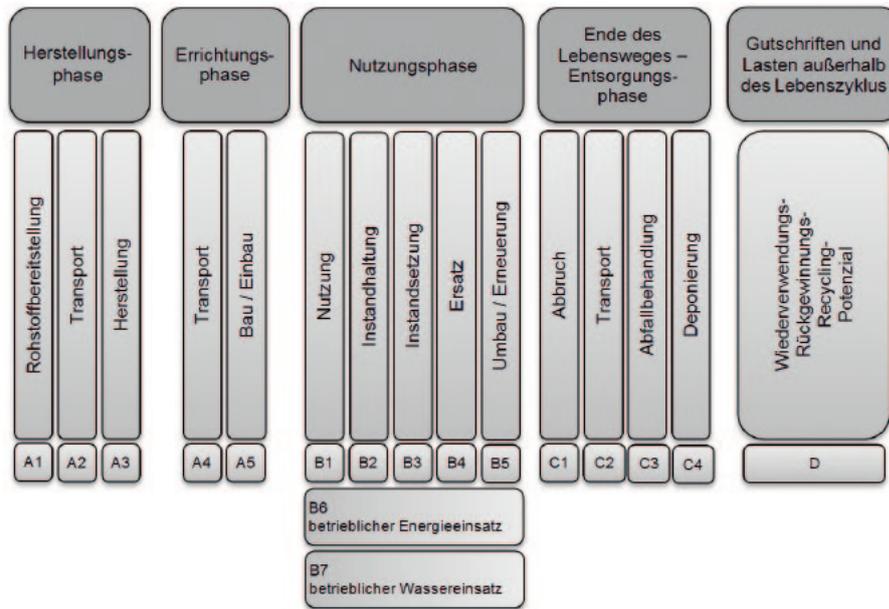


Abb. 2 (Bild links)
Stadien des Lebenswegs und Module für die Beschreibung und Bewertung eines Gebäudes; Abbildung nach Bild 1 in [6]

Ökobilanz Konstruktionsbeton

Um für die Gebäudezertifizierung ökobilanzielle Informationen für Bauteile aus Beton zu erhalten, konnte man bisher lediglich auf Daten für Transportbeton der Druckfestigkeitsklassen C20/25, C25/30 und C30/37 aus der Ökobau.dat [7] zurückgreifen (Referenzjahr 2006). Die Beton- und Zementindustrie hat in den vergangenen zwei Jahren daran gearbeitet, diese Daten zu aktualisieren und für sämtliche Bauteile aus Beton bis zur Druckfestigkeitsklasse C50/60 nutzbar zu machen, unabhängig davon, ob sie aus Transportbeton oder als Betonfertigteile hergestellt wurden.

Die Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e. V. unter Federführung der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. (FDB) und der Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e. V. haben hierfür Ökobilanzen für Betone der sechs üblichen Druckfestigkeitsklassen (C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C45/55, C50/60) durch die VDZ gGmbH (Forschungsinstitut der Zementindustrie) erarbeiten lassen. Diese wurden im EPD-Programm des Instituts Bauen und Umwelt (IBU) verifiziert und in Kürze als Umweltproduktdeklarationen (EPD) veröffentlicht.

Ziel der Ökobilanzstudie war es, insbesondere Informationen für frühe Planungsphasen zur Verfügung zu stellen, zu deren Zeitpunkt die Entscheidung, ob die Ausführung in Transportbeton oder als Fertigteile erfolgt, noch nicht gefallen ist. Folgende Daten wurden zu diesem Zweck sowohl für Transportbeton als auch für Betonfertigteile erhoben:

- > Produktionsmenge im Bezugsjahr 2011
- > durchschnittliche Betonzusammensetzung

- > durchschnittliche Transportentfernung der Ausgangsstoffe (Zement, Gesteinskörnung, Wasser, Flugasche, Betonzusatzmittel)
- > Energieverbrauch im Bezugsjahr 2011 (elektrische Energie und Dieselkraftstoff – sofern möglich aufgeschlüsselt in die verschiedenen Produktionsschritte)
- > durchschnittliche Transportentfernung zwischen Werk und Baustelle
- > Umweltlasten typischer Arbeitsprozesse auf der Baustelle

Für Transportbeton wurden repräsentative Betonzusammensetzungen aus einem Forschungsvorhaben des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. [8] gewählt und mit Experten aus der Praxis sowie langjährig geführten Verbandsstatistiken abgeglichen. Für den Betonfertigteilbereich wurden seitens der Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e. V. Daten von Fertigteilherstellern aus dem gesamten Bundesgebiet mit stark unterschiedlichen jährlichen Produktionsvolumina erhoben. Somit ist die Repräsentativität der Daten insgesamt sichergestellt. Die so ermittelten Betonzusammensetzungen können als typisch angesehen werden. Die abschließende Durchschnittsbildung erfolgte für jede Druckfestigkeitsklasse gewichtet nach dem Produktionsvolumen von Transportbeton und Betonfertigteilen. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass statistisch bei höheren Betonfestigkeiten eher Fertigteile zum Einsatz kommen, während bei niedrigeren Betonfestigkeiten mehr Transportbeton verwendet wird. Bilanziert wurde so schließlich 1 m³ in Deutschland hergestellter unbewehrter Konstruktionsbeton für Bauteile im Hochbau (Wände, Decken, Balken,

Treppen etc.), im Tiefbau (Gründungselemente etc.) und Ingenieurbau (zum Beispiel Brücken). Für die Ökobilanzierung von bewehrten Bauteilen aus Stahlbeton ist der Bewehrungsstahl separat zu bilanzieren.

Die Stadien des Lebensweges von Betonbauteilen

Der Lebenszyklus der Betonbauteile wurde über eine sogenannte »Wiege-bis-Werkstor-Bilanzierung mit Optionen« (cradle-to-gate with options) betrachtet. Dabei wurden die verschiedenen Lebensstadien eines Betonbauteils wie folgt den einzelnen Modulen (Abb. 2) zugeordnet:

Herstellphase – von den Ausgangsstoffen bis zum Bauteil im Gebäude

Die Herstellung des Gebäudes wird in fünf Module untergliedert. Module A1 bis A3 umfassen die Gewinnung beziehungsweise Herstellung der Baustoffe, Modul A4 den Transport der Baustoffe zur Baustelle und Modul A5 den eigentlichen Bauprozess. Die wesentlichen Arbeitsschritte zur Herstellung eines vor Ort geschalteten Gebäudeteils aus Transportbeton und eines Betonfertigteils sind dabei annähernd die gleichen. Diese sind lediglich zeitlich verschoben, wie Tab. 2 zeigt.

Natürlich treten auch einige Unterschiede zwischen den beiden Bauverfahren auf, die sich jedoch in der Gesamtbilanzierung nur gering auswirken: BFT: geringere Anzahl von Transporten zwischen Werk

und Baustelle mit jedoch teilweise deutlich längerer Transportentfernung (durchschnittliche Entfernung: 200 km bei einer mittleren Nutzlast des Transportes von rund 20 t)

TB: häufigere Transporte mit dem Fahrmischer über meist geringere Entfernungen (durchschnittliche Transportentfernung 17 km bei circa 7,5 m³ Transportvolumen der Fahrmischer)

BFT + TB: an das Bauverfahren angepasste Betonzusammensetzung (beispielsweise eine hohe Frühfestigkeit für Betonfertigteile, längere Verarbeitbarkeit von Transportbeton)

Nutzungsphase – Bauteile im Gebäude

In der Gebäudenutzungsphase entstehen durch Betonbauteile während der Referenznutzungsdauer von 50 Jahren in der Regel keine Umweltlasten: weder durch die eigentliche Nutzung der Bauteile noch durch Reparaturen, planmäßigen Ersatz oder Erneuerung.

Ende des Gebäudelebensweges

Endet der Lebensweg eines Gebäudes, können darin verbaute Betonbauteile zurückgebaut oder abgebrochen werden (Modul C1). Der Betonabbruch wird meist zu mobilen Brechanlagen unmittelbar in der Nähe der Abrissstelle transportiert (Modul C2) und dort aufbereitet (Modul C3). In der Brechanlage erreicht der Beton das Lebensende in Form von Betonabbruchmaterial. Dieses kann als Sekundärmaterial die Primärmaterialien Sand und Splitt/Schotter ersetzen, beispiels-

Tab. 2 (rechts) Zuordnung der Herstellungsschritte zu den Modulen A1 bis A5

Betonfertigteile (BFT)					Produktionsschritt	Transportbeton (TB)				
A5	A4	A3	A2	A1		A1	A2	A3	A4	A5
				X	Gewinnung/Produktion der Ausgangsstoffe (Zement, Gesteinskörnung, Zusatzmittel)	X				
			X		Transport der Ausgangsstoffe ins Werk		X			
			X		interne Transporte im Werk		X			
	X				Betonherstellung (Mischen des Betons)			X		
				X	Übergabe an Fahrmischer ¹⁾ , Kübelbahn, Betonverteiler					
	X				Schalungsbau					X
	X				Verdichten					X
	X				(maschinelles) Ausschalen					(X) ²
	X				ggf. Wärmebehandlung					(X) ³
	X				Transport zur Baustelle				X	
X					Einbau / Montage					X

Anmerkungen:

- 1) nicht in Ökobilanz enthalten (Beton fällt nur aus dem Mischer, kein Energieverbrauch)
- 2) nicht in Ökobilanz enthalten, da »händisches« Ausschalen angenommen
- 3) nicht in Ökobilanz enthalten, da bei Transportbeton eher eine Ausnahme

weise zur Verwendung im Straßenbau. Hierfür werden ökobilanzielle Gutschriften im Modul D ausgewiesen. Weiterhin möglich, aber in der Ökobilanz aktuell nicht erfasst, sind Gutschriften für die CO₂-Aufnahme durch Carbonatisierung von Beton nach dem Abbruch von Betonbauwerken. Die hierdurch stattfindende Bindung von Kohlendioxid aus der Luft im Zementstein kann als negatives Treibhauspotenzial ausgedrückt werden.

Ergebnisse der Ökobilanzierung

Erwartungsgemäß fallen bei der Ökobilanz von Betonbauteilen die größten Umweltwirkungen in der Herstellphase (Module A1 bis A3) an. Abb. 3 zeigt den Anteil der verschiedenen Module anhand der Bilanzierung eines erhärteten 1 m³ Beton der Druckfestigkeitsklasse C50/60. Der Bewehrungsanteil ist zusätzlich zu bilanzieren. Weitere nennenswerte Umweltwirkungen entstehen durch den Transport zur Baustelle (Modul A4). Modul D enthält die für die Verwendung von Betonabbruch als Sekundärrohstoff errechneten Gutschriften.

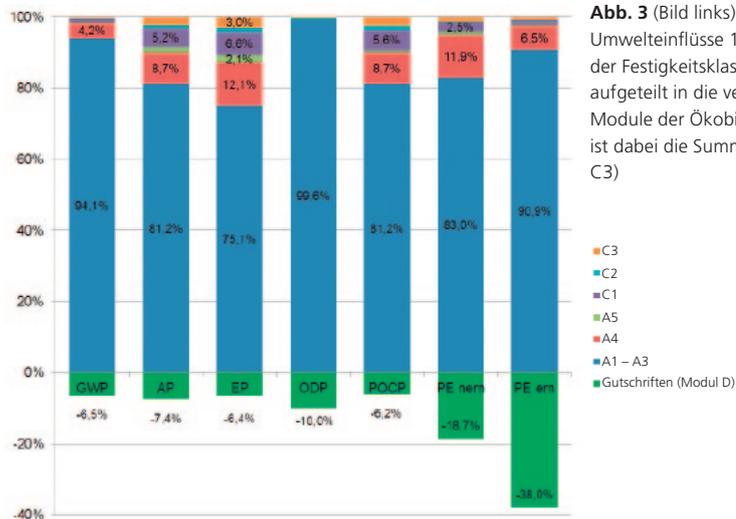


Abb. 3 (Bild links) Umwelteinflüsse 1 m³ Beton der Festigkeitsklasse C50/60, aufgeteilt in die verschiedenen Module der Ökobilanz (100% ist dabei die Summe aus A1 bis C3)

Schaut man sich weiterhin die Herstellphase (Module A1 bis A3) detaillierter an (Abb. 4), so wird deutlich, dass hier die Herstellung und Gewinnung der Betonausgangsstoffe – und dabei besonders die Zementherstellung – den größten Einfluss auf die Ökobilanz von Beton haben. Dadurch relativieren sich auch die oben genannten verfahrensbedingten Unterschiede zwischen vorgefertigten und vor Ort geschalteten Betonbauteilen, sodass diese unter dem Strich kaum ins Gewicht fallen.

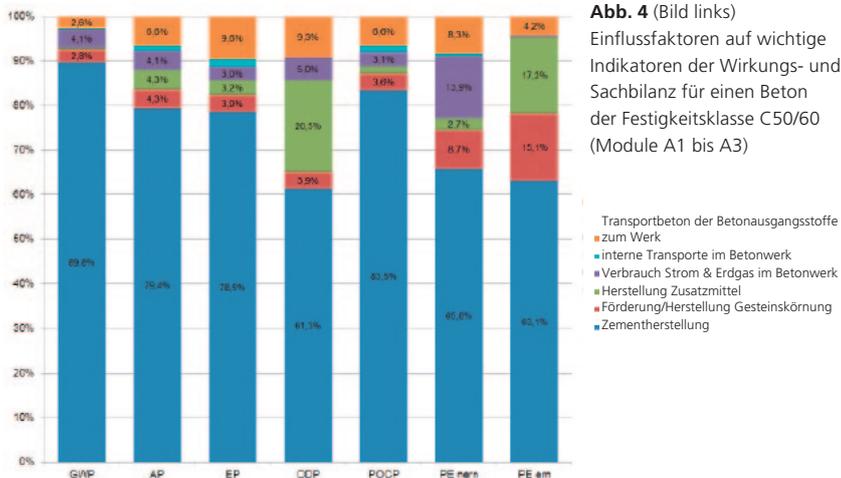


Abb. 4 (Bild links) Einflussfaktoren auf wichtige Indikatoren der Wirkungs- und Sachbilanz für einen Beton der Festigkeitsklasse C50/60 (Module A1 bis A3)

Erwartungsgemäß steigen mit zunehmender Betondruckfestigkeit auch die Umweltwirkungen der Betonherstellung an (Abb. 5). Für eine angemessene Beurteilung der Umweltwirkung ist jedoch generell der Bezug zur Funktion des Baustoffs im Gebäude herzustellen. Dies geschieht in Abb. 5 beispielhaft durch die Darstellung des Treibhauspotenzials (GWP) in Bezug auf die Betondruckfestigkeit. Hier wird deutlich, dass das auf die Betonfestigkeit bezogene Treibhauspotenzial mit steigender Festigkeit abnimmt. Damit zeigt sich, dass eine korrekte Beurteilung nur im Zusammenhang mit der konkreten Bauaufgabe mit den dortigen Randbedingungen, also letztendlich auf Gebäudeebene, getroffen werden kann [8].

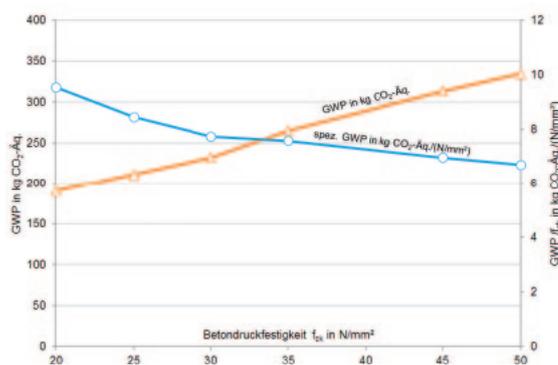


Abb. 5 (Bild links) Treibhauspotenzial (GWP) für 1 m³ Beton, bezogen auf die charakteristische Betondruckfestigkeit

Übertragung auf das Gebäude

Mit den Ergebnissen der Ökobilanz für Konstruktionsbeton liegen die erforderlichen Werte vor, um für die Beurteilung der ökologischen Säule der Nachhaltigkeit eines Gebäudes die Umweltwirkungen zu ermitteln, die dem verbauten Beton zuzuordnen sind. Das Gesamtbetonvolumen (soweit bekannt, unterschieden in unterschiedliche Druckfestigkeitsklassen) ist lediglich

mit den Ökobilanzwerten pro Kubikmeter Konstruktionsbeton zu multiplizieren. Der Bewehrungsanteil ist zusätzlich zu erfassen. Hierfür wurde bereits im Bezugsjahr 2007 vom Institut für Stahlbetonbewehrung (ISB) ein Baustoffprofil für Betonstahl aus einer für Deutschland typischen Produktion erstellt [8]: »Als funktionelle Einheit wird eine Tonne Betonstahl betrachtet. Die Systemgrenzen reichen von der Gewinnung der Ausgangsstoffe bis zur Auslieferung des Betonstahls am Tor des Walzwerkes. Das Biegen der Stäbe und das Schweißen der Betonstahlmatten sind nicht in den Systemgrenzen enthalten.« Die erhobenen Daten entsprachen in etwa dem Datensatz der Datenbank GaBi (Bezugsjahr 2004) [9].

Wendet man die Ökobilanzergebnisse für einen Beton C45/55 und Betonstahl nach Tab. 3 exemplarisch für eine Stütze (Höhe = 11,75 m, b/h = 40/40 cm [10]) an, ergeben sich folgende ökobilanzielle Werte für dieses

Tab. 3 (oben)
Baustoffprofile 1 m³
Konstruktionsbeton C45/55
und 1 t Betonstahl B 500

Tab. 4 (unten)
Ermittlung der Umweltwirkungen einer exemplarischen Betonstütze (Module A1 bis A3)

Parameter	Einheit	EPD		Baustoffprofil 1 t Betonstahl [8] A1 bis A3
		1 m ³ Konstruktionsbeton C45/55 A1 bis A3 (A1-B5, C1-C3)	D	
Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	313,3 (334,9)	-23,08 ¹⁾	676
Abbaupotential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	8,25E-7 (8,29E-7)	-9,57E-8	8,48E-5
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	0,420 (0,526)	-0,041	1,37
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.	0,0646 (0,0880)	-5,91E-3	0,120
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	0,0507 (0,0636)	-0,0041	0,162
Primärenergie erneuerbar	MJ	109,5 (121,2)	-47,1	838
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ	1.350 (1.650)	-319,0	9.581

1) Ein mögliches negatives Treibhauspotenzial aus der Karbonatisierung des Betons ist hier nicht erfasst

Parameter	Einheit	Stütze		Summe
		Anteil Beton (1,93 m ³ C45/55)	Anteil Bewehrung (356 kg)	
Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	604,7	240,6	845,3
Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg CFC11-Äq.	1,59E-06	3,02E-05	3,18E-05
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äq.	0,811	0,488	1,299
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg (PO ₄) ³⁻ -Äq.	0,1247	0,0427	0,1674
Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	kg Ethen-Äq.	0,0978	0,0577	0,1555
Primärenergie erneuerbar	MJ	211,3	298,3	509,6
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ	2.606	3.411	6.016,3

Bauteil (Module A1 bis A3). Das Vorgehen für das Gesamtgebäude entspricht prinzipiell dem am Einzelbauteil.

Ökobilanz und Baustoffwahl

Bei den Bestrebungen, durch die Errichtung möglichst nachhaltiger Gebäude einen positiven gesellschaftlichen Beitrag zu leisten, ist aus mehreren Gründen zu berücksichtigen, dass die Verwendung eines Baustoffes mit kleinem ökobilanziellen Rucksack – also geringeren Umweltwirkungen bei dessen Gewinnung oder Herstellung – nicht automatisch zu nachhaltigeren Gebäuden führt.

So werden erstens durch die verwendeten Baustoffe nicht nur die ökologischen, sondern auch zahlreiche andere Nachhaltigkeitskriterien beeinflusst: thermischer Komfort, Anpassungsfähigkeit, Flexibilität, Dauerhaftigkeit, Brandschutz, Drittverwendungsfähigkeit etc. Dabei wirken sich der intelligente Einsatz eines Baustoffes und die Nutzung seiner Potenziale sehr positiv aus [11]. Bei der Fülle der Nachhaltigkeitskriterien und deren Gewichtung [2, 3] ist der Einfluss der Ökobilanz einzelner Baustoffe an sich relativ gering [12]. Deshalb sind Branchenquerschnittsdaten im Allgemeinen ausreichend und herstellerspezifische Ökobilanzen für die Nachhaltigkeitsbeurteilung beziehungsweise -zertifizierung von Gebäuden nicht erforderlich. Zweitens führt ein Vergleich von Baustoff-Ökobilanzen zum Zwecke der Baustoffwahl in der Regel zu Fehlschlüssen, da einerseits häufig unterschiedlich deklarierte Einheiten betrachtet werden, und andererseits der Produktnutzen nur auf Ebene eines Gebäudes oder Gebäudeteils mit definierten Eigenschaften quantifizierbar wird.

Zum Dritten werden im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung zahlreiche Kriterien betrachtet, die durch die Wahl des Baustoffes nicht beeinflusst werden. Hierzu gehören zum Beispiel Barrierefreiheit, Einflussnahme des Nutzers, Zugänglichkeit, Ausschreibung, Vergabe und Qualitätssicherung.

Zusammenfassung

Um der Öffentlichkeit die für eine Nachhaltigkeitszertifizierung erforderlichen Umweltinformationen zur Verfügung zu stellen, haben die Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e.V. unter Federführung der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V. und der Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. eine Ökobilanzstudie für Betone sechs verschiedener Druckfestigkeitsklassen erarbeiten lassen. Diese wurden zu Umweltproduktdeklarationen (EPD) erweitert und beim IBU verifiziert. Die Werte sind geeignet, um Gebäudeteile aus Beton zu bilanzieren, unabhängig davon, ob sie als Betonfertigteile oder vor Ort aus Transportbeton hergestellt werden. Bilanziert wurde 1 m³ unbewehrter Konstruktionsbe-

ton für den Hoch-, Tief- und Ingenieurbau. Zur Ermittlung des Betonanteils der Umweltwirkungen auf Gebäudeebene muss damit lediglich die Gesamtkubatur des verbauten Betons erfasst und mit den bilanzierten Werten multipliziert werden. Der Bewehrungsanteil bei Stahlbetonbauteilen ist separat zu bilanzieren. Die Umweltproduktdeklarationen für die einzelnen Betondruckfestigkeitsklassen wurden im September 2013 vom IBU veröffentlicht [13].

Generell werden bei einer Nachhaltigkeitszertifizierung zahlreiche Einzelkriterien betrachtet, die nur teilweise vom gewählten Baustoff beeinflusst werden. Bei der Baustoffwahl ist neben den ökobilanziellen Werten auch das Potenzial des Baustoffes unter Einbeziehung seiner technischen Eigenschaften zu berücksichtigen.

Literatur

- [1] Bernd Kötter, Ilka Hering: Ergebnisbericht »Nachhaltigkeitsstudie für den Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e. V.«, April 2011
- [2] Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) – www.nachhaltigesbauen.de
- [3] Deutsche Gesellschaft Nachhaltiges Bauen: DGNB Zertifizierungssystem – www.dgnb-system.de
- [4] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. April 2013
- [5] DIN EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
- [6] DIN EN 15804:2012-04: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte
- [7] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Ökobau.dat 2011 – www.nachhaltigesbauen.de/oekobaudat/
- [8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Heft 584 – Verbundforschungsvorhaben »Nachhaltig Bauen mit Beton«. Potenziale des Sekundärstoffeinsatzes im Betonbau – Teilprojekt B. Beuth Verlag. Berlin 2011
- [9] PE International GmbH (Hrsg.): LBP: GaBi 4 Software Systems and Life Cycle Databases for Engineering. Stuttgart, Leinfelden-Echterdingen, 1992 – 2008.
- [10] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. (Hrsg.): FDB-Musterzeichnungen für Betonfertigteile – Hinweise für Konstruktion und Planung. Bonn 2009
- [11] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. (Hrsg.): Planungshinweise zum nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen. Bonn 2013
- [12] Dipl.-Ing. Jochen Reiners, Vortrag »Stellung von Zement und Beton in der Nachhaltigkeitsdiskussion«, Technisch-Wissenschaftliche Zementtagung, Düsseldorf, 28. September 2011
- [13] Institut Bauen und Umwelt e. V. – <http://bau-umwelt.de/hp4379/Beton.htm>



Alice Becke studierte Bauingenieurwesen an der FH Lippe und Höxter und der TU Dresden. 2007 schloss sie das zweite Staatsexamen beim Landesbetrieb Straßen NRW ab. Nach dem Studium arbeitete sie sechs Jahre als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Massivbau der FH Lippe und Höxter. Seit 2007 ist sie für die Betonfertigteileindustrie tätig: 2007 bis 2011 beim Bundesverband Betonbauteile Deutschland e. V. (BDB), ab 2010 als Geschäftsführendes Vorstandsmitglied, seit Mitte 2011 als Projektleiterin bei der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. (FDB) und beim Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG) mit den Schwerpunkten Nachhaltigkeit, Umwelt und übergeordnete technische Fragestellungen. Seit 2007 ist sie Geschäftsführerin der Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteileindustrie e. V.



Elisabeth Hierlein studierte Konstruktiven Ingenieurbau an der Universität Dortmund und ist zudem diplomierte Wirtschaftsingenieurin. Sie arbeitete 17 Jahre lang in der Tragwerksplanung in Kölner Ingenieurbüros vom Entwurf bis zur Ausführungsplanung. Seit 2006 ist sie für die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. (FDB) tätig, seit Juli 2007 als Geschäftsführerin. Die Schwerpunktthemen ihrer fachlichen Arbeit sind der konstruktive Fertigteilebau, Fassaden, Architekturkonstruktivbau, Bauphysik und nachhaltig Bauen mit Beton.



Jochen Reiners studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen. Nach Abschluss seines Studiums war er elf Jahre lang als Bauleiter und Projektmanager bei der Hoch Tief AG beschäftigt. Seit 2007 arbeitet er im Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) Düsseldorf. Dort ist er seit 2008 Oberingenieur in der Abteilung Betontechnik und beschäftigt sich mit den Themenbereichen Nachhaltiges Bauen und Ökobilanzierung. Er ist Mitglied zahlreicher nationaler und internationaler Gremien.



konstruktiv & kreativ

Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.

Schloßallee 10, 53179 Bonn

Tel. 0228 9545656

www.fdb-fertigteilbau.de

01/2014