

3. Ausgabe | 2023

**punktum.**  
betonbauteile

| **SONDERHEFT** |

Das Branchenmagazin

Betonfertigteile | Betonwaren | Betonwerkstein

An aerial photograph of a dense green forest. A large, irregularly shaped cutout in the center of the forest reveals a clear blue sky. The cutout is shaped like a house, with a gabled roof and a chimney on the right side. The surrounding forest is lush and green, with some mist or low clouds visible at the bottom of the frame.

**NACHHALTIG**

**BAUEN MIT**

**BETONBAUTEILEN**





© OTTO QUAST, FDB-Broschüre „betonfertigteil - fassade mit potenzial“

<b>3</b>	<b>Punktum</b>	24	Gastbeitrag „Moderne und nachhaltige Produktion vorgefertigter Betonbauteile“
<b>4</b>	<b>Position. 8 Forderungen für mehr Nachhaltigkeit am Bau</b>	28	Variowohnungen
6	Gastbeitrag „Gemeinsam für eine klimafreundliche Betonbauweise“	30	Objektbericht „Nachhaltige Stadtentwicklung“
11	Gastbeitrag „Dekarbonisierung der Zementindustrie und Umsetzung in der Praxis“	32	Objektbericht „Praxedis-Gärten“
13	Einsatz nachhaltiger Rohstoffe	<b>37</b>	<b>Position. Mehr Recyclingbeton wagen</b>
<b>15</b>	<b>Position. Nachhaltige Bauprodukte und Bauprozesse</b>	38	Gastbeitrag „Technische Regelwerke bieten eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten“
16	Nachhaltigkeitsaspekte in der Planung	42	Gastbeitrag „Neue Bewehrungsstrukturen – Potenziale und Grenzen“
20	Digitaler Vergleichsrechner	45	Zirkuläres Bauen
22	Recycling-Pflastersteine aus Beton	48	Potenziale nutzen – Vorgefertigte Betonbauteile
		50	Impressum

Sonderheft

## Nachhaltig bauen mit Betonbauteilen

Das Thema „Nachhaltigkeit“ ist heute in aller Munde. In der öffentlichen Diskussion wird der Focus aber oft nur auf einzelne Aspekte der Nachhaltigkeit gelegt, was dem ganzheitlichen Anspruch der Nachhaltigkeit nicht gerecht wird. Wie nachhaltig ist also das Bauen mit Beton in seiner Verwendung als Betonbauteil unter ganzheitlicher Betrachtung?

Über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg blicken wir auf Aspekte der Nachhaltigkeit beim Bauen mit Betonbauteilen. Angefangen bei der nachhaltigen Gewinnung und dem ressourcenschonenden Einsatz heimischer Rohstoffe, die unter hohen ökologischen und sozialen Standards hergestellt werden und mit kurzen Transportwegen verfügbar sind. Mit innovativen Komponenten und Herstellungsverfahren, die den Material- und Energieeinsatz optimieren, lässt sich der ökologische Fußabdruck weiter verringern. Stetige Weiterentwicklungen der Produkteigenschaften sorgen für passgenaue Lösungen, beispielsweise zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden, zur Verlängerung der Nutzungsdauer und zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft durch eine optimierte Recyclingfähigkeit und hohe Recyclingquoten. Das schont wiederum die natürlichen Ressourcen.

Eine gut durchdachte Bauplanung in Verbindung mit der wetter- und saisonunabhängigen Vorfertigung von Betonbauteilen im Werk tragen zu einer beachtlichen Reduzierung der Bauzeit sowie der Belastung des Baustellenumsfelds durch Verkehr, Staub- und Lärmemissionen bei. Die Baustoffindustrie ist nicht zuletzt auch Wirtschaftsmotor und bietet wichtige Arbeitsplätze in der Region mit fairen Löhnen und höchsten Sozial- und Arbeitsschutzstandards. Das alles macht den Einsatz von Betonbauteilen wirtschaftlich, ökologisch und sozial nachhaltig.

In diesem Sonderheft sind die wichtigsten Beiträge zum Thema „Nachhaltig bauen mit Betonbauteilen“ unserer Veröffentlichungen aus dem Jahr 2022 kompakt zusammengestellt.

Ihre Branchenverbände

# POSITION.

## 8 Forderungen für mehr Nachhaltigkeit am Bau

### 1 Der Grundsatz der Nachhaltigkeit muss Basis eines jeden Bauprojektes sein.

Nachhaltigkeit beinhaltet die drei Säulen: Ökologie, Ökonomie und Soziales.

Diese Aspekte sind bereits im Planungsstadium und über alle Lebenszyklusphasen von Gebäuden zu berücksichtigen. Bei der Ökologie der eingesetzten Materialien, Bauteile und Bauweisen ist darauf zu achten, dass sie unbedenklich, recycel- oder wiederverwendbar sind. Wertstabile Gebäude und der ökonomische Umgang mit Ressourcen wie Arbeitskraft, Materialien, Flächen usw. sind weitere Kriterien für die Nachhaltigkeit. Unter dem sozialen Aspekt sollen unter anderem bezahlbarer Wohnraum und ein gesundes Wohn- und Arbeitsklima in Gebäuden geschaffen werden. Regional gewonnene Rohstoffe werden für regional produzierte Baustoffe verwendet, womit beispielsweise ein Teil der im Gebäude verbauten grauen Energie kompensiert wird.

### 2 Quartiere müssen multifunktional gestaltet werden.

Damit Quartiere gegen äußere Einflüsse resilient sind, müssen sie möglichst viele Bereiche des Lebens der Bewohner abdecken und eine hohe Aufenthaltsqualität bieten. Ein gutes Beispiel dafür ist die Stadt der kurzen Wege, die Wohnen, Arbeiten, Klima- und Naturschutz, Freizeit und Erholung vereint.

### 3 Städte müssen auf Klimaresilienz überprüft werden.

Der Klimawandel führt verstärkt zu Starkregen und Überflutungen, auch abseits von Flüssen. Quartiere, die Wasser aufnehmen, speichern und ableiten können, sind deutlich besser gegen Schäden durch Wetterkapriolen geschützt.

Grünflächen, Regenwassernutzung und -versickerung tragen dazu bei, unsere Städte lebenswerter und klimaresilienter zu gestalten. Das Entsiegeln von befestigten Flächen, die Verwendung von versickerungsfähigem Pflaster, das Schaffen von Möglichkeiten zur Rückhaltung und Versickerung von anfallendem Regenwasser können zu einer Entlastung der Kanäle beitragen, womit eine Reduzierung des Überflutungsrisikos einhergeht. Gleichzeitig erhöhen diese Maßnahmen die Aufenthaltsqualität, fördern die Biodiversität und verbessern das Mikroklima.

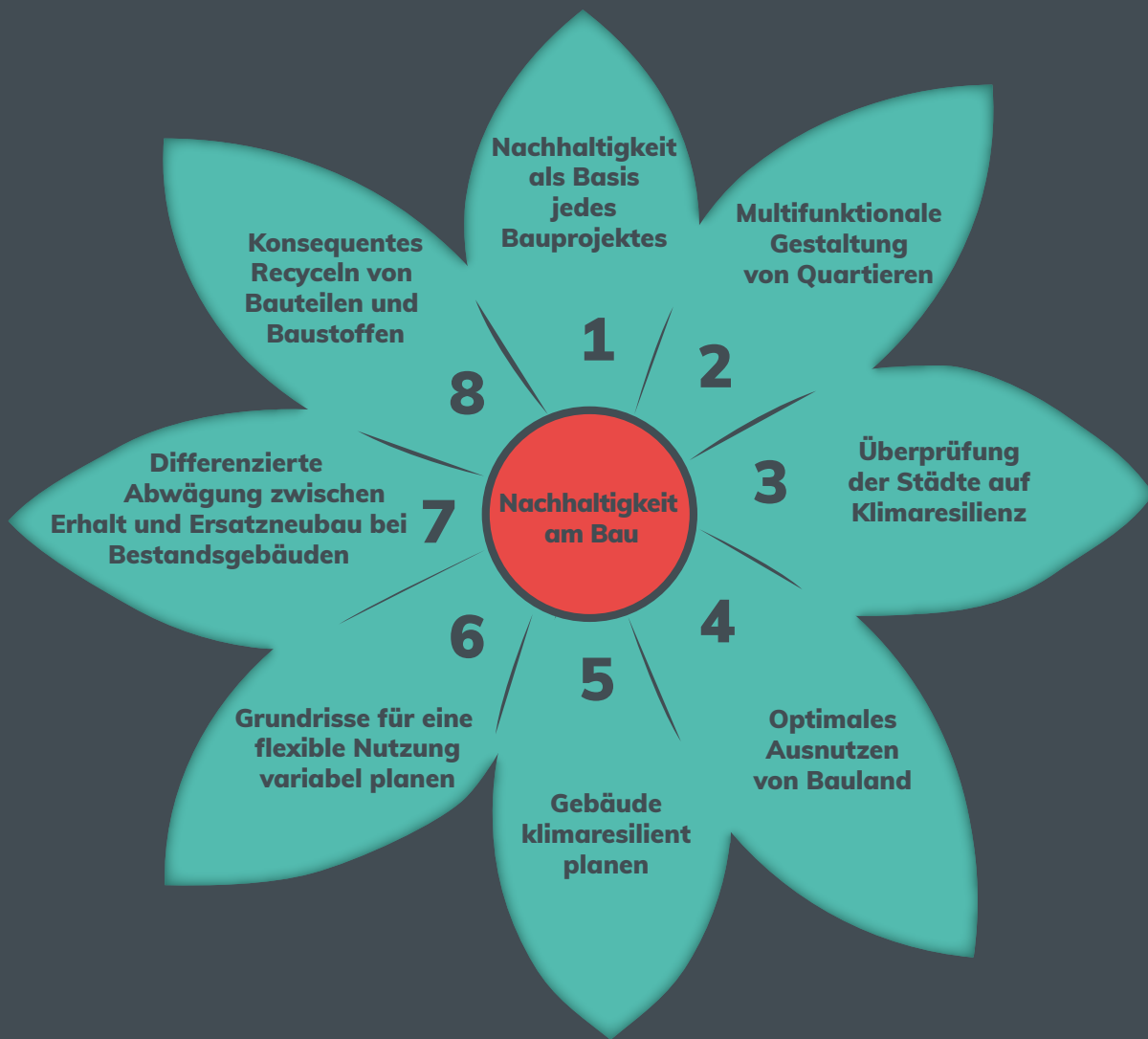
### 4 Verfügbares Bauland muss optimal genutzt werden.

Auf den Grundsatz des flächensparenden Bauens ist bei Neubauten zu achten. Unabhängig von den Bodenverhältnissen ist generell der Bau eines Kellers zur Erhöhung der Flächeneffizienz realisierbar. Dieser kann auf unterschiedlichste Art genutzt werden. Neben hochwertigen Nutzungsmöglichkeiten als Büro, Wohn- oder Freizeitraum können auch Abstellmöglichkeiten, Technikräume, Tiefgaragen etc. entstehen, ohne zusätzlichen Boden zu versiegeln.

### 5 Gebäude müssen klimaresilient geplant werden.

Die Gebäude selbst sind abhängig vom prognostizierten Risiko für Regen, Sturzfluten, Sturm, Schneelagen usw. individuell zu schützen. Hierzu zählen unter anderem wasserdichte Keller, sichere Lichtschächte und der Einsatz von Zisternen. Darüber hinaus sind Gebäude gegen Sturm und Hagel zu sichern.

Der Anstieg der globalen Temperaturen erfordert eine energieeffiziente Gebäudekühlung, zum Beispiel basierend auf Gebäude- und Dachbegrünung, Bauteilaktivierung sowie erneuerbaren Energien.



## 6 Grundrisse müssen variabel geplant und dadurch flexibel genutzt werden können.

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

## 7 Bei Bestandsgebäuden muss eine differenzierte Abwägung zwischen Erhalt und Ersatzneubau erfolgen.

Die Sanierung von Bestandsgebäuden ist in sehr vielen Fällen möglich und oft deutlich ressourcenschonender als Abriss und Neubau. Bei der Betrachtung von Bestandsgebäuden kann aber auch der sogenannte „Ersatzneubau“ mit einem

langlebigen, robusten und flexiblen Neubau eine nachhaltige Lösung sein. Vor allem dann, wenn sich bei der Abwägung vom Verhältnis zwischen Ressourceneinsatz und erreichbarer Bauwerksqualität ein Neubau als günstiger erweist als Sanierung und Umbau.

## 8 Beim Rückbau von Gebäuden müssen die Bauteile und Baustoffe konsequent recycelt und wiederverwendet werden.

Im Falle eines Rückbaus ist dieser so zu planen, zu organisieren und durchzuführen, dass möglichst alle Bauteile und Materialien getrennt werden und im Kreislauf bleiben. Dies bedeutet Ressourcenschonung: weniger Deponierung, weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch Verbrennung und weniger Bedarf von neuen Bau- und Rohstoffen.



## Gastbeitrag

## Gemeinsam für eine klimafreundliche Betonbauweise

Nachhaltigkeit ist das gesellschafts- und wirtschaftspolitische Thema unserer Zeit. Eine ungebremsste stetige Erwärmung unseres Klimas würde unsere Lebensumstände dauerhaft verändern. Deshalb ist es eine der wichtigsten Aufgaben der Gegenwart, Möglichkeiten in allen Lebensbereichen zu entwickeln, um die Klimaerwärmung zu begrenzen. Verantwortungsbewusstes Bauen trägt dazu bei, die Lebensumstände zukünftiger Generationen zu verbessern und die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zu reduzieren. Um dieses ambitionierte Ziel zu erreichen, müssen alle am Bau Beteiligten – Politik, Industrie und Bevölkerung – an einem Strang ziehen, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Klimaerwärmung auf 1,5 Grad zu begrenzen. Dieser anspruchsvollen Aufgabe stellt sich auch die Beton- und Zementindustrie in Deutschland mit ihrem Projekt „Dekarbonisierung von Zement und Beton“.

Nahezu in jedem modernen Bauwerk übernimmt Beton wichtige Aufgaben, ob als Fundament, als tragende Konstruktion oder als thermisch aktiviertes Bauteil. Durch seine Vielseitigkeit, seine Formbarkeit, seine Tragfähigkeit und seine Dauerhaftigkeit wurde Beton zum meistverwendeten Baustoff der Welt. Demgemäß rücken aber auch die mit der Herstellung und Verwendung von Beton entstehenden Umweltbeanspruchungen in den Fokus. Wer den Faktencheck macht, erkennt schnell, dass die zu bewältigenden Bauaufgaben, beispielsweise bei der Schaffung von kostengünstigem Wohnraum und bei dem dringend notwendigen Aus- und Umbau einer klimaoptimierten Infrastruktur, nur mit dem Einsatz von Beton zu bewältigen sind. Eine lebenswürdige Zukunft ist nur mit dem Bauen mit Beton – und mit Zement – möglich. Die gesamte Wertschöpfungskette des Bauens setzt auch mit

dem gemeinsamen Ziel der Dekarbonisierung von Zement und Beton alles daran, dass dies möglichst klimaneutral erfolgen kann.

### Dekarbonisierung von Zement und Beton

Dieser verantwortungsvollen Aufgabe stellt sich auch die Zementindustrie mit ihrer CO<sub>2</sub>-Roadmap. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Herstellung von Portlandzementklinker entstehen, stammen zu zwei Dritteln aus Prozessemissionen – also aus der notwendigen Entsäuerung des Kalksteins bei der Herstellung von Portlandzementklinker – und zu einem Drittel aus Brennstoffemissionen. Die deutsche Zementindustrie verfolgt schon seit Beginn des 21. Jahrhunderts zielstrebig Konzepte, CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Einsatz thermischer und elektrischer Energien zu reduzieren.

Mit der CO<sub>2</sub>-Roadmap hat sich die deutsche Zementindustrie über das bereits Erreichte weit hinausgehende Ziele gesteckt. Danach kann es mit konventionellen Minderungsmaßnahmen bis 2050 gelingen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 36 % gegenüber 2019 und um 50 % gegenüber 1990 zu verringern. Zu den konventionellen Minderungsmaßnahmen zählt, weitere klinkereffiziente Zemente zu etablieren, zum Beispiel CEM II/C-Zemente und CEM VI-Zemente. Diese und weitere Zemente bestehen einerseits aus den bewährten Ausgangsstoffen wie Kalkstein, Hüttensand, Flugasche und Puzzolane, andererseits aber zum Beispiel auch aus calcinierten Tonen und rezyklierten Feinstoffen. Die Zemente haben jedoch nur noch einen Mindest-Klinkergehalt von 50 % beziehungsweise 35 %. Auf diese Weise kann eine Absenkung des Klinker-Zement-Faktors von heute 71 % auf 53 % in 2050 erreicht werden.



Durch die Vorfertigung lässt sich die Bauzeit reduzieren.

© BIBM



## Dr. Martin Schneider

Hauptgeschäftsführer des Vereins Deutscher Zementwerke e. V.  
Leiter des Forschungsinstituts der Zementindustrie  
Geschäftsführer der European Cement Research Academy

Der erhärtete Beton kann einen aktiven Beitrag dazu leisten, den Gehalt an Treibhausgasen in der Atmosphäre zu reduzieren, indem durch die sogenannte Carbonatisierung  $\text{CO}_2$  aus der Umgebungsluft fest eingebunden wird. Das kann schon bei der Herstellung, zum Beispiel von Betonwaren, im Werk geschehen. Dabei werden die Betonwaren in Härtekammern mit oder ohne Dampf mit  $\text{CO}_2$ -Anteil behandelt. Je nach Anteil an  $\text{CO}_2$ , Dauer der  $\text{CO}_2$ -Behandlung und Beschaffenheit der Betonwaren können bis zu 20 % zusätzlich an  $\text{CO}_2$  – bezogen auf den Zement – im Vorfeld der Nutzung dauerhaft eingebunden werden.

Auch während der Nutzungsphase bindet Beton durch die Carbonatisierung  $\text{CO}_2$  sicher ein und gewinnt dabei sogar an Festigkeit. Aktuelle Untersuchungen gehen davon aus, dass so immerhin rund 25 % der  $\text{CO}_2$ -Prozessemissionen aus der Herstellung des Zements wieder gebunden werden können. Und auch am Ende der Lebensdauer eines Betonbauwerks kann der zerkleinerte Altbeton durch eine spezielle Behandlung weiteres  $\text{CO}_2$  aufnehmen.

Die Zementindustrie hat auch Konzepte entworfen, wie sie ihren Beitrag dazu leisten kann, das Ziel „Klimaneutralität bis 2050“ des im Dezember 2019 verkündeten European Green Deal der Europäischen Union zu erreichen. Diese Konzepte beruhen auf Breakthrough-Technologien wie der  $\text{CO}_2$ -Abscheidung mit anschließender Nutzung oder langfristiger Speicherung.

Der weitere Erfolg der Konzepte hängt davon ab, ob das Umfeld solche Innovationen zulässt. Dies betrifft die Gesetzgebung, das technische Regelwerk, aber auch die Bereitschaft der Betonhersteller, der betonverarbeitenden Industrie und der Bauherren, die neuen klinkereffizienten Zemente in der Praxis einzusetzen. Die Betonfertigteil- und Betonwarenhersteller bieten mit ihrem Fachpersonal, ihren digitalen Herstellungsprozessen und präzisen Dosierungen die idealen Voraussetzungen, die betontechnologischen Herausforderungen zu bewältigen und so höchste Qualität und Klimaschutz in Einklang zu bringen. Bei der Produktion von Betonfertigteilen und Betonwaren kommen ressourcenschonende und energieeffiziente Techniken zum Einsatz. Durch Vielnutzung der Scha-

lung und die Fertigung in Serien werden Abfälle vermieden. Ressourcenschonend wirkt sich auch die Verkürzung der Bauzeiten durch den Einsatz von Betonwaren und Betonfertigteilen aus.

### **Dauerhaftigkeit schont die natürlichen Ressourcen**

Betonbauwerke sind – bei sorgfältiger Planung und Ausführung – ausgesprochen dauerhaft. Sie widerstehen, zum Beispiel als Meeresbrücken, den härtesten Umweltbedingungen mit enormem Tidenhub, stark wechselnden Wasserströmungen, Erdbeben, Taifunen und Chloridangriff über mehr als 100 Jahre. Die langen Lebenszyklen bei geringem Aufwand für die Instandhaltung reduzieren den Rohstoffbedarf für Neubauten und schonen somit die natürlichen Rohstoffvorkommen.

Voraussetzung für eine hohe Dauerhaftigkeit ist das zielsichere Erreichen der für den jeweiligen Einsatzzweck erforderlichen Eigenschaften des Betons. Die im Werk erreichbare Betonqualität und die korrekte Einhaltung der erforderlichen Betondeckung der Bewehrung bieten hierfür die besten Voraussetzungen. Bei Betonfertigteilen ist es sogar möglich, die gesamte Qualitätskette von der Betonherstellung über die Herstellung des Bauteils bis zur Montage in einer Hand zu halten.

Eine weitere Voraussetzung für eine lange Nutzungsdauer eines Bauwerks ist seine hohe ästhetische Qualität und die Möglichkeit einer flexiblen Anpassung an sich ändernde Nutzungen. In Betonfertigteilwerken lassen sich zum Beispiel Sichtbetonflächen für höchste Anforderungen herstellen. Betondecken und Binder mit hoher Tragfähigkeit ermöglichen große Spannweiten ohne Zwischenunterstützungen. Vorhandene Trennwände können bei Bedarf entfernt oder versetzt werden, um veränderten Wohnansprüchen beziehungsweise neuen Konzepten eines Produktionsbetriebs angepasst zu werden. Die thermische Bauteilaktivierung hat sich beim Bau von Bürogebäuden als besonders energieeffizient erwiesen. Die hierfür erforderlichen Leitungen im Betonbauteil lassen sich im Werk besonders präzise einbauen und einbetonieren. Auf der Baustelle müssen dann nur noch die Anschlüsse hergestellt werden.



## Ressourcenschonung durch schlanke Bauteile

Ein weiterer Ansatz für Ressourcenschonung und Dekarbonisierung von Beton und Zement ist der Einsatz möglichst schlanker Bauteile mit geringer Masse. Dafür sind eine hohe Tragfähigkeit der Bauteile und eine hohe Präzision bei deren Fertigung erforderlich. Diese schlanken Bauteile können bei kleineren Querschnittsabmessungen dieselbe Last abtragen wie herkömmliche Bauteile größeren Querschnitts. Dank der geringeren Masse können

natürliche Rohstoffe, aber auch Energie zur Gewinnung der Betonausgangsstoffe eingespart werden.

Um zu verdeutlichen, welche CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale durch den Einsatz klinkereffizienter Zemente und Betone mit hoher Druckfestigkeit bestehen, sind in Tabelle A Orientierungswerte für Treibhausgasemissionen von Betonen in Abhängigkeit von der Zementart und der gewählten Betondruckfestigkeitsklasse aufgeführt.

**Tabelle A: Orientierungswerte für Treibhausgasemissionen von Beton**

1	Bezeichnung	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 45/55	C 50/60
2		Treibhausgasemissionen (kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent/m <sup>3</sup> Beton) <sup>1)</sup>					
3	Beton heutiger Durchschnitt	178	197	219	244	286	300
4	Beton mit CEM I (CSC Benchmark) <sup>2)</sup>	213	237	261	286	312	325
5	Beton 20 % unter Durchschnitt (z. B. CEM III/A oder CEM II/C)	142	158	175	195	229	240
6	Beton 30 % unter Durchschnitt (z. B. CEM VI)	125	138	153	171	200	210

<sup>1)</sup> Werte ohne Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung  
<sup>2)</sup> CO<sub>2</sub>-Modul des Concrete Sustainability Council für Deutschland

**Tabelle B: Orientierungswerte für leistungsbezogene Treibhausgasemissionen von Beton**

1	Bezeichnung	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 45/55	C 50/60
2		leistungsbezogene Treibhausgasemissionen <sup>1)</sup> (kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent/m <sup>3</sup> x MPa)					
3	Beton heutiger Durchschnitt	6,1	5,8	5,3	5,0	4,8	4,7
4	Beton mit CEM I (CSC Benchmark) <sup>2)</sup>	7,3	7,0	6,4	5,8	5,3	5,1
5	Beton 20 % unter Durchschnitt (z. B. CEM III/A oder CEM II/C)	4,9	4,6	4,3	4,0	3,9	3,8
6	Beton 30 % unter Durchschnitt (z. B. CEM VI)	4,3	4,1	3,7	3,5	3,4	3,3

<sup>1)</sup> Berechnung der Werte auf Basis mittlerer Druckfestigkeiten  $f_{cm,cube}$   
 Beispiel C20/25 Zeile 3:  $178/(f_{ck}+4) = 178/29 = 6,1$   
<sup>2)</sup> CO<sub>2</sub>-Modul des Concrete Sustainability Council für Deutschland



Setzt man die Treibhausgasemissionen in Relation zur Druckfestigkeit des Betons, also dessen Leistungsfähigkeit, lassen die Werte in Tabelle B folgenden Schluss zu: Ein Beton höherer Druckfestigkeit verursacht, bezogen auf seine Leistungsfähigkeit, weniger Treibhausgasemissionen als ein Beton niedrigerer Druckfestigkeit. Voraussetzung ist allerdings, dass die höhere Druckfestigkeit dazu genutzt wird, die Bauteilabmessungen zu verringern, also materialsparend zu bauen.

Mit den innovativen, CO<sub>2</sub>-effizienten Zementen und einem materialsparenden Einsatz von Beton ist es schon heute möglich, wesentlich klimaschonender als bisher zu bauen. Wenn solche Zemente und Betone entsprechend gekennzeichnet sind, erleichtert dies die Bewertung durch den Kunden und seine Entscheidung für diese Art des klimafreundlichen Bauens. Schon in den Ausschreibungen kann gezielt auf solche Angaben Bezug genommen werden. Damit aber eindeutige und transparente Bewertungen überhaupt erst möglich sind, müssen zertifizierte Angaben zur Nachhaltigkeit von Zement und Beton verfügbar sein. Als bewährtes und etabliertes Instrument dafür bietet sich das System des Concrete Sustainability Council (CSC) an. Betonherstellern ist es damit ab sofort möglich, Betone mit dem CO<sub>2</sub>-Modul auszeichnen zu lassen.

Die digitalen Prozesse bei der Herstellung von Stützen, Wänden und Decken im Werk sind sehr gute Voraussetzungen für das Erreichen hoher Betondruckfestigkeiten und einer sehr hohen Maßgenauigkeit. Zudem kann aufgrund der präzisen Fertigung

im Werk mit ständiger Qualitätsüberwachung die Betondeckung der Bewehrung bei Betonfertigteilen reduziert werden – ein weiterer Beitrag zur Verschlankung. Noch größere Schlankheit wird möglich beim Einsatz von Carbon als Bewehrung. Carbon ist wesentlich tragfähiger als eine herkömmliche Bewehrung aus Stahl und muss nicht durch eine dicke Betondeckung gegen Korrosion geschützt werden. Die Betondeckung muss hier nur noch so dick sein, dass die Kräfte zwischen Beton und Bewehrung sicher übertragen werden können.

Schlankere Bauteile reduzieren nicht nur den Verbrauch an Rohstoffen und die Treibhausgasemissionen, sie erhöhen auch die Flächeneffizienz: Bei gleichem Angebot an Wohn- beziehungsweise Nutzfläche können die Außenabmessungen eines Bauwerks kleiner ausfallen.

### **Baustoffrecycling – Jedes Ende ist ein neuer Anfang**

Deutschland ist reich an natürlichen mineralischen Rohstoffen, auch wenn die Vorkommen regional sehr unterschiedlich verteilt sind. Es wird aber aus Gründen des Lärm-, Landschafts- und Umweltschutzes im dicht besiedelten Deutschland immer schwieriger, diese Lagerstätten zu erschließen. Deshalb ist es vernünftig, mineralische Abfälle, wie sie beim Abbruch von Bauwerken anfallen, als wertvolle Ressource zu betrachten und zum Beispiel für die Herstellung rezyklierter Gesteinskörnungen oder als Zementbestandteil zu verwerten.



Moderne Anlagen sorgen bei der Betonfertigteilterstellung für hohe Maßgenauigkeit und kontrollierte Produktionsbedingungen.

© BIBM



© BIM

Der Bruch von Beton kann zu rezyklierter Gesteinskörnung aufbereitet werden.

Eines der zentralen Ziele des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist es, Abfälle zu reduzieren. Dies ist aber nur bedingt möglich. Daher sieht das Gesetz auch die Verwertung vor, wobei folgende Hierarchie gilt: Abfallvermeidung vor Verwertung vor Beseitigung. Bei der Produktion von Betonfertigteilen und Betonwaren beginnt das Recycling schon im Werk. Betonwerke verfügen über geschlossene Wertstoff- und Wiederverwertungskreisläufe. So landet Frischbeton, der bei der Fertigteilherstellung trotz sorgfältiger Planung nicht benötigt wurde, umgehend in einer zentralen Recyclinganlage. Dort werden Restwasser und Gesteinskörnungen so getrennt, dass sie anschließend wieder für die weitere Betonherstellung zur Verfügung stehen. Die in Betonwerken eingesetzten Recyclinganlagen ermöglichen eine nahezu vollständige, sichere Rückgewinnung von Restwasser und Schlämmen. Erhärtete Betonfertigteile und Betonwaren, die den hohen Ansprüchen der werkseigenen Qualitätskontrolle nicht genügen, werden gebrochen und so aufbereitet, dass das Material wieder dem Produktionsprozess zugeführt werden kann.

Bauteile aus Beton können auch am Ende der Lebensdauer eines Bauwerks fast vollständig verwertet werden. Das Fundament dafür wird schon bei der Planung des Gebäudes über die Auswahl der Baustoffe und der Baukonstruktion gesetzt.

## FAZIT



Der Faktencheck zeigt, dass Beton auch in Zukunft aufgrund seiner Vielseitigkeit, seiner Formbarkeit, seiner Tragfähigkeit und seiner Dauerhaftigkeit den Stellenwert als meistverwendeter Baustoff weltweit behalten wird. Bei der Bewältigung der Bauaufgaben im Umweltschutz und einer klimaoptimierten Verkehrsinfrastruktur wird er Bestandteil der Energie- und Verkehrswende sein.

Das Projekt „Dekarbonisierung von Zement und Beton“ bietet realistische Konzepte, dies klimaneutral zu bewerkstelligen. Die Baustoffindustrie ist aber hierbei darauf angewiesen, dass Politik, Bauherren und Bevölkerung die dafür notwendigen Innovationen zulassen. Die werksmäßige, witterungsunabhängige Fertigung von Betonfertigteilen und Betonwaren bietet dabei sehr gute Voraussetzungen, die technologischen Herausforderungen bei höchster Qualität zu gewährleisten.





**Arne Stecher**

Leiter Dekarbonisierung Holcim (Deutschland) GmbH

## Gastbeitrag

# Dekarbonisierung der Zementindustrie und Umsetzung in der Praxis

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Baustoffindustrie ist derzeit noch erheblich. Innovative Produkte und Lösungen ermöglichen jedoch, schneller und effizienter zu bauen und dabei die Auswirkungen auf die Umwelt zu reduzieren. Klimaneutralität in der gesamten Wertschöpfungskette Bau ist ein wichtiges Ziel. Zum nachhaltigen Bauen gehören aber auch Ressourceneffizienz sowie das Denken in Stoffkreisläufen und Lebenszyklen von Bauwerken. Alle Akteure in der Wertschöpfungskette Bau sind aufgefordert, ihre Beiträge zum Klimaschutz und zur Ressourceneffizienz zu leisten.

Ohne Zement gibt es keinen Beton. Die Hauptansätze zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementproduktion sahen bislang wie folgt aus: Steigerung der Effizienz bei der Verwendung von thermischer und elektrischer Energie, Substitution des gebrannten Zwischenprodukts Zementklinker durch Ersatzstoffe, die in Zukunft auch aus dem Gebäudeabbruch kommen werden, sowie Substitution fossiler Brennstoffe durch energetische Verwertung alternativer Brennstoffe mit Biomasseanteil. Um nachhaltiges Bauen zu fördern und den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu reduzieren, sind Anpassungen im Produktportfolio der Zemente, Betone und Betonfertigteile unabdingbar. Die Senkung des CO<sub>2</sub>-Gehalts von Betonen ist technisch noch nicht an ihre Grenzen gekommen, doch Normen und Vorschriften erlauben nicht, die Möglichkeiten voll auszuschöpfen. So bleibt auf Produktebene derzeit nur, die Rezepturen bestmöglich zu optimieren und die prozessbedingt noch unvermeidbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Unterstützung verschiedener zertifizierter Umweltprojekte zu kompensieren.

## Net-Zero-Zementwerke

Doch das genügt nicht, um die Zementproduktion nachhaltig umzubauen und Klimaneutralität zu erreichen, denn beim Brennen von Zementklinker entstehen zwei Drittel des anfallenden CO<sub>2</sub> prozessbedingt aus dem Rohmaterial. Um Zement noch emissionsärmer herzustellen, sind neue Carbon-Capture-Technologien und sektorenübergreifende Lösungen notwendig – etwa Allianzen mit den Bereichen Grüne Energie, Wasserstoffproduktion, Wärme, Grundstoffindustrie oder Mobilität.

2019 hat sich in Schleswig-Holstein die branchenübergreifende Partnerschaft WESTKÜSTE100 gebildet. Mit dabei sind Hynamics Deutschland GmbH, Holcim (Deutschland) GmbH, Open Grid Europe GmbH (OGE), Ørsted Gruppe, Raffinerie Heide GmbH, Stadtwerke Heide GmbH, thyssenkrupp Industrial Solutions AG und die Thüga AG, außerdem die Entwicklungsagentur Region Heide und die Fachhochschule Westküste. Ziel der Partner ist, aus Off-

shore-Windenergie grünen Wasserstoff zu produzieren und die dabei entstehende Abwärme zu nutzen. In Lägerdorf soll der bei der grünen Wasserstoffproduktion entstehende überschüssige Sauerstoff künftig im Zementwerk in den Verbrennungsprozess eingespeist werden. Dadurch lassen sich nahezu 100 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Zementherstellung abscheiden. Das Abgas wird anschließend weiter zu einem hochreinen CO<sub>2</sub>-Gas als Ausgangsstoff für die chemische Industrie aufbereitet und als Rohstoff in anderen Wirtschaftssektoren ein-



© Holcim (Deutschland) GmbH

Das Werk in Lägerdorf soll als erstes Zementwerk Deutschlands bis 2027 klimaneutral sein.





© Holcim (Deutschland) GmbH

CPC-Betonplatten ermöglichen je nach Konstruktion Material-Einsparungen von bis zu 80 % und reduzieren den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Bauteils um bis zu 75 %.

gesetzt. Man spricht hier von Carbon Capture and Usage (CCU). Im Sommer 2020 erhielt WESTKÜSTE100 die Förderzusage des Bundeswirtschaftsministeriums. Das Besondere und Innovative an diesem Reallabor-Projekt ist die Verzahnung unterschiedlicher Stoffkreisläufe innerhalb einer bereits bestehenden regionalen Infrastruktur. So soll die Dekarbonisierung von Industrie, Mobilität und Wärmemarkt zunächst getestet und anschließend bis Ende des Jahrzehnts in eine großindustrielle Lösung skaliert werden. Damit wird das Werk Lägerdorf zu einem der weltweit ersten Net-Zero-Zementwerke.

## Carbon prestressed concrete

Auch das Bauen mit Betonfertigteilen trägt zum nachhaltigen Bauen bei. Es spart wie keine andere Bauweise Zeit und Ressourcen auf der Baustelle, denn die industrielle, aber individuelle Maßfertigung in der Halle ist kaum fehleranfällig, und auf der Baustelle fällt kein Verpackungsmüll an. Eine weitere Lösung ist, die Bauteile im Design weiter zu optimieren und die benötigte Betonmenge bei gleicher Lastausnutzung um bis zu 75 % zu verringern. So lassen sich etwa leistungsfähige dünne Betonplatten aus hochfestem Beton produzieren, die mit vorgespanntem Carbon anstelle von Stahl bewehrt sind. Dadurch wird die Eigenlast des Bauwerks massiv reduziert und der Transportaufwand sinkt deutlich. Durch den zusätzlichen Einsatz CO<sub>2</sub>-armer Zemente wird der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Vergleich zu konventionell mit Portlandzement hergestellten Stahlbeton-Bauteilen auf nur 12 % gesenkt. CPC-Betonplatten (carbon prestressed concrete) haben vor kurzem die erste allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für vorgespannten Carbonbeton in

Deutschland erhalten, was es den Planenden sowie Architekten und Architektinnen erlaubt, die ressourcenschonenden und klimafreundlichen Betonbauteile mit der CPC-Technologie deutschlandweit einzusetzen.

Das Beispiel CPC zeigt, was bereits heute umsetzbar ist, wenn die Möglichkeiten allen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette Bau bekannt sind. Das Interesse von Planenden, Architekten und Architektinnen sowie Investierenden am Thema CO<sub>2</sub>-Reduktion wächst rasant. Wichtig ist eine Sensibilisierung für die Bedeutung der „CO<sub>2</sub>-Reduktion am Bauteil“: Denn bei der Ökobilanzierung von Gebäuden ist der Baustoff insbesondere für die Bauphase ein entscheidender Einflussfaktor. Daher kann hier ein bedeutender Beitrag zur Steigerung der CO<sub>2</sub>-Effizienz von Gebäuden und Infrastrukturbauten über den gesamten Lebenszyklus geleistet werden.

Als problematisch stellen sich oftmals noch Normen und Richtlinien heraus, die nicht selten den Einsatz nachhaltiger Lösungen behindern. Hier kann die öffentliche Hand, zum Beispiel durch veränderte Ausschreibungen, klimaschonende Produkte gezielt fördern. Außerdem müssen Baustoffe effizienter und Innovationen schneller marktfähig gemacht werden. Insgesamt muss es wirtschaftlich attraktiver werden, eine Tonne CO<sub>2</sub> zu vermeiden, als eine Tonne CO<sub>2</sub> zu emittieren. Dann werden sich zukünftig valide und nachhaltige Geschäftsmodelle rund um CO<sub>2</sub> als Rohstoff in neuen innovativen Wertschöpfungsketten entwickeln.

## Einsatz nachhaltiger Rohstoffe

# Heimische Baustoffe sind Teil der Lösung

In der aktuellen CO<sub>2</sub>- und Klimadiskussion treten umfassende Betrachtungen zur Nachhaltigkeit häufig in den Hintergrund. Dabei wird allzu oft vergessen, dass neben ökologischen gleichrangig auch ökonomische und soziale Aspekte bei der Ressourcennutzung zu bewerten sind. Bei Beton und Betonprodukten wird völlig zu Unrecht pauschal die Nachhaltigkeit infrage gestellt, dabei sind sie nicht das Problem, sondern vielmehr Teil der Lösung.

### Rohstoffgewinnung unter hohen Standards

Beton in seinen mineralischen Bestandteilen setzt sich aus den heimischen Rohstoffen Kalkstein, Sand, Kies und Splitt zusammen. Diese Rohstoffe werden in Deutschland unter hohen Umwelt- und Sozialstandards gewonnen. Die Genehmigungsverfahren für den Rohstoffabbau schließen überwiegend eine Prüfung der Umweltverträglichkeit des Vorhabens sowie eine breite Öffentlichkeitsbeteiligung im Rahmen des Zulassungsverfahrens ein. Somit ist sichergestellt, dass die anderen öffentlichen Interessen beim Abbau der Rohstoffe berücksichtigt werden. Dem eigentlichen Genehmigungsverfahren sind weiterhin langjährige Prüfungen der Raumverträglichkeit im Rahmen der Landes- und Regionalplanung vorgeschaltet. Der große Vorteil bei der Herstellung von Baustoffen aus heimischen Rohstoffen liegt in der Transparenz der Umweltauswirkung und der Sicherheit, dass diese mit dem Eingriff verbundenen Umweltauswirkungen funktional ausgeglichen werden. Das Bundesnaturschutz- und das Waldgesetz bilden hierfür die Grundlage. Die Gewinnung der Rohstoffe erfolgt bedarfsgerecht ohne Überproduktionen. Das schont natürliche Ressourcen.

### Kurze Transportwege durch regionale Verfügbarkeit

Auch unter dem Gesichtspunkt der Minimierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks spricht alles für heimische Rohstoffe. Den mengenmäßig größten Teil im Beton nehmen die Gesteinskörnungen von Sand, Kies und Splitt ein. Ihr CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wird vor allem sehr stark von der Transportentfernung bestimmt. Eine dezentrale Rohstoffgewinnung, die auf ein regional breit aufgestelltes Netz von Lagerstätten an Gesteinskörnungen zurückgreifen kann und damit kurze Distanzen gewährleistet, hilft dabei, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf ein Minimum zu reduzieren. Auch die Anzahl und die Verteilung der Zementwerke in Deutschland garantieren kurze Transportwege. Die Steine- und Erden-Industrie ist dabei hierzulande im Vergleich zu anderen Branchen sehr gut aufgestellt. Nach statistischen Zahlen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) werden die Produkte der Steine- und Erden-Industrie durchschnittlich nur 42 km transportiert (Verkehr in Zahlen 2020/21, 49. Jahrgang, September 2020). Zum Vergleich: Bei land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen sind es 131 km, bei Fahrzeugen, Maschinen, Halb- und Fertigwaren 177 km und bei Produkten der chemischen Industrie 105 km. ▶



Heimische Roh- und Baustoffe stehen für Versorgungs- und Liefersicherheit und damit für wirtschaftlich stabile Rahmenbedingungen. Insbesondere die Corona-Pandemie hat gezeigt, wie wichtig verlässliche Lieferketten und der Rückgriff auf eigene Ressourcen für das Funktionieren einer Volkswirtschaft sind. Die deutsche Baustoffindustrie war unter den schwierigen Bedingungen der Pandemie im vollen Umfang lieferfähig und dies zu kalkulierbaren Preisen.

## Jobperspektiven für strukturschwache Regionen

Die heimische Baustoffindustrie steht für langfristig sichere Arbeits- und Ausbildungsplätze, und das oftmals in strukturschwachen Regionen und dem ländlichen Raum. Hier hat sich ein durchlässiges Bildungssystem etabliert, das auf individuelle und flexible Lernwege abstellt und vielfältige Jobperspektiven bietet. In den vergangenen Jahren wurden mit dem Industriemeister „Aufbereitungs- und Verfahrenstechnik IHK (m/w/d)“ die Lücke zwischen den Ausbildungsberufen und den verschiedenen Studienabschlüssen geschlossen und damit neue Karrierechancen zum Aufstieg in das mittlere Management geschaffen. Die Branche steht unter der Präventionsstrategie „VISION ZERO. Null Unfälle – gesund arbeiten!“ für einen hohen Standard im Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie eine leistungsgerechte Entlohnung, die deutlich über dem gesetzlichen Mindestlohn liegt.

Die Rohstoffgewinnungsbetriebe leisten mit ihrer wirtschaftlichen Tätigkeit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung strukturschwacher Regionen und zur Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse. Viele sind mit mehr als 100 Jahren Tätigkeit – und das schon in der vierten und fünf-

ten Generation – in ihren Regionen fest verwurzelt. In Anbetracht des technologischen Wandels, den Gesellschaft und Wirtschaft in dieser Zeit vollzogen haben, eine beachtliche Leistung – insbesondere, wenn man bedenkt, welche Industriezweige in diesem Zeitraum neu entstanden, aber auch wieder verschwunden sind. Und der Bedarf an Baustoffen ist weiterhin hoch. Mit 400.000 neuen Wohnungen im Jahr, der umfassenden energetischen Gebäudesanierung oder dem beschleunigten Ausbau der Windenergie, um nur drei Vorhaben aus dem Koalitionsvertrag der Bundesregierung zu nennen, ergeben sich zukünftig anspruchsvolle Aufgaben, die ohne heimische Baustoffe nicht zu lösen sind.

## Wichtiger Beitrag zur heimischen Biodiversität

Auch wenn es wie ein Widerspruch klingt: Abbaustätten, in denen heimische Rohstoffe gewonnen werden, haben einen hohen Stellenwert, wenn es um die Erhaltung der Artenvielfalt geht. Sie sind Hotspots der Biodiversität. Die Unternehmen setzen bei der Gewinnung von Rohstoffen Konzepte zur Förderung und zum Erhalt von geschützten und gefährdeten Arten erfolgreich um. So bilden beispielsweise Sand- und Kiesgewinnungsstätten Ersatzlebensräume für Arten der unregulierten mitteleuropäischen Flusslandschaften – einem Landschaftstyp, den es so in Deutschland kaum noch gibt und an dessen Existenz zahlreiche Arten wie die Uferschwalbe, der Flussregenpfeifer oder die Kreuzkröte gebunden sind. Inzwischen hat dies auch der Bundesgesetzgeber erkannt und mit der letzten Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes die vielfältigen Aktivitäten der Steine- und Erden-Industrie gesetzlich entsprechend gewürdigt.



Job mit Perspektive: Die heimische Baustoffindustrie schafft Arbeitsplätze in der Region.



Neues Zuhause: Viele bedrohte Tier- und Pflanzenarten siedeln sich in den heimischen Kies- und Sandwerken an.

© UVMB



# POSITION.

## Nachhaltige Bauprodukte und Bauprozesse

Für die Zukunft des nachhaltigen Bauens müssen sowohl die Bauprodukte nachhaltig hergestellt als auch die Bauprozesse nachhaltig gestaltet werden.

### Nachhaltige Bauprodukte

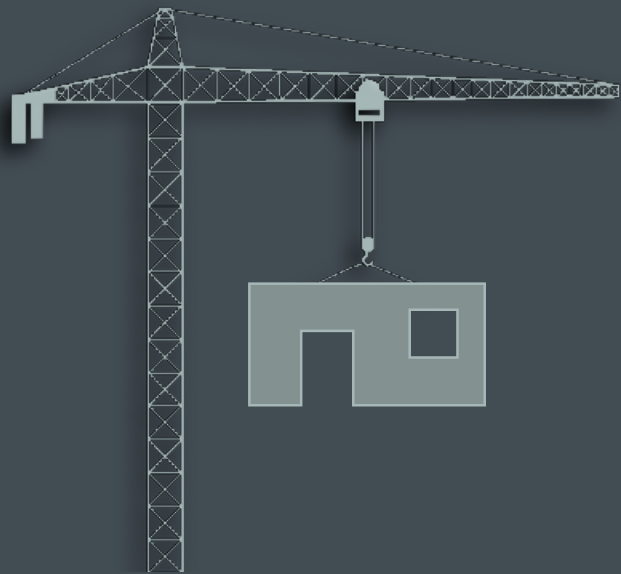
Hier punkten vorgefertigte Betonbauteile: Bei ihrer Produktion kommen ressourcenschonende und energieeffiziente Techniken zum Einsatz. Der Herstellungsprozess unterscheidet sich vielfach grundlegend von der Fertigung auf der Baustelle. So sichern die technische Ausrüstung, die weitgehend gleichbleibenden, günstigen Herstellungsbedingungen und die qualifizierten Mitarbeiter eines Fertigteilwerkes eine hohe Maßgenauigkeit der Bauteile. Die regelmäßigen Kontrollen durch Eigen- und Fremdüberwachung gewährleisten eine konstante, hohe Qualität.

Der Bearbeitungsaufwand für jedes einzelne Fertigteil und damit auch mögliche Fehlerquellen reduzieren sich auf ein Minimum. Durch Vielfachnutzung der Schalung und bei Fertigung großer Serien werden Abfälle vermieden. Zudem können Restmaterialien, Betonabfälle und Verschnitte, die bei der Produktion anfallen, aufbereitet und wiederverwendet werden. Moderne Anlagentechnik und Betontechnologie auf dem neuesten Stand der Technik ermöglichen eine zuverlässige Produktqualität bei optimiertem Ressourceneinsatz.

### Nachhaltige Bauprozesse

Vorgefertigte Betonbauteile werden zu jeder Jahreszeit witterungsunabhängig in Fertigteilwerken hergestellt. Liefertermine können so über das ganze Jahr konsequent eingehalten werden. Die Just-in-Time-Lieferung montagefertiger Bauteile spart Lagerfläche auf der Baustelle. Auch der Einsatz von Personal und energieintensiven Baumaschinen werden reduziert, die Lärm- und Staubemissionen sowohl auf der Baustelle als auch im Baustellenumfeld verringert.

Die Vorfertigung von Betonbauteilen reduziert die Bauzeiten auf der Baustelle, da durch die geringe Baufeuchte der Montagebaustelle ein schnelles Weiterarbeiten der Ausbaugewerke möglich ist. So verkürzt sich die Bauzeit und das Gebäude kann schneller genutzt werden.



Der Einsatz von vorgefertigten Betonbauteilen erfüllt wesentliche Anforderungen an einen nachhaltigen Bauprozess.

Zusätzlich ist der Umfang der Baustelleneinrichtung beim Einsatz von Betonfertigteilen sehr gering. Wesentliche Einrichtungen sind der Kran sowie die erforderlichen Absturzsicherungen. Abhängig von Umfang und Dauer der Montagearbeiten werden Hochbaukrane mit Katzausleger oder Autokrane eingesetzt.

Um das Thema Nachhaltigkeit nicht aus dem Auge zu verlieren sowie zur Sicherung der Qualität und Minimierung von Risiken, hat die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) im Jahr 2021 ein Zertifizierungssystem für die nachhaltige Baustelle entwickelt. Die Zertifizierung soll als Planungs- und Management-Tool die Baustellenprozesse unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf Ressourcenschutz, Gesundheit und Soziales sowie auf der Kommunikation mit der lokalen Öffentlichkeit.

**Mit vorgefertigten Betonbauteilen können nachhaltige Bauwerke geplant und errichtet werden. Gleichzeitig fördert ihre Verwendung die Nachhaltigkeit des gesamten Bauprozesses.**

## Nachhaltigkeitsaspekte in der Planung

# Überblick und Auszüge aus der DAfStb-Planungshilfe für die Planung mit Betonfertigteilen

Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) hat im Oktober 2021 eine Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“ veröffentlicht. Sie ist für Bauwerke des üblichen Hochbaus wie Wohnungsbauten, Verwaltungsgebäude, Veranstaltungsbauten, Einkaufszentren oder Industriehallen anwendbar. Investierende, Bauherrnschaft, Planende, Ausführende und Mitarbeitende der Bauaufsicht erhalten hiermit Unterstützung bei ihren Entscheidungsprozessen beim nachhaltigen Bauen mit Beton. Nachfolgend sind einige für den Betonfertigteilbau relevante Aspekte als Auszüge aus der Planungshilfe aufgeführt.

Nachhaltiges Bauen bedeutet, dass Bauwerke ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Ansprüchen gerecht werden. Bei der Planung ist auf einen möglichst geringen Verbrauch von Rohstoffen und Energie, ebenso wie auf eine größtmögliche Nutzungsflexibilität und Wiederverwendbarkeit oder Dauerhaftigkeit zu achten.

Alle erforderlichen Planungsentscheidungen sollten sich an folgenden wesentlichen Zielen der Nachhaltigkeit orientieren:

- eine unverzügliche und drastische Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen als Maßnahme zum Klimaschutz,
- Vorsorge leisten für die bereits vorhandenen Folgen des Klimawandels,
- Ressourcenschonung und Materialoptimierung.

### 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 voraussehbaren Lebenszyklus sowie
- ein effizientes Qualitätsmanagement mit Festlegung von Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Kommunikationsprozessen.

Die Vorteile eines jeden Baustoffs können optimal genutzt werden, wenn eine rechtzeitige Einbindung der relevanten Fachleute (Objektplaner, Tragwerksplaner, Bauphysiker, et cetera) bereits in der Planungsphase erfolgt. So hat die Betonbauweise insbesondere bei der ökonomischen Qualität, der

Möglichkeit der überwiegenden Nutzung regionaler Ressourcen, der technischen Qualität und der Prozessqualität durch intensive Kommunikation erhebliche Vorteile für das nachhaltige Bauen. Der gestalterischen Freiheit durch die Formvielfalt von Bauwerken und Bauteilen aus Beton sind kaum Grenzen gesetzt.

### Optimierungsansätze – Ressourcenschonung und Klimaschutz

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

- Eine statische Optimierung der Bauwerke oder Bauteile aus Stahlbeton mit einfachen, geradlinigen Lastpfaden ohne Umwege durch widersprüchliche Planungsprozesse oder Umplanung führt zu Material- und Gewichtseinsparungen (weniger Beton, weniger Bewehrung). Generell sollte „materialgerecht“ konstruiert werden. Überdrückte Massivbaustrukturen reagieren dabei auf die Bauwerkslast deutlich resilienter und sind entsprechend dauerhafter als Bauwerksteile unter Zug- oder Lastwechselbeanspruchung. Beton in Querschnittsbereichen ohne Funktion sollte ausgespart werden.
- Bei Betonbauwerken kann eine herstellungstechnische Optimierung zu weniger Abfall und einer kürzeren Produktionszeit genutzt werden (zum Beispiel Herstellung möglichst vieler gleicher Bauteilquerschnitte oder Optimierung von Einzelkomponenten des Bauwerkes).
- Eine Optimierung der Betonrezeptur führt zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ohne Verlust an Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit, sodass in der Regel keine Beschichtungen erforderlich sind sowie reinigungs- und wartungsarme Oberflächen entstehen.



## Optimierungsansätze – 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 wenige vertikale Tragglieder über mehrere Geschosse steigern die Flächeneffizienz und dienen außerdem der Funktionalität des Gebäudes.

Die Volumeneffizienz wird wesentlich durch die Dicke der Geschossdecken beeinflusst. Diese kann durch die Wahl eines Tragsystems mit angemessenen Stützweiten optimiert werden.

### Beispiel 1

Durch den Einsatz vorgespannter Bauteile und hochfester Betone lassen sich zum Beispiel schlanke Decken auch bei weit gespannten Deckensystemen realisieren. Hier sind gemäß den vorhersehbaren Nutzungsmöglichkeiten Optimierungen vorzunehmen.

### Beispiel 2

Effizient und ausgeglichen hinsichtlich der Beanspruchung können auch Stockwerksrahmen als statisches System verwendet werden, die in der Regel weniger Bewehrung benötigen.

### Beispiel 3

Mit schlanken Stützenquerschnitten, zum Beispiel optimiert durch den Einsatz hochfester Betone oder stumpfer Stützenstöße, kann die Geschossfläche ebenso effizient genutzt werden.

## Optimierungsansätze – 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 können mit bis zu 20 m Spannweite hergestellt werden, Industriehallen mit Binderspannweiten bis zu 60 m. Bei Haupt- und Nebenträgerdecken führt eine flexible Anordnung der Stützen entlang der Hauptträger zur Erhöhung der Flexibilität der Nutzflächen im Erdgeschoss.

Tragreserven für spätere Nutzungsänderungen können bereits im angemessenen Rahmen im Vorfeld eingeplant werden. So könnten beispielsweise Gebäude in Mischgebieten in den unteren Geschossen auf erhöhte Nutzlasten von 3,5 bis 5 kN/m<sup>2</sup> ausgelegt werden, um variable Nutzungsoptionen zu ermöglichen. Zusätzlich sollten Reserven für veränderte Ausbaulasten,





zum Beispiel leichte Trennwände, bedacht werden. Bei industrieller/gewerblicher Nutzung können für spätere Funktionsänderungen oder -erweiterungen dynamische Verkehrslasten und gegebenenfalls zusätzliche Lastfälle wie „Stapleranprall“ oder nachträglicher Einbau einer Kranbahn berücksichtigt werden.

## **Optimierungsansätze – 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.

## **Optimierungsansätze – Wärmeschutz**

Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften der Gebäudehülle beeinflussen den Energiebedarf, die Behaglichkeit und die Dauerhaftigkeit eines Gebäudes. Durch eine entsprechende Detailplanung und Detailausbildung können Bauwerke aus Beton praktisch wärmebrückenfrei und optisch hochwertig konstruiert werden. Insbesondere durch Stahlbeton-Sandwichfassaden können Gebäude thermisch optimiert werden.

## **Optimierungsansätze – 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. Eine hohe, gleichbleibende Qualität wird dabei durch kontrollierte Herstellbedingungen und die ständige Eigenüberwachung gewährleistet.

Die erforderliche Feuerwiderstandsdauer von Bauteilen aus Beton kann entsprechend den Nutzungsanforderungen durch eine geeignete Querschnittswahl einfach und kosteneffizient realisiert werden. 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.

## **Optimierungsansätze – Recycling und Wiederverwendbarkeit**

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

Wenn möglich, ist im Sinne der Nachhaltigkeit die Wiederverwendung des gesamten Gebäudes oder einzelner Bauteile anzustreben. Hierfür ermöglichen zum Beispiel 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. Bei innovativen Betonbauweisen mit nichtmetallischer Bewehrung sind die Fragen der Rezyklierbarkeit und Wiederverwendbarkeit bei der Planung mit zu betrachten. Teilweise ist bei diesen Betonbauweisen derzeit die sortenreine Trennung von Beton und Bewehrung technisch oder wirtschaftlich noch nicht möglich.

Betonbruch hat sich als grobe Gesteinskörnung in Beton oder als ungebundene Schüttung im Straßenbau bewährt und ersetzt dort Primärrohstoffe. Im Jahr 2018 lag die Verwertungsquote von Betonbruch bei über 90 %.

 [www.kreislaufwirtschaft-bau.de](http://www.kreislaufwirtschaft-bau.de)

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

## **Hinweise zur Baustoffwahl und -optimierung**

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, 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.

In der Regel sind die Umweltwirkungen eines einzelnen Bauproduktes/Baustoffes kein relevanter Faktor für die Nachhaltigkeit eines Bauwerkes – vielmehr geht es um die Optimierung eines Bauwerkes im ganzheitlichen Sinne.



© wutzkoh – stock.adobe.com

Zement- und Betonindustrie entwickeln neben den zurzeit üblichen Rezepturen optimierte Zemente und Betone mit möglichst geringen Umweltwirkungen. CO<sub>2</sub>-effiziente Zemente und Betone mit reduziertem Gehalt an Portlandzementklinker können bereits verwendet werden. Klinker ist der wichtigste Bestandteil von Zement und sorgt für die Festigkeitsbildung des Betons. Darüber hinaus kommen je nach Zementart neben Klinker weitere Rohstoffe – sogenannte Hauptbestandteile – zum Einsatz. Die Zusammensetzung hängt von der jeweiligen Zementart und den in der Zementnorm definieren Mengenanteilen ab. Die Zemente weisen je nach Anwendung im Beton unterschiedliche Leistungsmerkmale auf. Diese sind aus bautechnischer Sicht von Bedeutung, weil damit Betone für unterschiedliche Anwendungen hergestellt werden können. Neben diesen bautechnischen Merkmalen kommt seit einigen Jahren auch dem CO<sub>2</sub>-Gehalt eine hohe Bedeutung zu. Die Verringerung des Klinkergehalts ist dabei ein Hebel, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Zementen und Betonen zu reduzieren.

Die Herausforderung besteht darin, die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Betons beziehungsweise eines Bauteils weiter zu verbessern, ohne die technische Leistungsfähigkeit aus den Augen zu verlieren. Je nach Anwendungsfeld steht neben robusten Frischbetoneigenschaften und einer praxisgerechten Festigkeitsentwicklung die Dauerhaftigkeit im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Im Zuge der Planung von Betonbauwerken ist zu beachten, dass sich Entscheidungen zur baulichen Durchbildung und zur Festlegung von Baustoffeigenschaften immer auch auf die möglichen und notwendigen Verfahren der Bauausführung auswirken.

## Fazit

Die vorgenannten Ausführungen zeigen, dass im komplexen Abwägungsprozess eine Entscheidung für das Bauen mit Betonfertigteilen überwiegend positive Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden hat. 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 Aspekte des nachhaltigen Bauens können durch Lösungen erfüllt werden, die beim Betonfertigteiltbau schon lange zum Stand der Technik gehören:

- 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.

Denn nachhaltiges Bauen mit Betonfertigteilen bedeutet: „intelligent bauen“.

Die vollständige DAfStb-Planungshilfe zum nachhaltigen Bauen mit Beton finden Sie unter [www.bit.ly/3JFBVKa](http://www.bit.ly/3JFBVKa).

## Digitaler Vergleichsrechner

# Klimarechner zum Vergleich des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks verschiedener Rohrwerkstoffe

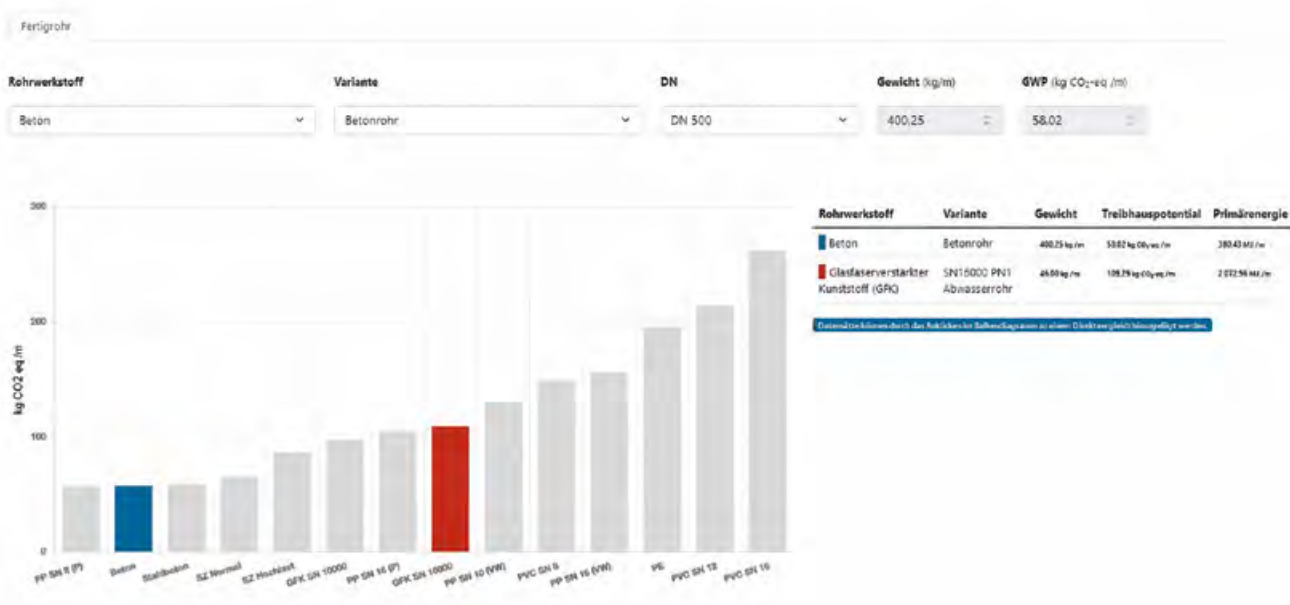
Nachhaltigkeit wird gerne in Zusammenhang mit CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und Klimabilanz gesehen und beeinflusst sukzessive auch das Handeln im Bereich des kommunalen Tiefbaus. Mit der Entwicklung eines Klimarechners hat die Technische Universität (TU) Kaiserslautern nun zum ersten Mal ein Tool zur Verfügung gestellt, welches den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für Rohre zur Entwässerung im öffentlichen Netz objektiv miteinander vergleicht. Damit haben Planende und Entscheidende ab sofort die Möglichkeit, die ökologischen Auswirkungen – bezogen auf die Produktion der Werkstoffe – ihrer Projekte zu ermitteln und ihre Entscheidung zu überdenken.

### Bedarf an objektiver Entscheidungshilfe ist groß

Die ökologischen Auswirkungen bei der Wahl von Materialien spielen mittlerweile in allen Bereichen unseres Lebens eine zunehmende Rolle. Ebenso erhält der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bei der Planung und Ausschreibung von Kanalbaustellen einen größeren Stellenwert, angelehnt an weiter steigende Nachhaltigkeitskriterien durch Vorgaben des Gesetzgebers. Waren es in der Vergangenheit fast ausschließlich ökonomische Aspekte, die bei Ausschreibungen berücksichtigt wurden, so können nun auch soziale und ökologische Faktoren bei der Vergabe von Aufträgen mit einbezogen werden. Im Gegensatz zu den ökonomischen Aspekten, für die es einfache, messbare Kriterien gibt, sind bei den beiden letztgenannten Faktoren bisher nur wenige objektiv vergleichbare Kriterien verfügbar, was die

Vergleichbarkeit für Vergabestellen erschwert. In diese Lücke stößt der veröffentlichte Klimarechner für Kanalrohrsysteme der TU Kaiserslautern, der vom Fachbereich Bauingenieurwesen unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Körkemeyer entwickelt wurde. Mithilfe dieses intuitiv zu bedienenden Tools ist es möglich, einen objektiven Vergleich verschiedener Werkstoffe zu erstellen und daraus fundierte Schlussfolgerungen für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des geplanten Projekts zu ziehen.

Verglichen werden im „Klimarechner“ verschiedene Kennwerte wie das Treibhauspotenzial/Global Warming Potential (GWP) (in CO<sub>2</sub>-Äquivalente) sowie der Primärenergiebedarf, unterteilt in erneuerbare und nicht erneuerbare Energie. Grundlage zur Berechnung der Ergebnisse bilden dabei die Datenbank „ÖKOBAUDAT“ des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen



Grafische Oberfläche des Klimarechners.



(BMWSB) sowie die öffentlich zugänglichen Produktdatenblätter der jeweiligen Rohrhersteller. Die innerhalb der Datenbank berücksichtigten Rohrwerkstoffe werden sodann im Klimarechner in den jeweils verfügbaren Nennweiten für einen Vergleich untereinander herangezogen.

## „Klimarechner“ – Oberfläche und Nutzen

Der Klimarechner ist intuitiv zu bedienen und bietet viele interaktive Auswahlmöglichkeiten. Nachdem zunächst der Werkstoff und die entsprechende Ausführung festgelegt wurden, wird mit der Auswahl der gewünschten Nennweite ein Diagramm erstellt, das das Treibhauspotenzial für alle Werkstoffe der gewählten Nennweite darstellt. Die verschiedenen Rohrwerkstoffe werden dabei in aufsteigender Reihenfolge des CO<sub>2e</sub>-Wertes sortiert, um die Einordnung des gewählten Werkstoffs zu erleichtern. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt dabei immer bezogen auf die Länge (je 1 m Rohr), damit ist die Vergleichbarkeit direkt gewährleistet. Ein Vergleich mit einem weiteren Werkstoff ist durch einfaches Auswählen eines zweiten abgebildeten Werkstoffs möglich. Der Vergleichswerkstoff wird im Diagramm farblich markiert und zusätzlich nochmals detailliert in der Übersicht seitlich neben dem Diagramm dem primär ausgewählten Werkstoff gegenübergestellt.

Zur Aufschlüsselung der kumulierten Auswirkungen stehen zwei Tabellen mit den ökologischen Aspekten der eingeschlossenen Lebenszyklusphasen aller Werkstoffe der gewählten Nennweite zur Verfügung. Neben den Angaben in Bezug auf das Treibhauspotenzial, unterteilt in die Bereiche Herstellung (A1 bis A3), Transport (C2), Abfallbehandlung (C3) und Recyclingpotenzial (D), gibt eine zweite Tabelle Aufschluss über den innerhalb der jeweiligen Phasen erforderlichen Energiebedarf, unterteilt in erneuerbare und nicht erneuerbare Energie.

Zur Dokumentation der Ergebnisse bietet der Klimarechner eine Downloadfunktion, um den Werkstoffvergleich im PDF-Format zu speichern.

## Beton – grüner als Kunststoff

Exemplarisch werden verschiedene Abwasserrohre der Nennweite DN 500 verglichen. Referenzrohr ist ein Betonrohr mit einem Gewicht von 400 kg/m. Verglichen wird dieses Rohr mit einem GFK SN 16000 Abwasserrohr (46 kg/m), einem PP-Rohr SN 10 (28 kg/m) sowie einem PE SL-Kanalrohr mit Schweißmuffe (47 kg/m).

Die Ergebnisse (Module A1 bis A3, C2, C3, D) sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

	Gewicht kg/m	CO <sub>2e</sub> kg/m	Primärenergie MJ/m
Betonrohr	400	58,02	380,43
GFK-Rohr	46	109,29	2.072,96
PP-Rohr	28	130,93	1.985,14
PE-Rohr	47	195,76	2.705,13

Die Werte für die alternativen Werkstoffe GFK, PP und PE liegen damit, trotz des deutlich geringeren Gewichts, um das 2- bis 3,5-Fache höher als für das Referenzrohr aus Beton. Hochgerechnet auf eine Haltung mit einer Länge von 80 m ist damit ein GFK-Rohr für einen Mehrausstoß an CO<sub>2e</sub> in Höhe von etwa 4 t verantwortlich, bei PE sind es bereits 6 t und bei einem PP-Rohr sind es sogar mehr als 11 t – im konkreten Szenario. Grund hierfür ist unter anderem der sehr hohe Energiebedarf, der zur Herstellung von vorgenannten Rohren aus verschiedenen Kunststoffen erforderlich ist. Der als „Klimakiller“ in der Kritik stehende Zement nimmt hingegen nur etwa 10 % des Massevolumens eines Betonrohres ein und geht damit verhältnismäßig gering in die realistische Bewertung ein.

## Fazit

Der Klimarechner stellt ein intuitives Tool zur Ermittlung von objektiven Vergleichsdaten des Treibhauspotenzials verschiedener Rohrwerkstoffe im Kanalbau dar. Er gibt den ausschreibenden Stellen/ Vergabestellen die Möglichkeit, fundierte Entscheidungen anhand aussagekräftiger Kennzahlen zu treffen und damit einen weiteren Schritt zur Erfüllung der Vorgaben des New Green Deals zu machen. Rohre aus Beton und Stahlbeton sind dabei in fast allen Nennweiten die ökologisch sinnvollste Lösung und weisen, im Vergleich zu alternativen Werkstoffen, teilweise einen um ein Vielfaches geringeren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck auf.

## Recycling-Pflastersteine aus Beton

### Betonsteinindustrie punktet mit Nachhaltigkeit

Pflastersteine aus Beton wurden schon immer dem Anspruch, nachhaltig zu sein, gerecht. Die aus Betonpflastersteinen hergestellten Flächenbeläge erfüllen hohe gestalterische und technische Ansprüche über eine sehr lange Lebensdauer hinweg – und dies bei einer enorm hohen Anwendungsvielfalt.



© Rinn Beton- und Naturstein GmbH & Co. KG

Durch den Einsatz von RC-Betonsteinen können erhebliche Mengen natürlicher Rohstoffe eingespart werden.

Heute gehen die Anstrengungen der Betonsteinindustrie in Sachen Nachhaltigkeit noch viel weiter. So setzt die Betonsteinindustrie zum Beispiel auf den vermehrten Einsatz von Sekundärrohstoff in Form von aufbereitetem Betonbruch. Betonbruch besteht aus reinen Betonabfällen, die keine weiteren Bauabfälle enthalten und somit nur aus den natürlichen Stoffen bestehen, die auch in den ursprünglichen Betonprodukten genutzt wurden.

Bereits in den 1990er-Jahren wurden Betonwaren für die Flächenbefestigung unter Zugabe von aufbereitetem Betonbruch erfolgreich hergestellt und vertrieben. Heute verfügt die überwiegende Anzahl der Betonwerke über geschlossene Stoffkreisläufe, sodass im Zuge der Qualitätskontrolle aussortierte Betonprodukte und Fehlchargen zu Recyclingsplitt verarbeitet und dem Produktionsprozess direkt wieder zugeführt werden.

#### **Einsatz von Sekundärrohstoffen schont Ressourcen**

Der schonende Umgang mit unseren natürlichen Rohstoffen ist ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz und zur Zukunftssicherung nachfolgender Generationen.

Die deutsche Betonsteinindustrie hat sich unter anderem zum Ziel gesetzt, die Palette mit Betonprodukten unter Verwendung von Recyclingsplitt und damit den Anteil dieses Sekundärrohstoffs am Gesamtrohstoffbedarf deutlich zu erhöhen. Somit kann der Bedarf an Primärrohstoffen wie Splitt und Kies, die zur Herstellung von Betonpflastersteinen und anderen Betonwaren benötigt werden, erheblich verringert werden.

#### **Herstellung und Verwendung von Recyclingsplitt**

Der hochwertige Recyclingsplitt wird aus während der Produktion aussortierten oder ausgedienten und zurückgenommenen Betonwaren gewonnen. Diese werden durch Brechen zerkleinert und durch Siebung und Fraktionierung zu einer geeigneten Körnung zusammengesetzt. Dieser wiedergewonnene Ausgangsstoff ist einer natürlichen Gesteinskörnung praktisch gleichwertig, denn er besteht nur aus den natürlichen Bestandteilen, aus denen die ursprünglichen Betonwaren hergestellt wurden. Das heißt, im Wesentlichen aus Kies, Sand, natürlichem gebrochenem Felsgestein (Splitt) und Zement.

In Deutschland werden bereits fast 100 % aller ausgedienten Betonwaren, zum Beispiel Pflastersteine und Gehwegplatten, einer Verwertung zugeführt. Bei der Rücknahme beziehungsweise dem Zurückholen derartiger Produkte zwecks Verarbeitung im Betonwerk ist jedoch noch deutlich „Luft nach oben“.

Zusammen mit anderen ausgedienten Baustoffen wie Ziegel- und Kalksandsteinen verschwinden noch zu große Mengen dieses aus Umweltsichtspunkten unbedenklichen und technisch höchst geeigneten Stoffs als RC-Material im Straßenunterbau. Dies ist zwar eine ökologisch, technisch und wirtschaftlich sinnvolle Verwendung von RC-Gesteinskörnungen aus Betonbruch, jedoch wäre eine qualitativ bessere Verwertungsmöglichkeit für dieses Material als Ausgangsstoff für vorgefertigte Betonprodukte gegeben. Aus Sicht der Betonsteinindustrie ist es daher notwendig, den Stoffkreislauf so zu steuern und zu verlagern, dass ausgediente Betonwaren als solche oder zu Gesteinskörnungen aufbereitet wieder als Rohstoff in den Betonwerken landen.

Um den Stoffkreislauf zu steuern und zu verlagern, bedarf es jedoch unter anderem gesetzlicher Regelungen und einer vergaberechtlichen Akzeptanz. Diese sollten den Einsatz von RC-Material fördern und Anreize dafür schaffen, einen internen Stoffkreislauf zu integrieren. Ebenso bedarf es einer deutlichen Vereinfachung bei der Genehmigung von Aufbereitungsanlagen.

## Wie hoch ist der Anteil von Recyclingsplitt in einem Betonstein?

Durch Recyclingsplitt können erhebliche Mengen natürlicher Rohstoffe eingespart werden. Somit stellt er eine ökologisch wertvolle Alternative zur Verarbeitung natürlicher Rohstoffe dar. Diese Alternative ist im Hinblick auf die Reduzierung schädlicher Umweltwirkungen umso bedeutsamer, je kürzer zum Beispiel die Transportwege für RC-Materialien sind.

Heute besteht ein moderner Recycling-Betonpflasterstein aus rund 30 bis 40 % Recyclingsplitt, es konnten aber auch vereinzelt schon RC-Anteile von bis zu 70 % realisiert werden. Die Zugabemenge variiert hierbei von Hersteller zu Hersteller und von Produkt zu Produkt.

Die technische Qualität von Recycling-Betonpflastersteinen bietet den gewohnt hohen Standard genormter Betonpflastersteine. Optisch unterscheidet sich das Produkt nicht von den herkömmlichen Pflastersteinen. Die Kollektionen der Betonsteinhersteller sind mittlerweile sehr vielfältig, sodass Recycling-Betonpflastersteine mit harmonischen Farb- und Materialkombinationen sowie mit besonderen Oberflächenstrukturen angeboten werden. Für jeden Bedarf und jede Anwendung – sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich – steht das geeignete Produkt zur Verfügung.



© Rinn Beton- und Naturstein GmbH & Co. KG

Zwischen RC-Stein und herkömmlichem Pflasterstein ist optisch und qualitativ kein Unterschied zu erkennen.



## Gastbeitrag

## Moderne und nachhaltige Produktion vorgefertigter Betonbauteile

Zukunftstechnologien zum Reduzieren, Wiederverwerten und Recyclen sind wesentliche Bausteine, wenn es um nachhaltiges Bauen geht und darum, die Klima- und Umweltfolgen von Baumaßnahmen einzuschränken. Moderne und effiziente Produktionstechnologien für vorgefertigte Betonbauteile leisten ihren Beitrag dazu.

Vorgefertigte Bauteile aus Beton gibt es für alle möglichen Elemente eines Gebäudes. Demnach kommen unterschiedliche Produktionstechnologien zum Einsatz. Unterschieden wird im Allgemeinen zwischen stationären Produktionsanlagen und Umlaufanlagen. Aufgrund von Klima- und Umweltanforderungen, gestiegener Lohnkosten, Fachkräftemangel und erhöhter Qualitätsanforderungen entwickelt sich die industrielle Produktion von Betonfertigteilen stetig weiter.

Automatisierung, Digitalisierung, Einsparung von Material und Energie sowie der Einsatz rezyklierter Gesteinskörnung sind dabei entscheidende Faktoren einer immer weiter fortschreitenden Modernisierung. Effizienz- und Qualitätssteigerung im industriellen Bauen, die vergleichbar mit der Automobilindustrie sind, gehen damit einher.



© RBW Rohrdorfer Betonwerke GmbH & Co. KG

Automatisierte Stahlspulen sorgen für die kontinuierliche Versorgung der Decken- und Wandelemente mit Bewehrung.

**Manfred Platzer**

Geschäftsführer  
RBW Rohrdorfer Betonwerke



**Stefan Reischl**

Leiter Technisches Büro  
RBW Rohrdorfer Betonwerke



## Mit Präzision und hoher Qualität Ressourcen schonen

Mit der hohen Qualität vorgefertigter Bauelemente kann bereits im Planungsstadium ein Augenmerk auf das Thema Ressourcenschonung gelegt werden. Großes Potenzial zur Materialeinsparung birgt damit bereits die Planung und Architektur. Bei der Gestaltung von Gebäuden kann auf den Bewehrungsgehalt und die Festigkeitsklassen von Beton ein großer Einfluss genommen werden. Baumaterialien wie Stahl und Zement lassen sich mit einer solchen ressourcenschonenden Konzeption einsparen. Als Beispiel wäre hier der Verzicht auf auskragende Bauteile und extreme Spannweiten zu nennen. Positiv wirken sich dagegen günstige statische Mehrfeld-Systeme sowie durchlaufende und klare Tragstrukturen über die Geschosse aus. In witterungsgeschützten Hallen werden die sorgfältig konstruierten Bauelemente mit hoher Präzision und in gleichbleibender Qualität hergestellt. Fehler in der Herstellung werden durch die systematisch eingeführte werkseigene Produktionskontrolle und eine externe Fremdüberwachung zielsicher minimiert. Damit reduzieren sich die zu berücksichtigenden Toleranzen, und Tragwerksplanenden können mit genaueren Ansätzen die Bemessungen durch-

führen. Jedes Fertigteil wird so nach Einsatzzweck und individuellen Anforderungen nach dem Stand der Technik konstruiert. Für die Planenden bedeutet dies, dass Materialeigenschaften in einem vernünftigen Maß ausgereizt werden und schlankere, geringer bewehrte und tragfähigere Bauteile hergestellt werden können. In der Folge bedeutet das wiederum Einsparung von Ressourcen.

## Energieeinsparung in der Produktion schont die Umwelt

Die Betonfertigteilindustrie ist in hohem Maße bestrebt, ihren Teil zur Erreichung der Klimaziele mit einer nachhaltigen und modernen Produktion beizutragen. So greifen im Produktionsprozess Unternehmen zur Energiegewinnung zum Beispiel für das Heizen der Härtekammern auf neue, umweltfreundliche Technologien zu. Dabei kommen mittlerweile auch Blockheizkraftwerke, Fotovoltaikanlagen und auch Wärmepumpen zum Einsatz. Und bereits heute ist es selbstverständlich, dass wo auch immer möglich, anfallende Abwärme von Biogasanlagen für Trocknungsvorgänge genutzt wird. Als strom-einsparende Maßnahmen werden beispielsweise LED-Hallenbeleuchtungen verwendet.

## Einsparung von CO<sub>2</sub> im Vergleich



Einsparung von CO<sub>2</sub> bei Verwendung von Beton mit klinkerarmen Zementen im Einfamilienhausbau im Vergleich zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Autos über zwei Jahre. Die Einsparung von CO<sub>2</sub> beim Bau eines Einfamilienhauses beträgt -3.000 kg. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Pkw beträgt bei 10.000 km über 2 Jahre 3.000 kg.



## **Klinkerarme Zemente reduzieren CO<sub>2</sub>-Ausstoß**

Der Baustoff Beton ist heute aus der Baubranche und unserer modernen Welt nicht mehr wegzudenken. Seine positiven Eigenschaften wie Ästhetik, Sicherheit und Schutz, Qualität und Genauigkeit, Haltbarkeit, Erdbebensicherheit, Wirtschaftlichkeit und vieles mehr sind unverzichtbar. Dabei wächst der Druck auf Innovationen beim Baustoff hinsichtlich seines CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Die Zementindustrie forscht mit Hochdruck an innovativen Produkten und Produktionsprozessen, um klimaneutral zu werden. Die CO<sub>2</sub>-Roadmap zeigt eindrücklich den neu eingeschlagenen Weg.

Als Beispiele können dazu die erste Anlage zur CO<sub>2</sub>-Rückgewinnung in einem deutschen Zementwerk sowie Europas erstes Kraftwerk zur Verstromung von Abgaswärme bei Rohrdorfer Zement genannt werden, die damit konkrete Schritte hin zu einer treibhausgasemissionsarmen Produktion gehen. Bis 2030 soll eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 65 % gegenüber 1990 gelingen. Spätestens 2050 soll klimaneutral produziert werden.

Die Betonfertigteilhersteller gehen den Weg der Zement- und Betonhersteller aktiv mit und setzen innovative Produkte bei der Fertigung ein. So werden bei der modernen Betonfertigteilproduktion zunehmend klinkerreduzierte Zementsorten verwendet, womit eine erhebliche Einsparung von CO<sub>2</sub> einhergeht.

Aufgrund seiner Eigenschaften beziehungsweise der derzeit noch geltenden Normung kann klinkerarmer Zement gegenwärtig nur für Innenbauteile eingesetzt werden. Die folgende Beispielrechnung zeigt, welches Potenzial in klinkerarmen Zementen steckt. Bei einem durchschnittlichen Einfamilienhaus mit einer Grundfläche von 140 m<sup>2</sup> können bis zu 3.000 kg CO<sub>2</sub> eingespart werden. Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Autos innerhalb von zwei Jahren bei einer Fahrleistung von jährlich 10.000 km.

## **Ganzheitliche Kreislaufführung durch Einsatz von R-Beton**

Nicht nur der für unser Klima schädliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist beim Bauen ein aktuelles Thema, auch der hohe Bedarf an natürlichen Gesteinsressourcen steht zur Diskussion. In sehr vielen Lebensbereichen, zum Beispiel beim Recyclingpapier oder der Recyclingflasche, hat sich das Kreislaufprinzip bereits durchgesetzt. Im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes wird auch in der Bauindustrie daran gearbeitet, den Einsatz von R-Beton zu fördern und zu erhöhen. Es gibt bereits zahlreiche gute Beispiele für den Einsatz von R-Beton in Betonbauteilen. Wegweisend für die Zukunft der ganzheitlichen Kreislaufführung sind beispielsweise Betonbodenbeläge, die heute schon zum Großteil aus Recyclingmaterialien hergestellt werden.







## Variowohnungen

### Bezahlbar, anpassbar, nachhaltig

Im „Modellvorhaben für den nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung wurden deutschlandweit 2.377 Wohnplätze für Studierende und Auszubildende geschaffen. Insgesamt wurden 18 Projekte gefördert und wissenschaftlich begleitet. Bei mehreren kamen Betonfertigteile zum Einsatz.



© DW Systembau GmbH

Erst bezahlbarer Wohnraum für Studierende, dann für Senioren oder Familien.



Das Studentenwohnheim bietet flexible Nutzungsmöglichkeiten.

Ende 2015 wurde das Modellvorhabenprogramm der Variowohnungen ins Leben gerufen, um praktische und kostengünstige Antworten auf die Frage zu finden, wie angesichts der alternden und sich wandelnden Gesellschaft die Schaffung von anpassbarem, urbanem Wohnraum umgesetzt werden und funktionieren kann. Die geförderten Projekte wurden wissenschaftlich begleitet und evaluiert. Die daraus entstandenen Erkenntnisse wurden im Rahmen einer Abschlussveranstaltung Anfang September 2021 vorgestellt und diskutiert. Weiterhin wurden die Forschungsergebnisse vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung in Bonn auch als Handlungsleitfaden veröffentlicht. Dieser steht unter [www.bit.ly/2Z6EFwV](http://www.bit.ly/2Z6EFwV) als kostenloser Download bereit.

Wesentliches Ziel der Förderung war die Umsetzung eines nachhaltigen und innovativen Wohnungsbaus für Studierende und Auszubildende. So war eine Grundvoraussetzung für die Förderung als Modellvorhaben die Vorlage eines Nachhaltig-

keitszertifikats. Der größte Teil der Projekte wurde nach den Vorgaben des NaWoh-Systems (Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau des Vereins zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau) zertifiziert. Weitere Informationen dazu unter [www.nawoh.de](http://www.nawoh.de).

Dem Nachhaltigkeitsgedanken gerecht werdend, bestand eine Anforderung an die Variowohnungen vor allem darin, eine für die Erstnutzung geplante bauliche Situation im Lebenszyklus von Wohngebäuden mit geringem Aufwand auch verändern zu können. Hierbei geht es sowohl um Flexibilität (Anpassung an geänderte Nutzungsbedingungen innerhalb einer Nutzungsart) als auch Umnutzungsmöglichkeiten (Nutzungsvarianten).

Ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt des Förderprogrammes war eine möglichst kurze Bauzeit. Diese wirkt sich in mehreren Bereichen vorteilhaft aus und ist durch Vorfertigungskonzepte besonders gut zu realisieren: Die Dauer von Beeinträchtigungen während der Bauzeit, Staub- und Lärmbelastungen, aber auch räumliche Auswirkungen wie

Einschränkungen des Verkehrsflusses werden so auf ein Minimum reduziert. Weiterhin wird der Zeitraum zwischen Investition und Beginn des Kapitalrückflusses durch Mieteinnahmen deutlich verkürzt.

Übersicht der zusammengestellten Handlungsempfehlungen zur Realisierung eines nachhaltigen, kostengünstigen und anpassbaren Wohnraums für Studierende und Auszubildende:

- Nachnutzungskonzepte strategisch entwickeln,
- Flexible Technik macht Gebäude anpassbar,
- Planungs- und Ausführungssicherheit zur Barrierefreiheit von Standardtüren,
- Vorfertigung als Entwurfsanforderung mit einplanen,
- Schnittstellen und Logistik berücksichtigen,
- Mit Flächenkennwerten suffizient planen,
- Kooperationsverfahren in der Vergabe initiieren,
- Wirtschaftlichkeit von Fertigteilen kalkulieren,
- Privatsphäre und Gemeinschaft in Einklang bringen,
- Potenziale von Erschließungsbereichen ausschöpfen,
- Außenräume sozial und funktional integrieren,
- Unterschiede der Standorte und von Stadt und Land beachten,
- Nachhaltigkeitszertifizierung als Instrument der Qualitätssicherung nutzen,
- Schad- und Risikostoffe vermeiden,

- Ausbau suffizienter und partizipatorischer Angebote,
- Nachverdichtung im Bestand als Umbaukultur etablieren.

### **Handlungsempfehlung: Vorfertigung als Entwurfsanforderung mit einplanen**

Plant man die Vorfertigung von Anfang an mit ein, so lassen sich häufig unvereinbar erscheinende Maßnahmen gleichzeitig verwirklichen: Termine und Kosten, Ansprüche an die Qualität von Planung und Ausführung sowie Abstimmung der architektonischen, statisch konstruktiven, gebäudetechnischen und bauphysikalischen Anforderungen.

Je mehr der folgenden Entwurfsgrundsätze bei der Planung mit Betonfertigteilen beachtet werden, umso eher können Termine eingehalten und Kosten gesenkt und umso schneller und somit wirtschaftlicher können Projekte realisiert werden:

- Verwendung von typisierten Querschnitten und Verbindungen,
- möglichst viele gleiche oder ähnliche Elemente,
- Optimierung der Transportabmessungen und Montagegewichte,
- gleichmäßiges Planungsraster.

[www.zukunftbau.de/programme/variowohnungen](http://www.zukunftbau.de/programme/variowohnungen)

Quelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

## « Auszug aus der Handlungsempfehlung

**Vorgefertigte Bauteile und Raummodule versprechen eine Qualitätssteigerung und Bauzeitverkürzung, sind aber nicht für jedes Bauvorhaben gleichermaßen geeignet. Wesentlich ist eine hohe Anzahl gleicher Module oder Bauteile, die eher bei großen Neubauvorhaben erreicht wird. Bei der Vorfertigung von Bauteilen oder Modulen bestehen Abhängigkeiten zwischen Entwurf, Konstruktion und Montage. Um die Vorteile optimal zu nutzen, muss sich bereits der Entwurf an Konstruktionsprinzipien und sinnvollen Abmessungen orientieren. Kombinationen unterschiedlicher Maßnahmen können Synergieeffekte erzeugen oder im Gegenteil Zielkonflikte auslösen. Zu berücksichtigen sind unterschiedliche Toleranzen, Montageabläufe, Anschlüsse der Gebäudetechnik, aber auch Anforderungen an Statik, Schallschutz und Brandschutz.** »



## Objektbericht „Nachhaltige Stadtentwicklung“

### Lieferung von CO<sub>2</sub>-neutralen Rohr- und Schachtsystemen aus Beton in Bochum

Bis 2050 klimaneutral werden – das ist das ehrgeizige Ziel der EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen. Auch im Bereich Kanalsanierung und Erneuerung stellt der anhaltende Klimawandel insbesondere Kommunen immer wieder vor neue Herausforderungen. Die spürbaren Folgen des Klimawandels wie Starkregen, Überschwemmungen und unvorhersehbare Wetterereignisse bringen das Abwassernetz an seine Grenzen. Um den Aktionsplan als Teil des „Green Deals“ einzuhalten, werden zukünftig auch die Kommunen ihrer Verantwortung gerecht werden müssen, indem sie unter anderem die Treibhausgasemissionen reduzieren, um eine gesunde, nachhaltige Stadtentwicklung voranzutreiben. Die Stadt Bochum gilt in diesem Zusammenhang bereits als Vorreiterstadt.

Neben dem verantwortungsvollen Umgang mit der Natur steht die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen ganz oben auf der Agenda des Bochumer Klimaplan 2035 – mit der Zielvision einer klimaneutralen, erneuerbaren Schwammstadt.

Für den Hochwasserschutz und mit Blick auf nachhaltigeres Bauen liefert Betonwerk Bieren GmbH im Zuge der ökologischen Verbesserung des Wattenscheider Bachs im Rahmen der Kanalbauarbeiten der Firma Baugesellschaft Zabel GmbH knapp 150 t CO<sub>2</sub>-neutrale Rohr- und Schachtsysteme aus Beton.

„Wir als Hersteller stehen in der Verantwortung und engagieren uns dahingehend, dass unsere Produkte eine zukunftssichere und langfristig tragfähige Lösung bieten.“

Aber auch die Kommunen müssen aktiv werden. Ziel muss es sein, ein öffentliches Beschaffungswesen durchzusetzen, das Umwelt- und insbesondere Klimakriterien in die Auftragsvergabe einbezieht. Beispiele für Klimaschutz gibt es bereits viele. Es kommt nun langfristig darauf an, sie zu verallgemeinern“, sagt Christoph Erdbrügger, geschäftsführender Gesellschafter der Betonwerk Bieren GmbH. „Wir haben unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen in den letzten Jahren deutlich verbessert und sind nun in der Lage, neben CO<sub>2</sub>-optimierten Produkten auch CO<sub>2</sub>-neutrale Rohr- und Schachtsysteme anzubieten“, so Erdbrügger weiter.

#### Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit sind vereinbar

Den Anstoß für den lokalen Klimaschutz in Bochum machte die Baugesellschaft Zabel GmbH während der Kanalbauarbeiten an der Berliner Straße im Rahmen des Abwasserbeseitigungskonzepts der Stadt Bochum. „Wir haben von der Möglichkeit gehört, dass das Betonwerk Bieren auf Wunsch alle Produkte auch klimaneutral liefern kann“, erinnert sich Klaus Stradtner, Geschäftsbereichsleiter Tiefbau der Baugesellschaft Zabel. „Für den Bau eines unterirdischen Abwasserkanals entlang des Wattenscheider Bachs mit Ergänzung eines Regenrückhaltebeckens war der Einsatz von verschiedenen Rohr- und Schachtsystemen aus Beton gefragt. Bei einem gesamten Lieferaufkommen von über 150 t Betonbauteilen fällt eine solche CO<sub>2</sub>-Einsparung schon ganz schön ins Gewicht“, unterstreicht der Geschäftsbereichsleiter. „Bei der Qualität und der Verarbeitung der gelieferten klimaneutralen Produkte konnten bei der Bauausführung keinerlei Unterschiede zu den herkömmlichen festgestellt werden. Auch wenn Klimaschutz im deutschen Ver-



© Betonwerk Bieren GmbH

Knapp 150 t CO<sub>2</sub>-neutrale Rohre und Schächte kamen bei dem Projekt Bochum – Wattenscheider Bach BA 4.2, Teil 1-6 zum Einsatz.



v. l. n. r. Sven Echterhoff und Klaus Stradtner, Fa. Zabel, Sonja Eisenmann, Stadt Bochum, Katharina Asara und Kevin Keils, Betonwerk Bieren GmbH. Das Regenrückhaltebecken hier an der Berliner Straße/Burgstraße in Bochum-Wattenscheid kann man nur noch erahnen. Die Stadt Bochum und die Baugesellschaft Zabel freuen sich bei der Zertifikatsübergabe über 7 t CO<sub>2</sub>, die eingespart werden konnten.

gaberecht – anders als bei manch anderen Ländern – noch keine Rolle spielt, ist es, wenn man vor allem den vergleichsweise niedrigen finanziellen Aufwand für die Restkompensation betrachtet, ein guter Anfang, Deutschland auch im Baubereich auf dem Weg zu mehr Klimaschutz zu unterstützen“, so Stradtner.

Betonwerk Bieren GmbH hat Anfang des Jahres 2022 seine Umweltindikatoren auf den Prüfstand gestellt. Die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der gelieferten Systeme konnten daher mit Unterstützung eines zertifizierten Umweltprojektes vollständig kompensiert werden. In Summe handelte es sich bei dem Bauabschnitt um den Wattenscheider Bach in Bochum um knapp 7 t CO<sub>2</sub>, die der Hersteller aufgrund seiner Nachweisführung über eine Umwelt-Produkt-Deklaration (EPD) genau ermittelt hat.

„Wir haben uns dazu entschlossen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen unserer Produkte durch eine offizielle Erklärung der Umweltleistung offenzulegen. Diese Deklaration wurde erstellt, geprüft und letztlich durch das Bundesministerium des Inneren für Bau und Heimat veröffentlicht“, fasst Kevin Keils, ehemaliger Leiter der Qualitätssicherung und Betontechnik von Betonwerk Bieren zusammen. „Unsere jahrelangen Anstrengungen im Hinblick auf die nachhaltige Gestaltung unserer Branche hat sich schon jetzt ausgezahlt. In Summe konnten wir unseren CO<sub>2</sub>-Ausstoß seit 2010 um 65 % reduzieren“, so der Betontechnologe weiter.

## Der Klimawandel verlangt nach transparenten Lösungen im Kanalnetzbereich

In Bochum werden bereits diverse Anstrengungen unternommen, die Klimaanpassung in der Stadtplanung stärker zu verankern und entsprechende Maßnahmen umzusetzen. „Klimaschutz und Klima Resilienz gehen Hand in Hand. Das bedeutet, dass wir Maßnahmen ergreifen müssen, um dem Klimawandel entgegenzuwirken, aber auch um die Stadt klimaresilienter zu gestalten. Es geht darum, die blau-grüne Infrastruktur zu stärken“, sagt Sonja Eisenmann, Leiterin Stabstelle Klima und Nachhaltigkeit. „Ich freue mich besonders über die Synergieeffekte, dass wir mit dem Regenrückhaltebecken mit Blick auf den Hochwasserschutz einen wichtigen Beitrag leisten und zusätzlich im Rahmen dieses Bauabschnitts klimaneutrale und zukunftsfähige Systeme verbaut werden konnten. Klimapolitische Aktionen der Kommunen zählen besonders auf das Engagement von Bund und Ländern, aber auch auf die Unterstützung weiterer Akteure, wie die Wirtschaft. Es ist schön, wenn Hersteller in der Bereitstellung nachhaltiger Produkte so zielstrebig sind und Lösungen für den Kanalnetzbereich liefern, die auch noch für alle Entscheider so transparent sind. Um langfristig Wandelprozesse in Gang zu bringen, bedarf es Weitsicht. Dieses Pilotprojekt war ein guter Anfang dafür“, so Sonja Eisenmann von der Stadt Bochum.

## Objektbericht „Praxedis-Gärten“

### Nachhaltiger Ersatzneubau für modernes, bezahlbares und innenstadtnahes Mietwohnen im Grünen

Ob Bestandsgebäude entweder saniert oder aber abgerissen und stattdessen Ersatzneubauten erstellt werden, ist im Einzelfall abzuwägen. Die Sanierung von Bestandsgebäuden ist in vielen Fällen möglich und oft deutlich ressourcenschonender als Abriss und Neubau. Es kann aber auch der sogenannte „Ersatzneubau“ mit einem langlebigen, robusten und flexiblen Neubau eine nachhaltige Lösung sein, vor allem dann, wenn die vorhandene Bausubstanz marode ist und weitere Nachhaltigkeitsaspekte wie veränderte Grundrissgestaltung, energetische Sanierung, Lärmschutz und Gebäudetechnik berücksichtigt werden.



Altes Bestandsgebäude vor dem Abriss.

Beim Wohnbauprojekt Praxedis-Gärten in Singen wurde bei der Entscheidung für einen Ersatzneubau, der anschließenden Planung, Bauausführung, Nutzung und einem eventuellen späteren Rückbau größter Wert auf nachhaltige Aspekte gelegt. Es ist ein gutes Beispiel dafür, dass sich Nachhaltigkeitsziele auf verschiedenen Ebenen und verschiedenen Interessenslagen individuell miteinander vereinbaren lassen.

In der Romeiasstraße befanden sich zwei zentral gelegene, lang gezogene Wohngebäude aus dem Baujahr 1936 mit 36 Arbeiterwohnungen. Bei der anstehenden Modernisierung wurde unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zunächst geprüft, ob das Gebäude erhalten, saniert und auf den aktuellen Stand der Technik gebracht werden kann. Die marode Bausubstanz, Grundrissgestaltung und Statik ließen jedoch keine Sanierung zu.

Das alte Gebäude musste daher einem neuen weichen. Das Ziel war modernes, bezahlbares, innenstadtnahes und nachhaltiges Mietwohnen im Grünen. Eine nicht alltägliche Herausforderung. Die Baugenossenschaft Hegau lobte als Bauherrin einen Architektenwettbewerb dazu aus, den das Architekturbüro Lanz • Schwager Architekten BDA gewann.

Der Siegerentwurf zeichnete sich aus durch:

- hohe Wohn- und Lebensqualität dank beidseitiger Belichtung der Wohnungen und Orientierung jeder Wohnung sowohl zur ruhigen Gartenseite im Nordosten als auch nach Südwesten zur besonnten Straßenseite,
- hohe Aufenthaltsqualität im großzügigen Garten,
- flächensparendes Bauen, bei dem die Wohnfläche gegenüber dem Bestand mehr als verdoppelt wurde,
- größere Grünflächen durch die Planung einer Tiefgarage statt Stellplätzen im Freien,
- wohnflächenoptimierte Grundrisse.





© architekturlokal

Nordostansicht der Praxedis-Gärten mit Fertigteilbalkonen zur ruhigen Gartenseite.

## OBJEKTSTECKBRIEF

### PROJEKT

Praxedis-Gärten

### BAUHERR

Baugenossenschaft HEGAU e. G.

### ARCHITEKT

Architekten Lanz • Schwager Architekten BDA (Wettbewerb),  
architekturlokal selbach | kneer & partner freie architekten mbB  
(Leistungsphasen 1 bis 9)

### FERTIGTEILWERK

Hemmerlein Ingenieurbau GmbH, Bodenwöhr

### FERTIGSTELLUNG

2022



© Hemmerlein / Oliver Kern

Praxedis-Gärten: Hochwertige, dauerhafte Fassadengestaltung mit Betonfertigteilen.

Die hochwärmegedämmte Fassade in Betonfertigteilmontage trägt einen wesentlichen Teil zur Energieeinsparung bei. Neben der Umwelt profitieren auch die Bewohner:innen von dem guten Wohnklima zu bezahlbaren Preisen. Durch die Maßnahmen für Klimaschutz und Klimaanpassung konnten Fördermittel für die Wohnanlage abgerufen werden, die der Wirtschaftlichkeit dienen und günstige Mieten ermöglichen.

Mit diesem Bauvorhaben hat die Baugenossenschaft Hegau als Bauherrin ein Wohnbauprojekt mit bezahlbaren Wohnungen in hoher Qualität zu tragbaren Kosten umgesetzt und leistet damit ihren Beitrag zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung.

## Nachhaltige Umsetzung mit vorgefertigten Bauteilen

Nachhaltigkeit bei der Planung und Ausführung von Bauwerken bedeutet neben der Entscheidung, welche Baustoffe und Bauweisen Verwendung finden, auch Sicherheit im Kosten- und Bauablauf zu haben. Die Entscheidung, die Praxedis-Gärten unter Verwendung von Betonfertigteilen zu errichten, bedingte, dass vor Baubeginn alle Details durchdacht werden mussten, um einen reibungslosen und möglichst störungsfreien Bauablauf zu gewährleisten. Die gesamte Planung der Fassade erfolgte in 3-D in enger Abstimmung zwischen

Architekten und dem Fertigteilwerk, der Hemmerlein Ingenieurbau GmbH. Vor Baubeginn erfordert dies einen größeren Planungsaufwand und eine hohe Planungskompetenz – sowohl auf Planer- als auch auf Herstellerseite. Es wurden rund 1.000 Pläne angefertigt und alle Details der Bauplanung und des Bauablaufs mit dem Rohbauunternehmer und dem Fertigteilwerk vor Baubeginn geklärt. Das Ergebnis war, dass der Zeitplan für den Rohbau zuverlässig eingehalten wurde. Dies war insoweit wesentlich, da das Gebäude an einer viel befahrenen Straße gebaut wurde und halbseitige Straßensperrungen nur für einen kurzen Zeitraum möglich waren.

Insgesamt wurden 411 Fertigteile wie Fassadenelemente mit Sichtbetonoberflächen und Balkone von der Hemmerlein Ingenieurbau GmbH hergestellt und verbaut. Die Anlieferung der Fassadenteile wurde zeitlich mit dem Rohbauunternehmer abgestimmt und 82 Lieferungen erreichten rechtzeitig – entsprechend dem Baufortschritt – die Baustelle, was den Bauprozess erheblich beschleunigt und die Gerüststandzeiten gering gehalten hat. Dies war auch möglich, da die hochwertigen Betonfertigteilmontage-Fassadenelemente aufgrund der großen Sorgfalt des Herstellers bei Lagerung, Verladung, Transport und dem Versetzen der Betonfertigteile unbeschädigt auf der Baustelle angeliefert und montiert werden konnten.

## Planung unter nachhaltigen Gesichtspunkten

Mit der Umsetzung des Entwurfes wurde das Architekturbüro architekturlokal aus Ravensburg beauftragt. Der verantwortliche Architekt Kai Feseker legte großen Wert auf Materialqualität und Gestaltung des neuen Gebäudes. Wesentliche Merkmale sind:

- Abschirmung des großen Gartens vom Straßenlärm durch den schlanken, dennoch massiven Baukörper aus vorgefertigten Betonbauteilen, zur Steigerung der Aufenthaltsqualität,
- moderne Architektur mit Gestaltung der neuen Gebäudefassade aus hochwertigen Architekturbeton-Fertigteilen, die sich an vorhandenen Gebäudefassaden in der Nachbarschaft orientiert,
- Wohnungen mit Balkonen, davon viele demografiegerecht barrierefrei.

Mit der Kombination aus moderner architektonischer Gestaltung und praktischen Aspekten trägt das Gebäude heute zur Aufwertung des Stadtviertels bei. Ein hochwertiges Erscheinungsbild in Form einer dauerhaften Fassade, die einen geringen Unterhaltungsaufwand erfordert und mechanischen Belastungen standhält, waren ausschlaggebende Faktoren für die Wahl einer Sichtbetonfassade. Dass sich Beton recyceln lässt, war ein weiterer Aspekt für die Auswahl des Baustoffes. Die Besonderheit dieser Sichtbetonfassade besteht darin, dass zwei verschiedene Oberflächen hergestellt wurden: Schalungsglatte Sichtbeton und sandgestrahlte

Betonfassadenteile, wodurch die neue Fassade mit ihren verschiedenen Oberflächen und vorspringenden Friesen Bezug auf die Gestaltung der angrenzenden Nachbarbebauung nimmt.

Die Bauherrenanforderungen an das Wohngebäude mit insgesamt 73 Wohnungen gingen über die architektonischen Anforderungen weit hinaus. Sie stellten sowohl an die Planung als auch an die Ausführung große Herausforderungen und setzten damit hohe Standards, die die heutigen Bewohner:innen zu schätzen wissen. Entsprechend hoch war deshalb die Nachfrage nach den neu entstandenen Wohnungen. So wurde zum Beispiel auf Maßnahmen zur Klimaanpassung und Freiraumgestaltung bei der Planung besonderer Wert gelegt.

Die große, vom Straßenlärm abgeschirmte Gartenfläche bietet vielfältige Möglichkeiten der Nutzung. So können Bewohner Gartenparzellen für die eigene Bewirtschaftung mieten oder Urban Gardening in Hochbeeten betreiben. Selbstverständlich kommen auch Spielflächen für Kinder nicht zu kurz. Die dadurch entstandene hohe Aufenthaltsqualität und doch zentrale Lage zeichnen die neu entstandene Wohnanlage aus. Extensiv begrünte Flachdächer leisten ihren Beitrag zur Regenrückhaltung und Klimaverbesserung. Für den Klimaschutz sorgen der optimierte Heizwärmebedarf im Passivhausstandard, die hocheffiziente Lüftungsanlage, die wärmebrückenreduzierten Anschlüsse und die Ausstattung des Gebäudedaches mit Photovoltaik.



© Baugenossenschaft Hegau

Setzen der Betonfertigteile für die Fassade.



Der Einbau der erforderlichen Haustechnik und der Elektroinstallationen waren bereits im Werk vorbereitet worden, was den Bauablauf zusätzlich kalkulierbarer machte. Ebenfalls waren wärmebrückenarme Montage- und Anschlussmöglichkeiten für Türen, Fenster und Schiebeläden ab Werk vorgesehen. Aufkantungen begünstigten einfache Anschlüsse von Betondecken und Abdichtungen. Durch präzise Fertigung in geschützten Hallen unter gleichbleibenden Bedingungen, Ausführung durch Fachkräfte sowie Eigen- und Fremdüberwachung während der Produktion wird die hohe und gleichbleibende Qualität der Betonfertig-

teile gewährleistet, ein wesentlicher Faktor für die Dauerhaftigkeit und damit Nachhaltigkeit eines Gebäudes.

Als weiterer Erfolgsfaktor ist bei diesem Projekt die funktionierende und vorbildliche Kommunikation zwischen allen am Projekt Beteiligten hervorzuheben. Sie stellte die Qualität in der Planung und Bauausführung sicher. Der Entwurf der neuen DIN 1045 - Teil 1000 mit dem „Betonbauqualität-Konzept“ hat diesen wichtigen Aspekt erkannt und in den neuen Normentwurf aufgenommen.

## Überblick Nachhaltigkeitsaspekte „Praxedis-Gärten“

### Ökologische Qualität

- Klimaschutz: hochwärmedämmte Fassade in Betonfertigteilbauweise, KFW-40-Standard
- optimierter Heizwärmebedarf (Passivhaus-Standard)
- Ausstattung mit Fotovoltaik-Anlagen
- Flächeneffizienz: Nachverdichtung mit doppelter Wohnfläche gegenüber dem Bestand
- Stellplätze ausschließlich in der Tiefgarage, um Grünflächen zu schaffen
- Klimaanpassung: große Gartenfläche, begrünte Flachdächer

### Ökonomische Qualität

- Ersatzneubau auf aktuellem Stand der Technik
- Flächensparendes Bauen: schlanker Baukörper mit optimalen, durchdachten Grundrissen
- Soziokulturelle und funktionale Qualität
- hochmodernes, nachhaltiges Wohnen: optimierte Wohngrundrisse mit großer, ruhiger Gartenanlage
- barrierefreie Zugänge zu den Wohnungen

### Technische Qualität

- Schallschutz durch Einsatz von Betonfertigteilen
- Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit des Werkstoffs Beton

### Prozessqualität

- Qualität in der Projektvorbereitung: detaillierte Planung
- Eigen- und Fremdüberwachung im Fertigteilwerk
- Kommunikation zwischen Architekten, Rohbauunternehmer und Fertigteilwerk für konstanten Bauablauf
- Einsatz von vorgefertigten Betonbauteilen beschleunigen den Bauablauf und mindern Fehlerquellen auf der Baustelle

# POSITION.

## Mehr Recyclingbeton wagen

Nachhaltig und ressourcenschonend sind die Schlagworte, wenn es darum geht, den Bau entsprechend den Klimaschutzzielen auszurichten. In vielen Lebensbereichen hat sich die Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz bereits durchgesetzt. Wir schreiben heutzutage auf Recyclingpapier oder trinken aus recycelten Glas- oder Plastikflaschen. An dieser Stelle drängt sich die Frage auf: Warum nicht auch Bauwerke aus ressourcenschonendem Beton beziehungsweise Recyclingbeton herstellen?

Betrachtet man den Ressourceneinsatz der Bauwirtschaft, scheint dies geboten. Legt man EU-weite Durchschnittswerte zugrunde, so entfallen auf die Bauwirtschaft rund 50 % aller geförderten Rohstoffe. Hier geht es oft um große Mengen mineralischer Rohstoffe wie Steine, Kies, Sand und Ton. Zugleich produziert der Bausektor mit Abstand das größte Abfallaufkommen. Der Monitoringbericht der Initiative Kreislaufwirtschaft Bau analysiert jedes Jahr das Aufkommen der Bauabfälle. Die aktuellen Zahlen von 2018 weisen rund 75 Mio. t Bauschutt und Straßenaufbruch aus. Genau in diesem Bereich liegen die Potenziale für rezyklierte Gesteinskörnungen, aus denen Recyclingbeton gewonnen werden könnte.

Momentan wird dieses Material noch zu rund 90 % im Straßenbau als Frostschutzschicht oder in der Asphaltindustrie verwertet. Experten sprechen in diesem Zusammenhang mehrheitlich von Downcycling als von Recycling. Der Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen im Rahmen des Herstellungsprozesses von Recyclingbeton beträgt in Deutschland zurzeit weniger als 1 %. Das ist eine erstaunliche Erkenntnis, angesichts der Tatsache, dass Deutschland sich gerne als Recyclingweltmeister präsentiert. Unsere Nachbarländer wie beispielsweise die Niederlande oder die Schweiz sind in diesem Bereich deutlich weiter. Gleichzeitig wird der Ruf nach ressourceneffizientem Design, Recyclingfähigkeit und Dekarbonisierung von Bauwerken immer lauter.

Wer in Deutschland Recyclingbeton herstellen will, darf nach den aktuellen Normen nur rund ein Drittel der erforderlichen Zuschlagsmengen durch rezyklierte Gesteinskörnung ersetzen. Sogenannte Brechsande sind davon ausgenommen. Diese Quote gilt es zu steigern. Technisch ist es ohne Qualitätsverlust möglich, höhere Substitutionsquoten einzuführen. An dieser Stelle dürfen normungsgibende Gremien innovativen Bauweisen nicht im Weg stehen. Parallel dazu muss die Akzeptanz von Recyclingbaustoffen gefördert werden. Dies kann beispielsweise dadurch gelingen, indem Beton mit einer Substitutionsquote von bis zu 25 % gar nicht erst als Recyclingbeton zu kennzeichnen wäre. Darüber hinaus ist es von entscheidender Bedeutung, die abfallrechtlichen Rahmenbedingungen von Recyclingmaterialien zu verbessern. Die Überführung von Recyclingbaustoffen in den Produktstatus würde allen Beteiligten den Umgang mit diesen Materialien erleichtern und baut gleichzeitig Bürokratie und Kosten ab. Zudem wird die Verfügbarkeit gesteigert. Auch die öffentliche Hand kann in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag leisten und ihre Vorbildfunktion wahrnehmen. So können Sekundärrohstoffe, immer unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten, gleichberechtigt in Ausschreibungen einbezogen werden.

Angesichts der aktuellen Diskussion um die Bewältigung des Klimawandels dürfte auch der Ressourcenschutz stärker in den Fokus geraten. Die mineralischen Bauabfälle können in ihrer Eigenschaft als sekundäre Rohstoffe bei der Herstellung von Bauwerken eine wichtige Rolle spielen. Entscheidend ist, die Altmaterialien entsprechend ihren jeweiligen wertgebenden Eigenschaften zu nutzen, um die Potenziale der Materialien ausschöpfen zu können. Recyclingbeton ist eine Möglichkeit, die anfallenden Abfallmassen zumindest in Anteilen wieder in den Bau zurückzuführen und somit Kreisläufe zu schließen. Es dürfte also nur eine Frage der Zeit sein, bis sich Recyclingbeton in der Praxis etabliert.

## Gastbeitrag

## Technische Regelwerke bieten eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten

Häufig werden Normen und ergänzende technische Regelwerke dafür verantwortlich gemacht, dass sich Sekundärrohstoffe im allgemeinen Baubereich nicht nachhaltig etablieren. Der Beitrag zeigt auf, dass die Regelwerke des Straßen- und Hochbaus ausreichende technische Lösungen für deren Einsatz definieren, die allerdings mangels entsprechender Angebote geeigneter Materialien und aufgrund von Vorbehalten verantwortlicher Planenden und Auftraggebenden nicht in ausreichendem Maße angenommen werden.

Gesteinskörnungen bilden den Hauptanteil in Asphalt und Beton beziehungsweise werden ungebunden in Baustoffgemischen für Tragschichten im Straßenoberbau aber auch im Erdbau eingesetzt. Der überwiegende Teil dieser Gesteinskörnungen entstammt Primärrohstoffen wie Kies und gebrochenem Festgestein. In Bayern kommen circa 105 bis 120 Mio. t dieser Primärrohstoffe jährlich zur Verwendung.<sup>1</sup> Nach Angaben des Bayerischen Landesamtes für Statistik werden in Bayern rund 11 bis 14 Mio. t der insgesamt anfallenden mineralischen Bauabfälle in Höhe von rund 50 Mio. t in Bauschuttrecycling-Anlagen aufbereitet beziehungsweise unmittelbar bei Baumaßnahmen wieder eingesetzt. Je nach Abfallart unterscheiden sich die Verwertungsquoten deutlich. Für Boden(aushub) beträgt sie lediglich 6 %, bei Bauschutt liegt sie bei 67 % und bei der Abfallart Straßenaufbruch bei nahezu 100 %. Der Straßenaufbruch besteht weitgehend aus Aufbruch- und Fräsasphalt. Das daraus hergestellte Asphaltgranulat kann in neuem Asphaltmischgut bis zu 100 % wiederverwendet werden. Asphaltgranulat ist aber per Definition kein RC-Baustoff (rezyklierte Gesteinskörnung). Warum liegt die

Verwertungsquote hier so hoch? Es handelt sich um ein sehr homogenes Ausgangsmaterial. Diese Gleichmäßigkeit ist bei Bauschutt weit weniger gegeben. Hier müsste mehr Wert auf selektiven Rückbau gelegt werden. Eine sortenreine Gewinnung ist bei Bodenaushub noch weniger möglich. Es besteht aber ein großes Potenzial, verwertungsfähige Anteile abzutrennen. Dies setzt eine spezielle kostenintensive Aufbereitung voraus. Grundsätzlich steht für Bodenaushub und Bauschutt praxiserprobte Aufbereitungstechnologie bereit, die es gestattet, qualitativ hochwertige RC-Baustoffe zu gewinnen.

Sowohl beim Bedarf an Primärrohstoffen als auch bei der Bereitstellung von RC-Baustoffen ist kein eindeutiger Trend in der Mengenentwicklung festzustellen. Inwieweit die statistisch erfassten Mengen an RC-Baustoffen tatsächlich dem Markt als Substitut für Primärrohstoffe zugeführt oder anderweitig verwertet werden, lässt sich dem Zahlenwerk nicht entnehmen. Das Potenzial an aufbereiteten RC-Baustoffen, bezogen auf den Gesamtbedarf mineralischer Rohstoffe in der Bau- und Baustoffwirtschaft, liegt nach den vorliegenden amtlichen Statistiken in den letzten zehn Jahren maximal bei unveränderten 10 bis 12 %. Das bedeutet, dass die Aufbereitung von mineralischen Abfällen einen gewissen Beitrag zur Ressourcenschonung leisten kann. Für die Bereitstellung einer funktionsfähigen Infrastruktur und den Hochbau muss jedoch auch in Zukunft überwiegend auf natürliche Ressourcen zurückgegriffen werden.

Die Aufbereitung von Bodenaushub und Bauschutt zu RC-Baustoffen steht im wirtschaftlichen Wettbewerb zur Deponierung und Verfüllung. Die Einführung einer Primärrohstoffsteuer<sup>2</sup> erscheint wegen des beschränkten Beitrags von RC-Baustoffen zum Gesamtbedarf eher ungeeignet. Sie verteuert letztendlich die Baukosten ohne Mehrwert.



© Kilian Willbold GmbH

Kombination Kieswerk und Bodenaufbereitungsanlage.

<sup>1</sup>Die Menge von 120 Mio. t pro Jahr entstammt dem Rohstoffbericht des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Technologie aus dem Jahr 2002. Berechnungen des Bayerischen Industrieverbands Baustoffe, Steine und Erden (BIV) ergeben auf Grundlage der Jahresmeldungen seiner Mitgliedsunternehmen für das Jahr 2018 rund 105 Mio. t.



**Dr. Bernhard Kling**  
Bayerischer Industrieverband Baustoffe,  
Steine und Erden



**Dr. Erhard Westiner**  
Technische Universität München

Inwieweit die Verwertungsquoten der Abfallarten Bauschutt einerseits und Bodenaushub andererseits mit vertretbarem technischem und wirtschaftlichem Aufwand signifikant gesteigert werden können, ist strittig. Eine besondere Herausforderung ist die zuverlässige Versorgung mit qualitativ gleichmäßigem Ausgangsmaterial. Im ländlichen Raum mit sehr heterogener Bausubstanz kann die kontinuierliche Belieferung mit geeignetem Bauschutt für die hochwertige Verwendung – beispielsweise als Betonzuschlag – nur in seltenen Fällen gewährleistet werden. Es müssten erhebliche Transportentfernungen für die Versorgungssicherheit in Kauf genommen werden, die die Verwendung unwirtschaftlich machen und zu einem überproportionalen Anstieg der Umweltbelastung führen würde. Nach Aussagen vieler Akteure auf dem Gebiet der Abfallbehandlung liegt das Problem aber auch in Ballungsräumen, in denen eine quantitativ ausreichende und qualitativ homogene Belieferung sichergestellt werden

kann, vor allem bei der mangelnden Akzeptanz der Abnehmer der RC-Baustoffe. Rechtliche Hürden bei der Genehmigung von Aufbereitungsanlagen und Zwischenlagern, sowie die letztlich ungeklärte Frage des Produktstatus erschweren die Marktdurchdringung zudem.<sup>3</sup>

Für den stagnierenden Anteil von RC-Baustoffen als qualifizierte Baustoffe werden häufig Beschränkungen in den einschlägigen Normen und Regelwerken beziehungsweise deren grundsätzliches Fehlen verantwortlich gemacht. Dem ist mitnichten so.

Das Technische Regelwerk für den Straßenbau berücksichtigt RC-Baustoffe als Teil der mineralischen Ersatzbaustoffe. So wurden bereits im Jahr 2000 RC-Baustoffe in die TL Min-StB gleichwertig aufgenommen beziehungsweise finden in den europäischen Produktnormen für Gesteinskörnungen Berücksichtigung.

Regelwerk Baustoff	Ländlicher Wegebau		Straßenbau					Hochbau
			Erdbau	Oberbau				
	ZTV LW TL LW	ZTV E-StB TL BuB-StB		ungebunden ZTV SoB-StB TL SoB-StB	Pflasterbau ZTV Pflaster-StB TL Pflaster-StB	Asphalt ZTV Asphalt-StB TL Asphalt-StB	Beton ZTV Beton-StB TL Beton-StB	
Recycling-Baustoff	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Gleisschotter	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Ziegelmaterial								
Bodenmaterial	✓	✓	✓			✓		

Anwendungsgebiete von RC-Baustoffen nach dem technischen Regelwerk (Unterscheidung der RC-Baustoffe nach Maßgabe der Ersatzbaustoffverordnung).

<sup>2</sup> Das Umweltbundesamt formuliert in einem „Positionspapier zur Primärbaustoffsteuer“ vom August 2019 als Kernziel der Besteuerung von Primärbaustoffen, „die hochwertige Nutzung von Sekundärbaustoffen zu stärken und damit die Inanspruchnahme von Primärbaustoffen zu reduzieren“.

<sup>3</sup> Der politische Wille hierzu findet sich unter anderem im Koalitionsvertrag der Ampelregierung, in dem es im Kapitel III, „Klimaschutz in einer sozial-ökologischen Marktwirtschaft – Umwelt- und Naturschutz – Kreislaufwirtschaft“ heißt: „Qualitätsgesicherte Abfallprodukte sollen aus dem Abfallrecht entlassen werden und einen Produktstatus erlangen“, S. 42, Zeile 1349 f.



© B. Wallner

Aufbereitetes sortenreines RC-Beton-Baustoffgemisch 0/63 (Mindestanteil der Stoffgruppe „Beton“ beträgt 90 M.-%).

Die für den Einsatz in Beton maßgeblichen Qualitätsmerkmale von Gesteinskörnungen sind in der DIN EN 12620 geregelt. Das einzuhaltende Niveau legt der DIN-Fachbericht 100 (DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2) fest. Die technischen Anforderungen gelten gleichermaßen für Primär- wie Sekundär-gesteinskörnungen, um insbesondere Dauerhaftigkeit und Festigkeit, aber auch Verarbeitbarkeit der Betone in der Vielfalt der Anwendungen zu gewährleisten. Zusätzliche Anforderungen legt die Richtlinie für Beton mit RC-Baustoffen (DIN 1045-2 spricht von rezyklierten Gesteinskörnungen) im Hinblick auf die Sortenreinheit und den Anteil von RC-Baustoffen an den insgesamt eingesetzten Gesteinskörnungen im herzustellenden Beton fest.<sup>4</sup> Darüber hinaus wird die Verwendung von RC-Baustoffen für bestimmte Anwendungsbereiche und Festigkeitsklassen ausgeschlossen.

Vonseiten der Regelwerksgeber wurde die Basis der Verwendung geschaffen. Sie wird mit zunehmenden wissenschaftlichen Erkenntnissen und baupraktischen Erfahrungen erweitert. So sollen künftig auch Sande aus RC-Baustoffen in Beton nach DIN 1045-2 zum Einsatz kommen.<sup>5</sup> Der Aufbereitung zu RC-Baustoffen ist stets eine Qualitätssicherung beigeordnet. Diese besteht aus einer werkseigenen Produktionskontrolle durch den Hersteller und einer unabhängigen Fremdüberwachung/Zertifizierung.

Sie wird bei europäisch harmonisierten Bauprodukten wie Gesteinskörnungen für Beton um eine freiwillige Produktprüfung<sup>6</sup> ergänzt.

Bei mineralischen Ersatzbaustoffen und somit auch bei RC-Baustoffen wurde und wird oftmals der Fokus auf die „geregelten gefährlichen Substanzen“ beziehungsweise wasserwirtschaftlichen Güte-merkmale gelegt. Dieser Aspekt ist aus Sicht der Entsorgung von Abfällen zunächst richtig, da die mineralischen Ersatzbaustoffe aufgrund ihrer Genese Schadstoffe enthalten können. Die „Schadstoff-freiheit“ sollte als Grundeigenschaft aller Baustoffe selbstverständlich sein. Bei natürlicher Herkunft ist diese grundsätzlich gegeben, Nachweise erübrigen sich. Durch die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung in 2021 liegt für den Bereich des Erd- und Straßenbaues eine bundesweit einheitliche Bewertungsgrundlage zur Beschreibung der „Schadstoff-freiheit“ und zu den Einbaumöglichkeiten vor. Für den Einsatz als Gesteinskörnung in Beton gilt dies mit Einführung der Norm DIN 4226-100 und deren Nachfolgeregelung DIN 4226-101 seit 2002.

Von entscheidender Bedeutung sind jedoch die bautechnischen Eigenschaften der RC-Baustoffe. Unter Verwendung dieser Baustoffe sollen ja dauerhaft nutzbare Bauwerke erstellt werden. Dies bedeutet, dass die Gleichwertigkeit gegenüber den Primärrohstoffen gegeben sein muss. Die Gleichwertigkeit wird insbesondere von Planer- und Bauherrenseite oftmals kritisch betrachtet. Dies liegt sicherlich mit an der eher konservativ ausgerichteten Bauindustrie. Einer ähnlichen Fragestellung sah sich die Natursteinindustrie in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts ausgesetzt, als begonnen wurde, den Kies in Beton durch gebrochenes Festgestein zu ersetzen. Grundsätzlich sind die für Primärrohstoffe geltenden bautechnischen Anforderungen auch von RC-Baustoffen zu erfüllen. Zudem können weiterführende materialspezifische Anforderungen gestellt werden, wie zum Beispiel bei der Wasseraufnahme von RC-Baustoffen in Beton, oder es sind die bestehenden Regelungen zu überprüfen und anzupassen. Dies gilt vor allem im Bereich des Erdbaus.

Hier sind die bestehenden Regelungen zur Bewertung der Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit anzupassen. Um gleichwertige Qualitäten bei den normativ festgelegten Eigenschaftsmerkmalen zu gewährleisten, werden in den Anwendungsregeln Grenzwerte für bestimmte Stoffgruppen der RC-Baustoffe festgelegt. So gilt sowohl für den Einsatz von RC-

<sup>4</sup> DAFStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, Ausgabe September 2010.

<sup>5</sup> Der Entwurf DIN 1045-2: 2022-07, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton, lässt unter bestimmten Bedingungen den Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen des Typ 1 < 2 mm zu.

<sup>6</sup> Verbände-Leitfaden für die Durchführung der Werkseigenen Produktionskontrolle im Rahmen des europäischen Verfahrens zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen im System 2+ (VL Gestein 2021), Ausgabe Juni 2021.



Aufbereitete RC-Beton-Gesteinskörnung 8/16 (Typ 1 nach DIN 4226-101; Mindestanteil der Stoffgruppe „Beton“ beträgt 90 M.-%).



Aufbereitete RC-Beton-Gesteinskörnung 8/16 (Typ 2 nach DIN 4226-101; Mindestanteil der Stoffgruppe „Beton“ beträgt 70 M.-%).

© K.-H. Kretz

Baustoffen im Straßenbau als auch im allgemeinen Betonbau, dass die stoffliche Zusammensetzung der eingesetzten Gemische überwiegend aus Betonprodukten oder natürlichen Gesteinskörnungen bestehen muss. Die Erfahrung zeigt, dass die Marktfähigkeit mit steigendem Betonbruchanteil zunimmt. Schlüssel dafür sind ein sorgfältig geplanter selektiver Rückbau und eine sortenreine hochwertige Aufbereitung mit ausreichenden Flächen für die (Zwischen-)Lagerung der sortierten Ausgangsmaterialien auf der Baustelle und auf dem Gelände des Aufbereiteters. Entscheidend sind die im Betonbruch enthaltenen Gesteinsrohstoffe, deren technische Leistungsfähigkeit in der Regel in die Sekundärnutzung übertragbar sind.

Die aus der Praxis kommenden und mit der Zeit gestiegenen Qualitätsanforderungen an Gesteinskörnungen wirken somit auch in die Zukunft. Das Qualitätsniveau der ursprünglich eingesetzten Gesteinskörnungen bedingt bei RC-Baustoffen eine Grundsicherheit. Dies zeigt sich im Besonderen bei Asphaltgranulat, bei dem die hohe Qualität der enthaltenen Gesteinskörnungen zu Wiederverwendungsraten von bis zu 100 % in Asphalt führen. Deshalb sollte auch weiterhin keine Absenkung des Qualitätsniveaus für Gesteinskörnungen erfolgen, um für RC-Baustoffe eine größtmögliche Einbaupalette zu bieten.

Es gilt eher, im Zusammenspiel zwischen den Eigenschaften von Primärrohstoffen und RC-Baustoffen unter regionalen Gesichtspunkten den jeweils richtigen Einsatzbereich zu finden.

So kann es sinnvoll sein, Kiessandgemische, die als bewährte Baustoffgemische für Frostschutzschichten zum Einsatz kommen, künftig zu hochwertigem Sand und Kies für Beton aufzubereiten und die entstehende Lücke durch sortenreiche RC-Baustoffe oder zumindest Gemische aus RC-Baustoffen und Primärrohstoffen zu schließen. Bautechnisch ist der Umgang mit Beton aus Kies und Natursand bekannt, bewährt und bezüglich Bindemittelananspruch vorteilhafter. Oberflächenrauer RC-Baustoff hat im Hinblick auf Einbaubarkeit und Tragfähigkeit in einer Frostschutzschicht Vorteile. In größeren Kommunen fällt bei der Aufbereitung von Betonbruch sehr viel Recyclingbetonsand an. Dieser besitzt im Feinanteil einen hohen Anteil an hydraulisch wirksamen Bestandteilen. Hier sollte überprüft werden, diesen künftig als „Teilersatz“ für Steinkohleflugasche zu verwenden. Eine derartige gesamtgesellschaftliche Behandlung lässt in Konsequenz einen erhöhten Aufwand in der Produktion, sowohl von Primärrohstoffen, als auch mineralischen Ersatzbaustoffen erwarten. Es gilt also, regional die optimalen Baustoffe für die unterschiedlichsten Bauwerke unter bautechnischen und wirtschaftlichen Aspekten bereitzustellen.

An die Planenden und Bauherr:innen ergeht daher die Bitte, vermehrt den Schritt zu wagen und RC-Baustoffe in den zu erstellenden Bauwerken zuzulassen. Als Grundlage hierfür steht ein auf Forschung und Praxis beruhendes technisches Regelwerk bereit.



## Gastbeitrag

## Neue Bewehrungsstrukturen – Potenziale und Grenzen

Aktuelle Zahlen gehen davon aus, dass das Bauwesen 70 % aller Flächenveränderungen, 50 % des Ressourcenverbrauchs und 40 % der Emission von Treibhausgasen verursacht. Nachhaltige Konzepte und Entwicklungen zur Verringerung des Ressourcenbedarfs beim Bauen rücken daher verstärkt in den Fokus. Vordergründige Ziele sind die Verringerung des Rohstoffeinsatzes, der Wiedereinsatz von Recyclingmaterialien und die Verlängerung der Lebens- und Nutzungsdauer, gegebenenfalls durch die Ertüchtigung bestehender Bausubstanzen. Ein möglicher „Baustein“ in dieser Entwicklung kann die Carbonbetonbauweise sein. Im Gegensatz zum Stahlbeton dienen im Carbonbeton textile und stabförmige Strukturen aus hochzugfesten Carbonfasern als Bewehrungsmaterial. Durch den Ersatz des korrosionsanfälligen Betonstahls sollen die Dauerhaftigkeit der Bauteile erhöht, die Lebensdauer von Bauwerken verlängert sowie Ressourcen und Emissionen in der Bauphase eingespart werden.



© Dr. Jan Kortmann

Betonage einer Fertigteilwand mit Carbonbewehrung (Beton C50/60, Größtkorn 8 mm).

Ungeachtet einer möglicherweise verlängerten Nutzungsdauer von Bauteilen aus Carbonbeton sind bereits jetzt Fragen zum verfahrenstechnischen Umgang in der Abbruch- und Recyclingphase zu berücksichtigen. Auch gesetzliche Vorgaben wie das Kreislaufwirtschaftsgesetz fordern den Nachweis für die mögliche Kreislaufführung des neuen Baustoffes. Der Einsatz textiler Carbonfasern hat dabei Einfluss auf Abbruch- und Recyclingprozesse. So wird derzeit die Abscheidung der metallischen Bewehrung aus abgebrochenen Stahlbetonbauteilen mit Magnetabscheidern effizient umgesetzt. Für die nichtmetallische Carbonbewehrung kann dieses etablierte Verfahren nicht zur Anwendung kommen. Da es sich bei den eingesetzten Carbonfasern um

rohstoffintensive und energetisch aufwendig hergestellte Wertstoffe handelt, müssen diese über die erstmalige Bauteilnutzungsdauer hinaus am Ende des Lebenszyklus wiedergewonnen werden. Dafür sind Prozesse für ein qualitativ hochwertiges Recycling der Abfälle, die bei der Produktion der Carbonbewehrung und Carbonbetonbauteile sowie den Abbrucharbeiten anfallen, zwingend erforderlich. Vor allem ist ein sogenanntes Downcycling zu vermeiden, bei dem die ursprüngliche Qualität oder die Verarbeitbarkeit verloren gehen. Infolgedessen sind für das Recycling Verwertungswege für alle anfallenden Fraktionen (mineralisch und faserförmig) notwendig.

Die größten Mengen an Carbonbetonabfällen fallen zum Ende des Lebenszyklus beim Abbruch ganzer Carbonbetonbauteile an. Für den Abbruch steht eine Vielzahl etablierter Abbruchverfahren zur Auswahl, die der DIN 18007 (09/2022) entnommen werden können. Allgemein gilt, dass alle Abbruchverfahren, die für den Abbruch von Stahlbetonbauteilen geeignet sind, uneingeschränkt für Carbonbeton einsetzbar sind.

Für den maschinellen Abbruch stehen die technische Machbarkeit, die Wirtschaftlichkeit und die Vermeidung von verfahrensbegleitenden negativen Umweltauswirkungen und Risiken für Beschäftigte und Anwohner:innen im Vordergrund. Im Ergebnis einer Analyse ist das Abtragen mit Werkzeugen an einem Trägergerät als „vorzugsweise angewendetes Abbruchverfahren“ zu nennen. Als einzusetzende Werkzeuge können Hydraulikpressscheren, Greifer, Abbruchstiele und Abbruchhammer einge-



**Dr. Jan Kortmann**  
Technische Universität Dresden,  
Fakultät Bauingenieurwesen,  
Institut für Baubetriebswesen

setzt werden. Als Gesamtfazit für den manuellen und maschinellen Abbruch gilt, dass aufgrund der schlankeren Bauteildicken und der weniger widerstandsfähigen Bewehrungsstrukturen Maschinen mit geringerer Leistung eingesetzt werden können. Die Arbeitsleistung ist bei ähnlich großen Maschinen und Werkzeugen im Vergleich zum Stahlbetonabbruch größer. Im Ergebnis des Abbruchs und der Vorzerkleinerung der Carbonbetonbauteile entstehen Betonbruchstücke und bereits teilweise getrennte Carbonbewehrungsstücke.

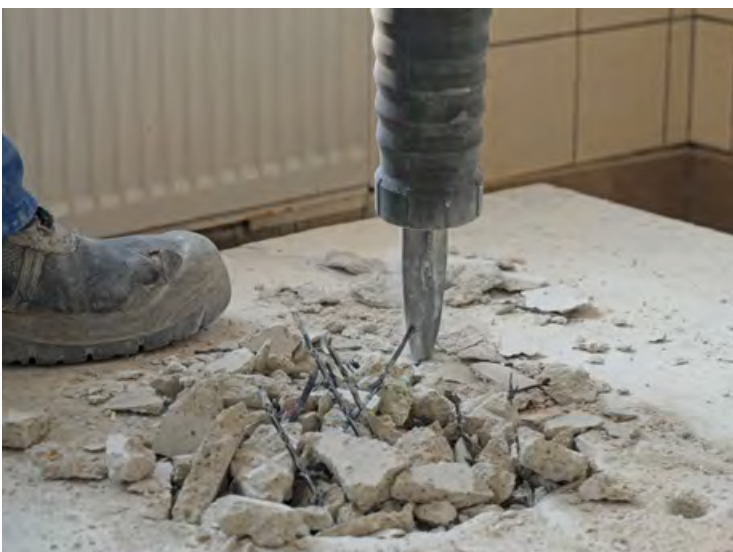
Für die Aufgabe der Bruchstücke in eine Aufbereitungsanlage sind die Bruchstücke bis zu einer definierten Größe zu zerkleinern. In der Aufbereitungsanlage kann zum Beispiel ein Backenbrecher eingesetzt werden, der in dieser Ausführung auch bei Stahlbetonmaterial zum Einsatz kommt. In zahlreichen Versuchen wurden die Bruchstücke bei einer Brechleistung von circa 100 t/h auf ein Größtkorn von 56 mm zerkleinert. Im Ergebnis der Zerkleinerung liegen die Carbonfasern getrennt in einem heterogenen Haufwerk vor. Die Annahme, dass ein maßgeblicher Teil der Carbonbewehrung an oder in den Betonfragmenten gebunden bleibt, bestätigt sich dabei nicht. Diese unaufgeschlossene Materialfraktion als festes Konglomerat ist nur sehr vereinzelt vorhanden und zeigt einen Massenanteil von < 1 % der Abbruchgesamtmasse. Für den Abbruchprozess und die Vorzerkleinerung ist der experimentelle Nachweis erbracht, dass sich die

eingesetzte Carbonbewehrung mit einer konventionellen Brecheranlage zu > 99 % von der Betonmatrix trennen lässt.

Zur Sortierung des Mischguts wurden anschließend zahlreiche Sortierverfahren auf die Eignung zur Separation der Carbonreste aus dem Abbruchmaterial untersucht. Zu den untersuchten Verfahren gehörten die Querstromsichtung, Wirbelstromsichtung, Schwimm-Sink-Sortierung, Manuelle Klaubung, Nahfeldinfrarot-Sortierung und Kamerabasierte Sortierung. Ziel war dabei die Fragestellung, ob die Carbonreste im Abbruchmaterial mittels definierter Kriterien wie Dichte, Farbe, Form oder Ähnliches erkannt und separiert werden können. Als geeignetstes Verfahren wurde die Kamerabasierte Sortierung ermittelt. In diesem Fall konnten die Carbonreste als Zielfraktion erkannt und mittels gerichteter Druckluftimpulse zielsicher und sortenrein aus dem Mischgut separiert werden.

Als Erkennungskriterium wurde das Merkmal „Geometrische Form“ festgelegt. Für das Anlernen wurden dem Kamerasensor eine repräsentative Probe des 0/56er-Materials zugeführt und charakteristische Formkennwerte in der Erkennungssoftware definiert.

Die geometrische Unterscheidung der Fraktionen ist ohne Weiteres möglich. Bei den Partikeln der Betonmatrix handelt es sich um Körper, die eine

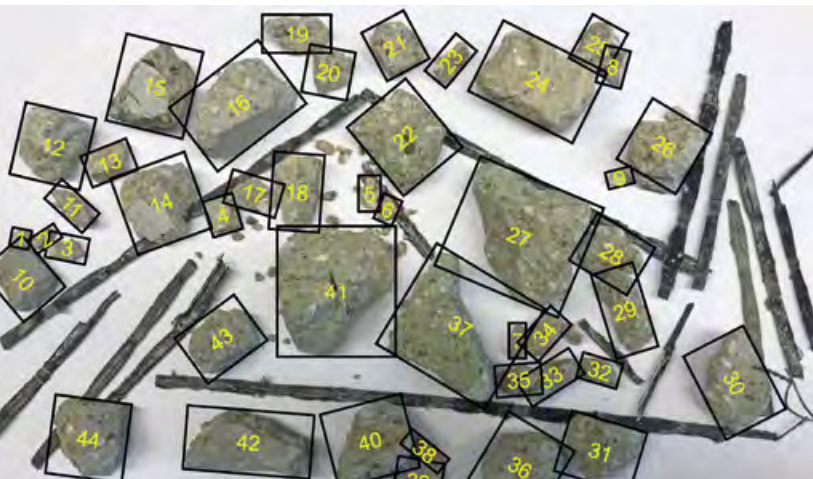


Manueller Abbruch mit dem Stemmhammer.



Maschineller Abbruch mit Abbruchzange (Abbruchverfahren Pressschneiden).





Charakteristische Formkennwerte (Rechteckformat) für die mineralische Fraktion.

kompakte Kubatur zeigen und bei denen das Verhältnis von Breite zu Länge im Mittelwert ausgewogen bei circa 90 % liegt. Die Carbonreste sind vergleichbar mit Drähten oder stiftförmigen Körpern. Das Verhältnis von Partikelbreite zu Partikellänge liegt im Bereich von 4 % bis 18 % (Mittelwert 9 %). Im ersten Durchgang der Sortierung konnte ohne vorherige Klassierung der mineralischen Feinbestandteile eine Separationsquote von sehr guten 97,7 % erreicht werden.

Das Ergebnis der Untersuchung deckt sich mit den Literaturangaben zur Ausbringquote kamerabasierter Sortiersysteme. So kann bei der Sortierung von Altglas eine Reinheit bei der Sorte Weißglas von bis zu 99,7 % erzielt werden. Die Durchsatzleistung kamerabasierter Sortierungen wird für Partikelgrößen von 3 mm bis 250 mm mit 2,0 t/h bis 10 t/h angegeben. Eine Durchsatzleistung von 10 t/h Carbonbetonmaterial lässt sich in der getesteten

Anlage bei gleichbleibend guter Carbonfaserausbringung erreichen. Für größere Durchsatzleistungen können darüber hinaus kamerabasierte Sortiermaschinen aus der Primärrohstoffaufbereitung eingesetzt werden, die mit einer Rutschzuführung und Doppelseitendetektion arbeiten.

Mit diesen Sortieranlagen aus dem Bergbau könnten deutlich höhere Durchsätze als mit der getesteten Bandmaschine erreicht werden.

Mit den Forschungsarbeiten wurde nachgewiesen, dass der Abbruch von Carbonbetonbauteilen baupraktisch umgesetzt werden kann und die Zerkleinerung mit dem nahezu vollständigen Aufschluss der Carbonbewehrung aus der Betonmatrix mit konventioneller Maschinenteknik gelingt. Für die Aufbereitung des Abbruchmaterials ist festzustellen, dass die für Stahlbeton eingesetzten Zerkleinerungsverfahren ohne Anpassungen anwendbar sind. Für die Sortierung hingegen sind die gängigen Verfahren wie Siebe, Roste, Magnetabscheider und Windsichter nicht für Carbonbeton geeignet. Für die Sortierung können Verfahren aus anderen Industriezweigen auf das Baustoffrecycling angewendet werden. Die Versuche zeigen, dass dieser Technologietransfer ohne Weiteres möglich ist und zu sehr guten Ergebnissen führt. Anpassungen werden lediglich hinsichtlich der im Bauwesen umgesetzten Volumina und der regionalen Verbreitung der Separationsanlagen erforderlich. Mit den Ergebnissen ist der Lückenschluss zwischen der Herstellung von Carbonbetonbauteilen und der anschließenden stofflichen Verwertung gelungen. Für die stoffliche Verwertung der Carbonfasern wird an dieser Stelle auf die Literatur zum Carbonfaserrecycling verwiesen.



Material aus dem maschinellen Abbruch von Carbonbetonbauteilen.



Ergebnis kamerabasierte Sortierung von Carbonbetonabbruchmaterial.



## Zirkuläres Bauen

# Ressourcenschonung durch Re-Use von Betonfertigteilen

In Zeiten von Klimawandel, Deponieengpässen und knapper werdenden Rohstoffen steht der Bausektor zunehmend im Fokus der Öffentlichkeit. Rund 60 % des globalen Ressourcenverbrauches entfallen auf ihn. Die Forderung nach nachhaltigeren Bauwerken und Bauweisen wird immer lauter. Ein Umdenken in Richtung Kreislaufwirtschaft unter Berücksichtigung aller Verwertungs- und Recyclingmöglichkeiten spielt dabei eine zentrale Rolle – die Wiederverwendung von Betonbauteilen ist eine davon.

Betonbauteile können am Ende der langen Lebensdauer eines Bauwerks nahezu vollständig als Baustoff wiederverwertet werden, sei es im Straßenbau oder als rezyklierte Gesteinskörnung. Bei der Verwendung von Betonfertigteilen und Betonwaren lässt sich oft auch das Prinzip „Produktrecycling vor Materialrecycling“ realisieren. Aufgenommene Wegebefestigungen aus Betonsteinpflaster oder Betonplatten werden etwa beim Bau von Deichen, Bus- und Straßenbahnhaltstellen wieder eingesetzt. Tragende Bauteile aus Beton können bei frühzeitiger Planung sogar im Ganzen demontiert und in anderen Bauwerken wiederverwendet werden. Der Re-Use von Bauteilen stellt eine Variante des ressourcen- und energieschonenden Bauens dar.

### Vom Seminar-Pavillon zum Museumsshop

Ein gelungenes Beispiel für ein solches Upcycling ist der temporäre Ausstellungsbeitrag der Beton- und Zementindustrie auf der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn: Ein Pavillon aus Sichtbeton, bei dem das Heizen und Kühlen durch thermisch aktivierte Betonbauteile erfolgte. Geplant hat ihn das Architekturbüro Joos Keller in Stuttgart. Basierend auf den Ausschreibungsvorgaben des Bauherrn verfügte das Gebäude über einen Seminarraum für 60 Personen, eine vorgelagerte Pergola sowie eine Dachterrasse, die über eine einläufige Betonfertigteiltreppe erschlossen werden konnte.

Umweltschonend, platzsparend und mobil – das waren die anspruchsvollen Vorgaben, die den Entwürfen zugrunde lagen. Entsprechend schnell fiel die Entscheidung der Verantwortlichen zugunsten einer Konstruktion aus Betonfertigteilen. Verankert waren die Betonelemente über Köcherfundamente. Ausgesteift wurde das Bauwerk wiederum über Deckenplatten, die mittels Schraubverbindungen zu einer statisch wirksamen Scheibe verbunden waren.



Der demontable Beton-Pavillon auf der ehemaligen Bundesgartenschau in Heilbronn diente 2019 als Seminarraum.

© artismedia



Der krangeführte Rückbau auf dem ehemaligen Bundesgartenschau-Gelände in Heilbronn stellte eine Alternative zum Abbruch im klassischen Sinne dar. Die Bauteile konnten durch den Wiederaufbau in ihrer originären Gestalt nachgenutzt werden. Nur der Boden musste vor Ort neu hergestellt werden. Entstanden ist ein fugenloser geschliffener Betonboden mit terrazzoähnlicher Optik aus rezyklierten Ziegelsteinen als Gesteinskörnung. Der Betonkubus befindet sich nun am Eingang von „Campus Galli“, einem Vorhaben, bei dem ein frühmittelalterliches Kloster auf der Basis des St. Galler Klosterplans nachgebaut wird. An seiner neuen Wirkungsstätte bildet das moderne Gebäude einen gewollten Kontrast zu den mittelalterlichen Bauten auf dem Gelände und wird nun als Museumsshop, Cafeteria und Ausstellungsfläche weitergenutzt – Upcycling in seiner besten Form.

### Re-Use in der Forschung

Die Idee zur Wiederverwendung von Betonbauteilen ist grundsätzlich nicht neu. Bereits in der Vergangenheit haben sich einige Forschungsprojekte damit befasst, so beispielsweise das Vorhaben „Ressourcenschonende Gebäude aus wiederverwendeten Plattenbauteilen“ der BTU Cottbus am Lehrstuhl „Altlasten“ [www.bit.ly/44UuyYX](http://www.bit.ly/44UuyYX). Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt wurden Anfang 2006 von der Fachgruppe „Bauliches Recycling“ Betonteile aus dem Rückbau ostdeutscher Plattenbauten für den Bau neuer Häuser eingesetzt. Trotz fester geometrischer Vorgaben konnten attraktive und günstige Lösungen geschaffen werden. Im Rohbau ließen sich damals dadurch bis zu 40 % der Kosten eines Neubaus einsparen.

Die Prototypen zeigten, dass Häuser aus gebrauchten Betonelementen konventionellen Neubauten in Qualität, Komfort oder Sicherheit in nichts nachstanden. Umfangreiche baustoffliche und -technische Untersuchungen hinsichtlich der Funktionsfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Belastbarkeit der gebrauchten Betonbauteile konnten dies nachweisen. Der Wiedereinsatz der Betonelemente reduzierte außerdem den Energie- und Ressourcenverbrauch sowie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Vergleich zu neuen Produkten deutlich.



Der wiederaufgebaute Pavillon am Eingang vom Campus Galli in Meßkirch ist jetzt ein Museumsshop.

Die lösbaren Verbindungselemente an den Betonfertigteilen ermöglichten es, den Beton-Pavillon am Ende der Bundesgartenschau zu demontieren. So wurde das komplette Gebäude sorgfältig zerlegt, abtransportiert und in Meßkirch wieder aufgebaut. Der Zustand der demontierten Bauteile wurde direkt während und nach der Demontage beziehungsweise am Zwischenlager geprüft. Für den Transport der „alten“ Bauteile galten die gleichen Bedingungen wie für neue Betonbauteile.



Ein Gemeinschaftsprojekt mit der TU Dresden hatte in Folge die Entwicklung und Anwendung von komplett demontablen Wohneinheiten aus ressourcenschonendem Beton zum Schwerpunkt. Die flächigen Betonelemente (Bodenplatten, Deckenplatten, Wände und Balken), aber auch die RC-Betonsteine haben den angesetzten Qualitätsstandard beim Aufbau der neuen Wohneinheit bewiesen.

Die gewonnenen Erkenntnisse nach der Demontage wurden 2020 in einem Abschlussbericht [www.bit.ly/3SxR0QQ](http://www.bit.ly/3SxR0QQ) veröffentlicht.

Das aktuelle Forschungsvorhaben „Fertigteil 2.0“ [www.bit.ly/3z7Dvk4](http://www.bit.ly/3z7Dvk4), an dem unter anderem die Technischen Universitäten Braunschweig und Darmstadt beteiligt sind, will mit real-digitalen Prozessketten Betonbauteile aus zum Abriss bestimmten Bestandsgebäuden für die Wiederverwendung bei Neubauten gewinnen. Im ersten Schritt werden dafür wiederverwendbare Betonbauteile aus den Planungsunterlagen und Ortsbegehungen identifiziert und digital codiert. Danach erfolgt die kontrollierte Demontage. Mit digitalen Erfassungstechniken werden die Bauteile anschließend in Datenmodelle überführt und mittels Robotik in neue, aufgearbeitete Betonfertigteile verwandelt. Sie sollen nach der digitalen Erfassung universell bei Neubauten wiederverwendbar sein („Fertigteil 2.0“) und entweder ihre ursprüngliche Funktion beibehalten oder in ihrer Funktion durch Kombination mit neuen Werkstoffen und Bautechniken verändert werden.

## Potenziale für Betonfertigteile

Der Wiedereinsatz von Bauteilen kann einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bausektor leisten. Dafür sind demontagefähige Konstruktionen und wiederverwendungsgerechte Bauweisen notwendig. Beim Einsatz von Betonfertigteilen sind diese Voraussetzungen erfüllt. Geeignet sind vor allem vorgefertigte Decken, Wände, Treppenläufe und -podeste oder Dachelemente. Für den marktfähigen Einsatz müssen allerdings noch einige Weichen richtiggestellt werden. Dazu gehören unter anderem die Klärung der baurechtlichen Aspekte sowie der Logistik und Kombination von Rückbau- und Remontagebauvorhaben. Zudem muss die Qualitätssicherung der

wiederverwendeten Betonelemente angepasst und müssen neue Vermarktungswege aufgebaut werden. Letztendlich gilt es auch, die Akzeptanz auf der Nachfrageseite dafür zu stärken und Anreize für die Wohnungsunternehmen zu liefern, sich mit diesem Thema zu beschäftigen.



Die Zwischenlagerung der Betonbauteile erfolgte in Meßkirch direkt am Ort des Wiederaufbaus auf der grünen Wiese.



# POTENZIALE VORGEFERTIGTE

## + Maßgenau und konstante Qualität



Die witterungsgeschützte automatisierte Produktion der Betonbauteile unter kontrollierten Bedingungen im Werk sorgt für eine hohe Maßgenauigkeit. Im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung werden die Produkte außerdem regelmäßig kontrolliert und eine konstant hohe Qualität gewährleistet.

## + Ressourcenschonende Produktion

Bei der Produktion von Betonfertigteilen kommen ressourcenschonende und energieeffiziente Techniken zum Einsatz. Durch Vielfachnutzung der Schalung und Fertigung großer Serien werden Abfälle vermieden. Zudem können Restmaterialien, Betonabfälle und Verschnitte, die bei der Produktion anfallen, aufbereitet und wiederverwendet werden. Die Bewehrung besteht in der Regel zu 100 % aus Recyclingmaterial. Auch der Einsatz von Recyclingbeton trägt zur ressourcenschonenden Produktion bei.

## + Integrierte Haustechnik

Bei der Herstellung der Betonfertigteile können viele haustechnische Ver- und Entsorgungsleitungen bereits im Werk eingebaut werden: von Dosen und Leerrohren für die Stromversorgung und Aussparungen für die Sanitärinstallation über Soleleitungen für die Energiegewinnung in Fassaden oder zur Heizung beziehungsweise Kühlung von Decken und Wänden. Damit entfallen aufwendige Stemmarbeiten.

## + Zeit- und Kostenreduktion



Liefertermine können aufgrund der witterungsunabhängigen Produktion im Werk über das ganze Jahr konsequent eingehalten werden. Durch die Vorfertigung lassen sich Montagezeiten auf der Baustelle und damit die Baukosten reduzieren. Durch die geringe Baufeuchte der Montagebaustelle ist ein schnelles Weiterarbeiten der Ausbaugewerke möglich.

## + Weniger Staub und Lärm und einfaches Baustellenmanagement

Durch die Just-in-time-Lieferung montagefertiger Bauteile wird Lagerfläche auf der Baustelle eingespart. Auch der Einsatz von Personal und energieintensiven Baumaschinen wird reduziert, die Lärm- und Staubemissionen werden/sind verringert.

## + Ökologischer Baustoff



Betonbauteile werden im Wesentlichen aus natürlichen Ausgangsstoffen wie Wasser, Gesteinskörnung (Kies oder gebrochener Naturstein [Splitt] und Sand) und Zement hergestellt. Die Rohstoffe werden größtenteils regional gewonnen und verarbeitet. Dies sorgt für kurze Transportwege und schont die Umwelt.

## + Langlebig und dauerhaft

Betonbauteile sind extrem widerstandsfähig und langlebig. Sie halten auch extremen Witterungsbedingungen und Umwelteinwirkungen stand. Die hohe Dauerhaftigkeit von Beton sorgt dafür, dass Gebäude lange genutzt werden können, bevor sie ersetzt und neue Ressourcen in Anspruch genommen werden müssen. Das sichert den langfristigen Werterhalt und hält den Unterhaltungsaufwand niedrig.

## + Feuerbeständig und sicher



Sicherheit beginnt beim Material. Betonfertigteile sind ausgesprochen tragfähig und standsicher. Ihr Eigengewicht verleiht ihnen zusätzliche Stabilität. Sie sind aufgrund ihrer Nichtbrennbarkeit und hohen thermischen Trägheit in höchstem Maße feuerbeständig. Bauteile aus Beton sind nicht brennbar. Sollte es dennoch zu einem Brandfall im Gebäude kommen, geben die Betonbauteile weder schädliche Dämpfe noch Gase ab.

intelligent

innovativ

zukunftsfähig

emissionsfrei

dauerhaft

Klima

kreativ

hochwertig



# NUTZEN BETONBAUTEILE

## + Schalldämmend

Der Baustoff Beton verfügt aufgrund seiner hohen Rohdichte über hervorragende schall- und schwingungsdämpfende Eigenschaften. Betonbauteile schützen damit wirkungsvoll vor Lärm und sind nicht nur in der Nähe von befahrenen Straßen, Bahnstrecken oder in Einflugschneisen die richtige Wahl.



## + Hohe Flexibilität

Decken mit großen Spannweiten und unterstützungsfreie Grundrisse bieten ein Höchstmaß an Flexibilität. Insbesondere in der Spannbetonbauweise können Decken mit sehr großen Stützweiten hergestellt werden. So müssen Innenwände nicht tragend sein und können später entfernt und neu gesetzt werden. Anbauten, Umbauten und Aufstockungen sind in einem Gebäude aus Betonfertigteilen einfach umzusetzen.

## + Gute Wärmespeicherfähigkeit und natürliche Energieeffizienz

Die Wärmespeicherfähigkeit des Betons wirkt sich positiv auf das Raumklima aus und unterstützt den Heiz- oder Kühlbedarf von Gebäuden. Dieser verringert im Jahresverlauf die Temperaturschwankungen, steigert die Energieeffizienz und trägt dazu bei, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Durch die Nutzung thermisch aktiver Betondecken und -wände lässt sich dieser Effekt noch verstärken.

## + Architektonische Vielfalt

Betonfertigteile lassen sich in unterschiedlichen Abmessungen, Farben, Formen und Oberflächentexturen herstellen. Dem architektonischen Gestaltungsspielraum sind kaum Grenzen gesetzt. Es können so gut wie alle individuellen Wünsche verwirklicht werden. Die Oberflächen von Betonfertigteilen sind von hoher Qualität und ersparen, bei glatter und tapezierfähiger Ausführung, das Verputzen.

## + Hohe Flächeneffizienz

Das Bauen mit Betonbauteilen bietet eine hohe Flächeneffizienz. Indikator für die Wirtschaftlichkeit einer Fläche ist die Relation von nutzbarer beziehungsweise vermietbarer Fläche zur Gesamtfläche eines Gebäudes. Die hohe Tragfähigkeit und die präzise Herstellung ermöglichen den Einsatz schlanker Betonbauteile und tragen so zur Flächeneffizienz bei.



## + Recycelbar

Am Ende der Lebensdauer eines Gebäudes beweisen Betonbauteile ökologische Qualitäten. Sie lassen sich nahezu vollständig recyceln und als Gesteinskörnung wiederverwenden. Betonfertigteile erleichtern die sortenreine Trennung im Rahmen des Recyclingprozesses. Sie können bei richtiger Planung sogar im Ganzen demontiert werden. Dies ermöglicht die Wiederverwendung von kompletten Bauteilen. Lärm- und staubintensive Abbruchverfahren werden auf ein Minimum reduziert.



## + Vernetzte Kompetenz

Digitale Planungsmethoden wie Building Information Modeling (BIM) mit dem Ziel, Gebäude ganzheitlich und effizient zu planen, auszuführen und zu bewirtschaften, gewinnen immer mehr an Bedeutung. Dabei bietet gerade die industrielle Vorfertigung von Betonbauteilen, bei der die Vernetzung zwischen Planung und Produktion mit standardisierten Schnittstellen schon lange praktiziert wird, enorme Potenziale.

v

widerstandsfähig

Ökobilanz

Raumklima

tig

Umwelt

Qualität

lebenslang

Konstruktion

# Impressum

## Herausgeber

### **Bayerischer Industrieverband Baustoffe, Steine und Erden e. V.**

#### **Fachgruppe Betonbauteile (BIV)**

Beethovenstraße 8, 80336 München  
Tel. 089 51403-155, Fax 089 51403-161  
betonbauteile@biv.bayern, www.biv.bayern

### **Betonverband**

#### **Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG)**

Schloßallee 10, 53179 Bonn  
Tel. 0228 95456-21, Fax 0228 95456-90  
slg@betoninfo.de, www.betonstein.org

### **Bundesverband Spannbeton-Fertigdecken e. V. (BVSF)**

Paradiesstraße 208, 12526 Berlin  
Tel. 030 61 6957-32, Fax 030 61 6957-40  
info@spannbeton-fertigdecken.de  
www.spannbeton-fertigdecken.de

### **Fachverband Beton- und Fertigteilwerke Baden-Württemberg e. V. (FBF)**

Gerhard-Koch-Str. 2 + 4, 73760 Ostfildern  
Tel. 0711 32732-300, Fax 0711 32732-350  
fbf@betonservice.de, www.betonservice.de

### **Fachverband Beton- und Fertigteilwerke Sachsen/Thüringen e. V. (FBF SaTh)**

Meißner Straße 15a, 01723 Wilsdruff  
Tel. 035204 7804-0, Fax 035204 7804-20  
info@fbf-dresden.de, www.fbf-dresden.de

### **Fachvereinigung Betonbauteile mit Gitterträgern e. V. (BMG)**

Raiffeisenstraße 8, 30938 Großburgwedel  
Tel. 05139 9599-30, Fax 05139 9994-51  
info@fachvereinigung-bmg.de  
www.fachvereinigung-bmg.de

### **Bundesfachverband Betonkanalsysteme e.V. (FBS)**

Schloßallee 10, 53179 Bonn  
Tel. 0228 95456-54, Fax 0228 95456-90  
info@fbsrohre.de, www.fbsrohre.de

### **Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteiltbau e. V. (FDB)**

Schloßallee 10, 53179 Bonn  
Tel. 0228 95456-56, Fax 0228 95456-90  
info@fdb-fertigteiltbau.de, www.fdb-fertigteiltbau.de

### **Hessenbeton e. V. (HB)**

Grillparzer Straße 13, 65187 Wiesbaden  
Tel. 02631 9560452, Fax 02631 9535970  
reim@bkri.de, www.hessenbeton.de

### **Informationsgemeinschaft Betonwerkstein e. V. (Info-b)**

Postfach 3407, 65024 Wiesbaden  
Tel. 0611 603403, Fax 0611 609092  
service@info-b.de, www.info-b.de

### **InformationsZentrum Beton GmbH (IZB)**

Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf  
Tel. 0211 28048-1, Fax 0211 28048-320  
izb@beton.org, www.beton.org

### **Syspro-Gruppe Betonbauteile e. V. (Sys)**

Matthias-Grünewald-Straße 1-3, 53175 Bonn  
Tel. 0228 37756322  
info@syspro.org, www.syspro.de

### **Unternehmerverband Mineralische Baustoffe e. V. Fachgruppe Betonbauteile (UVMB)**

Wiesenring 11, 04159 Leipzig  
Tel. 0341 520466-0, Fax 0341 520466-40  
presse@uvmb.de, www.uvmb.de

### **Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V. (VBF)**

Raiffeisenstraße 8, 30938 Großburgwedel  
Tel. 05139 9994-30, Fax 05139 9994-51  
info@vbf-nord.de, www.vbf-nord.de

### **Verband der Bau- und Rohstoffindustrie e. V. Fachgruppe Betonbauteile NRW (vero)**

Düsseldorfer Straße 50, 47051 Duisburg  
Tel. 0203 99239-0, Fax 0203 99239-97  
info@vero-baustoffe.de, www.vero-baustoffe.de



## Ideelle Träger

### **Berufsförderungswerk für die Beton- und Fertigteilhersteller e. V. (BBF)**

Gerhard-Koch-Str. 2 + 4, 73760 Ostfildern  
Tel. 0711 32732-322, Fax 0711 32732-350  
info@berufsausbildung-beton.de  
www.berufsausbildung-beton.de

### **Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e. V. (FF)**

Schloßallee 10, 53179 Bonn  
Tel. 0228 95456-11, Fax 0228 95456-90  
info@forschung-betonfertigteile.de  
www.forschung-betonfertigteile.de

## Fragen

Haben Sie noch Fragen? Dann senden Sie uns eine E-Mail an  
info@punktum-betonbauteile.de

## Klimaneutrale Produktion



## Redaktion

Denny Bakirtzis, M.A. (FBF)  
Bauassessorin Dipl.-Ing. Alice Becke (FDB)  
Karoline Braschoß (FDB)  
Juliane Bräunlich (FBF SaTh)  
Dipl.-Ing. (FH) Michael Fuchs (SLG)  
RA Stephan von Friedrichs (VBF)  
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. Elisabeth Hierlein (FDB)  
Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Diana Krüger (BIV)  
Dr.-Ing. Markus Lanzerath (FBS)  
Andrea Leusch (BIV)  
Dr. Ulrich Lotz (FBF)  
Dr.-Ing. Jens Uwe Pott (VBF)  
Judith Pütz-Kurth (FDB)  
Christian Reim, M. Sc. (HB)  
Irina Ruff (FBF)  
Dipl.oec. Gramatiki Satslidis (FBF)  
Dr.-Ing. Stefan Seyffert (UVMB)  
Dipl.-Ing. Mathias Tillmann (FDB)  
Dipl.-Ing. Dietmar Ulonska (SLG)  
Christina Ulrich (SLG)

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben ausschließlich die persönlichen Ansichten und Meinungen des Autors wieder und müssen nicht unbedingt mit der Meinung der Redaktion übereinstimmen. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte übernimmt die Redaktion keinerlei Gewähr.

## Verantwortliche Redakteurin

Irina Ruff (FBF)

## Layout

Julia Romeni

## Titelbild

© malp – stock.adobe.com

## Druckerei

Onlineprinters GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth,  
www.diedruckerei.de

## Auflage

1.500

## Redaktionsschluss

20. Juli 2023



# Kompetenz für Betonbauteile