



Beton

Ein Faktencheck

InformationsZentrum Beton

Beton. Die beste Wahl.



Herausgeber:

InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39
40699 Erkrath

Titelbild: © BetonBild

Beton. Die beste Wahl.

Ein Faktencheck

Modernes Bauen ist eine komplexe Aufgabe mit vielfältigen Anforderungen an Stabilität, Dauerhaftigkeit, Ökonomie und Ökologie. Wer baut, braucht daher einen Baustoff, dem er vertrauen kann. Das Vertrauen, das Beton auf der ganzen Welt entgegengebracht wird, hat gute Gründe. Bei der Suche nach dem richtigen Baustoff begegnet man aber leider auch immer wieder Argumenten, die einer genaueren Prüfung nicht standhalten. In der vorliegenden Broschüre haben wir für Sie deshalb Fakten zusammengestellt, die für Beton als Baustoff sprechen. Machen Sie den Fakten-Check und überzeugen Sie sich selbst: Beton ist auch für Sie die richtige Wahl.

Rohstoffe

Seite 4

Zement

Seite 9

Baustoff Beton

Seite 14

Innovationen mit Beton

Seite 19

Stahl- check

Seite 26

Holz- check

Seite 30

Beton – die richtige Wahl beim Keller

Seite 34

Recycling

Seite 36



Rohstoffe

Der verantwortungsvolle Umgang mit den natürlichen Ressourcen hat oberste Priorität.

Rohstoffgewinnung für Beton

Beton ist ein von Menschenhand gezielt hergestellter Stein, der schon in Römischer Zeit Verwendung fand und seinen Siegeszug im modernen Hoch- und Ingenieurbau um 1850 antrat. Er besteht aus Zement, Gesteinskörnungen (Sand und Kies), Wasser und gegebenenfalls Zusätzen.

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel, das mit Wasser vermischt sowohl an der Luft als auch unter Wasser erhärtet. Als Zementleim umhüllt er alle Gesteinskörner und gibt dem Korngemisch aus Sand und Kies ausgehärtet als Zementstein die hohe Festigkeit.

Rohstoffgewinnung

Zu den wichtigsten Grundstoffen von Zement gehören Kalkstein, Ton oder deren natürlich vorkommendes Gemisch, der Kalkmergel. Ursprünglich entstanden ist der heute verwendete Kalkstein geologisch gesehen größtenteils vor 65 bis 250 Millionen Jahren durch die Ablagerung von

kalkhaltigen Kleinlebewesen in den Weltmeeren. Kalkstein gehört zu den weltweit am besten verfügbaren mineralischen Rohstoffen: Die Erdkruste setzt sich zu ca. 5 % daraus zusammen. Der Abbau von Kalkstein erfolgt in Steinbrüchen.

Auch die Gesteinskörnung für Beton wird wie Kalkstein und Ton in der Regel aus natürlichen Lagerstätten wie z. B. Flüssen, Seen oder Kiesgruben gewonnen.

Natürliche Lagerstätten schonen

Um natürliche Lagerstätten möglichst wenig in Anspruch zu nehmen, setzt die Branche in großem Umfang auf die Verwendung von Sekundärrohstoffen in der Produktion. Aus der Natur entnommene Mineralien im Zement werden so z. B. durch den Einsatz von Hüttensand aus der Roheisenherstellung und Flugasche aus Kohlekraftwerken reduziert.

Auf diese Weise konnte der Anteil natürlicher Rohstoffe für die Zementherstellung auf 83 % in 2017 reduziert werden (2004: 87 %) So wurden 2017 gegenüber 2010 bei höherer Zementproduktion weniger Kalkstein, Mergel und Kreide eingesetzt und dadurch natürliche Lagerstätten geschont.

Darüber hinaus werden bei der Bereitstellung von mineralischen Bauabfällen als rezyklierte Gesteinskörnung jährlich mehr als 12 Mio. t natürliche Rohstoffe geschont.

Hierdurch ist der Anteil der aus der Natur entnommenen Mineralien im Zement in den vergangenen Jahren in Deutschland deutlich reduziert worden. Rund 17 % des Rohstoffbedarfs deckt die Zementindustrie heute aus Sekundärrohstoffen. Damit leistet sie einen wichtigen Beitrag zur Ressourcenschonung und zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft.

Von den knapp 214,6 Mio. t mineralischer Bauabfälle, die durchschnittlich im Jahr anfallen, werden 90 % wiederverwertet. Dadurch wird die Entnahme von Kies, Sand und Naturstein aus natürlichen Lagerstätten reduziert. Bei der Herstellung von Beton werden heute bereits rund 500.000 t sortenreiner Betonabbruch als rezyklierte Gesteinskörnung eingesetzt.

Verantwortung für den Natur- und Artenschutz

Die Zement- und Betonindustrie ist sich bei der Gewinnung aus natürlichen Lagerstätten ihrer besonderen Verantwortung für den Natur-, Arten- und Landschaftsschutz bewusst. Die beanspruchten Abbauflächen werden nur zeitlich befristet genutzt. Bereits während sowie im Anschluss an die Abbautätigkeit werden diese in der Regel renaturiert oder rekultiviert, sodass wertvolle Lebensräume für seltene Tier- und Pflanzenarten und attraktive Naherholungsgebiete wie z. B. Badeseen oder Naturwanderpfade entstehen.

Steigerung der Artenvielfalt

Die hohe Artenvielfalt in aktiven und aufgelassenen Abbaustätten ist die Folge der Vielzahl unterschiedlicher Biotope auf diesen Flächen, die in der deutschen Kulturlandschaft so nur noch selten zu finden ist. Meist handelt es sich dabei um Flächen mit extremen Standortbedingungen, die Lebensräume für sehr spezialisierte Arten und Lebensgemeinschaften darstellen. Steilwände in Steinbrüchen bilden z. B. häufig geeignete Biotope für seltene Vogelarten. Sie finden in den flachen Bereichen mit Magerwiesen und Feuchtbiotopen ergiebige Jagdreviere, denn auch dort siedeln sich wieder viele Tier- und Insektenarten an. Auch Baggerseen sind nicht nur beliebte Anziehungspunkte für Badegäste, sondern bieten einer Vielzahl von Tieren und Pflanzen günstige Lebensbedingungen, z. B. ungestörte Rückzugsräume für aquatische und amphibische Lebensgemeinschaften. In einer sonst intensiv bewirtschafteten Landschaft sind renaturierte Steinbrüche und Kiesgruben von besonderer Bedeutung für einen dynamischen Naturschutz.

Fakt ist:

1.

Es gibt einen gesellschaftlichen Bedarf für eine gebaute Umwelt, der dank Beton aus heimischen Rohstoffen gedeckt wird.

2.

Durch den Einsatz von alternativen Rohstoffen werden jährlich ca. 12 Mio. t Kalkstein eingespart. Dies schont natürliche Ressourcen und trägt zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft bei.

3.

Mehr als 50 % der Abbauflächen werden nach ihrer Nutzung renaturiert. Schon während der Abbauphase zeichnen sich die Fläche durch eine hohe Artenvielfalt aus.



Möglichst kurze Transportwege

Die Mehrzahl der deutschen Zement- und Betonwerke ist nicht zuletzt aus ökologischen und ökonomischen Gründen direkt bei den entsprechenden Rohstoff-Gewinnungsstätten angesiedelt. Auch die Nähe zu den Kunden spielt in vielen Fällen eine wichtige Rolle. So werden Zement und Beton aufgrund der vergleichsweise hohen Transportkosten im Vergleich zum Warenwert zumindest auf der Straße in einem relativ kleinen Radius ausgeliefert (Zement: 50 km bis 100 km; Beton: ca. 50 km). Der Straßenverkehr wird so minimal belastet und Lärm- und Staubbelastung der Anwohner begrenzt. Gleichzeitig werden regionale Wertschöpfungsketten gestärkt.

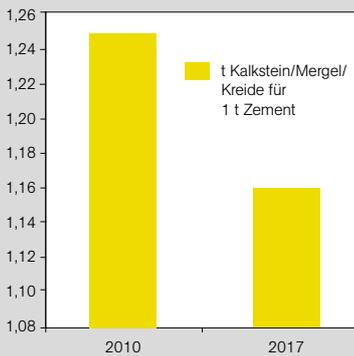
Natürlicher Kohlenstoffkreislauf

Die Entstehung der Rohstoffe für die Zementindustrie geht auf einen natürlichen Kohlenstoffkreislauf zurück. Unsere Weltmeere sind die riesigen Quellen, in denen sich seit Jahrmillionen Kalkstein bildet. CO₂ aus der Atmosphäre gelangt ins Meerwasser, verbindet sich mit dem Wasser zu Kohlensäure, die dann mit anderen



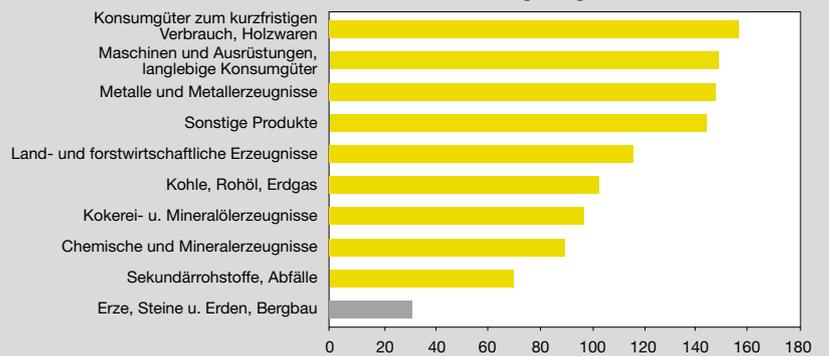
Aktive und renaturierte Steinbrüche und Kiesgruben bieten Lebensräume und Jagdreviere für Vögel, Reptilien und Amphibien

Bedarf an Rohstoffen bezogen auf 1 Tonne Zement



Quelle: VDZ

Kurze Wege durch heimische Rohstoffe [in km]



Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BMVI (Mittlere Transportreichweite – Straßengüterverkehr deutscher Lkw)



Links außen: Wurden 2010 noch 1,25 t Kalkstein, Mergel bzw. Kreide aus natürlichen Lagerstätten gebraucht, um eine Tonne Zement herzustellen, waren es im Jahr 2017 nur noch 1,16 t.

Links: Durchschnittliche Transportentfernungen im deutschen Straßengüterverkehr

Stoffen zum Calciumcarbonat reagiert. Das Calciumcarbonat sinkt auf den Meeresboden, verfestigt sich dort und gelangt in geologischen Zeiträumen durch tektonische Hebungen wieder an die Erdoberfläche der Landmasse. Ungefähr 5 % der Erdoberfläche bestehen aus Kalkstein.

In Steinbrüchen kann der vielseitig verwendbare Kalkstein wieder gewonnen werden. Im Drehofen der Zementwerke wird dann das vor Jahrmillionen im Kalkstein gebunde-

ne CO_2 wieder ausgetrieben, um dem Zement seine festigkeitsbildenden Eigenschaften zu verleihen.

Damit schließt sich der Kohlenstoffkreislauf, der sich nicht nur in den Weltmeeren, sondern auch durch die Carbonatisierung (Aufnahme von CO_2) von Mineralien und mineralischen Baustoffen wie Beton vollzieht. Beton nimmt daher rund 20 bis 25 % der bei seiner Herstellung entstandenen CO_2 -Emissionen im Laufe seines Lebenszyklus wieder auf.



Zement

Prozessoptimierung und hohe Ansprüche an die Qualität von Produktion und Produkt setzen Maßstäbe.



Einer der wichtigsten Werkstoffe der Welt

Zement ist das Bindemittel, das dem Beton seine wesentlichen Eigenschaften verleiht: Festigkeit und Dauerhaftigkeit. Vermischt mit Wasser erhärtet der Zement zu festem Stein und verbindet die Gesteinskörnung auch unter Wasser miteinander. Schon die Baumeister der römischen Antike kannten das Prinzip und schufen mit ihrem Opus Caementitium Bauwerke wie das Pantheon in Rom, die Jahrtausende überdauerten und noch heute faszinieren.

Doch erst die Entwicklung des modernen Zements im 19. Jahrhundert ermöglichte den Siegeszug des Betons und verhalf ihm zum Titel „Jahrhundertbaustoff“. Zement wurde so bis heute zum meistverwendeten Industrieprodukt der Welt. Die Zementproduktion beträgt weltweit ca. 4,2 Mrd. t.

Ausgangsstoffe zur Zementherstellung

Der fertige Portlandzement besteht in der Hauptsache aus Calciumsilicaten und Calciumaluminaten. Die Ausgangsstoffe zur Herstellung des Portlandzements müssen hauptsächlich Calciumcarbonat (CaCO_3) und Siliciumdioxid (SiO_2) sowie in geringen Mengen Aluminiumoxid und Eisenoxid enthalten. Zu den Gesteinen, die diese Verbindungen liefern, gehören Kalkstein und Ton, die meist getrennt abgebaut und danach im geeigneten Verhältnis gemischt werden, aber auch als Mergel natürlich gemischt vorliegen.

Temperaturen von 1.450 °C

Damit aus diesen Ausgangsstoffen Portlandzementklinker entsteht, müssen sie im Drehofen bei sehr hohen Temperaturen um 1.450 °C gebrannt werden. Dabei muss auch das vor Jahrtausenden in den Rohstoffen eingebundene CO_2 wieder ausgetrieben werden. Diese rohstoffbedingten CO_2 -Emissionen bei der Entsäuerung des Kalksteins haben einen Anteil von etwa 60 % an den CO_2 -Gesamtemissionen der Zementherstellung. Die restlichen Anteile der CO_2 -Emissionen entfallen auf den thermischen Brennstoffenergieeinsatz (Drehofen) und den Einsatz elektrischer Energie, z. B. für das Mahlen der Zemente.



Umweltfreundliche Produktionsverfahren

Die deutsche Zementindustrie verfolgt schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts zielstrebig Konzepte, CO₂-Emissionen und den Einsatz thermischer und elektrischer Energien zu reduzieren. Dabei werden drei ineinander greifende Ansätze verfolgt:

- › Reduzierung des Anteils des Portlandzementklinkers im Zement durch Verwendung alternativer Ausgangsstoffe
- › Steigerung der Energieeffizienz durch Verbesserung der Verfahrenstechnik
- › Ersatz fossiler Brennstoffe durch den Einsatz alternativer Brennstoffe

Klinkereffiziente Zemente reduzieren CO₂-Footprint

Durch die Verwendung weiterer hochwertiger Einsatzstoffe bei der Zementmahlung werden nicht nur natürliche Rohstoffvorkommen geschont, sondern vor allem der Klinkergehalt im Zement reduziert und dadurch der Brennstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen verringert. In erster Linie kommen in Deutschland neben Klinker als Hauptbestandteile im Zement Hüttensand und ungebrannter Kalkstein sowie in geringerem Maße Flugasche, natürliche Puzzolane oder gebrannter Ölschiefer zum Einsatz. Auf diese Weise ist es gelungen, den so genannten Klinkerzementfaktor in Deutschland von 83 % (1990) auf 71 % (2017) zu senken.

Heute bestehen mehr als 70 % der eingesetzten Zemente aus mehreren Hauptbestandteilen. Positiv für die Umwelt: Die hochwertigen Sekundärstoffe, die dabei den Klinker im Zement ersetzen, müssen nicht für die Zementherstellung produziert werden, verursachen so auch keine CO₂-Emissionen und decken heute bereits 17 % des Rohstoffbedarfs der Branche.



1.

Mit mehr als 70 % lag der Effizienzgrad der deutschen Zementwerke 2017 weltweit auf einer Spitzenposition.

2.

Im Durchschnitt haben die deutschen Zementwerke ihren thermischen Energiebedarf seit den 1950er Jahren um 50 % reduziert.

3.

Die deutsche Zementindustrie hat ihre energiebedingten CO₂-Emissionen (Strom+Brennstoff) in den letzten 20 Jahren drastisch verringert.

4.

Weltweit werden rd. 25 % der CO₂-Emissionen der Zementherstellung durch die Carbonatisierung von Beton und Mörtel im Laufe ihrer Lebensdauer gebunden.

5.

Heute wird deutschlandweit bereits 65 % der Brennstoffenergie durch alternative Brennstoffe gedeckt – das ist mehr als eine Verdopplung im Vergleich zum Jahr 2000.

Fakt ist:

Investitionen in Umweltschutz und Energieeffizienz

Durch hohe Investitionen in Anlagentechnik hat die Zementindustrie ihre Umweltperformance konsequent verbessert. Der Anlageneffizienzgrad liegt heute bei rund 70% und damit nahe dem theoretischen Maximum. Ein Beispiel ist die Nutzung von Abwärme aus dem Drehofen, um die Rohstoffe vorzuwärmen und so den Einsatz thermischer Energie bei der Klinkerproduktion zu reduzieren.

Die Entwicklung moderner Mahlverfahren, in denen der aus dem Ofen tretende grobkörnige Zementklinker zum staubfeinen Zement gemahlen wird, erlaubt zudem eine erhebliche Verringerung des Bedarfs an elektrischer Energie.

Ersatz fossiler Energieträger durch alternative Brennstoffe

Einen wichtigen Beitrag für die Verringerung der Treibhausgasemissionen in der Zementindustrie leistet auch der Ersatz fossiler Energieträger durch

alternative Brennstoffe, die zum Teil einen hohen Gehalt an Biomasse aufweisen. Der Anteil fossiler Brennstoffe (vor allem Braun- und Steinkohle) wurde von ca. 75 % bis heute auf 35 % gesenkt. Der thermische Energiebedarf wird heute überwiegend durch alternative Brennstoffe wie aufbereitete Gewerbe- und Siedlungsabfälle, Altreifen, Altöl oder Klärschlamm gedeckt (65 % im Jahr 2017).

Umweltfreundliche Verwertung statt Deponierung

Diese leistet nicht nur einen Beitrag zur Einsparung fossiler Energieträger. Die alternativen Brennstoffe, die sonst anderweitig entsorgt werden müssten, werden hier besonders sicher verbrannt. Drehofenanlagen der Zementindustrie unterscheiden sich von klassischen Feuerungsanlagen in erster Linie durch die Verbrennungsbedingungen beim Klinkerbrennen. Brenngut und Drehofenabgase werden im Gegenstrom geführt und intensiv durchmischt. Temperaturverlauf und Gasverweilzeit in Drehöfen bieten daher besonders günstige Bedingungen, um organische Verbindungen, die über Brennstoffe eingetragen werden oder daraus entstehen, vollständig zu zerstören. Die verbleibenden Verbrennungaschen der Ofenfeuerung werden zum mineralischen Bestandteil des Zements und müssen daher nicht entsorgt werden.

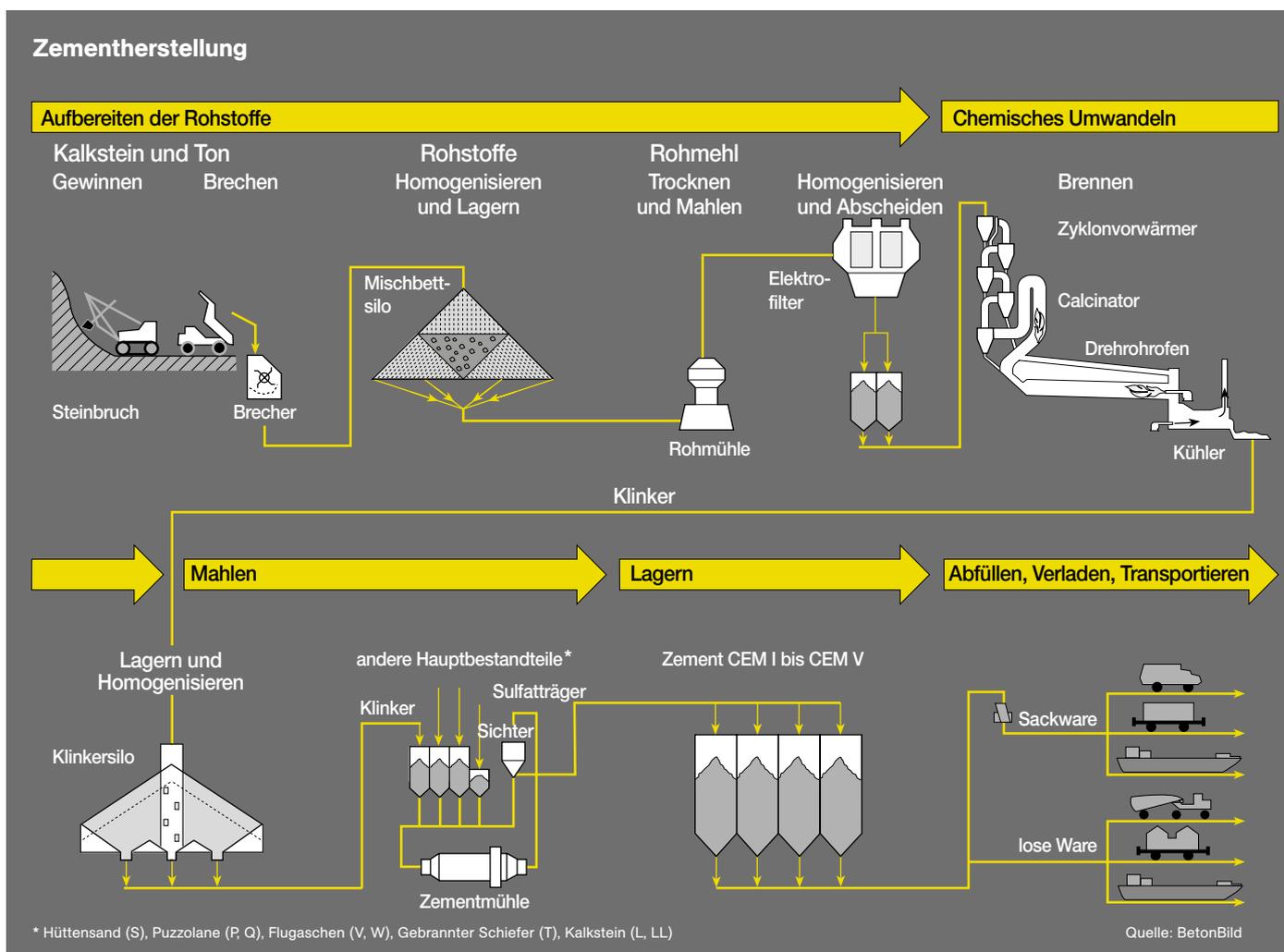


Etwa die Hälfte aller in Deutschland anfallenden Altreifen wird in der Zementindustrie als Energieträger und Rohstofflieferant verwertet. Die bei der Verbrennung entstehenden Aschen und Stahlkarkassen werden als notwendige Rohmaterialbestandteile in den Portlandzementklinker eingebunden.

CEMBUREAU, die Vereinigung der europäischen Zementhersteller, hat dem europäischen Parlament eine „low carbon roadmap 2050“ vorgestellt: Demnach können die CO₂-Emissionen bei der Zementherstellung durch konventionelle Maßnahmen bis 2050 um bis zu 32 % gegenüber 1990 gesenkt werden. Mithilfe so genannter Break-through-Technologien wäre eine CO₂-Minderung um bis zu 80 % möglich. Kern der Roadmap sind fünf Ansätze, die parallel verfolgt werden:

1. Ressourceneffizienz durch Einsatz alternativer Brennstoffe
2. Energieeffizienz durch Ersatz älterer Produktionsstätten durch moderne Werke und durch kontinuierliche Modernisierung der Anlagen.
3. CO₂-Abscheidung im Zementwerk und industrielle Verwertung bzw. Speicherung
4. Produkteffizienz durch Zemente hoher Leistungsfähigkeit, die eine

- geringere Zementmenge pro Kubikmeter Beton erlauben, und Hochleistungsbetone, die schlankere Bauteile mit weniger Masse ermöglichen.
5. Effizienz der Gebäude aus Beton durch optimale Nutzung der guten bauphysikalischen Eigenschaften des Baustoffs und dessen Dauerhaftigkeit, Betonrecycling und „CO₂-Verbrauch“ durch Carbonatisierung.





Baustoff Beton

Hohe Leistungsfähigkeit
macht Beton zum Baustoff
der Zukunft.

Vom „flüssigen Stein“ zum innovativen Baustoff

Meist genutzter Baustoff

Aus den Betonausgangsstoffen Zement, Gesteinskörnung und Wasser wird im Betonwerk Frischbeton hergestellt, dessen Zusammensetzung auf den geplanten Einsatzbereich optimal abgestimmt wird. Beton ist der meistgenutzte Baustoff weltweit. Bei seiner Herstellung und Verarbeitung wird grundsätzlich unterschieden zwischen der Transportbetonbauweise und der Betonfertigteilbauweise. Moderne Anlagentechnik und Betontechno-

logie auf dem neuesten Stand des Wissens ermöglichen hier höchste Produktqualität bei optimiertem Ressourceneinsatz. In bestimmten Fällen wird der Beton auch direkt auf der Baustelle hergestellt.

Hohe Qualität und kurze Wege

Bei der Transportbetonbauweise wird der Beton in Werken mit hoher Qualität hergestellt und auf kurzem Wege – schließlich hat der frische Beton nur eine sehr begrenzte

Verarbeitbarkeitszeit – zur Baustelle gefahren. Dort wird er in die bereits aufgestellte Schalung eingebracht und verdichtet. Nach dem Erhärten des Betons wird dann die Schalung entfernt. Die durchschnittliche Entfernung zwischen Transportbetonwerk und Einbaustelle liegt bei rd. 25 km. So werden die Verkehrswege entlastet, die verbrauchten Kraftstoffmengen gering gehalten und unnötige CO₂-Emissionen vermieden.

Witterungsunabhängige Fertigung

Bei der Betonfertigteilbauweise werden die Bauteile witterungsunabhängig nach den Vorgaben des Planers in einem Fertigteilwerk rationell gefertigt. Die Betonherstellung erfolgt im Normalfall in einer Betonmischanlage im Werk, von der der Beton zum Einbauort transportiert, in die Schalung eingebracht und verdichtet wird. Sobald die Bauteile eine ausreichende Festigkeit erreicht haben, werden sie zur Baustelle transportiert und mit Kränen montiert. Das in Deutschland engmaschige Netz von Betonfertigteilwerken sorgt auch hier für kurze Wege.

Fakt ist:

1.

Beton ist ein natürlicher Baustoff aus heimischen Rohstoffen.

2.

Transportbeton ist ein regionaler Baustoff mit kurzen Lieferwegen, der zur Stärkung der heimischen Wirtschaft beiträgt.

3.

Bei der Betonfertigteilmontage werden Hightech-Bauteile witterungsunabhängig nach den Vorgaben des Planers in einem modern ausgerüsteten Fertigteilwerk rationell in hoher Qualität gefertigt.

4.

Betonfertigteile und Transportbeton werden unverpackt angeliefert. Die entsprechende Abfallmenge auf der Baustelle ist daher gering.

Schutz der Wasserressourcen

Wasser ist ein wichtiger Ausgangsstoff für die Betonherstellung. Gleichzeitig genießt der Schutz der Wasserressourcen und der natürlichen Gewässer auch bei der Betonherstellung einen sehr hohen Stellenwert. Fertigteil- und Transportbetonwerke verfügen deshalb über Wasseraufbereitungsanlagen, die es ermöglichen, so genanntes Restwasser wieder der Betonherstellung zur Verfügung zu stellen. Dabei handelt es sich um Wasser, das auf dem Gelände der Betonproduktion, z. B. aus dem Restbeton, beim Auswaschen der Gesteinskörnungen, beim Reinigen des Betonmischers, der Fahrmischertrommel oder der Betonpumpe anfällt. Geschlossene Wasserkreisläufe verhindern dabei, dass das Prozesswasser in die öffentliche Kanalisation gelangt.

Recycling schon ab Werk

Betonwerke verfügen über geschlossene Wertstoff- und Wiederverwertungskreisläufe. Frischer Beton, der entweder auf der Baustelle zu viel bestellt wurde oder bei der Fertigteilherstellung nicht benötigt wurde, landet in einer zentralen Recyclinganlage. Dort werden Restwasser und Gesteinskörnungen getrennt. Die Gesteinskörnungen werden anschließend wieder den Lagerbeständen für die weitere Betonherstellung zugeführt.



Bei diesem Hybrid-Transportbetonfahrmischer sorgt ein Elektromotor für den Antrieb der Mischertrommel. Die CO₂-Emissionen sinken und die Lärmentwicklung ist geringer.

Die in Betonwerken eingesetzten Recyclinganlagen ermöglichen eine nahezu vollständige, sichere Rückgewinnung von Restwasser und Schlämmen.



Erhärtete Betonfertigteile, die den hohen Ansprüchen der werkseigenen Qualitätskontrolle nicht genügen, werden gebrochen und so aufbereitet, dass das Material wieder dem Produktionsprozess zugeführt werden kann.

Produktionseffizienz heißt Energieeffizienz

Digitale Prozesse bei der Beton- und Bauteilherstellung sorgen für eine hohe Effizienz der Produktion. Die gleichmäßig präzise Dosierung der Betonausgangsstoffe sorgt dafür,

Bei der Herstellung von Fertigteilen sorgen digitale Prozesse für eine hohe Effizienz der Produktion.

Fakt ist:

dass die Betonzusammensetzungen sowohl den Gesichtspunkten hoher Qualität als auch Ressourcenschonung gerecht werden. Gleichzeitig können die Produktionsanlagen mit einem niedrigen Energiebedarf betrieben werden.

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen wie Flugasche aus der Kohleverstromung und spezieller Betonzusatzmittel ermöglicht es, Zementgehalte und Wasserzugabe in den Betonzusammensetzungen zu variieren und eine gute Verarbeitbarkeit des Betons zu erhalten.

Schallschutzmaßnahmen und Staubkontrollsysteme

Eine effiziente Planung der Logistik sowie Schallschutzmaßnahmen und Staubkontrollsysteme im Werk tragen dazu bei, die Beeinträchtigungen für die Anwohner durch den Produktionsbetrieb auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

Je länger die Nutzungsphase desto besser

Bauwerke werden für einen bestimmten Zweck erstellt. Je besser und je länger sie ihren Zweck erfüllen, desto höher ist ihre Effizienz. Je geringer der Instandhaltungsaufwand und je höher die langfristige Nutzungsflexibilität, desto besser ist die Bilanz in Sachen Ressourceneinsatz und Nachhaltigkeit.

Für die lange Nutzungsdauer von Massivbauwerken sind zahlreiche Faktoren maßgebend. Dazu gehören die Dauerhaftigkeit des Baustoffs bzw. der Baukonstruktion, das gestalterische Potential des Baustoffs, die Systemreserven zur Erfüllung künftiger bauphysikalischer Anforderungen, aber auch die ästhetische Qualität der Bauwerke.

Was Beton gegenüber allen anderen Baustoffen auszeichnet, sind seine vielseitigen baustofflichen Qualitäten, die Breite des möglichen Einsatzspektrums und seine gestalterische Flexibilität.

1.

Beton widersteht als mineralischer Baustoff sogar härtesten Umweltbedingungen ohne zusätzlichen Schutz.

2.

Beton schützt eine der weltweit wichtigsten Ressourcen – das Wasser in Leitungen und Behältern für Roh- und Trinkwasser aus Beton.

3.

Beton ist nicht brennbar und der einzige Baustoff, der ohne weitere Maßnahmen höchste Anforderungen an den Brandschutz erfüllt.

4.

Stahlbeton ist der einzige Baustoff, der gleichzeitig raumabschließend ist und als tragendes Bauteil auf Zug und Druck beansprucht werden kann. Beton ist daher der Baustoff sowohl für tragende als auch für nichttragende Wände, Decken, Träger, Stützen und Fundamente.

Ergebnisse der Ökobilanz für je 1 m³ der Betone der Festigkeitsklassen C20/25, C25/30 und C30/37 von der Rohstoffgewinnung bis zur Herstellung (Quelle: Umweltproduktdeklarationen nach ISO 14025 und EN 15804 vom 3.9.2018). Diese Betondruckfestigkeitsklassen machen 75 % des Marktes aus.

Parameter	Einheit	C20/25	C25/30	C30/37
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ	912,0	999,0	1100,0
Primärenergie erneuerbar	MJ	180,0	190,0	204,0
Treibhauspotential (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	178,0	197,0	219,0
Ozonabbaupotential (ODP)	kg R11-Äq.	4,79 E-8	5,36 E-8	5,97 E-8
Versauerungspotential (AP)	kg SO ₂ -Äq.	0,261	0,287	0,317
Eutrophierungspotential (EP)	kg PO ₄ -Äq.	0,0498	0,0535	0,0591

> Baustoffdatenbank ÖKOBAUDAT

Mit der ÖKOBAUDAT, einer deutschen Baustoffdatenbank für die Bestimmung globaler ökologischer Wirkungen, stellt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) allen Akteuren eine vereinheitlichte Datenbasis für ökologische Bewertungen von Bauwerken zur Verfügung. Die Datenbank stellt über 1200 Datensätze zu den verschiedenen Bauprodukten bereit – seit September 2013 konform zur DIN EN 15804.

Umweltproduktdeklarationen für Beton

Die Umweltproduktdeklarationen für Beton (EPDs) geben Auskunft über die Umweltwirkungen von Bauteilen aus Beton. Diese gelten für einen Kubikmeter Beton für Bauteile im Hoch-, Tief- und Ingenieurbau als Durchschnittsbetrachtung für Transportbeton und Fertigteile. Sie sind auf der Homepage des IBU – Instituts Bauen und Umwelt unter ibu-epd.com verfügbar.

Die Umweltproduktdeklarationen (EPDs) für Beton wurden im September 2018 in einer überarbeiteten Fassung vorgelegt. Grundlage ist unter anderem die im Oktober 2017 veröffentlichte DIN EN 16757 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Produktkategorieeregeln für Beton und Betonelemente“, die deutlich detailliertere Möglichkeiten zur Berücksichtigung

der Carbonatisierung des Betons als bisher enthält.

Hierdurch kann quantitativ ausgewiesen werden, wie die CO₂-Aufnahme von Beton das Treibhauspotential reduziert.





Beton – für große Ideen

Weltweit realisieren Architekten, Ingenieure und Bauherren ihre Objekte mit dem Jahrhundertbaustoff: Beton ist für sie die beste Wahl.

Innovationen aus und mit Beton

Beton: Der meistverwendete Baustoff der Welt

Nahezu in jedem modernen Bauwerk – ganz gleich ob im Hochbau oder im Tiefbau – übernimmt Beton wichtige Aufgaben. Als Fundament. Als Stütze. Als tragende Konstruktion. Als energetisch aktiviertes Bauteil. Als Tragstruktur für große Deckenspannweiten. Als aussteifender Aufzugkern. Als Tunnelsegment. Er ist der einzige Baustoff, der gleichzeitig raumabschließend ist und als tragendes Bauteil auf Zug und Druck beansprucht werden kann. Durch seine Vielseitigkeit, seine Formbarkeit, seine Tragfähigkeit und seine Dauerhaftigkeit wurde Beton zum meistverwendeten Baustoff der Welt. Und durch seine Innovationskraft wird er es auch bleiben.

Zukunftsfähig durch Flexibilität

Die Anpassungsfähigkeit eines Gebäudes spielt in Bezug auf die mögliche Nutzungsdauer eines Gebäudes heute eine wesentliche Rolle. Im Wirtschaftshochbau stellen Betriebserweiterungen, neue Informationstechnologien oder innovative Produktionsverfahren hohe Ansprüche an die Flexibilität. Im Wohnungsbau ist es die immer raschere Veränderung von Lebens- und Nutzungsgewohnheiten. Die besten Voraussetzungen für Flexibilität bieten Konstruktionen, deren Tragstrukturen größtmögliche Freiräume eröffnen. In Stahlbeton- und Spannbetonbauweise können Decken mit sehr großen Spannweiten erstellt werden. Innenwände müssen dann nicht tra-

gend sein und können später entfernt und neu gesetzt werden.

Baustoffoptimierung durch moderne Betontechnologie

Wie kein anderer Baustoff lässt sich Beton durch die gezielte Veränderung seiner Zusammensetzung an die unterschiedlichsten Anforderungen anpassen. Normale Betone erreichen Würfeldruckfestigkeiten bis zu 60 N/mm². Mit der modernen Betontechnologie lassen sich heute auch zuverlässig Hochfeste Betone mit Druckfestigkeiten bis 150 N/mm² herstellen, die für hochbeanspruchte Druckglieder konstruktive und wirtschaftliche Vorteile bieten, z. B. schlanke Stützen hoher Belastbarkeit. Neben der hohen Druckfestigkeit zeichnen sich Hochfeste Betone auch durch noch bessere Dauerhaftigkeit und durch günstige Verformungseigenschaften aus. Daher wird dieser Beton auch als Hochleistungsbeton bezeichnet.

Betone mit Druckfestigkeiten über 150 N/mm² nennt man Ultrahochleistungsbetone (englisch Ultra High Performance Concrete = UHPC) oder Ultrahochfester Beton (UHFB). Die Vorteile eines ultrahochfesten faserbewehrten Betons UHPC bezüglich Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit konnten jüngst beim Bau einer Eisenbahnbrücke über den Dürnbach bei Gmund unter Beweis gestellt werden. Die zukünftige DAfStb-Richtlinie „Ultrahochfester Beton“, die derzeit im Entwurf vorliegt, wird einer breiten Anwendung in der Baupraxis den Weg ebnen.

Textilbeton – leicht, tragfähig, nachhaltig

Schlanke Betonbauteile mit enormer Tragfähigkeit, geringem Eigengewicht und hoher Dauerhaftigkeit auch bei extremen Umgebungsbedingungen. Diese Möglichkeiten bietet der Textilbeton, der damit einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Bauen leisten kann: Schlankes Bauteil bedeutet geringer Baustoffbedarf und damit Schonung natürlicher Ressourcen und geringe Emissionen bei der Baustoffherstellung.

Beton ist ein Baustoff mit sehr hoher Druckfestigkeit. Die für viele Aufgaben erforderliche große Biegezugfestigkeit verleiht ihm jedoch erst eine Bewehrung. Im klassischen Stahlbeton ist dies eine Bewehrung aus Stahl. Der Beton sorgt hier bei ausreichend großer und dichter Betondeckung der Bewehrung für den Korrosionsschutz, ohne den der Stahl rosten würde. Die Bewehrung eines Textilbetons aus Hochleistungsfaserstoffen wie z. B. Carbon dagegen rostet nicht. Hier kann mit sehr viel geringeren Betondeckungen gearbeitet werden. Carbon hat zudem eine deutlich



höhere Zugfestigkeit als Stahl. Das Zusammenwirken von schlanken Bauteilen mit geringem Eigengewicht und hoher Tragfähigkeit erlaubt filigrane Bauteile und Schalenträgerwerke. Der wesentliche Unterschied des Textilbetons zu den schon seit Jahrzehnten eingesetzten faserbewehrten Betonen ist, dass die Fasern mit Methoden und Geräten der Textiltechnik zu textilen Strukturen verbunden werden und als Gelege damit in Krafrichtung im Betonbauteil ausgerichtet werden können.

Die weltweit erste Brücke, die ausschließlich mit Carbon bewehrt ist, ist die 2015 fertiggestellte Fußgänger- und Radwegbrücke in Albstadt-Ebingen. Die Brücke kommt mit einer nur 90 mm dicken Bodenplatte und 70 mm dicken Trogwänden aus. Die Brücke wurde in einem Betonfertigteilwerk witterungsunabhängig unter optimalen Bedingungen gefertigt, zur Baustelle transportiert und eingehoben. Dabei wirkte sich das geringe Eigengewicht sehr positiv aus. Mit nur 14 t wiegt die Carbonbetonkonstruktion etwa die Hälfte einer vergleichbaren Stahlkonstruktion.

Komplett aus Textilbeton:
Die Radwegbrücke in
Albstadt-Ebingen

Infraleichtbeton ermöglicht wärmedämmende Außenwände in Sichtbeton



Infraleichtbeton – leicht, tragfähig, wärmedämmend

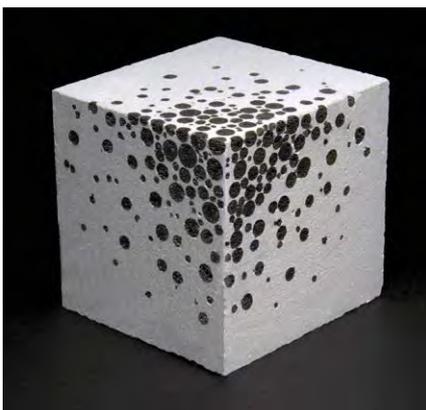
Architekten lieben Sichtbeton. Z. B. bei Wohngebäuden stoßen sie aber auf eine besondere Herausforderung: Außenwände aus Beton erfüllen nur mit Wärmedämmung die hohen Anforderungen an den Wärmeschutz. Wird aber eine Wärmedämmschicht auf die Fassade montiert, verschwindet der Beton dahinter: Kein Sichtbeton. Dazu sind baukonstruktive Details bei solchen zweischichtigen Fassadensystemen aufwändig. Ein weiterer Nachteil ist die aufwändige Trennung der Materialien am Ende der Lebensdauer eines Gebäudes. Denn Beton lässt sich hervorragend wiederverwerten, aber nur, wenn er von allen nicht mineralischen Bestandteilen frei ist.



Infraleichtbeton, regional auch Dämmbeton genannt, bietet hier mit seinen hervorragenden Wärmedämmeigenschaften und seiner dennoch hohen Tragfähigkeit die monolithische Lösung nur aus Beton. Derzeit sind Infraleichtbetone mit Trockenrohdichten von 550 kg/m^3 bei einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,129 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ und einer Würfeldruckfestigkeit von $5,8 \text{ N/mm}^2$ in Ortbetonbauweise praktisch herstellbar. „Normale“ Leichtbetone gemäß DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 haben mindestens eine Rohdichte von 800 kg/m^3 . Seine Praxistauglichkeit bewies Infraleichtbeton schon beim Bau des Jugend- und Familienzentrums Betonoase in Berlin.

Passivhausstandard mit wärmedämmendem Infraleichtbeton und ohne Wärmedämmung: Die Betonoase in Berlin





Harte Schale – weicher Kern

Die Verwendung von Gradientenbeton ermöglicht die Optimierung der Betoneigenschaften in einem Querschnitt. Beton in tragenden Bauteilen wird nicht über den gesamten Bauteilquerschnitt gleich stark und in gleicher Weise beansprucht. Bei der herkömmlichen Betonherstellung wird dem nicht Rechnung getragen: Der Beton weist dabei zum Beispiel über den ganzen Querschnitt einer Außenwand die gleichen Festigkeits- und Wärmedämmeigenschaften auf. Dabei wäre es sinnvoll, wenn der Beton im Wandkern eine hohe Porosität mit hohen Wärmedämmwerten und außen ein dichtes Gefüge mit hoher Tragfähigkeit aufweisen würde. Innovative Werkstofftechnologie und Herstellungsverfahren

eröffnen hier mit dem sogenannten Gradientenbeton ganz neue Möglichkeiten. Die Herstellung mit leichten, porösen Gesteinskörnungen nur im Kern ermöglicht schlanke Wandquerschnitte, die sowohl die Anforderungen an die Tragfähigkeit als auch an den baulichen Wärmeschutz erfüllen. So wird auch der Wunsch der Architekten nach einschaligen, tragenden und wärmedämmenden Wänden in Sichtbetonqualität realisierbar.

Mit Gradientenbeton können eine deutlich höhere Materialeffizienz sowie eine signifikante Reduktion des Ressourcenverbrauchs, der Emissionen und des Energieverbrauchs erreicht werden. In ersten Versuchen und Hochrechnungen zu funktional gradierten Geschossdecken



Beton überzeugt mit hohem Wärmespeichervermögen. Deshalb eignet er sich sehr gut als Speicher-, Puffer- und Transportmedium für Wärme. Bei der Bauteilaktivierung kommen diese Vorzüge besonders zum Tragen.

zusammen mit einer Reaktionsfähigkeit kontinuierlich auf, bis das Bauteil – auch großformatig – fertiggestellt ist. Aufwändige Schalarbeiten entfallen dabei.

Betonkernaktivierung: Effizient Heizen und Kühlen

Energetisch aktivierte Betonbauteile sind heute wichtige Bausteine für energieeffiziente Bauwerke und moderne Energiekonzepte.

Das hohe Wärmespeichervermögen eines Betonbauwerks lässt sich auch als so genannte Betonkernaktivierung für das Heizen und Kühlen nutzen. Studien belegen, dass die Betonkernaktivierung für den Heiz- und Kühlbedarf größerer Büro- und Verwaltungsgebäude im Normalfall die effizienteste und wirtschaftlichste Lösung ist. In den Betondecken oder gelegentlich auch in den Betonwänden werden dabei Rohrleitungen verlegt, durch die meist Wasser als Heiz- bzw. Kühlmedium fließt. Im Heizbetrieb wird aus Umweltenergie über Wärmepumpen Wärmeenergie gewonnen und über das Rohrsystem durch die Betondecken und -wände geleitet. Die Bauteile erwärmen sich gleichmäßig und geben über ihre große Fläche eine angenehme Wärmestrahlung ab. Umgekehrt im Kühlbetrieb. Der „thermische Kraftschluss“ zwischen Rohren und Beton ist besonders intensiv, da der frische Beton beim plastisch-flüssigen Einbau die Rohre vollständig umschließen kann.

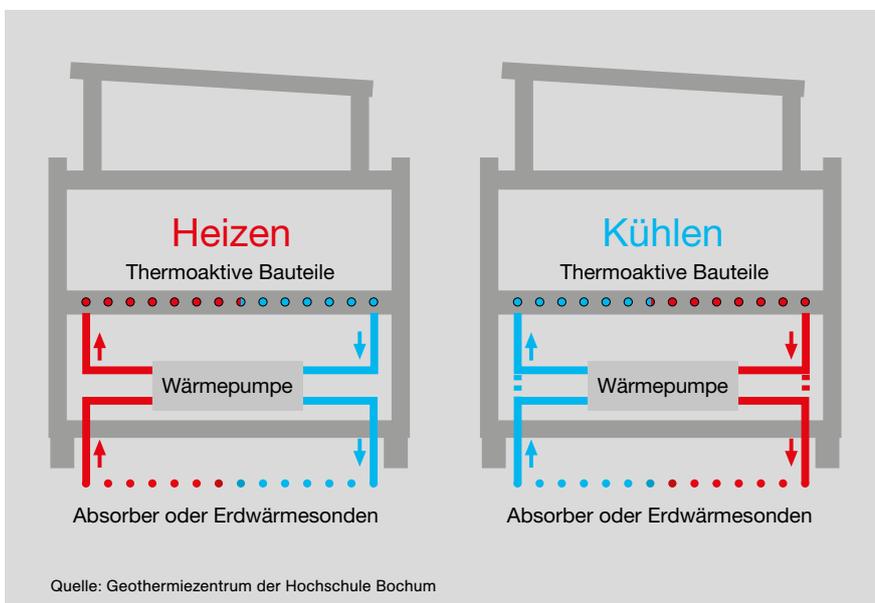
Das erste 3D gedruckte Betongebäude in Europa



aus Beton am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) der Universität Stuttgart konnten eine Massensparnis von mehr als 50 % und eine deutliche CO₂-Reduktion im Vergleich zur Produktion herkömmlicher Flachdecken nachgewiesen werden.

Große Freiheit 3D

Weitere architektonische Freiheiten ermöglicht der 3D-Druck mit Beton. Frei von den Zwängen einer standardisierten formgebenden Schalung können in dem sogenannten additiven Fertigungsverfahren (auch Additive Manufacturing = AM) kreativste Formen in hoher Qualität hergestellt werden. Dabei bringt ein computergesteuerter Roboter einen zementgebundenen Trockenmörtel



Für spezielle Wärmespeichermodule wurde ein Spezialbeton entwickelt, der aufgrund seiner guten Wärmeleitfähigkeit den Wärmeübergang von den Leitungen in den Beton innerhalb weniger Stunden ermöglicht und sich extrem aufheizen lässt. Er bleibt auch bei hohen Temperaturen bis zu 450 °C chemisch stabil.

1.

Innovative Technologien wie Gradientenbeton, Infrarotbeton und 3D-Druck eröffnen der Betonbauweise Einsatzbereiche für weitere große Ideen.

2.

Beton legt die Basis für nachhaltiges Bauen: Energetisch aktivierte Betonbauteile tragen zur Energieeffizienz und zum Klimaschutz bei.

3.

Wie kein anderer Baustoff lässt sich Beton durch gezielte Veränderung seiner Zusammensetzung an die unterschiedlichsten Anforderungen anpassen. Seine Vielseitigkeit macht ihn zum meistverwendeten Baustoff der Welt.

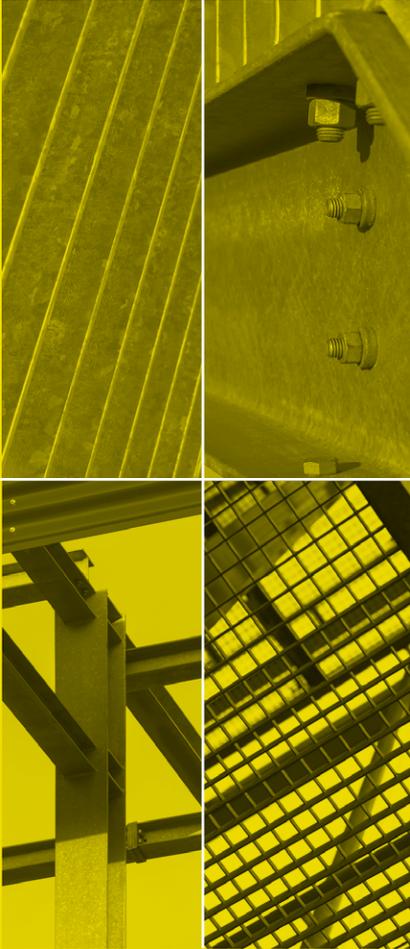
4.

Betonbauweisen ermöglichen große Deckenspannweiten und damit eine hohe Flexibilität bei der Raumgestaltung und späteren Umnutzungen.

5.

Textilbeton ermöglicht Brücken, die leicht, schlank, tragfähig und nachhaltig sind.

**Fakt
ist:**



Faktencheck Stahl

Stahl braucht Beton.

Beton schützt Stahl.

Im Stahlbetonbau gehen Beton und Stahl eine einzigartige Symbiose ein: in Beton als Bewehrung eingebetteter Stahl verleiht dem sehr druckfesten Beton im Stahlbeton seine große Zugfestigkeit. Beton sorgt mit seinem alkalischen Milieu für den Korrosionsschutz, ohne den der Stahl rosten würde.

Hohe Brandschutzwirkung des Baustoffs Beton

Die Umhüllung aus Beton sorgt mit ihrem hohen Wärmespeichervermögen und Durchwärmungswiderstand auch dafür, dass diese Bewehrung im Brandfall seine Tragfähigkeit behält. Beton ist als nicht brennbarer Stoff in die günstigste Baustoffklasse A1 eingestuft und der einzige Baustoff, der zur Entfaltung seiner Brandschutzwirkung nicht auf Kühlmaßnahmen oder Bekleidungen bzw. Überdimensionierungen angewiesen ist. Beton trägt nicht zur Brandentstehung bei und leistet aber einen wesentlichen Beitrag zur Begrenzung von Bränden.

Beton – tragfähig auch bei hohen Temperaturen

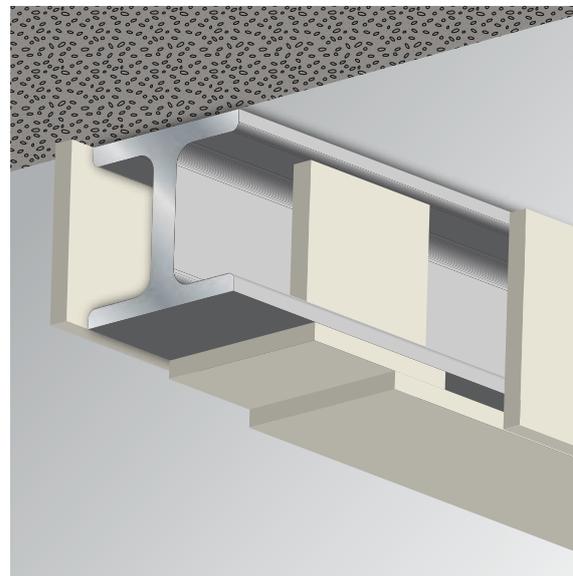
Bei Bränden werden schnell Raumtemperaturen von 900 °C und mehr erreicht. Prüfungen nach ISO 834 an Betonbalken, die an drei Seiten eine Stunde lang dem Normbrand ausgesetzt wurden, wiesen in einem Abstand von 42 mm von der Oberfläche eine für das Festigkeitsverhalten von Beton praktisch nicht kritische Temperatur von 300 °C auf. Deshalb bleiben die Tragfähigkeitseigenschaften der Konstruktion sowohl während eines Brandes als auch danach weitgehend erhalten. Der Erhalt der Tragfähigkeit der Stahlbetonkonstruktion und deren Unempfindlichkeit gegen Löschwasser ermöglicht auch in den meisten Fällen eine Instandsetzung und Weiternutzung des Gebäudes.

Beton schützt Stahl vor kritischen Temperaturen

Beton wird in Stahlbauten oft als Ummantelung von Stahlträgern und Stahlstützen eingesetzt, um die Bauteile vor dem schnellen Erreichen kritischer Temperaturen im Brandfall zu schützen. Denn Stahl ist zwar auch den nichtbrennbaren Baustoffen zugeordnet, allerdings ist die Temperatursteigerungsrate im Stahl sehr hoch. Ungeschützt können Stahlbauteile daher schon im normalen Brandfall schnell die kritische Temperatur von 500 °C erreichen, bei der voll beanspruchte Stahlbauteile ihre Tragfähigkeit verlieren. Der Zeitraum bis zum Erreichen dieser kritischen Temperatur kann nur durch wärmedämmende Ummantelungen oder Abschirmungen verzögert werden.

Beton bremst die Brandausbreitung

Der Planer muss sich oft auch kritisch mit dem Raumabschluss beschäftigen. Bei einem leichten Skelett-Tragwerk aus Stahl erfolgt auch der Bau der Decken und Wände in leichten Bauweisen, z. B. in Trockenbauweise (Gipskarton) oder mit Sandwichelementen und Trapezprofilen aus Stahl. Die raumabschließende Konstruktion muss die Brandausbreitung soweit behindern, dass Menschen aus dem Bauwerk fliehen können. Diese leichten Bauweisen können aber höhere Brandschutzklassen nur mit entsprechender Konstruktion und besonderen Dämmstoffen erreichen. Oft werden deshalb als Ausfachung von Stahlskelettbauten Massivbaustoffe eingesetzt.



Aufwändige Brandschutzverkleidung für einen Stahlträger.

Mit Bauteilen aus Beton lassen sich alle Feuerwiderstandsdauern erreichen, wobei die aus Gründen der Standsicherheit oder des Schallschutzes ohnehin erforderlichen Maßnahmen automatisch bereits mindestens eine Feuerwiderstandsdauer von R30 sicherstellen.

Beton stabilisiert Stahl

Die tragenden Bauteile in einem Bauwerk haben nicht nur Vertikalkräfte aus Eigen- und Verkehrslasten abzutragen. Von großer Bedeutung können die Horizontalkräfte, z. B. aus Wind sein. Wände und Decken aus Beton wirken in Bauwerken als aussteifende Scheiben, über die diese Kräfte ohne großen konstruktiven Aufwand abgetragen werden. Deswegen wird auch gerne in Stahlbauten ein aussteifender Kern – in Hochhäusern in Stahlbauweise meist als Treppen-



hausturm – aus Beton vorgesehen. Der Treppenhausturm aus Beton sichert im Brandfall dann zusätzlich die Fluchtwege.

Ein Schutzwall gegen Lärm

Sowohl im Wirtschaftshochbau als auch im Wohnungsbau werden hohe Anforderungen an den Schallschutz gestellt. Lärm gehört heute zu den größten Stressfaktoren. So hat eine Umfrage des Umweltbundesamtes ergeben, dass sich mehr als 60 % der Deutschen von Straßenverkehrslärm belästigt fühlen. Das Umweltbundesamt stellt auch einen Zusammenhang zwischen Lärm und einer Erhöhung des Herzinfarkttrisikos her.

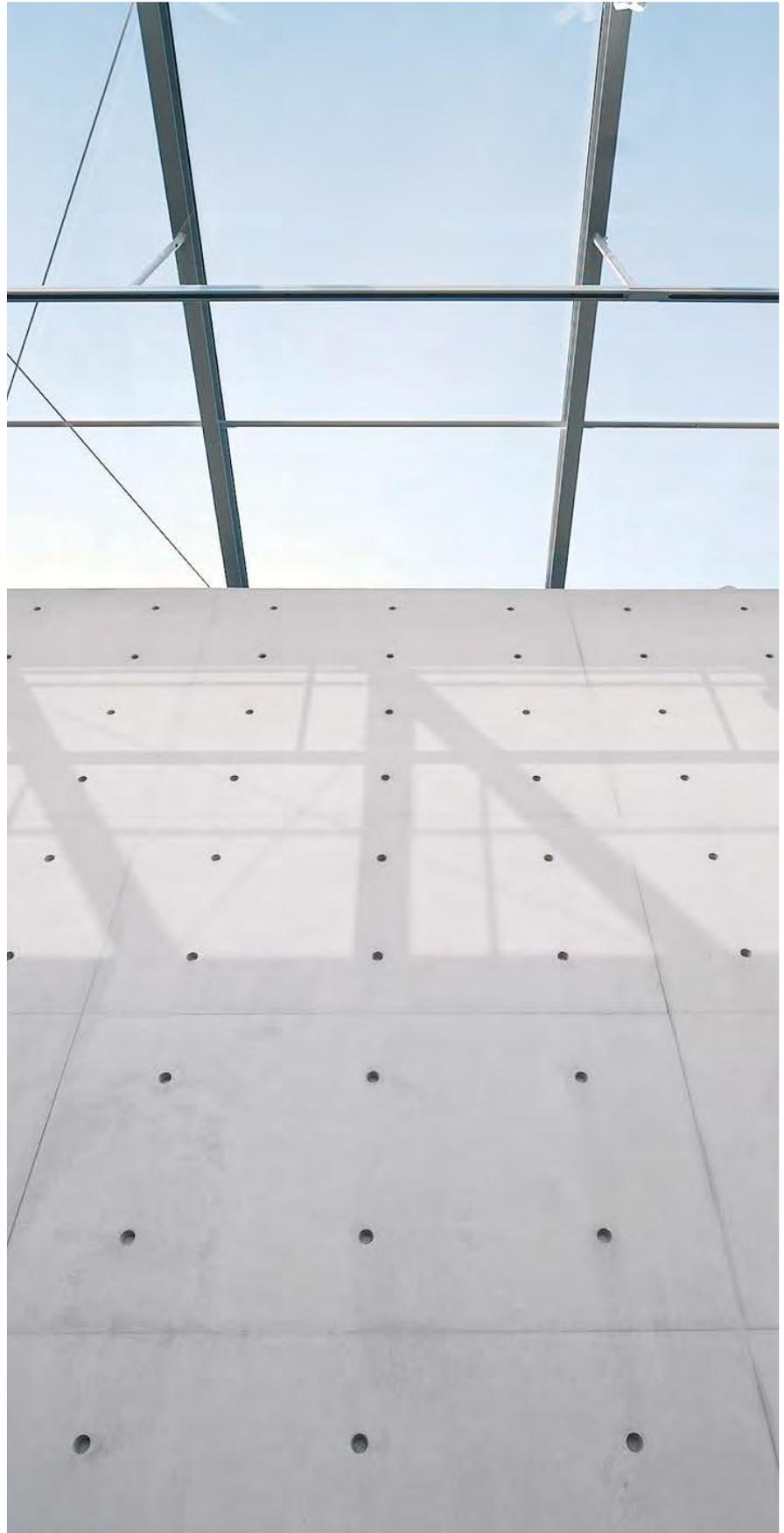
Im Bereich des Schallschutzes haben Betonbauteile insbesondere eine wichtige Funktion bei der Luftschalldämmung. Die Luftschalldämmung einschaliger Bauteile hängt von ihrer

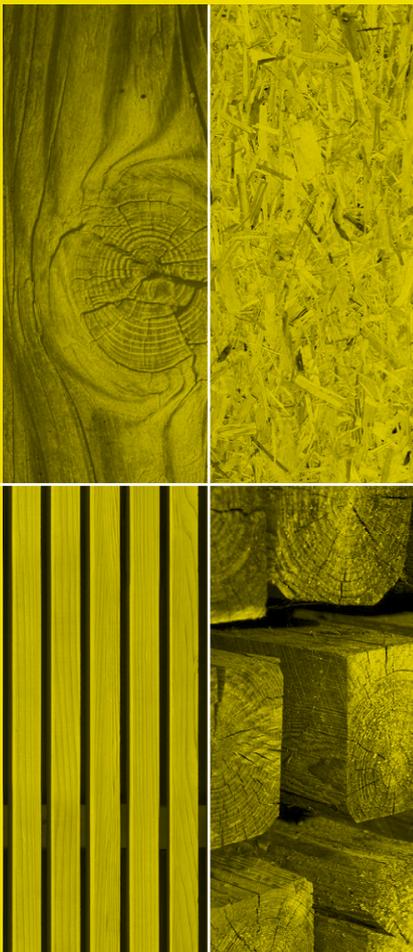
flächenbezogenen Masse (Flächengewicht) und der Ausbildung des Anschlusses an die flankierenden Bauteile ab. Das Flächengewicht eines Bauteils steigt mit der Dicke und der Rohdichte des Bauteils.

Stahl besitzt zwar eine hohe Rohdichte und daher – isoliert betrachtet – hohe Luftschalldämmwerte. Aber auch hier stellt sich wieder die Frage nach den raumabschließenden Flächen in einem Stahlskelettbau: Leichte Konstruktionen für Wände und Decken sind im Allgemeinen schalltechnisch ungünstiger. Bauteile aus Normalbeton bieten hingegen die Voraussetzungen für schalltechnisch gute Werte im Wohnungs- und Wirtschaftshochbau. Deswegen wird bei hohen Anforderungen an den Luftschallschutz auch bei Stahlskelettbauten hier oft mit Ausfachungen aus Massivbaustoffen gearbeitet.



Auch im Hochhausbau in Stahlbauweise übernimmt Beton wichtige Funktionen: Aussteifende Treppenhauskerne aus Beton geben dem Bauwerk Stabilität gegen die Windkräfte. Dabei sorgt Beton als nichtbrennbarer Baustoff für sichere Fluchtwege.





Faktencheck

Holz

Hohe Bedeutung des massiven Bauens für den Brandschutz

Holz wurde schon von den Urzeitmenschen nicht nur als Brennstoff eingesetzt, sondern diente auch schon früh als Baustoff zum Erstellen einfacher Unterkünfte. Doch bereits in der Antike wurden – wo es möglich war – aus Gründen der Dauerhaftigkeit und des Brandschutzes Bauwerke in Massivbauweise erstellt. Gleichzeitig wurde das massive Bauen zum Ausdruck des Wohlstands. Und je größer und enger bebaut die menschlichen Siedlungen wurden, desto mehr wuchs auch die Bedeutung des massiven Bauens für den Brandschutz.

Schutz für die Städte:

Einsatz nicht brennbarer Baustoffe

Große Stadtbrände legten ganze Städte in Schutt und Asche. Voraussetzung für solche Brandkatastrophen ist zu einem wesentlichen Teil der Einsatz brennbarer Baustoffe gewesen. Das erkannten schon die Lübecker Ratsherren, als sie 1276 nach einem großen Stadtbrand die Umfassungswände von Gebäuden nur noch aus Stein zuließen und feuerfeste Dachdeckungen vorschrieben.

Holz trägt bei einem Feuer zur Brandlast bei

Der Flammpunkt von Holz liegt zwischen 200 °C und 275 °C. Doch bereits bei Temperaturen über 105 °C setzt eine thermische Zersetzung ein. Schon daraus ist zu ersehen, dass Holz anders als Beton bei einem Feuer zur Brandlast beiträgt. Zum Erreichen hoher Feuerwiderstandsklassen müssen tragende Holzbauteile ähnlich wie Stahlbauteile durch Verkleidungen geschützt werden. Nach einem Brand mit Löschwassereinsatz bleibt aber trotzdem meist nur ein Abriss der Konstruktion.

Brandausbreitung und Instandsetzung im Blick

Der Planer muss sich – wie beim Stahlbau – auch bei der Holzbauweise intensiv mit der Brandausbreitung über den Raumabschluss beschäftigen, der hier meist in Leichtbauweise erfolgt. Diese Konstruktionen können höhere Brandschutzklassen nur mit zusätzlichen konstruktiven Aufwendungen und besonderen Dämmstoffen erreichen. Beton ist dagegen als nicht brennbarer Stoff in die Baustoffklasse A1 eingestuft und der einzige

Baustoff, der zur Entfaltung seiner Brandschutzwirkung nicht auf Kühlmaßnahmen oder Bekleidungen bzw. Überdimensionierungen angewiesen ist. Der Erhalt der Tragfähigkeit der Stahlbetonkonstruktion und deren Unempfindlichkeit gegen Löschwasser ermöglicht zudem nach einem Brandfall in den allermeisten Fällen eine Instandsetzung und Weiternutzung des Gebäudes.

**Wohnklima:
Wohlfühlen im Massivbau**

Für das tagsüber schnelle Aufheizen und nachts schnelle Auskühlen von Räumen in Gebäuden in Leichtbauweise – z.B. Holz – hat sich der Begriff „Barackenklima“ eingebürgert. In modernen Gebäuden in Massivbauweise heizen sich nur die in Holzbauweise erstellten Dachgeschosse bemerkbar auf. Die große Wärmespeicherfähigkeit einer Betonwand bzw. -decke sorgt dagegen für ein ausgeglichenes Raumklima, was gerade an heißen Sommertagen wertvoll ist.

**Luftschalldämmung:
Flächengewicht spricht für Beton**

Die geringe Rohdichte der Holzteile sorgt auch für eine entsprechende Hellhörigkeit der Wohneinheiten, hängt doch die Luftschalldämmung einschaliger Bauteile von ihrer flächenbezogenen Masse (Flächengewicht) ab. Das Flächengewicht eines Bauteils steigt mit der Dicke und der Rohdichte des Bauteils. Auch das spricht für Beton in Wand und Decke.

**Hohe Dauerhaftigkeit
von Massivbauten**

Je länger ein Bauwerk ohne hohen Instandhaltungsaufwand genutzt werden kann, desto effizienter ist es. Die beste Aussage über die Nutzungsdauer von Bauwerken unterschiedlicher Konstruktion kann eine Institution treffen, die über eine langjährige Erfahrung in Bau und Nutzung von Immobilien verfügt. Für die Finanzbehörden ist die voraussichtliche Nutzungsdauer eines Gebäudes für die steuerliche Absetzung für Abnut-

zung (AfA) von großer Bedeutung. Die AfA beschreibt den in der Unternehmensbilanz jährlich anzusetzenden Wertverlust des Wirtschaftsguts im Anlagevermögen. Für betriebliche Gebäude in Massivbauweise sind das je Wirtschaftsjahr 3 % der Anschaffungs- oder Herstellungskosten, was eine Nutzungsdauer von 33 Jahren unterstellt.

Die AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle „AV“) des Bundesministeriums der Finanzen sieht aber davon abweichend unter 1.1. für Hallen in Leichtbauweise eine Nutzungsdauer von nur 14 Jahren vor. Die in dieser Tabelle angegebene betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer beruht auf Erfahrungen der steuerlichen Betriebsprüfung. Der jährliche Wertverlust beträgt daher bei diesen Hallen in Leichtbauweise 7,14 %, bei Betriebsgebäuden in Massivbauweise aufgrund der deutlich längeren Nutzungsdauer nur 3 %.

Auf dem Holzweg

Holz nimmt – verglichen mit Massivbaustoffen – deutlich längere Wege vom Gewinnungsort bis zum Verwendungsort. Die Studie „Betrachtungen zur Nachhaltigkeitsqualität der Holzbauweise im Wohnungsbau“ – durchgeführt 2017 von der LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH in Darmstadt im Auftrag der Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V. (DGfM) – geht für heimische Hölzer von einer durchschnittlichen Transportentfernung von 175 km aus. Das ist aber nur die Spitze des Eisbergs: Bei heimischen Nadelhölzern ist bereits heute die Rohstoffsituation äußerst angespannt, so dass im großen Maßstab auch auf Importhölzer zurückgegriffen werden muss. Bei diesen Importhölzern liegt die durchschnittliche Transportentfernung laut Studie sogar bei 950 km. Die durchschnittliche Transportentfernung für Steine-Erden-Rohstoffe setzt die Studie dagegen mit nur 50 km an.



Holzbauteile, die ständig in Kontakt mit dem Erdreich sind, werden in die Gebrauchsklasse 4 nach DIN 68800 eingeordnet und müssen mit Holzschutzmitteln behandelt werden. Deswegen setzt man auch im Holzbau gerne in den erdberührten Bereichen Betonbauteile ein.

Beton widersteht härtesten Umweltbedingungen

Beton als mineralischer Baustoff muss weder pflanzliche noch tierische Schädlinge fürchten. Bei entsprechender Zusammensetzung widersteht er sogar härtesten Umweltbedingungen ohne zusätzlichen Schutz. Selbst Stahlbeton- und Spannbetonbrücken, die dem Meerwasser ausgesetzt sind, werden heutzutage auf Nutzungsdauern von 100 Jahren und mehr bemessen.

Holz als organischer Baustoff ist gegen den Angriff tierischer und pflanzlicher Schädlinge ohne Schutzmaßnahmen nur gefeit, wenn es in seiner Nutzungsphase in trockener Umgebung verwendet wird und die Holzfeuchte unter 20 % bleibt. Ist dies nicht der Fall – und diese Gefahr besteht in Bauwerken fast überall – droht der Befall durch holzzerstörende Pilze und Insekten.

Holzschutzmittel: Norm stellt Notwendigkeit fest

Mindestens ab Gebrauchsklasse 3.2 nach DIN 68800 (Holzbauteile, die ständig der Witterung ausgesetzt sind) ist Holz vorbeugend mit chemischen (biozid wirkenden) Holzschutzmitteln zu behandeln. Auch bei Innenbauteilen werden häufig Anstriche zur Reduzierung der Feuchteaufnahme in Transport- und Bauzuständen und zur Verbesserung der Reinigungsfähigkeit der Oberfläche eingesetzt.



Holz als Konstruktionswerkstoff: Hohe Sicherheitsbeiwerte

Entsprechend seiner Entstehung ist Holz anisotrop und sehr inhomogen. Baumkanten, Faserneigung, Risse, Äste, Insektenfraß und vieles mehr beeinflussen seine Eigenschaften und zwingen zur Einstufung in verschiedene Sortierklassen. Die Belastbarkeit parallel zur Faserrichtung ist deutlich höher als rechtwinklig zur Faserrichtung. Schon ein wenig ästiges Kiefernholz kann 50 % seiner Zugfestigkeit und 10 % seiner Druckfestigkeit gegenüber astfreiem Holz einbüßen.

Auch die Zeitdauer der Belastung spielt eine Rolle: So beträgt die Dauerfestigkeit nur etwa 50 % bis 60 % der Kurzzeitfestigkeit. Diese Einflüsse werden durch entsprechend hohe Sicherheitsbeiwerte bei den Materialkennwerten berücksichtigt.

Betonbauteile bieten sehr hohe Maßgenauigkeit

Beton ist dagegen ein Baustoff, dessen Eigenschaften durch gezielte Auswahl der Betonzusammensetzung in engen Grenzen bestimmbar und auf Dauer einzuhalten sind. Zudem lassen sich Betonbauteile mit sehr hoher Maßgenauigkeit herstellen.

Maßgenauigkeit von Holz hängt stark vom Feuchtegehalt ab

Die Maßgenauigkeit von Holz ist dagegen stark vom Feuchtegehalt abhängig. Vollholz kann sich je nach Schnitt bei Änderung des Feuchtegehalts verdrehen und Risse bilden. Im Hallenbau wird deswegen meist kein Vollholz, sondern Brettschichtholz (BSH, früher auch Leimholz genannt) eingesetzt. Bei Brettschichtholz werden Holzlamellen mittels Kunst-



Halle aus Stahlbetonfertigteilen: Die erwartete Nutzungsdauer von 33 Jahren ist bei einer massiv gebauten Halle laut AfA-Tabellen ungefähr doppelt so hoch wie die von Holzkonstruktionen.



Werden Hallen mit Holz gebaut, wird meist Brettschichtholz (BSH) eingesetzt, um ein Verdrehen des Holzes und Rissbildung durch Änderung des Feuchtegehalts zu reduzieren.

stoffklebern verleimt. Aber auch bei BSH-Bindern über 20 m Länge sind Längenabweichungen bis +/- 20 mm durchaus möglich.

Beton gegen Treibhausgase

Holzwerkstoffe sind beim Einsatz in Bauwerken vor Feuchte zu schützen. Dauernd starker Feuchtigkeit ausgesetztes, ungeschütztes Holz setzt beim Verrotten CO₂ und Methan frei. Methan gilt als Treibhausgas, das 25-mal wirksamer ist als CO₂.

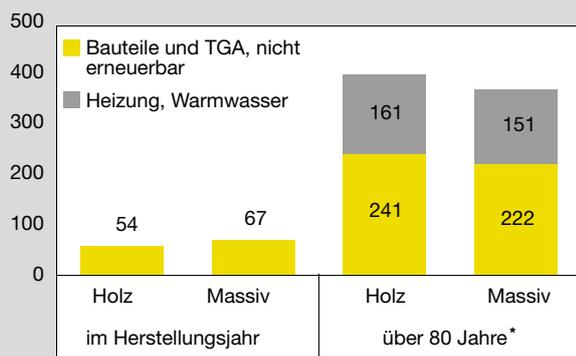
Bei Betonbauteilen dagegen ist der Kontakt mit der Atmosphäre sogar nützlich. So bindet Beton z. B. durch Carbonatisierung CO₂ aus der Atmosphäre und gewinnt dadurch in

diesem Bereich an Festigkeit. Aktuelle Untersuchungen gehen davon aus, dass so immerhin rd. 25 % der CO₂-Prozessemissionen aus der Herstellung des Zements durch Carbonatisierung des Betons und Mörtels wieder gebunden werden können. Im technischen Regelwerk ist die Betondeckung der Bewehrung entsprechend der Umweltbeanspruchung so groß ausgelegt, dass die so genannte Carbonatisierungsfront den Bewehrungsstahl nicht erreicht und dessen Korrosionsschutz über die gesamte Nutzungsdauer gewahrt bleibt. Über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks (50 bzw. 80 Jahre) kommen Stahlbeton- und Holzbauweise auf eine vergleichbare CO₂-Bilanz.

Die lange Lebensdauer und die guten energetischen Eigenschaften während der Nutzungsphase sprechen für den Einsatz mineralischer Baustoffe: Je länger die Nutzungsdauer, desto mehr verschiebt sich auch die Ökobilanz zu ihren Gunsten.

* Im Laufe der 80-jährigen Nutzungsdauer verändern die erforderlichen Instandhaltungsarbeiten die Ökobilanzen. Da die Holzständer-Bauweise mehr Pflege benötigt als Massivbauten aus Mauerwerk und Beton, verschlechtert sich über die Lebensdauer ihre Ökobilanz.

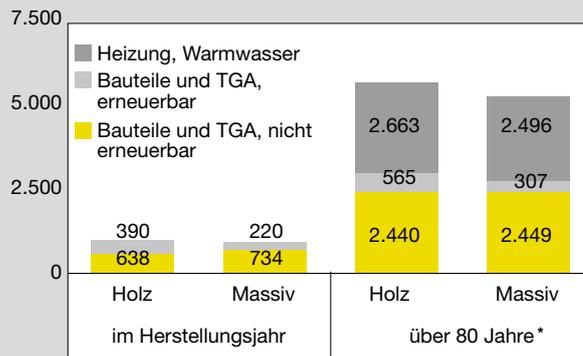
Treibhauspotential [in t CO₂e]



TGA = technische Gebäudeaustattung

Quelle: TU Darmstadt; Studie „Nachhaltigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk“

Primärenergieverbrauch [in GJ]



TGA = technische Gebäudeaustattung

Quelle: TU Darmstadt; Studie „Nachhaltigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk“

Beton – die richtige Wahl auch beim Keller

Zwischen alten, mit Ziegelsteinen gemauerten Kellern und modernen Nutz- und Wohnräumen im Tiefgeschoss liegen Welten. Der Baustoff Beton hat dazu maßgeblich beigetragen.

Globale Erwärmung, das Abschalten von Grundwasserhaltungen und das Entnahmeverbot von Grundwasser machen den Keller aus Beton zum Muss im Wohnungsbau. Denn Keller aus Beton sind auch für hochwertige Nutzungen geeignet.

Beton hält dicht

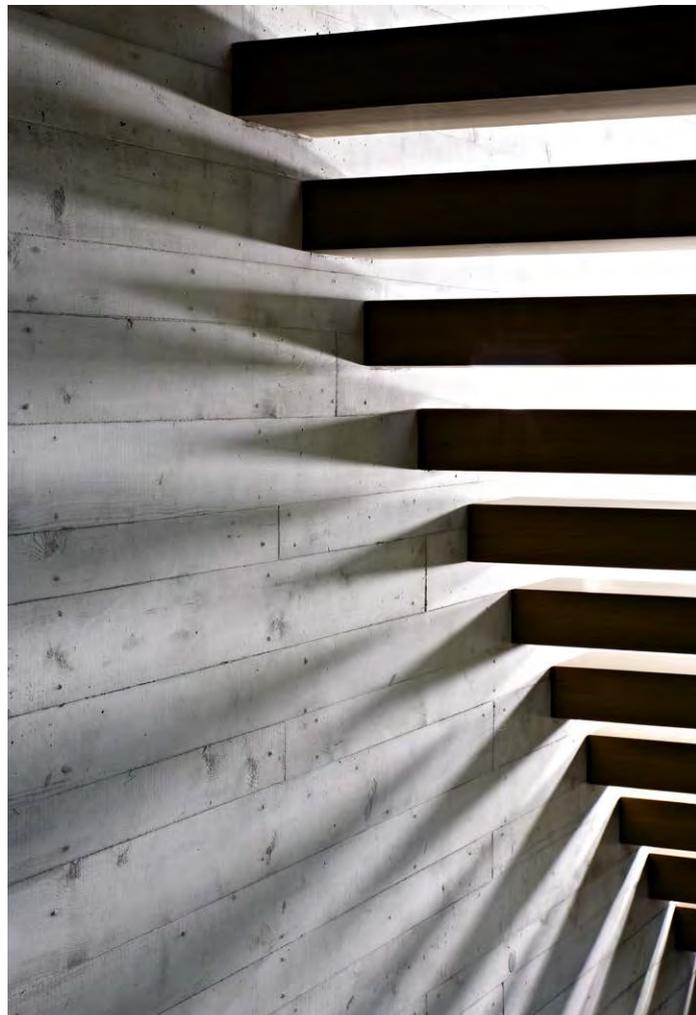
Der Keller aus Beton ist als so genannte Weiße Wanne die dauerhafte und wasserundurchlässige Lösung bei drückendem und nicht drückendem Grundwasser. Bei dem System Weiße Wanne ist der Beton in Wand und Sohle zugleich tragendes Element und Abdichtung. Zusätzliche Schutzschichten oder Abdichtungsmaßnahmen sind in der Regel überflüssig.

Beton ist stark und schlank

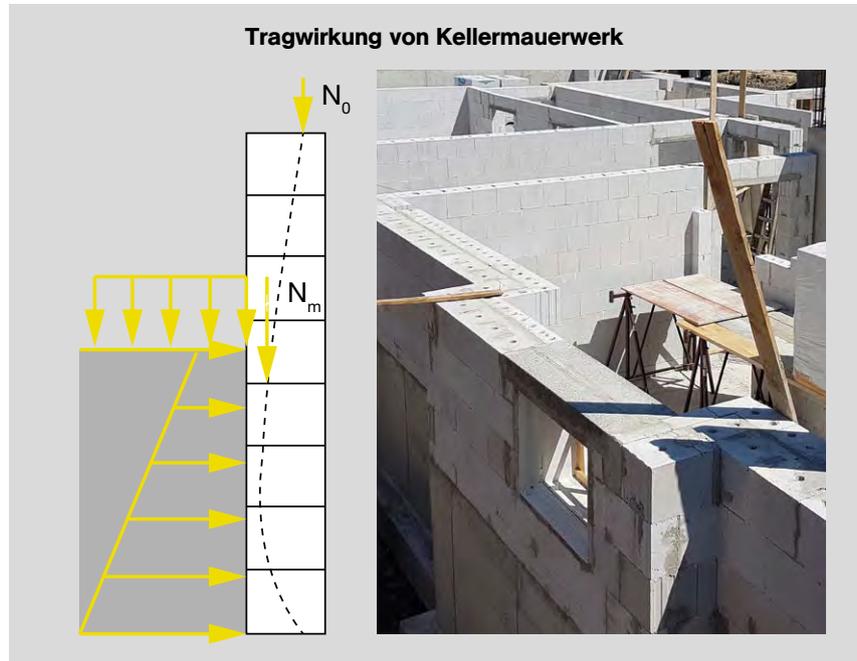
Die hohe Tragfähigkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton ermöglicht zudem schlanke Kellerwände. Dadurch steht im Vergleich zu dickeren Mauerwerkswänden mehr Platz für Wohn- und Nutzfläche bei gleicher bebauter Grundfläche zur Verfügung.

Kellerwände werden nicht nur durch die Vertikallasten aus den oberen Geschossen beansprucht. Zusätzlich

treten durch die Erdanschüttung Horizontallasten auf. Bei Einfamilienhäusern tritt häufig die ungünstige Kombination geringer Vertikallasten (z. B. unter Bereichen großer Fensterflächen oder bei aufgehenden Geschossen in Leichtbauweise) mit hohen Horizontallasten auf. Häufig wird auch schon nach dem Betonieren der Geschossdecke bereits mit dem Verfüllen der Baugrube begonnen, also zu einem Zeitpunkt, zu dem nur geringe Vertikallasten vorhanden sind.



Die meist erforderliche zweiachsige Tragwirkung von erddruckbelastetem Kellermauerwerk kann nur unter bestimmten Bedingungen angenommen werden.

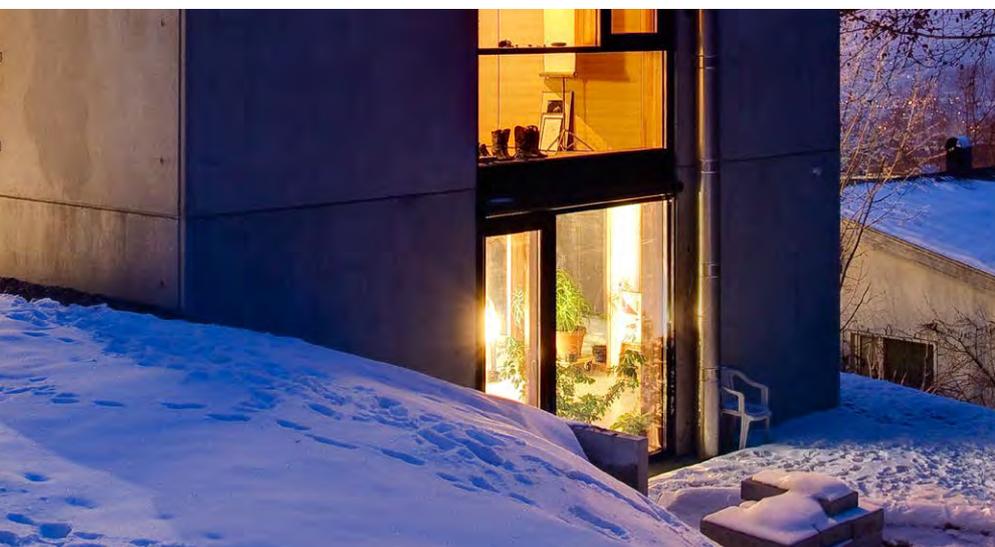


Mauerwerk kann konstruktiv nur Druckkräfte aufnehmen

Im Gegensatz zum Stahlbeton kann Mauerwerk nur in geringen Umfang Zugkräfte aufnehmen. Horizontalkräfte können Wände aus Mauerwerk daher nur in dem Maß aufnehmen, wie Vertikalkräfte die auftretenden Biegezugkräfte überdrücken.

Ein einachsiger Lastabtrag über Biegung mit Normalkraft ist bei Kellerwänden aus Mauerwerk deshalb häufig rechnerisch nicht möglich. Stattdessen muss das Tragverhalten von erddruckbelasteten Kellerwänden über eine Bogentragwirkung modelliert werden. Zur Sicherstellung dieser zweiachsigen Tragwirkung ist am

Wandkopf eine vertikale Mindestauflast erforderlich. Durch eine Erhöhung der Kellerwanddicke oder zusätzliche aussteifende Stahlbetonstützen kann diese erforderliche Auflast reduziert werden.





Bei der Wiederverwertung von mineralischen Baustoffen richtet sich der Fokus immer stärker auf hochwertige Nutzungen.

Engagement für geschlossene Stoffkreisläufe

Mineralische Bauabfälle sind Wertstoffe

Schon bei der Auswahl der Baustoffe gewinnen die Möglichkeiten ihrer Verwertung bzw. ihres Recyclings zum Ende des Lebenszyklus des Bauwerks immer mehr an Bedeutung. Unter Verwertung werden dabei alle Verfahren verstanden, bei denen der Bauschutt einer sinnvollen Verwendung zugeführt wird. Recycling ist dabei das Verwertungsverfahren, bei dem Bauschutt wieder als Baustoff aufbereitet wird.

Verwertung vor Beseitigung

Grundlage für die Verwertung von Bauabfällen ist neben der Gewerbeabfallverordnung das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Ziel der Regelungen ist es, die Kreislaufwirtschaft zur Schonung natürlicher Ressourcen und die Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen zu fördern. Dabei gilt folgende Hierarchie: Abfallvermeidung vor Verwertung vor Beseitigung.

Initiative Kreislaufwirtschaft Bau

Die Initiative Kreislaufwirtschaft Bau, die der Bundesverband Baustoffe Steine Erden (bbs) für die Bauwirtschaft koordiniert, widmet sich seit 20 Jahren der Schaffung geschlossener Stoffkreisläufe bei mineralischen Bauabfällen, zu denen in der Hauptsache Beton zählt.

Verwertungsquote 90 Prozent

Im Jahr 2016 fielen in Deutschland 214,6 Mio. t mineralische Bauabfälle an, darunter 74,5 Mio. t mineralischer Bauabfälle der Fraktionen Bauschutt und Straßenaufbruch. Aus diesen



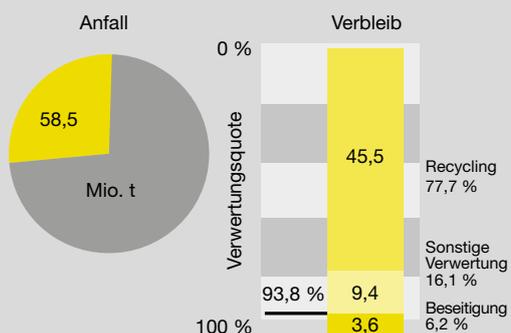
Bauabfällen wurden 60,7 Mio. t Recycling-Baustoffe hergestellt. Rechnet man die Recycling-Gesteinskörnungen aus der Aufbereitung Fraktionen Boden und Steine (11,3 Mio. t) und Baustellenabfälle (0,2 Mio. t) hinzu, waren es 2016 72,2 Mio. t Recy-

cling-Baustoffe. Damit konnten 12,7 % des Bedarfs an Gesteinskörnungen gedeckt werden. Bezogen auf die insgesamt angefallenen mineralischen Bauabfälle konnten ca. 90 % recycelt oder einer sonstigen Verwertung zugeführt werden.

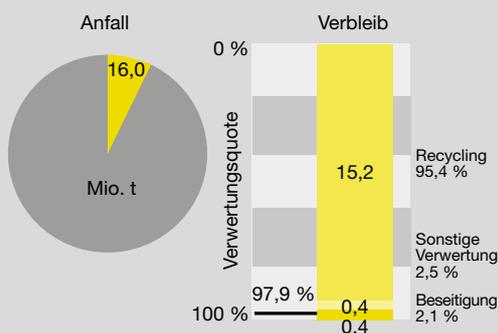
Baustoff-Recycling: Industrie und Wissenschaft arbeiten intensiv an innovativen Verfahren für den Abbruch, bei der Trennung und bei der Aufbereitung.

Anfall von Baurestmasse [in Mio. t], Verbleib [in %]

Bauschutt



Straßenabruch



Bauschutt

Von den angefallenen 58,5 Mio. t Bauschutt wurden 45,5 Mio. t (77,7 %) recycelt. 9,4 Mio. t (16,1 %) wurden im Rahmen der Verfüllung von Abgrabungen und auf Deponien verwertet, während nur 3,6 Mio. t (6,2 %) des angefallenen Bauschutts auf Deponien beseitigt wurden.

Straßenabruch

Von den angefallenen 16,0 Mio. t Straßenabruch wurden 15,2 Mio. t (95,4 %) recycelt. 0,4 Mio. t (2,5 %) wurden im Deponiebau und im Rahmen der Verfüllung von Abgrabungen verwertet. Lediglich 0,4 Mio. t (2,1 %) wurden auf Deponien beseitigt.

Quelle: Kreislaufwirtschaft Bau, Monitoringbericht Mineralische Bauabfälle 2016



Innovative Verfahren setzen Zeichen für die Zukunft

Die Verwertungsmöglichkeiten des Bauschutts hängen von den bautechnischen und umweltrelevanten Eigenschaften sowie der stofflichen Zusammensetzung des Ursprungsmaterials ab. Einen großen Einfluss haben auch die Verfahrensweise beim Abbruch bzw. Rückbau und die eingesetzte Aufbereitungstechnik.

In Zukunft ist mit einer weiteren Verbesserung der Einsatzmöglichkeiten zu rechnen, da Industrie und Wissen-

schaft intensiv an innovativen Verfahren beim Abbruch, bei der Trennung und bei der Aufbereitung arbeiten.

Betonbauteile: Zweiter Lebensweg

Verschiedene Bauteile aus Beton können am Ende der Nutzungsdauer eines Gebäudes im Ganzen demon- tiert und in anderen Bauwerken wiederverwendet werden. Betonstein- pflaster oder Betonplatten werden z. B. beim Bau von Deichen, Bus- und Straßenbahnhaltstellen eingesetzt.

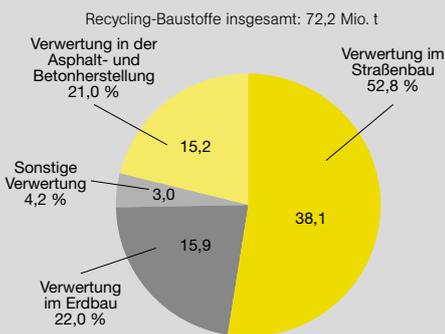
Rezyklierte Gesteinskörnung schont natürliche Ressourcen

Andere Betonbauteile werden nach dem Zerkleinern in Brechanlagen als Gesteinskörnung aufbereitet. Von den Recycling-Baustoffen werden rund 21 % als Gesteinskörnung in der Asphalt- und Betonherstellung eingesetzt. Insgesamt decken die Recycling-Baustoffe heute rund 13 % des Bedarfs an Gesteinskörnung in Deutschland und schonen damit natürliche Ressourcen.

Festbetonrecycling

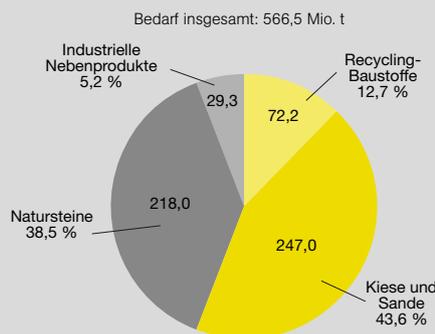
Beim Festbetonrecycling wird alter Beton aus Rückbaumaßnahmen von Bauwerken am Ende ihres Lebenszy- klus aufbereitet und erneut der Be- tonherstellung zugeführt. Der Beton wird dafür zunächst zerkleinert und in einzelne Kornfraktionen getrennt.

Verwertung der Recycling-Baustoffe 2016 [in Mio. t]



Quelle: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016

Deckung des Bedarfs an Gesteinskörnungen 2016 [in Mio. t]



Quelle: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016

Fakt ist:



Schnitt durch einen R-Beton.

Recycling-Beton

Die betontechnologischen Einflüsse der rezyklierten Gesteinskörnung auf die Frischbetoneigenschaften lassen sich beim Mischungsentwurf einfach berücksichtigen. Der Festbeton, der mit rezykliertem Material hergestellt wurde und meist als R-Beton bezeichnet wird, besitzt praktisch dieselben Festigkeiten wie ein Beton, der nur mit natürlichen Gesteinskörnungen hergestellt wurde.

Beton gemäß der DAfStb-Richtlinie mit rezyklierter Gesteinskörnung kann ohne weitere Maßnahmen unter trockenen Umgebungsbedingungen verwendet werden. Der beim Betonrecycling anfallende Betonbrechsand kann auch als Sekundärrohstoff in der Zementherstellung eingesetzt werden.

Altholz aus dem Baubereich

Altholz aus dem Baubereich kann dagegen überwiegend nur thermisch verwertet werden. 80 % der Gesamtmenge des in Deutschland verwerteten Altholzes im Jahr 2009 ging diesen Weg. Der Hintergrund: Konstruktionshölzer für tragende Teile, Holzfachwerk und Dachsparren, Fenster, Fensterstöcke, Außentüren werden mit Holzschutzmitteln

1.

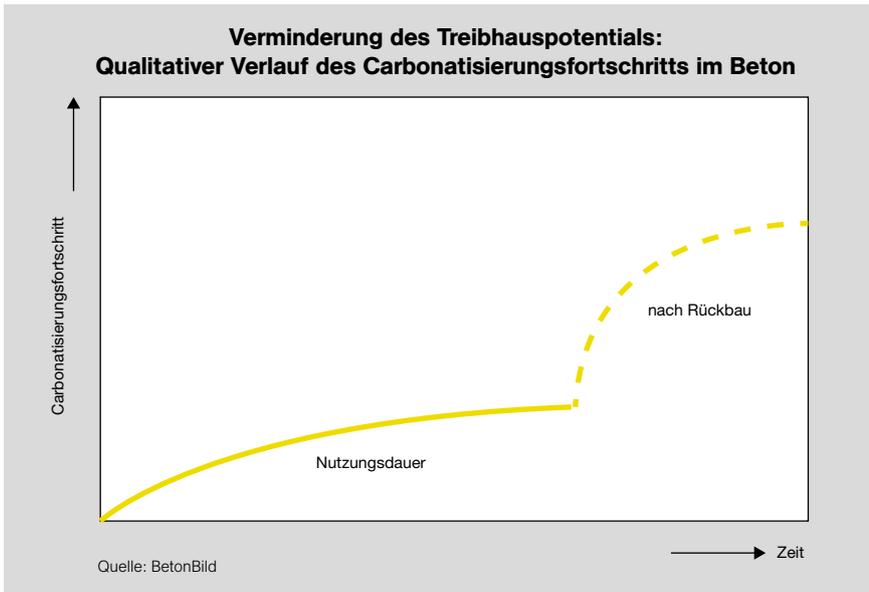
Mineralische Bauabfälle werden schon heute zu 90 % verwertet und so im Stoffkreislauf gehalten.

2.

Recycling-Baustoffe decken inzwischen 13 % des Bedarfs an Gesteinskörnung in Deutschland und schonen damit natürliche Ressourcen.

3.

Die große Oberfläche des beim Recycling zerkleinerten Betons bindet durch Carbonatisierung besonders viel CO₂ aus der Atmosphäre.



Durch Carbonatisierung bindet Beton CO_2 aus der Atmosphäre, besonders intensiv nach dem Abbruch eines Betonbauwerks aufgrund der vergrößerten Oberfläche.

Beton: Carbonatisierung bindet CO_2

Wie bereits erwähnt, bindet Beton an seiner Oberfläche im Laufe der Zeit durch Carbonatisierung wieder einen Teil des CO_2 aus der Atmosphäre, das bei seiner Herstellung freigesetzt wurde. Der größte Teil dieses Effekts fällt dabei in die Zeit nach dem Abbruch eines Betonbauwerks, denn dann ist die der Atmosphäre ausgesetzte Fläche des Betons aufgrund des Brechens besonders groß. Durch die damit verbundene Verminderung des Treibhauspotentials verbessert sich die Umweltbilanz für Beton.

behandelt, um Witterungseinflüssen und Holzschädlingen trotzen zu können. Sie müssen der Altholz-Kategorie A IV zugeordnet werden und dürfen nur in speziellen Verbrennungsanlagen gemäß Bundes-Immissionsschutzverordnung verfeuert werden – z. B. in den Drehöfen der Zementindustrie. Bei der Verbrennung und bei der Kompostierung wird das im Altholz gebundene CO_2 wieder freigesetzt. Betonabbruch dagegen bindet CO_2 .

Neben dem positiven Einfluss auf die Umwelt, wird der Betonabbruch durch die Carbonatisierung dichter und fester. Dies verbessert wiederum seine Eignung als Gesteinskörnung für neuen Beton. Das Ziel eines derzeit laufenden Forschungsprojekts an der Bauhaus-Universität Weimar ist es, diesen Effekt durch eine gezielte Carbonatisierung zu steuern und zu vergrößern.

Beim Neubau des Forschungs- und Laborgebäude der Lebenswissenschaftlichen Fakultät auf den Campus Nord der Humboldt-Universität Berlin kam bei der Herstellung des Betons C30/37 als Gesteinskörnungsfraction 8/16 ein fachgerecht aufbereiteter Altbeton zum Einsatz.



Literatur

Die Analysen dieser Broschüre basieren unter anderem auf dem folgenden Schrifttum:

- Aichele, H.: „Recyclingbeton – ein ressourcenschonender Baustoff in der Praxis“. In beton 9-2017
- Bauen mit Stahl: Stahlbau Arbeitshilfe – Brandschutz für Stützen und Träger. 7. überarb. Auflage 4/99
- Bauhaus-Universität Weimar; Seidemann, M.; Müller, A.; Ludwig, H.-M.: „CO₂-Einbindung in Betonzyklen“. BetonMarketing Deutschland GmbH: Beton-Bauteile für den Wohnungsbau. Erkrath 2008
- BetonMarketing Deutschland GmbH: Energieeffizienz im Hochbau: Wirtschaftshochbau, Erkrath 2008
- BetonMarketing Deutschland GmbH: Energieeffizienz im Wohnungsbau. Erkrath 2013
- BetonMarketing Deutschland GmbH: Nachhaltiges Bauen mit Beton – Ein Fachbeitrag für Architekten, Planer und Bauherren. Erkrath 2011
- Bundesagentur für Arbeit: Sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen der WZ 2008, Stichtag 30.09.2015
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Holzmarktberichte der Jahre 2007 bis 2015
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Verkehr in Zahlen, 2013/2014
- Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V.: Jahresbericht 2016/2017 – Zusammen wirken! Berlin 2017
- Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.: Kalksandstein; Das Lexikon: Bauen und Wohnen. 7. Auflage 2003; Stand: Juni 2005. Hannover 2005
- Dachdecker-Einkauf Süd e.G.: Informationen zur Neufassung der Holzschutznorm DIN 68800
- DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“, Ausgabe 2017-12
- Der Spiegel 50/2016: Auf der falschen Seite, Seite 88f.
- Die Bundesregierung informiert: Magazin für Verbraucher Nr. 004 08/2008
- DIN 68800 „Holzschutz“
- Emissionsverhalten von Holz und Holzwerkstoffen, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2012
- European Cement Research Academy (ECRA): Technical report TR-ECRA 0004/2008 „Release and uptake of carbon dioxide in the life cycle of cement“
- Fengming Xi et al.: „Substantial global carbon uptake by cement carbonation“, Nat. Geosci., Nov. 2016, VDZ-Mitteilungen, 163, Mai 2017
- Graubner, C.-A.: „Nachhaltigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk“, Institut für Massivbau der TU Darmstadt, 2013
- Informationsdienst Holz: Holz als konstruktiver Baustoff. H 597 (12.2008), ISSN-Nr. 04466-2114
- InformationsZentrum Beton GmbH: Erläuterungen zu den Umweltproduktdeklarationen für Beton. Erkrath 2014
- InformationsZentrum Beton GmbH: Umfassender Brandschutz mit Beton. Erkrath 2008
- Kreislaufwirtschaft Bau: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016, Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016
- Locher, F. W.: „Zement – Grundlagen der Herstellung und Verwendung“, Verlag Bau+Technik GmbH. Erkrath 2000
- Lutz, P.; Jenisch, R.; Klopfer, H.; Freymuth, H.; Petzold, K.; Stohrer, M.; Fischer, H.; Richter, E.: „Lehrbuch der Bauphysik: Schall – Wärme – Feuchte – Licht – Brand – Klima“. 5., überarb. A. Verlag B.G. Teubner; Stuttgart 2002
- Lutze; vom Berg: „Handbuch Flugasche im Beton – Grundlagen der Herstellung und Verwendung“. Verlag Bau+Technik GmbH, Erkrath 2009
- Müller, A.; Stürmer, S.: „Aufbereitungstechnik – Status quo und Zukunft“. In beton 9-2017
- Neuhaus, H.: „Lehrbuch des Ingenieurholzbaus“. Springer Vieweg 1994
- Niemz, P.; Sonderegger, W.: „Holzphysik: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe“. Fachbuchverlag Leipzig 2017
- Pestel-Institut: Kurzstudie „Wohngebäudeversicherungen – Kosten in Abhängigkeit von der Bauart“, im Auftrage der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V. (DGfM). März 2017
- REHAU AG: Betonkerntemperierung im Büro- und Verwaltungsbau: Investitionskosten für Heizungs- und Klimatechnik im Systemvergleich. In: Die REHAU Betonkerntemperierung
- Schäfer, B.: „Aufkommen und Verbleib mineralischer Bauabfälle“. In beton 9-2017
- Schulz, U. W.: „Klimasysteme im Lebenszyklus – Praxisrelevante Aussagen mit wissenschaftlichem Anspruch“. In: Extra 7/2011 der Zeitschriften Elektrotechnik ET/HK-Gebäudetechnik; CH-Aarau, 2011
- Statistisches Bundesamt: Außenhandelsstatistik, Abruf über Genesis-online am 12.12.2016
- Statistisches Bundesamt: Bodenfläche nach Nutzungsarten, 2016

Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Forstwirtschaftliche Bodennutzung, Holzeinschlagstatistik, Fachserie 3, Reihe 3.3.1, April 2015

Themenheft DAfStb-Fachsymposium, Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen, In beton 9-2017

Umweltbundesamt: Studie „Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung“ (10/2011) des Beratungsunternehmens Ecofys Germany GmbH im Auftrag des Umweltbundesamts

Uponor Rohrsysteme GmbH: Kostenvergleich Klimaanlage – Kühldecke – Betonkernaktivierung, Hassfurt 2005

Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2017. Düsseldorf, August 2018

Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Zahlen und Daten 2018 – Zementindustrie in Deutschland

Weber, R.: „Guter Beton Ratschläge für die richtige Betonherstellung“. Verlag Bau+Technik GmbH, Erkrath 2014

Welzbacher, Ch. R.: „Verhalten von nach neuen thermischen Modifikationsverfahren behandelter Fichte und Kiefer unter besonderer Berücksichtigung der Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Mikroorganismen“. Hamburg 2007

World Wildlife Fund for Nature (WWF): „Illegaler Holzeinschlag und Deutschland“ – Eine Analyse der Außenhandelsdaten“, April 2008

Zement-Merkblatt B1, Zemente und ihre Herstellung, Hrsg. InformationsZentrum Beton GmbH, Ausgabe 9/2017

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168690/umfrage/verwertungswege-von-altholz-in-deutschland/>

[https://de.wikipedia.org/wiki/Gebrauchsklasse_\(Holzschutz\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Gebrauchsklasse_(Holzschutz))

<https://www.beton.org>

http://www.chemie.de/lexikon/Holz.html#Thermische_Eigenschaften

https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Flaechennutzung/Tabellen/Tabellen_Bodenflaeche.html

<http://www.proholz.at/zuschnitt/40/materialeigenschaften-im-vergleich/>

<https://www.transportbeton.org>

<http://www.uba.de/uba-info-medien/4262.html>

<https://www.umweltbundesamt.de>

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaechen-boden-land-oekosysteme/flaechen/struktur-der-flaechennutzung#textpart-1>

<https://www.umweltbundesamt.de/verkehr/laerm/strassen-und-schiene-verkehr.htm>

<https://www.zement-verbindet-nachhaltig.de>

Bildverweise

Cover	BetonBild
S. 3	EM2N Architekten Zürich / Hannes Henz, Architekturfotograf
S. 4	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 5	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 6/7	CEMEX
S. 8	HeidelbergCement AG / SteffenFuchs
S. 9	Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ)
S. 10	HeidelbergCement AG / SteffenFuchs
S. 11	HeidelbergCement AG / SteffenFuchs
S. 12	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 14	Prüflabor Jouaux
S. 15	fotolia / pitb_1
S. 16 oben	TBN Transportbeton NordGmbH & Co. KG
S. 16 unten	123RF / awrangler
S. 17	fotolia / Jurapix
S. 18	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 19	Straßen- und Tiefbau GmbH / Volker Müller
S. 20	HeidelbergCement AG / Steffen Fuchs
S. 20/21	Haus Thalmair / InformationsZentrum Beton/Peters
S. 21 unten	Betonoase / HeidelbergCement AG / Steffen Fuchs
S. 22/23	Behnisch Architekten / David Matthiessen
S. 22 unten	BetonBild
S. 23 unten	PERI
S. 24	Haus Thalmair / InformationsZentrum Beton/Peters
S. 24 unten	Geothermiezentrum der Hochschule Bochum
S. 25	Nolting
S. 26	fotolia / mahey
S. 27	Grafik Verlag Bau+Technik GmbH
S. 28 oben	fotolia / lazyllama
S. 28 unten	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 29	BetonBild / Stephan Falk
S. 30	fotolia / Petair
	fotolia / bofotolux
	fotolia / mahey
	fotolia / GIBLEHO
S. 31 oben links	Grafik Verlag Bau+Technik GmbH
S. 31 oben rechts	fotolia / Countrypixel
S. 32	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 33 oben links	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 33 oben rechts	fotolia / Countrypixel
S. 34	BetonBild / Guido Erbring
S. 35 oben rechts	Verlag Bau+Technik GmbH
S. 35 unten links	Concrete Rudolph GmbH
S. 36	Fraunhofer IRB
S. 37	Kleemann GmbH
S. 38	Rhoda Erdmann Haus / Cemex/Armin Okulla
S. 39 oben links	Holcim Kies und Beton GmbH
S. 39 rechts	fotolia / spuno
S. 40	Rhoda Erdmann Haus / Cemex / Lüning

InformationsZentrum Beton GmbH

Steinhof 39
40699 Erkrath
Telefon 0211 28048-1
erkrath@beton.org
www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin

Kochstraße 6-7
10969 Berlin
Telefon 030 3087778-0
berlin@beton.org

Büro Hannover

Hannoversche Straße 21
31319 Sehnde
Telefon 05132 502099-0
hannover@beton.org

Büro Beckum

Neustraße 1
59269 Beckum
Telefon 02521 8730-0
beckum@beton.org

Büro Ostfildern

Gerhard-Koch-Straße 2 + 4
73760 Ostfildern
Telefon 0711 32732-200
ostfildern@beton.org