

Nachhaltigkeitsstrategie Gebäudemanagement 2020

Holzbau – Eine klimaschonende Alternative zur konventionellen Bauweise?

Möglichkeiten zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen bei der Auswahl des Baumaterials



Universitätsstadt Tübingen
Hochbau und Gebäudemanagement
Technisches Rathaus
Brunnenstraße 3, 72074 Tübingen

denis.marsala@tuebingen.de

T 07071 204-2684

Inhalt

1. Grundsatz	2
2. Klimafußabdruck der Beton- und Zementindustrie	5
3. Technische Potentiale zur Treibhausgasminderung in der Zement-Herstellung	5
4. Möglichkeiten für die Universitätsstadt Tübingen zur Reduzierung der THG-Emissionen aus konstruktiven Baustoffe im Hochbau.....	7
4.1 Materialsubstitution.....	7
4.2 Klimaschutzkriterien für die Vergabe von öffentlichen Bauaufträgen.....	10
5. Fazit / Ausblick.....	12
Literaturverzeichnis.....	13

1. Grundsatz

Der Klimawandel ist für die Menschheit eine große Herausforderung, nach den Worten von UN-Generalsekretär Ban Ki Moon sogar die größte Gefahr in der Geschichte der Menschheit: «Wir haben uns noch nie solch einer Herausforderung gegenüber gesehen.»

Bedingt durch seine hohe atmosphärische Konzentration ist Kohlendioxid nach Wasserdampf das wichtigste Klimagas. Die globale Konzentration von Kohlendioxid ist seit Beginn der Industrialisierung um gut 44 % gestiegen. Demgegenüber war die Kohlendioxid-Konzentration in den vorangegangenen 10.000 Jahren annähernd konstant.

Ein ungebremster Ausstoß der Treibhausgase könnte das Klimasystem derart verändern, wie dies in den vergangenen 100.000 Jahren nicht vorgekommen ist. Vermehrte Extremwetterereignisse, veränderte Niederschläge, das Abschmelzen der Polkappen und Gletscher, ein steigender Meeresspiegel und die Versauerung der Ozeane sind bereits heute die Folge ([1] BMU, 2019). Der Klimawandel betrifft die Existenz der gesamten Menschheit, ihre Gesundheit und Ernährung. Er vernichtet Äcker auf Dauer, lässt Wasser versiegen, Tiere und Pflanzen aussterben. Er verändert Ökosysteme, die sich in Zehntausenden von Jahren entwickelt haben ([9] Greenpeace, 2019). Wir Menschen der Gegenwart gefährden heute mit unserem Verhalten zweifelsohne die Lebensgrundlage zukünftiger Generationen. Der hohe Verbrauch an nicht nachwachsenden Rohstoffen und fossiler Energieträger ist nicht nachhaltig und wird irreversibel erhebliche Schäden auf unserem Planeten an unserer Nachwelt hinterlassen.

2017 lag die gesamte Treibhausgas-Konzentration bei 493 ppm Kohlenstoff-Äquivalenten (siehe Abbildung 2 „Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre“). Um die angestrebte Stabilisierung zu erreichen, müssen die globalen Treibhausgas-Emissionen gesenkt werden. In den meisten Szenarien des Welt-Klimarates (IPCC) entspricht dies einer Menge von weltweiten Treibhausgas-Emissionen zwischen 30 und 50 Milliarden Tonnen (Mrd. t) Kohlendioxid-Äquivalenten im Jahr 2030. Im weiteren Verlauf bis 2050 müssten die Emissionen weltweit zwischen 40 % und 70 % unter das Niveau von 2010 gesenkt werden und bis Ende des Jahrhunderts auf nahezu null sinken. Dazu sind verbindliche Zielsetzungen im Rahmen einer globalen Klimaschutzvereinbarung erforderlich ([14] UBA, 2019).

Im Dezember 2015 vereinbarte die Staatengemeinschaft auf der 21. Vertragsstaatenkonferenz unter der Klimarahmenkonvention (COP21) das Klimaschutz-Übereinkommen von Paris. Darin ist zum ersten Mal in einem völkerrechtlichen Abkommen verankert, dass die durchschnittliche globale Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad begrenzt werden soll. Darüber hinaus sollen sich die Vertragsstaaten bemühen, den globalen Temperaturanstieg möglichst unter 1,5 Grad zu halten. Enorme Anstrengungen sind notwendig, um dieses Ziel zu erreichen, und zwar nicht nur in Deutschland, sondern in allen Staaten, insbesondere den Industrienationen ([14] UBA, 2019).

Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittel)

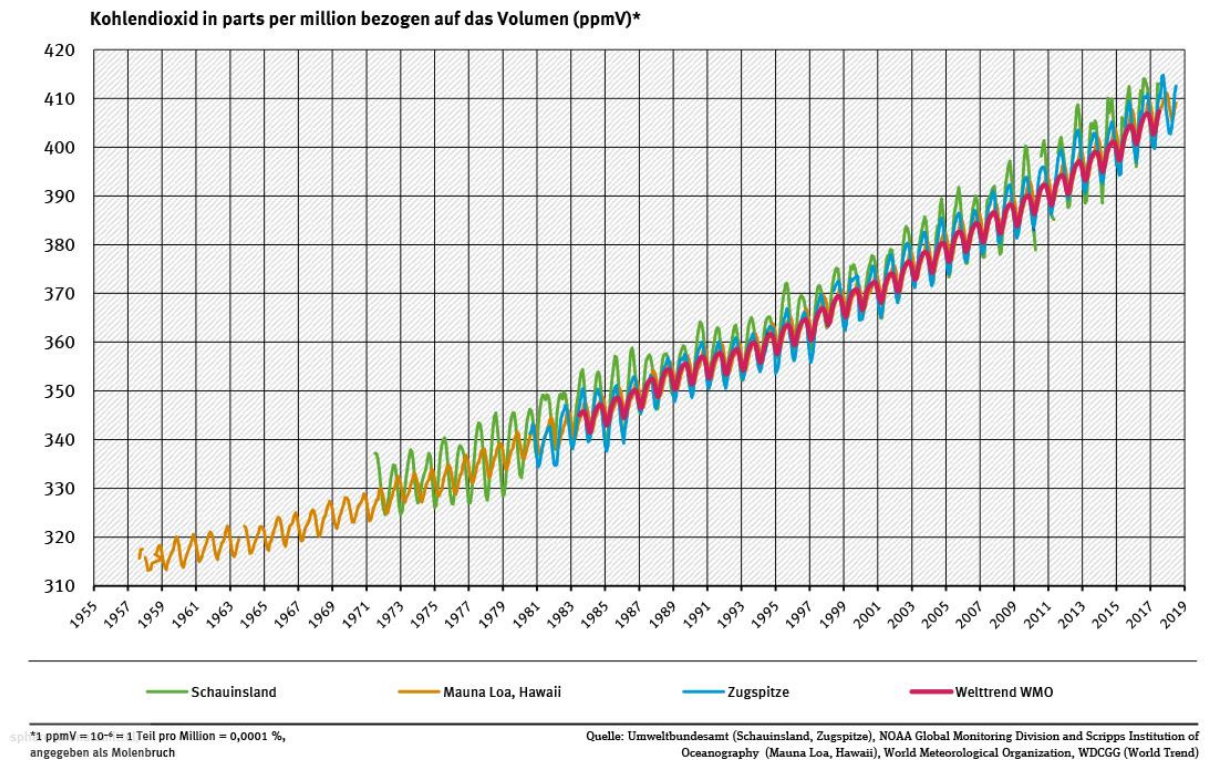


Abbildung 1 Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre (Monatsmittel) ([14] UBA, 2019)

Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre (Kohlendioxid, Methan, Lachgas und F-Gase)

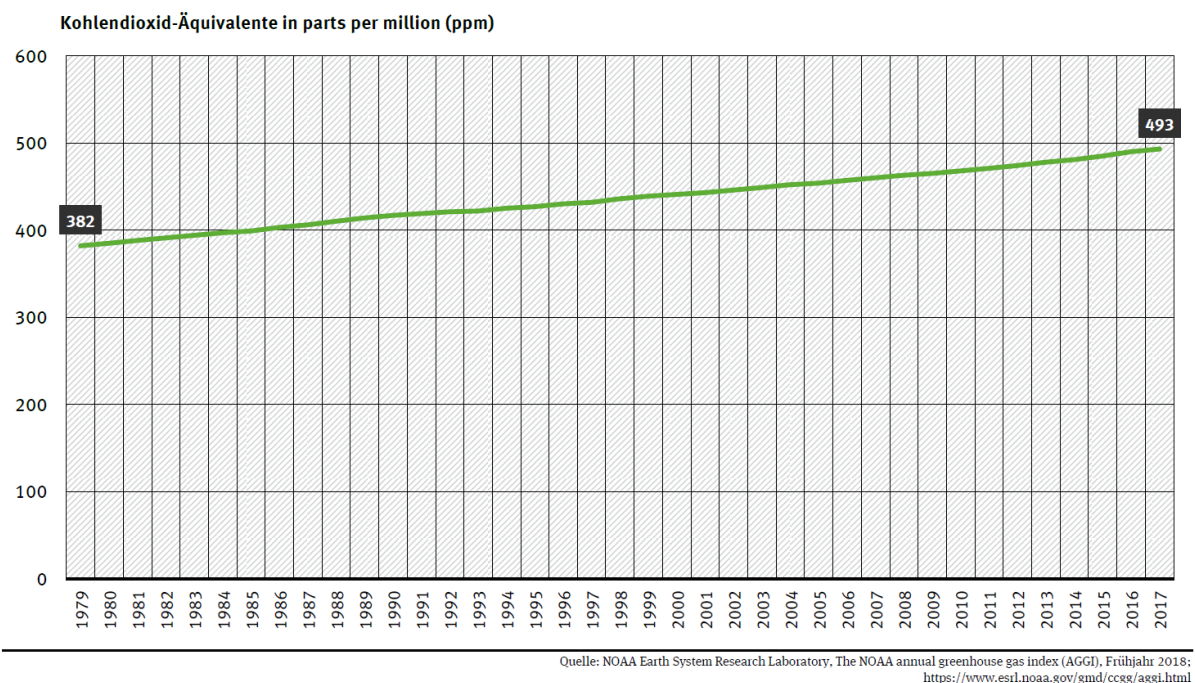


Abbildung 2 Treibhausgas- Konzentration in Atmosphäre in ppm ([14] UBA, 2019)

Nachhaltigkeit definiert eine Entwicklung, welche die Bedürfnisse aller Menschen der Gegenwart befriedigen soll, ohne die von künftigen Generationen zu gefährden. Den Begriff „Nachhaltigkeit“, der erstmals von Carl von Carlowitz 1713 in seinem Werk „Silvicultura oeconomica“ geprägt wurde, stammt aus der Forstwirtschaft. Kein anderer relevanter Wirtschaftszweig hat sich über Jahrhunderte

ähnlich zielführend mit Blick auf die Bedürfnisse kommender Generationen verhalten. Dies spiegelt sich auch im heutigen Selbstverständnis der Forstwirtschaft wider.

Die verstärkte Nutzung von Biomasse ist eine der effizientesten Maßnahmen zum Klimaschutz ([3] Pröll, 2006). Dabei ist es egal, ob die Biomasse konventionelle Energieträger substituiert, oder konventionelle nicht nachwachsende Rohstoffe.

Biomasse ist nachwachsende Solarenergie und speziell Holz ein Multitalent zwischen Natur und Technik. Es kann als Kohlenstoffspeicher, Universalbaustoff, Werkstoff, Rohstoff oder als Energieträger verwendet werden. Innovative Techniken und Technologien ermöglichen, dass immer noch mehr unterschiedliche Produkte aus Holz generiert werden können. Der Beitrag der deutschen Forst- und Holzwirtschaft zum Klimaschutz ist heute schon beträchtlich. Durch Speicherung von CO₂ in den Wäldern und in Holzprodukten, sowie durch energetische und stoffliche Substitution werden ca. 14% der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen eingespart ([5] WBAE/WBW, 2016).

Steigende Bevölkerungszahlen auf unserem Planeten und stetig wachsender Wohnungsknappheit führen weltweit zu einem immer noch größeren Bedarf an Baustoffen. So hält der globale Bauboom an, und so wächst vor allem in aufstrebenden Schwellenländern der Hunger nach Beton – und damit nach dem Bindemittel Zement. Die konventionelle Bauweise mit (nicht nachwachsendem) Zement, Sand und Kies ist nicht nachhaltig und belastet das Klima sehr. Zum einen ist es sehr energieintensiv den Zement herzustellen, zum anderen emittiert der Rohstoff für Zement, Kalk, selbst CO₂. Etwa 50 Prozent davon entstehen durch die Entsäuerung des Kalksteins und 50 Prozent durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe bei der Herstellung. Der globale Verbrauch, welcher derzeit bei ca. 4,65 Mrd. Tonnen Zement ([6] Cembureau, 2017) liegt, wird laut Prognosen aufgrund der Bevölkerungsentwicklung, der Urbanisierung und dem zunehmenden Infrastruktur-Aufbau bis 2050 um 12 – 23 % im Vergleich zu 2014 ([7] IEA, 2018) steigen ([8] WWF, 2019).

Aus Klimaschutzsicht ist es daher zwingend notwendig, Möglichkeiten einer CO₂-armen bis CO₂-freien Zement-Herstellung zu finden und großmaßstäblich umzusetzen ([8] WWF, 2019). Noch wirkungsvoller ist es, den Beton durch alternative und nachhaltige Baustoffe zu ersetzen.

Eine gute Möglichkeit im Hochbau Beton zu substituieren stellt der Holzbau dar. Mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz steht unter der Voraussetzung eines nachhaltigen und regionalen Anbaus und einer Nutzung ein klimafreundlicher Baustoff zur Verfügung. Zur Sicherstellung einer umweltgerechteren und sozialverträglicheren Forst- und Holzwirtschaft ist dabei in Deutschland mindestens auf eine FSC-Zertifizierung (Forest Stewardship Council) zu achten. Dass sich mit modernen Holzbau-Konstruktionen Anforderungen hinsichtlich Wärme-, Schall- und Brandschutz sowie Wirtschaftlichkeit hervorragend erfüllen lassen, verdeutlichen zahlreiche gebaute Beispiele ([10] Cheret, 2013) ([8] WWF, 2019).

Auch die Universitätsstadt Tübingen steht in der Verantwortung das Klima zu schützen und ressourceneffizient zu bauen. Die Stadt soll auch nachfolgenden Generationen als lebenswerte Stadt erhalten bleiben. Dafür ist der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen eine wichtige Voraussetzung ([11] Universitätsstadt Tübingen).

Im Folgenden soll erörtert werden, inwiefern die Stadt in Hochbaumaßnahmen Möglichkeiten hat, die durch konventionelle Baustoffe verursachten Treibhausgasemissionen zu reduzieren und durch klimaschonendere Varianten zu substituieren.

2. Klimafußabdruck der Beton- und Zementindustrie

Beton und dessen Bindemittel Zement verursachen weltweit einen immensen CO₂-Fußabdruck. Die Zement-Herstellung ist einer der emissionsintensivsten Industrieprozesse überhaupt. Deshalb ist der Klimaschaden, der durch die Verwendung von Zement entsteht, beträchtlich: 2 % der deutschen Treibhausgasemissionen und 8 % der globalen Treibhausgasemissionen werden durch die Zementherstellung verursacht. Verwendet wird Zement für die Herstellung von Beton im Bauwesen. Es ist zu erwarten, dass der Bedarf weltweit wächst, denn die bauphysikalischen Eigenschaften von Beton machen ihn zu einem unverzichtbaren Grundstoff für Infrastrukturausbau und Gebäude.

Einerseits werden für den Brennvorgang, bei dem das Ausgangsmaterial Kalkstein zu (Zement-) Klinker gebrannt wird, sehr hohe Temperaturen benötigt (1.450°C). Dies führt zu einem hohen Brennstoffverbrauch und damit zu hohen energiebedingten Emissionen. Andererseits führt die chemische Reaktion beim Brennen zu einer Freisetzung von CO₂, weil eine Entsäuerung des Kalksteins stattfindet. Zudem entstehen Emissionen durch den Stromverbrauch beim Mahlen und den Transport der Rohstoffe und der Endprodukte ([8] WWF, 2019). In Summe ergibt sich ein durchschnittliches Treibhausgaspotential von 587 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne Zement in Deutschland ([12] VDZ / IBU, 2017).

Im Hochbau verursacht heute im Bestand, über den gesamten Lebenszyklus gesehen, vor allem der Gebäudebetrieb gegenüber der Bausubstanz den größeren CO₂-Fußabdruck. Durch stetige Verbesserungen im energetischen Bereich und steigende Standards wird sich dieses Verhältnis in Zukunft verschieben. Heute liegen wir bei etwa 50% betrieblichen Emissionen und 50% Emissionen durch Graue Energie beim Bau. Hierbei werden die Dringlichkeit und der Handlungsbedarf verdeutlicht, dem die Beton- und Zementindustrie ausgesetzt ist, denn die Relevanz der Zementindustrie zum Thema Klimaschutz wird in Zukunft noch weiter ansteigen. Diese Thematik wird in der folgenden Grafik verdeutlicht:

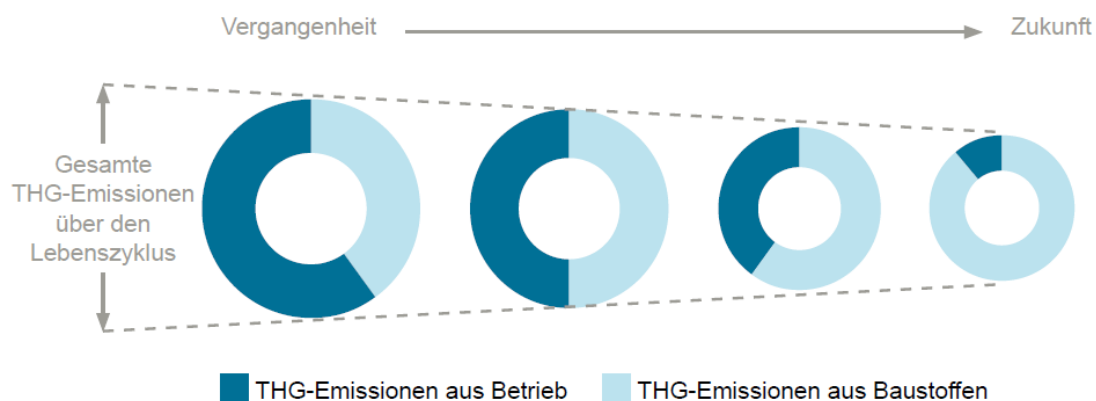


Abbildung 3 Projizierter Trend der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus ([8] WWF, 2019) ([13] Forestry Innovation Investment, 2017)

3. Technische Potentiale zur Treibhausgasminderung in der Zement-Herstellung

Zur Reduzierung der THG-Emissionen bei der Herstellung von Zement, existieren mehrere technische Lösungen die im Folgenden kompakt zusammengefasst werden:

1. Recycling-Beton

Beton kann recycelt werden. Der Klimaschutzbeitrag von Recycling-Beton ist je nach Anwendungsfall und Transportaufkommen allerdings – mit einer Reduktion der CO₂-Emissionen der Gesteinskörnungen um lediglich ca. 7 % ([15] ECRA, 2015) gering bzw. teilweise sogar negativ ([15] ECRA, 2015). Dies liegt daran, dass lediglich der Kiesanteil, nicht jedoch der emissionsintensive Klinkeranteil durch zerkleinerten Beton, substituiert wird und ferner der Energiebedarf für das Zerkleinern und Mahlen unverändert bleibt bzw. sich sogar vergrößert ([8] WWF, 2019). Dennoch entsteht durch den Abriss und der Wiederverwendung ein nachhaltiger stofflicher Kreislauf. Der Verbrauch von Primärmaterialien wird hierdurch reduziert. Es ist darauf zu achten woher der Recycling-Beton stammt, denn weite Transportwege können den positiven Effekt wieder relativieren.

2. Energieeffizienz und Materialsubstitution

Knapp 50% der Emissionen bei der Zementherstellung entstehen bei der Herstellung. Die Emissionen entstehen energiebedingt durch die Wärmebereitstellung für den Brennprozess im Hochofen (Brennstoffe), den Stromverbrauch für Mahl-, Mühl- und Förderprozesse sowie den Transport der Rohstoffe ([8] WWF, 2019). Der Strom und die Brennstoffe sollten in Zukunft vermehrt aus erneuerbaren Energien stammen. Auf diese Weise könnte die energieintensive Zementindustrie einen großen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

3. CO₂-Abscheidung

Wie bei der Kraftwerkstechnik besteht auch bei der Herstellung von Zement die Möglichkeit das entstandene CO₂ bevor es als Treibhausgas in die Atmosphäre gelangt abzuscheiden und zu speichern (CCS Carbon Capture and Storage) und es in anderen Prozesse wieder zu verwenden (CCU Carbon Capture and Utilization). Nach der Abscheidung steht das CO₂ in konzentrierter Form für diverse Anwendungszwecke zur Verfügung. Über die bloße Speicherung bzw. Einlagerung (CCS), z. B. in leeren Gasfeldern oder unterirdischen, porösen Gesteinsschichten, hinaus, ist vor allem eine Nutzung (CCU) für andere Industrie-Prozesse sinnvoll.

Gespeichertes CO₂ kann u.a. bei der Karbonatisierung mineralischer Rohstoffe, der Biologische Verwertung verschiedenster Prozesse, beim Erzeugen von Synthesegas sowie von synthetischen Brenn- und Treibstoffe (Power-to-Gas/Power-to-Liquid) wieder verwendet werden. Bei der Abscheidung und bei der Speicherung von CO₂ wird ebenfalls Energie benötigt. Sie ist stromintensiv und sollte deshalb ebenfalls mit Effizienz- und Substitutionsmaßnahmen (z.B. erneuerbaren Energien) kombiniert werden. Außerdem sei gesagt, dass die Folgeprodukte das gebundene CO₂ nicht auf Dauer speichern, sondern anschließend z.B. in Verbrennungsmotoren wieder freigesetzt werden. Es muss für jeden Einzelfall abgewogen werden, ob eine CCS- / CCU-Maßnahme ökologisch sinnvoll ist.

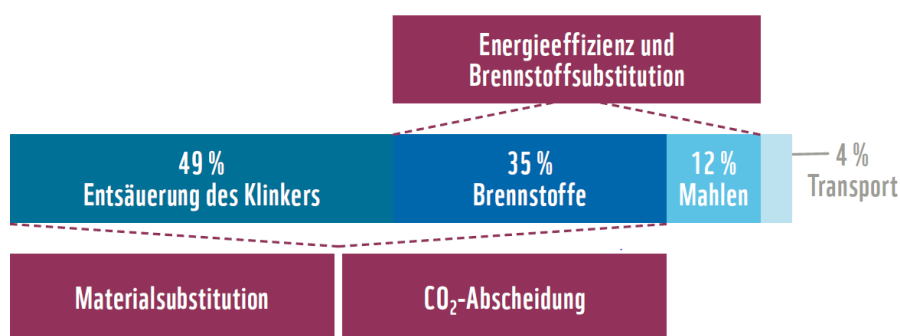


Abbildung 4 Aufteilung der THG-Emissionen von Zement und zugehörige Reduktions-Strategie ([16] Maddalena et al., 2018) ([8] WWF, 2019)

4. Möglichkeiten für die Universitätsstadt Tübingen zur Reduzierung der THG-Emissionen aus konstruktiven Baustoffe im Hochbau

4.1 Materialsubstitution

Aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche und den bauphysikalischen Eigenschaften des Betons kann dieser als Baumaterial nicht vollständig ersetzt werden. Wo allerdings möglich, zum Beispiel in Anwendungsfällen mit geringeren statischen, Brandschutz-, und Schallschutz-Anforderungen, können klimafreundlichere Materialien verwendet werden ([8] WWF, 2019). Es gibt dennoch verschiedene Möglichkeiten die THG-Emissionen, die durch den Einsatz von Zement im Hochbau entstehen, zu reduzieren:

a) Verwendung von Beton mit verringertem Zementanteil

Neben einem vollständigen Ersatz von Beton bieten sich auch etwaige Verbund-22 oder Hohlkörperkonstruktionen ([19] Cobiax) sowie neuartige, hochfeste Bewehrungen, z. B. Carbon ([20] CCC), oder Infralichtbeton mit hohem Luftgehalt ([21] sbp) an, um den Betonverbrauch zu reduzieren. Obwohl diese neuartigen Betonkonstruktionen einen Klimaschutzbeitrag leisten können, sind einige Nachhaltigkeitsaspekte noch ungeklärt, z. B. das Recycling von zusätzlichen Bau- und Kunststoffen ([8] WWF, 2019).

b) Verwendung von Beton mit verringertem Klinkeranteil im Zement

Für den verbleibenden Bedarf, bei dem Beton nicht ersetzt werden kann, z. B. im Tunnel- und Grundbau und bei Gebäuden mit hohen statischen Anforderungen, sollten klimafreundlichere Betone und Zemente verwendet werden. Der Klimafußabdruck von Beton und Zement kann vor allem durch eine Verringerung des Klinkeranteils minimiert werden. Dazu kann der Anteil von Klinker am Zement, aber auch der Zementanteil an der Betonmischung reduziert werden. Dies kann durch die Beimischung verschiedenster anderer (Sekundär-) Rohstoffe, welche über ähnliche chemisch-physikalische Eigenschaften verfügen, geschehen. Häufigste Substitutionsmaterialien sind derzeit Flugasche aus Steinkohlekraftwerken ([23] WIN e.V., 2016) und Hüttensand aus der Stahlproduktion ([22] BASF, 2013).

c) Ersatz des Baustoffs Beton durch Holz

Eine gute Möglichkeit im Hochbau stellt hierfür der Holzbau dar. Mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz steht unter der Voraussetzung eines nachhaltigen und regionalen Anbaus ein klimafreundlicher Baustoff zur Verfügung ([8] WWF, 2019). In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft nicht unter dem Diktat der Profitmaximierung stehen darf, die sich durch die erkennbaren Folgen von Monokultur, Pestizid- und Düngeinsatz sowie Gentechnik bereits als kurzlebiger Irrtum erwiesen hat ([18] DBUm, 2016). Zur Sicherstellung einer umweltgerechteren und sozialverträglicheren Forst- und Holzwirtschaft ist dabei in Deutschland mindestens auf eine FSC-Zertifizierung (Forest Stewardship Council) zu achten ([8] WWF, 2019).

Dank neuen Werkstoffen aus Holz, neuen Verarbeitungstechnologien und Materialkombinationen wird das Anwendungsgebiet für Holz immer breiter. Statisch anspruchsvolle Konstruktionen wie Straßenbrücken, Industrie- und Sporthallen oder mehrstöckige Wohn- und Bürogebäude werden ebenso aus Holz hergestellt wie dekorative und funktionale Innenausbauten und Möbel ([27] Lignum, 2016).

Der Wirtschaftszweig wird von klein- und mittelständischen Betrieben dominiert, die fast ausschließlich im ländlichen Raum und in Familienunternehmen organisiert und somit besonders stark in die Regionalstrukturen eingebunden sind ([24], 2016). Der Rohstoff Holz trägt auf diese

Weise bei, dass die sonst in so vielen Bereichen benachteiligten ländlichen Regionen wirtschaftlich gestärkt werden und eine überproportionale regionale Wertschöpfung entsteht. Im Cluster Forst & Holz (ohne Druckereien und Verlage) arbeiten in Deutschland ca. 700.000 Menschen ([2] BMEL, 2017).

Mit der Regionalität der Zementindustrie verhält es sich ähnlich wie mit dem der Holzwirtschaft. Die Zement- und Betonindustrie ist stark regional organisiert, was vor allem an dem hohen Transportaufwand liegt. Einerseits ist der Transport von Zement, Beton und der Rohstoffe zu ihrer Herstellung (Sande, Kiese etc.) aufgrund der hohen Transportgewichte aufwändig. Andererseits schränkt die physikalisch begrenzte Transportfähigkeit die Lieferzeit bzw. -distanzen von Transportbeton auf ca. 40 min bzw. rund 25 km ein ([8] WWF, 2019). Allerdings besteht die Zementindustrie im Vergleich zur deutschen Holzwirtschaft eher aus größeren Unternehmen. Mit einem Mix aus mittelständischen und großen Unternehmen gliedert sich die deutsche Zementindustrie insgesamt in 22 Unternehmen und 53 Werke ([26] VDZ, 2019). 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind in der deutschen Zementindustrie derzeit beschäftigt ([26] VDZ, 2019).

Holz ist gespeicherte Sonnenenergie, gleichzeitig ist in Holz auch CO₂ gespeichert, welches vorher der Atmosphäre entzogen wurde. In einem m³ Holz befinden sich ca. 2,6 MWh gespeicherte Sonnenenergie (absolut trocken) und 900 kg gespeichertes CO₂ ([18] DBUm, 2016). Die gespeicherte Energie und der gespeicherte Kohlenstoff bilden in Holzbauten einen Speicher in dem sie über 30 bis 100 Jahre gebunden bleiben ([24] Pech, 2016). Wird bei einem Gebäude das Ende des Lebenszyklus erreicht, muss geschaut werden, was mit den Materialien weitergehend geschieht. Stoffe, die einen Heizwert haben dürfen nicht deponiert werden und können weiterverwertet oder thermisch genutzt werden (Strom- und Wärmeerzeugung). Bei Letzterem wird das CO₂ wieder freigesetzt und der Atmosphäre als THG-Emission zurückgegeben.

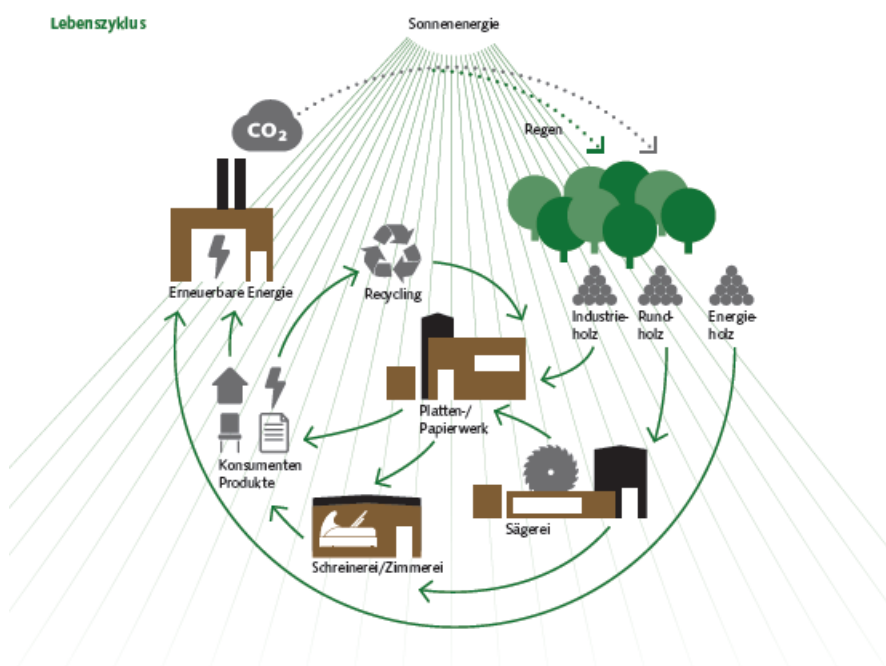


Abbildung 5 Lebenszyklus Holz ([27] Lignum, 2016)

Trotz dieses vorgegebenen Entsorgungsszenarios wird die Entlastungsfunktion des Holzbaus für die Atmosphäre mit Reduktionspotenzialen bei Neubauten von 32-74 Prozent gegenüber der Standardbauweise deutlich ([18] DBUm, 2016) . Bei Modernisierungsmaßnahmen im Bestand ergab

die Studie ein Reduktionspotential der THG-Emissionen von 19 – 46% (Vergleich Holzbau zu Standard-Bauweise). In dieser Publikation der Professur für Entwerfen und Holzbau der TU München zur Ausstellung im Martin-Gropius-Bau in Berlin (21. Oktober 2016 – 15. Januar 2017) wurden zahlreiche Gebäude detailliert untersucht. Dabei wurde der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen mit der konventionellen Bauweise aus mineralisch-synthetischen Baustoffen, in einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren, miteinander verglichen:

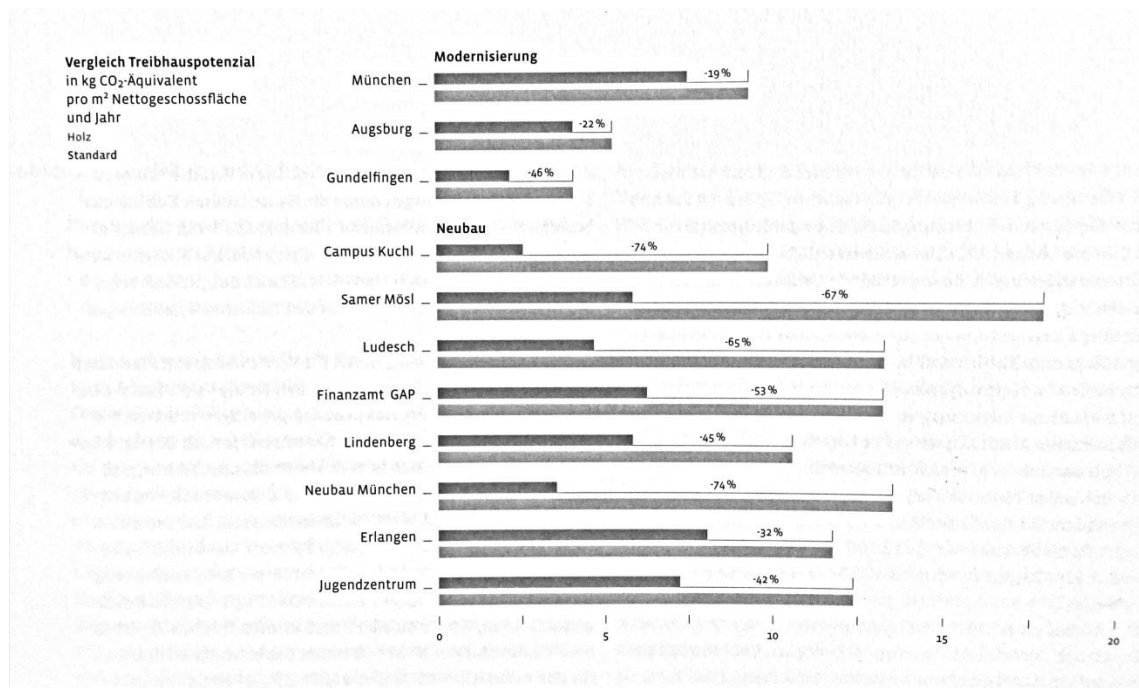


Abbildung 6 Vergleich Treibhauspotential Holz und Standard ([18] DBUm, 2016)

Die Lebensdauer von der konventionellen Bauweise mit Beton kann unter guter Ausführung sehr langlebig sein (z.B. Pantheon in Rom). Das Selbige gilt auch für Holzkonstruktionen. Wichtig ist es bei beiden Varianten auf eine korrekte Ausführung zu achten und das weitere Bauteile (z.B. Fassade) klar getrennt werden und bei der Betrachtung in ihren Lebensdauern unterschieden werden. Es darf in diesem Zusammenhang deutlich darauf hingewiesen werden, dass nach der österreichischen Norm ÖNORM B 2320 [139] „Wohnhäuser aus Holz“ mit einer Lebensdauer von Holzhäusern gerechnet werden darf, die ident mit mineralisch massiv gebauten Häusern ist ([24] Pech, 2016). Durch äußere Einflüsse werden sowohl der Beton als auch das Holz in seiner Langlebigkeit begrenzt. Temperaturen, Feuchtigkeit, biologische Einflüsse, Erschütterungen oder Wind sind Beispiele dafür, wie die Bausubstanz an ihre Grenzen gebracht werden kann.

Beim konventionellen Betonbau endet der Baustoff nach der Lebensdauer auf der Deponie oder wird recycelt. Die Universitätsstadt Tübingen hat sich in Vergangenheit darauf verständigt, dass bei der Verwendung von Beton Recycling-Beton verwendet wird. Dies ist heute in der Fachabteilung 8 Hochbau und Gebäudemanagement der allgemeine Konsens. Auch wenn der Beitrag zum Klimaschutz dadurch nicht immens ist (nur ca. 7% Senkung der THG-Emissionen ([25] SfsU Berlin, 2015)), dennoch wird durch Wiederverwendung der Betonteile vor Ort ein nachhaltiger Kreislauf geschaffen und der Abbau von Primärmaterialien reduziert ([8] WWF, 2019).

Gebäude können je nach Anforderung im Holzrahmenbau, Skelettbau, Holzmassivbau oder im Blockbau ausgeführt werden:

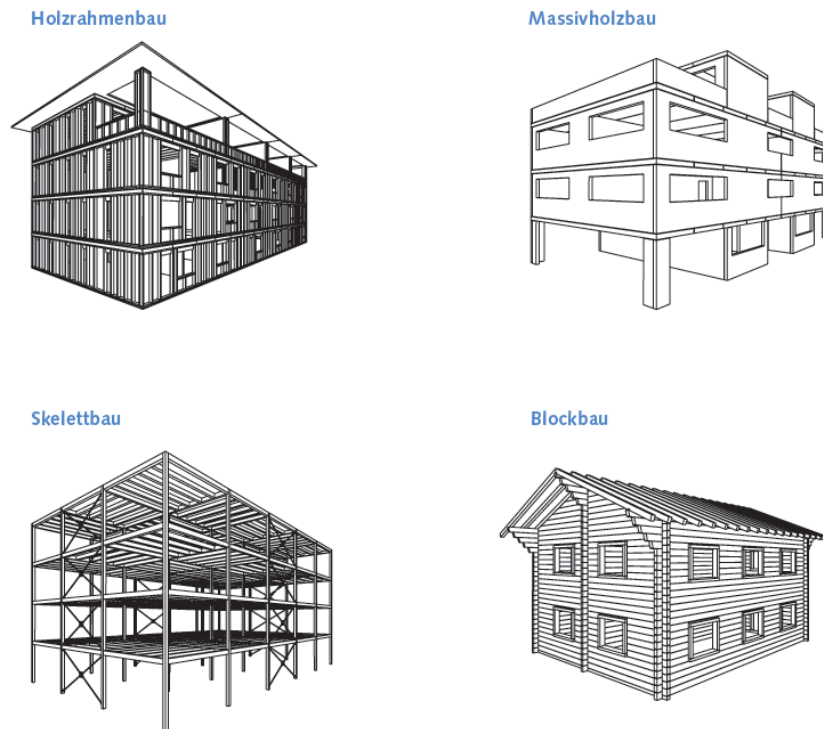


Abbildung 7 Holzbausysteme ([27] Lignum, 2016)

Holzbau kann auch mit anderen Bauweisen kombiniert werden. Holz lässt sich auch im Verbund mit Stahl oder Beton effizient nutzen. Dabei wird Stahl meist für Knoten und Verbindungen verwendet oder zur Übernahme von Zugkräften. Auch Holz-Beton-Verbindungen führen zu optimierten Konstruktionen, welche die Vorteile beider Materialien vereinen. Gerade für die Brandsicherheit in Gebäuden wird auf die Kombination von mineralischen Stoffen mit Holz zurückgegriffen ([27] Lignum, 2016). In der Hybridbauweise werden Bauteile aus Stahlbeton, Beton oder Backstein mit Bauteilen aus Holz kombiniert. Als Hybridbauteile haben sich Holz-Beton-Verbundsysteme (HBV) in Decken bewährt. Gerne werden massive Stützen-Platten-Bauten mit vorgesetzten Außenwänden aus Holz kombiniert. Solche Leichtbaufassaden sind bedeutend leichter und dünner als Kompaktfassaden mit Backstein. Dank dem Einsatz von Holz hat ein Gebäude in Hybridbauweise ebenfalls eine bessere Ökobilanz als ein Gebäude in Massivbauweise ([27] Lignum, 2016).

4.2 Klimaschutzkriterien für die Vergabe von öffentlichen Bauaufträgen

Bis auf in den Bundesländern Baden-Württemberg ([30] MUE, 2016) und Berlin ([31] SVUVK), welche den Einsatz von Recycling-Beton aktiv unterstützen, existieren keine Maßnahmen der öffentlichen Hand zur Rohstoffeffizienz oder Dekarbonisierung der Beton- und Zementindustrie. Zum einen aufgrund des mangelnden Problembewusstseins seitens der jeweiligen Bauherren, Verwaltungsangestellten und Planer ([8] WWF, 2019). Zum anderen bestehen Unsicherheiten und Fehlinterpretationen bezüglich des sogenannten Wirtschaftlichkeitsgebots bei Ausschreibungen von Hoch- und Tiefbauprojekten. Dies führt dazu, dass oft nach wie vor der niedrigste Preis das zentrale und oft einzige Entscheidungskriterium für die Vergabe von öffentlichen Bauaufträgen darstellt und bei klimafreundlicheren Betonen und Zementen höhere Preise vermutet werden ([28] Chiappinelli, 2017). Diese Vermutung ist nicht immer richtig, denn klimafreundlichere Betone und Zemente können preislich gleichwertig bis vorteilhaft sein ([29] Proske et al., 2012). Allerdings ist zu erwarten, dass bei ernsthaften Dekarbonisierungsbemühungen, die über das Stadium der preiswertesten

Maßnahmen hinausgehen, auch Mehrkosten entstehen. Trotz des Wirtschaftlichkeitsgebots existieren Möglichkeiten für den Einsatz klimafreundlicherer Betone und Zemente ([8] WWF, 2019).

Wie bereits erwähnt wird beim FB 8 der Universitätsstadt Tübingen bei der Verwendung von Beton darauf geachtet, dass Recycling-Beton eingesetzt wird. Für die Stadt wäre es weitergehend eine Möglichkeit klimafreundlicheren Beton zu verbauen. Recycling-Beton hat mit Hinsicht auf die THG-Emissionen nur einen geringfügigen Verbesserungs-Effekt. Besser wäre es klimafreundlichen Beton mit verringertem Zementanteil zu verwenden und dies auch schon bei der Vergabe zu berücksichtigen.

Das europäische und deutsche Vergaberecht ermöglichen bzw. verpflichten teilweise sogar zur Berücksichtigung von Umweltkriterien bei der öffentlichen Beschaffung. Zahlreiche existierende Arbeitshilfen und Tools unterstützen Anwender bei der entsprechenden Ausschreibung ([8] WWF, 2019).

Eine Möglichkeit wäre einen fiktiven CO₂-Preis für die öffentliche Hand zu generieren. Zur Bewertung des Klimaschutzaspekts in Ausschreibungen kann die Reduktion der THG-Emissionen mit dem Angebotspreis verrechnet werden. Dazu muss die Emissionsintensität des Angebots für das Bauvorhaben bewertet und in Abhängigkeit von der Emissionsintensität finanzielle Abschläge festgelegt werden. Aus der Kombination des Angebotspreises und diesen prozentualen Abschlägen ergibt sich dann ein fiktiver, interner Angebotspreis, welcher die Entscheidungsgrundlage bildet. Der Vorteil dieser Methodik liegt darin, dass weiterhin der Preis das entscheidende Kriterium bleibt. Anwendung findet diese Methodik bei der Rijkswaterstaat- Behörde in den Niederlanden ([32] GPP 2020, 2014) ([8] WWF, 2019).

5 Fazit / Ausblick

Beton und dessen Bindemittel Zement verursachen weltweit einen immensen CO₂-Fußabdruck. Aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche und den bauphysikalischen Eigenschaften des Betons kann dieser als Baumaterial nicht immer vollständig ersetzt werden. Er kann jedoch in vielen Fällen durch klimafreundlichere und nachhaltig erwirtschaftete Baustoffe substituiert werden.

Eine gute Alternative bietet im Hochbau der Holzbau, denn die Entlastungsfunktion des Holzbaus für die Atmosphäre bei Neubauten und bei Sanierungsmaßnahmen gegenüber der konventionellen Bauweise ist beachtlich. Daher wird der Holzbau die bevorzugte Bauweise für städt. Bauvorhaben.

Unter der Voraussetzung, dass das verwendete Holz aus regionaler und nachhaltiger Forstwirtschaft stammt, schont der Holzbau Ressourcen und fördert die Wertschöpfung im ländlichen Raum. Gerade in Baden-Württemberg ist Holz ein wichtiger Rohstoff und Energieträger, dank des hohen Waldanteils steht es in reichem Maße regional zur Verfügung.

Bei Einzelfallentscheidungen sollte zukünftig der CO₂-Fußabdruck bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen berücksichtigt werden (60 €/Tonne CO₂). Somit wird die Ökologie zusammen mit der Wirtschaftlichkeit ein entscheidendes Kriterium bei der Auswahl unserer Bausubstanzen. Konkrete Verfahren zur Vorkalkulation eines CO₂-Fußabdrucks werden hierzu entwickelt.

Literaturverzeichnis

- [1] BMU. (07. 06 2019). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Berlin, Berlin, Deutschland.
- [2] BMEL. (12 2017). Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. *Charta für Holz 2.0*.
- [3] Pröll. (2006). *Bericht des Ministers a.D. Josef Pröll, Lebensministerium Österreich*. Wien: proHolz AUSTRIA.
- [4] UBA. (08. 05 2019). *Umweltbundesamt Nachhaltige Waldwirtschaft*. Abgerufen am 07. 06 2019 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/nachhaltige-waldwirtschaft#textpart-5>
- [5] WBAE/WBW. (2016). Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz, Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. *Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung*.
- [6] Cembureau. (2017). Activity Report 2017 Brussels. *Cembureau The European Cement Association*.
- [7] IEA. (2018). Technology Roadmap – Low-Carbon Transition in the Cement Industry. *Internationale Energieagentur*.
- [8] WWF. (2019). Klimaschutz in der Beton und Zementindustrie Hintergrund und Handlungsoptionen.
- [9] Greenpeace. (11. 06 2019). Greenpeace e. V. Wenn das Klima kollabiert. Hamburg.
- [10] Cheret. (2013). Cheret, Schwaner, Seidel - Urbaner Holzbau. Berlin.
- [11] Universitätsstadt Tübingen. (kein Datum). *Klima und Umwelt*. Abgerufen am 11. 06 2019 von www.tuebingen.de: <https://www.tuebingen.de/4.html>
- [12] VDZ / IBU. (2017). Umwelt-Produktdeklaration (EPD) Durchschnittlicher Zement Deutschland.
- [13] Forestry Innovation Investment. (2017). Embodied Carbon of Buildings and Infrastructure.
- [14] UBA. (12. 06 2019). Umweltbundesamt Atmosphärische Treibhausgas-Konzentrationen. Dessau-Roßlau.
- [15] ECRA. (2015). European Cement Research Academy Closing the loop: What type of concrete re-use ist the. *European Cement Research Academy*.
- [16] Maddalena et al. (2018). Can Portland cement be replaced by low-carbon alternative materials? A study on the thermal properties and carbon emissions of innovative cements. *Zusätzlich wurde folgende eigene Annahme miteinberechnet: 100 km Transport mit LKW nach Ökobaudat*.
- [17] TU Delft. (2015). Universität Leiden, TU Delft Closed-loop economy: Case of concrete in the Netherlands. *Universitaet Leiden, TU Delft*.
- [18] DBUm. (2016). *Deutsche Bundesstiftung Umwelt Bauen mit Holz Wege in die Zukunft*. (H. K. Nerdinger, Hrsg.) München, Bayern, Deutschland: Prestel.
- [19] Cobiax. (kein Datum). www.cobiax.com. *Heinze Cobiax Deutschland GmbH*. Wiesbaden.
- [20] CCC. (kein Datum). *C³ – Carbon Concrete Composite e. V.* Abgerufen am 12. 06 2019 von World Trade Center Dresden: <https://www.bauen-neu-denken.de/>
- [21] sbp. (kein Datum). *sbp gmbh*. Abgerufen am 12. 06 2019 von stuttgart@sbp.de: <http://infrleichtbeton.de/>
- [22] BASF. (2013). ECO-Zement – Energieeinsparung und CO₂-Minderung bei der Zementproduktion durch die Herstellung hüttensandreicher Zemente mit verbesserter Anfangsfestigkeit.
- [23] WIN e.V. (2016). Flugasche als Betonzusatzstoff.
- [24] Pech. (2016). *Holz im Hochbau Theorie und Praxis Sonderband Baukonstruktionen*. Basel: Birkhäuser.
- [25] SfsU Berlin. (2015). Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin. *Dokumentation zum Einsatz von ressourcenschonendem Beton*.
- [26] VDZ. (13. 06 2019). Verein Deutscher Zementwerke e.V. <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/brancheneueberblick/zementwerke-in-deutschland/>. Düsseldorf, NRW.
- [27] Lignum. (2016). Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich. *Argumente für den Holzbau*.

- [28] Chiappinelli. (2017). Chiappinelli, Zipperer Öffentliche Beschaffung als Dekarbonisierungsmaßnahme: Ein Blick auf Deutschland, DIW-Wochenbericht Nr. 49/2017.
- [29] Proske et al. (2012). Stahlbetonbauteile aus klima- und ressourcenschonendem Ökobeton. In: Beton- und Stahlbetonbau (Volume 107, Issue 6, 06/2012).
- [30] MUE. (2016). Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. *Bericht zu Recycling-Beton veröffentlicht; Landtag Baden-Württemberg: Drucksache 16/1694; Programmsystem Nachhaltiges Bauen in Baden-Württemberg: Nachhaltigkeitskriterium 3 – Nachhaltige Ressourcenverwendung bei Holz- und Betonbauteilen.*
- [31] SVUVK. (kein Datum). Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin Einsatz von RC-Beton bei.
- [32] GPP 2020. (2014). Construction of a low-carbon motorway exit.