Nachhaltig bauen mit Beton – Planungshilfe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton

FOLIENSATZ DES DAFSTB – AUSGABE OKTOBER 2022

Nachhaltig bauen mit Beton

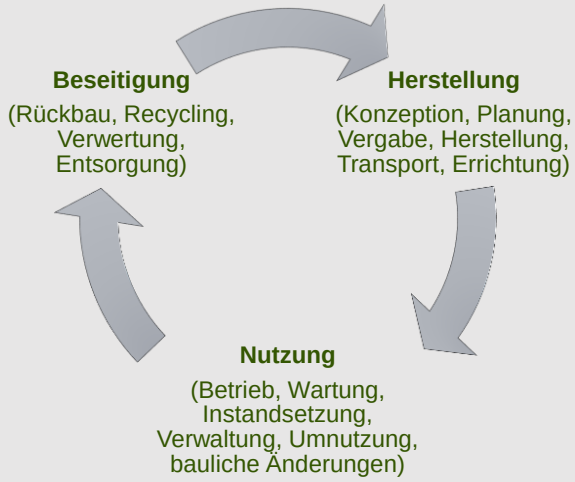
- **3 Grundprinzipien des nachhaltigen Bauens**
- **Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb**
- **Der Stadtbaustein: Referenzgebäude zur Planungshilfe (DAfStb-Heft 588)**
- **Roadmap „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb**

Nachhaltiges Bauen – Grundprinzipien

1. **Betrachtung des Gesamtgebäudes**

Nachhaltiges Bauen – Grundprinzipien

1. **Betrachtung des Gesamtgebäudes**
2. **Betrachtung des gesamten Lebenszykluses**



Nachhaltiges Bauen – Grundprinzipien

dafstb

1. **Betrachtung des Gesamtgebäudes**
2. **Betrachtung des gesamten Lebenszykluses**
3. **Ganzheitliche Betrachtung**

Ökologische Qualität 22,5 %

- Treibhauspotenzial
- Risiken für die lokale Umwelt
- Primärenergiebedarf
- Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen
- Flächeninanspruchnahme
- Ozonschichtabbaupotenzial
- Ozonbildungspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Überdüngungspotenzial
- Nachhaltige Materialgewinnung/Biodiversität

Ökonomische Qualität 22,5 %

- Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus
- Flächeneffizienz
- Anpassungsfähigkeit

Soziokulturelle und funktionale Qualität 22,5 %

- Thermischer Komfort
- Innenraumlufthygiene
- Akustischer Komfort
- Visueller Komfort
- Einflussnahmemöglichkeiten durch Nutzer
- Aufenthaltsqualitäten
- Sicherheit
- Barrierefreiheit
- Zugänglichkeit
- Mobilitätsinfrastruktur
- Gestalterische und städtebauliche Qualität
- Kunst am Bau

Technische Qualität 22,5 %

Schallschutz Wärme- und Tauwasserschutz Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit Rückbau, Trennung und Verwertung Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren Bedienungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der TGA

Prozessqualität 10,0 %

Projektvorbereitung Integrale Planung Komplexität und Optimierung der Planung Ausschreibung und Vergabe Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung Baustelle/Bauprozess Qualitätssicherung der Bauausführung systematische Inbetriebnahme

Nachhaltiges Bauen – Grundprinzipien

dafstb

1. **Betrachtung des Gesamtgebäudes**
2. **Betrachtung des gesamten Lebenszykluses**
3. **Ganzheitliche Betrachtung**

Ökologische Qualität 22,5 %

- Treibhauspotenzial
- Risiken für die lokale Umwelt
- Primärenergiebedarf
- Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen
- Flächeninanspruchnahme
- Ozonschichtabbaupotenzial
- Ozonbildungspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Überdüngungspotenzial
- Nachhaltige Materialgewinnung/Biodiversität

Ökonomische Qualität 22,5 %

- Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus
- Flächeneffizienz
- Anpassungsfähigkeit

Soziokulturelle und funktionale Qualität 22,5 %

- Thermischer Komfort
- Innenraumlufthygiene
- Akustischer Komfort
- Visueller Komfort
- Einflussnahmemöglichkeiten durch Nutzer
- Aufenthaltsqualitäten
- Sicherheit
- Barrierefreiheit
- Zugänglichkeit
- Mobilitätsinfrastruktur
- Gestalterische und städtebauliche Qualität
- Kunst am Bau

Technische Qualität 22,5 %

Schallschutz Wärme- und Tauwasserschutz Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit Rückbau, Trennung und Verwertung Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren Bedienungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der TGA

Prozessqualität 10,0 %

BBQ-Konzept der neuen DIN 1045:2022

Projektvorbereitung Integrale Planung Komplexität und Optimierung der Planung Ausschreibung und Vergabe Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung Baustelle/Bauprozess Qualitätssicherung der Bauausführung systematische Inbetriebnahme

Oktober 2022 UDO WIENS (DAFSTB) 6

Nachhaltig bauen mit Beton

- 3 Grundprinzipien des nachhaltigen Bauens
- **Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb**
- Der Stadtbaustein: Referenzgebäude zur Planungshilfe (DAfStb-Heft 588)
- Roadmap „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb

Umsetzung der Grundprinzipien in der Planungshilfe

Nachhaltig bauen mit Beton – Planungshilfe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb)

1 Allgemeines

Zunehmende Rohstoffknappheit, begrenzter Deponieraum und das Erfordernis zur Reduktion von CO_2-Emissionen sind die globalen Vorgaben, die von nachhaltigen Gebäuden u. a. einen geringen Verbrauch von Rohstoffen und Energie ebenso wie eine größtmögliche Nutzungsflexibilität und Wiederverwendbarkeit oder Dauerhaftigkeit der Funktion im Bauwerk fordern. Sie müssen ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Ansprüchen gerecht werden, gleichzeitig eine hohe technische Qualität bieten sowie auf die Prozesse des Bauwesens abgestimmt sein. Weiterhin sollen die Gebäude für den Nutzer behaglich sein und dürfen dessen Gesundheit nicht beeinträchtigen. Das spezifische Anforderungsprofil des Bauherrn legt deshalb fest, mit welchen Schwerpunkten die zahlreichen Kriterien der Nachhaltigkeit, wie sie z. B. im Zertifizierungssystem des Bundesbauministeriums [1] verankert sind, gegeneinander abgewogen werden sollen. Alle Maßnahmen dieser Planungshilfe richten sich an folgenden wesentlichen Zielen der Nachhaltigkeit aus:

- eine unverzügliche und drastische Reduzierung der CO_2-Emissionen als Maßnahme zum Klimaschutz,
- Vorsorge leisten für die bereits vorhandenen Folgen des Klimawandels,
- Ressourcenschonung und Materialoptimierung.

Quelle: www.dafstb.de, September 2021 (Vorstandsbeschluss)

Anlass und Ziele der Planungshilfe

- **Anlass**
  - Zunehmende Rohstoffverknappung
  - Erfordernis zur Reduktion von CO_2-Emissionen (Gesetze, Verordnungen)
- **Ziele**
  - Unverzügliche Reduzierung der CO_2-Emissionen als Maßnahme zum Klimaschutz
  - Vorsorge leisten für die Folgen des Klimaschutzes (Adaption/Mitigation)
  - Ressourcenschonung und Materialoptimierung
- **Zielgruppe**
  - Investoren, Bauherren, Planende (Objektplaner, Tragwerkplaner, TGA-Planer), Baustoffhersteller, Ausführende, Vertreter der Bauaufsicht
- **Zielgebäude**
  - Wohnungsbauten, Verwaltungsgebäude, Veranstaltungsbauten, Einkaufszentren, Industriehallen

Gliederung der Planungshilfe

1	**Allgemeines**
2	**Hinweise für die Planung**
2.1	Allgemeine Planungsgrundsätze
2.2	Einflüsse auf einzelne Nachhaltigkeitsaspekte
2.2.1	Ressourcenschonung und Klimaschutz
2.2.2	Flächen- und Volumeneffizienz
2.2.3	Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit
2.2.4	Thermischer Komfort
2.2.5	Schallschutz und Raumakustik
2.2.6	Wärmeschutz
2.2.7	Brandschutz, Dauerhaftigkeit und Robustheit
2.2.8	Recycling und Wiederverwendbarkeit
3	**Hinweise zum Baustoff**
3.1	Umweltproduktdeklarationen für Beton
3.2	Übertragung auf das Gebäude
3.3	Hinweise zur Baustoffwahl und –optimierung
4	**Auswirkungen von Planungsentscheidungen auf die Bauausführung**
5	**Zusammenfassung**
6	**Literatur**
Anhang: Erläuterungen	

Hinweise für die Planung – Allgemeines

- **Partnerschaftliche Zusammenarbeit**
  - Rechtzeitige Festlegung der wesentlichen Ziele
  - Ganzheitliche Planung über den Lebenszyklus
  - Effizientes Qualitätsmanagement (Festlegung von Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Kommunikationsprozessen)
- **Objektplaner (Architekt), Bauphysiker, Tragwerkplaner und Haustechniker**
  - Gebäudekonzept mit Nutzungsanforderungen (mögliche Nutzungsänderungen berücksichtigen)
  - Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Nachhaltigkeitskriterien beachten

Nachhaltigkeitsaspekte – Ressourcenschonung und Klimaschutz

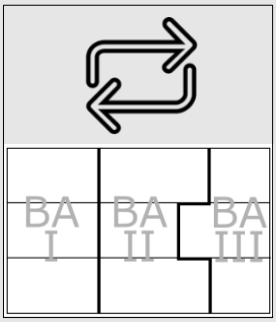
- **Statische Optimierung zur Material- und Gewichtseinsparung**
  - Einfache geradlinige Lastpfade „ohne Umwege“ wählen (alle tragenden Elemente übereinander)
  - Widersprüchliche Planungsprozesse oder unnötige Umplanung vermeiden (führt zu weniger Beton, weniger Bewehrung)
- **Herstellungstechnische Optimierung von Bauteilen**
  - Geschickte Planung der Geschossdecken vornehmen (Spannweite vs. Dicke)
  - Gleiche Bauteilquerschnitte zur Reduzierung von Abfällen wählen
  - Kürzere Produktionszeiten nutzen (wirtschaftlicher)
- **Optimierung der Betonrezeptur**
  - Reduzierung der CO_2-Emissionen durch Wahl der Zementart/der Betonzusammensetzung vornehmen
  - Dauerhaftigkeit beachten (reinigungs- und wartungsarme Oberflächen)

Nachhaltigkeitsaspekte – Flächen- und Volumeneffizienz

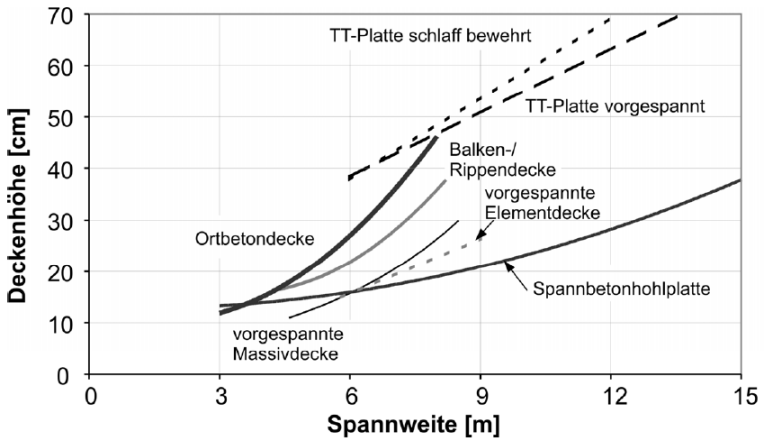
- **Flächeneffizienz F_{eff}**
  - Vorhandener Flächenbedarf durch möglichst geringen Flächenverbrauch decken, BNB-Definition (Steckbrief 3.2.2):

$$F_{eff} = \frac{Nutzfläche\ [m^2]}{Bruttogrundfläche\ [m^2]}$$

  - Stützenfreie Grundrisse planen (verbesserte Funktionalität des Gebäudes)
  - Wenig vertikale Tragglieder über mehrere Geschosse realisieren
- **Volumeneffizienz**
  - Dicke der Geschossdecken beachten
  - Tragsysteme mit angemessenen Stützweiten planen (vorgespannte Bauteile oder hochfeste Betone für schlanke Decken, schlanke Stützen, stumpfe Stützenstöße)
  - Stockwerksrahmen verwenden (weniger Bewehrung erforderlich)



Erforderliche Deckenhöhe vs. Spannweite



Randbedingungen:

Belastung:	
Ausbaulast	1,5 kN/m²
Nutzlast	2,0 kN/m²
Trennwandzuschlag	0,8 kN/m²
Feuerwiderstandsklasse:	F90

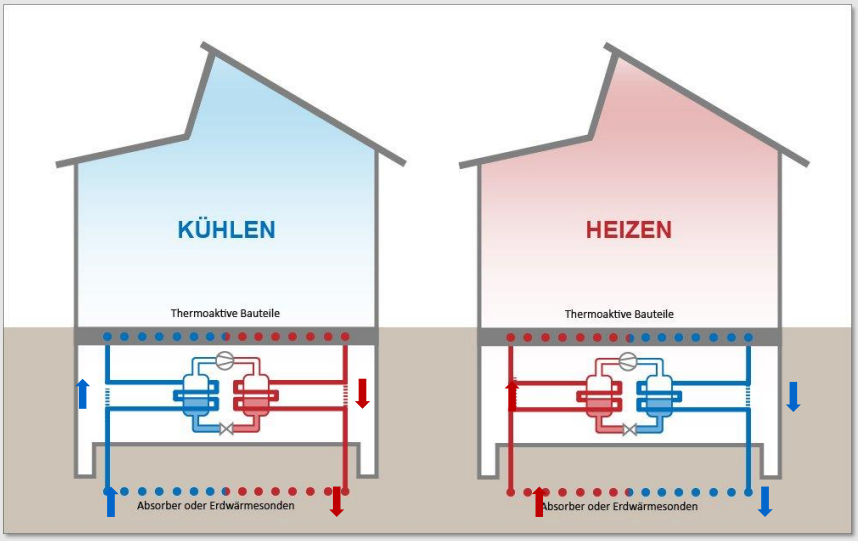
Quelle: DAfStb-Heft 585

Nachhaltigkeitsaspekte – Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit/bauphysikalische Kriterien

- **Anpassbarkeit an geänderte Nutzungsanforderungen**
  - Stützenfreie Grundrisse planen (Geschossdecken bis 20 m Spannweite möglich, Industriehallen mit Binderspannweiten bis 60 m)
  - Tragreserven für spätere Nutzungsänderungen vorsehen
- **Thermischer Komfort/Wärmeschutz**
  - Betonkernaktivierung nutzen (thermische Speicherfähigkeit des Betons)
  - Stabilisiert Innenraumtemperaturen im Sommer und Winter (Behaglichkeit)
  - wärmebrückenfreie Detailausbildung (Planungsatlas Hochbau)
- **Schallschutz und Raumakustik**
  - Vorteile Beton: Optimaler Schallschutz durch hohe Bauteilmassen
  - Abgehängte Deckensegel, Baffles oder andere Absorber zur Verbesserung der Raumakustik verwenden

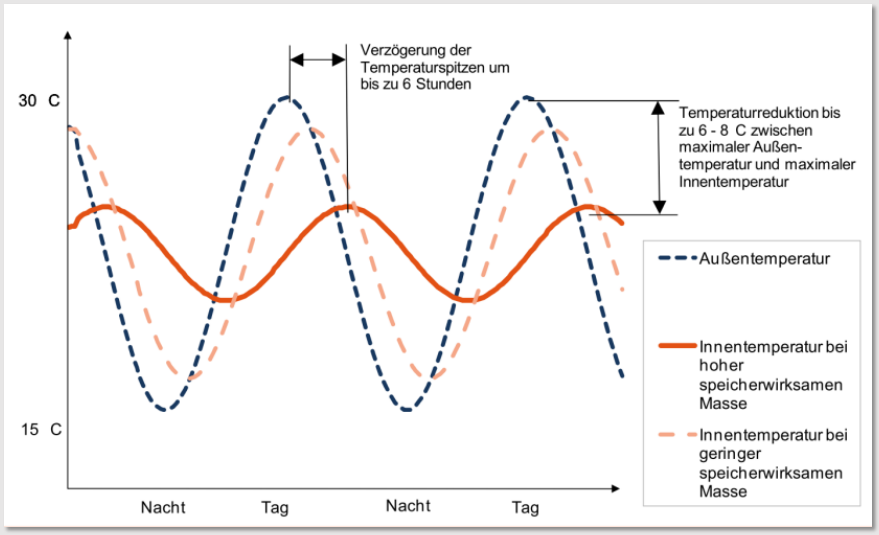
Quelle: bba-online.de

Prinzip der Betonkernaktivierung – Thermische Ankopplung von Bauteilen



Quelle: www.sage-immobilien.at

Prinzip der Betonkernaktivierung – Sommerlicher Wärmeschutz



Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH

Nachhaltigkeitsaspekte – Brandschutz, Dauerhaftigkeit und Recycling

- **Dauerhaftigkeit**
  - Grundsätzlich: **PRO** Werterhaltung des Gebäudes (Abwägung: Erhalten vs. Neubau)
  - Expositionsklassen beachten
- **Feuerwiderstandsdauer**
  - Vorteile Beton: Erhöhung der Brandlast, keine giftigen Gase oder starker Rauch
  - Geeignete Querschnitte wählen
- **Recycling und Wiederverwendbarkeit**
  - Wiederverwendung des Gebäudes oder einzelner Bauteile bereits bei der Planung vorsehen
  - Auf lösbare Verbindungen achten (auch Wärmedämmmaterialien)
  - Rezyklierte Gesteinskörnungen einsetzen, wenn regional verfügbar

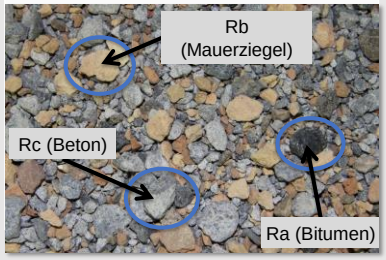
DAfStb-RL Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen (2010) – Zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen > 2 mm (Vol.-%)

Spalte	1	2	3	4
	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
Zeile	Alkalirichtlinie	DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	**Betonsplitt (≥ 90% „Beton“)**	**Bauwerksplitt (≥ 70% „Beton“)**
1	WO (trocken)	Karbonatisierung XC1	≤ 45	≤ 35
2	WF[a] (feucht)	Kein Korrosionsrisiko X0 Karbonatisierung XC1 bis XC4		
3		Frostangriff ohne Taumitteleinwirkung XF1[a] und XF3[a] und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35	≤ 25
4		Chemischer Angriff (XA1)	≤ 25	≤ 25

[a] zusätzliche Anforderungen s. Abschnitt 1, (3) und (4).

Bauwerksplitt

Rc+Ru ≥ 70 %
Rb ≤ 30 %
Ra ≤ 1 %
X+Rg ≤ 2 %
FL ≤ 2 %



➔ **Brechsandverwendung ≤ 2 mm in RL derzeit nicht geregelt (Wasseranspruch)**
➔ **Austauschmengen so gewählt, dass unveränderte Bemessung nach DIN EN 1992-1-1 möglich ist und der Beton ausreichend dauerhaft ist**

Nachhaltig bauen mit Beton

- **3 Grundprinzipien des nachhaltigen Bauens**
- **Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb**
- **Der Stadtbaustein: Referenzgebäude zur Planungshilfe (DAfStb-Heft 588)**
- **Roadmap „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb**

Referenzgebäude „Der Stadtbaustein“

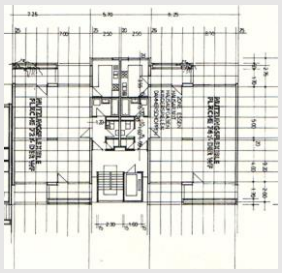
dafstb

Gebäudekonzepte für flexible Nutzung

- Nutzung der Gebäudestruktur
  - Wohnen
  - Büro
  - Mischnutzung
- Ermöglichen von Nutzungsänderungen während des Lebenszykluses von 100 Jahren
- Reduzierung der Umbauarbeiten bei Nutzungsänderungen
- Anpassungsfähigkeit gegenüber gestiegenen Anforderungen oder technischen Neuerungen

Referenzgebäude „Der Stadtbaustein“

Gebäudetechnik

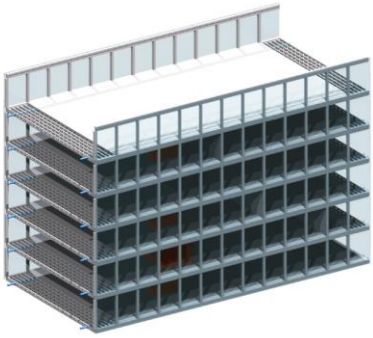


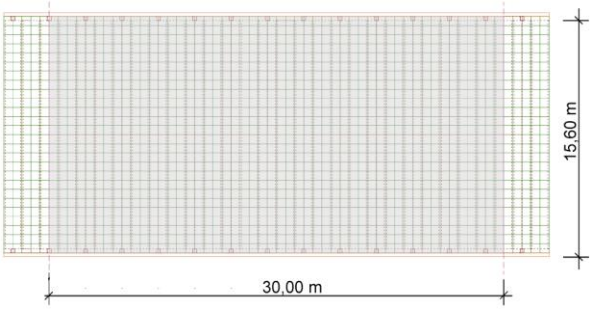
Flexible Grundrisse

Quellen: DAfStb-Hefte 572/585/588

„Der Stadtbaustein“ – Annahmen

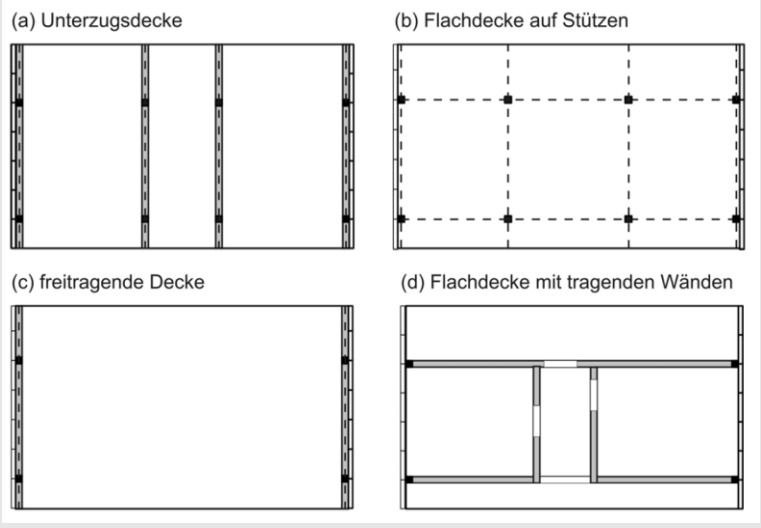
dafstb





Geschosse: Gebäude bis 22 m (Hochhaus); 6 Obergeschosse + 2 Untergeschosse (Tiefgarage)
Geschosshöhe: H = 3,50 m; lichtes Raummaß von 2,75 m bis 3,00 m (Büro- und Wohnnutzung)
Gebäudetiefe: 15,60 m lichte Gebäudetiefe; Tiefgarage im UG
Nutzfläche: ca. 450 m² je Geschoss für Wohn- und Büronutzung
Gebäudetechnik: Heizung, Kühlung, Lüftung, Sanitär, Elektro (EnEV 2007)

Übliche Tragsysteme im Geschossbau



Quelle: DAfStb-Heft 585

Deckensysteme mit integrierter Gebäudetechnik

Studentenwohnheim University of California (1969)

h = 46,5 cm

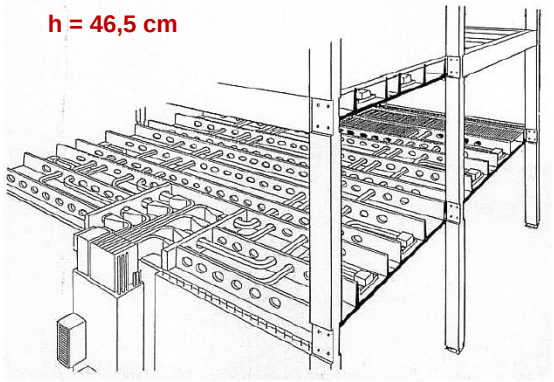


Bild II.7: Tri/posite Deckensystem /42/

Spannweite ≤ 12 m

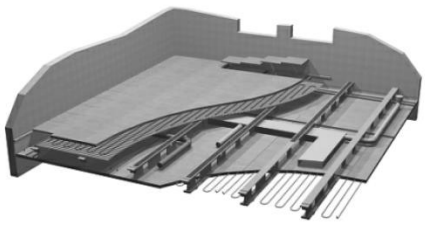


Bild II.8: infra+ Deckensystem /61/

Quelle: DAfStb-Heft 585

Deckensysteme mit integrierter Gebäudetechnik

dafstb

h = 70 cm; Spannweite ≤ 18 m

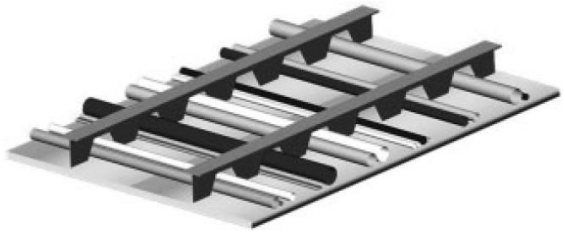


Bild II.9: Topfloor integral /63/

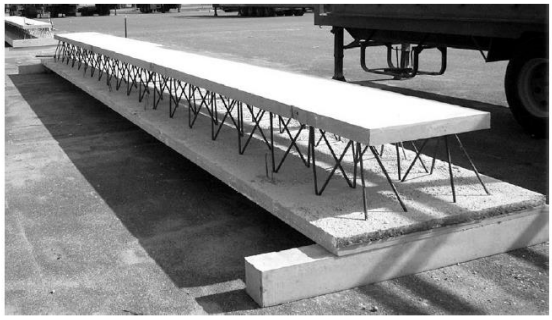


Bild II.10: HOLCON®-Betonskelettsysteem /65/

Quelle: DAfStb-Heft 585

Deckensysteme mit integrierter Gebäudetechnik

dafstb

h = 32 cm, Spannweite ≤ 12 m

Bild II.11: VBI Leidingvloer /66/

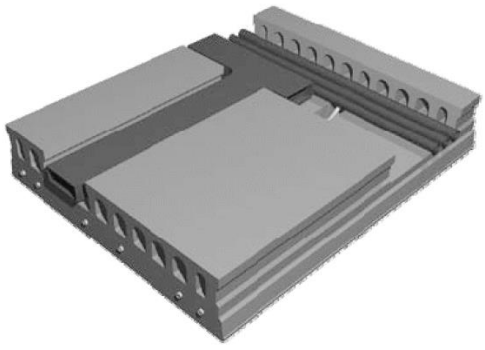
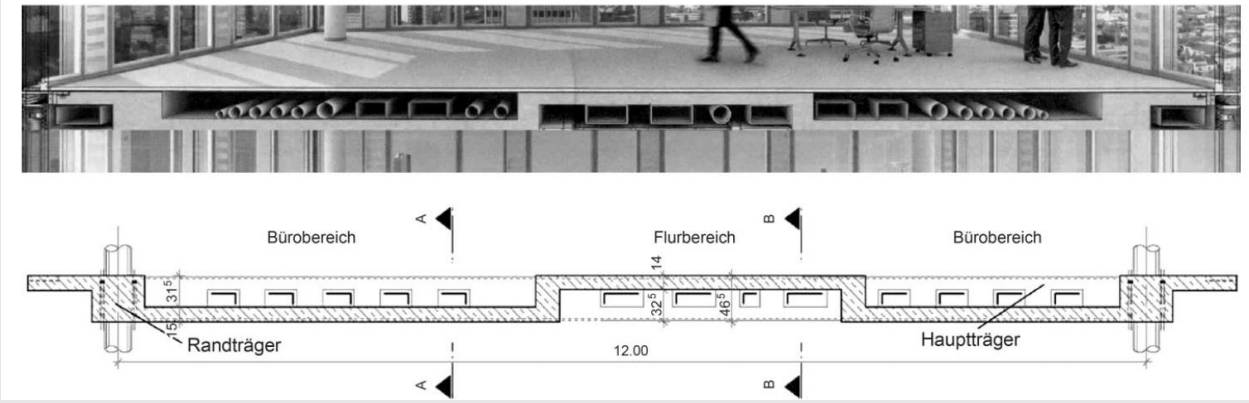


Bild II.12: VBI Klimaatvloer /67/

Quelle: DAfStb-Heft 585

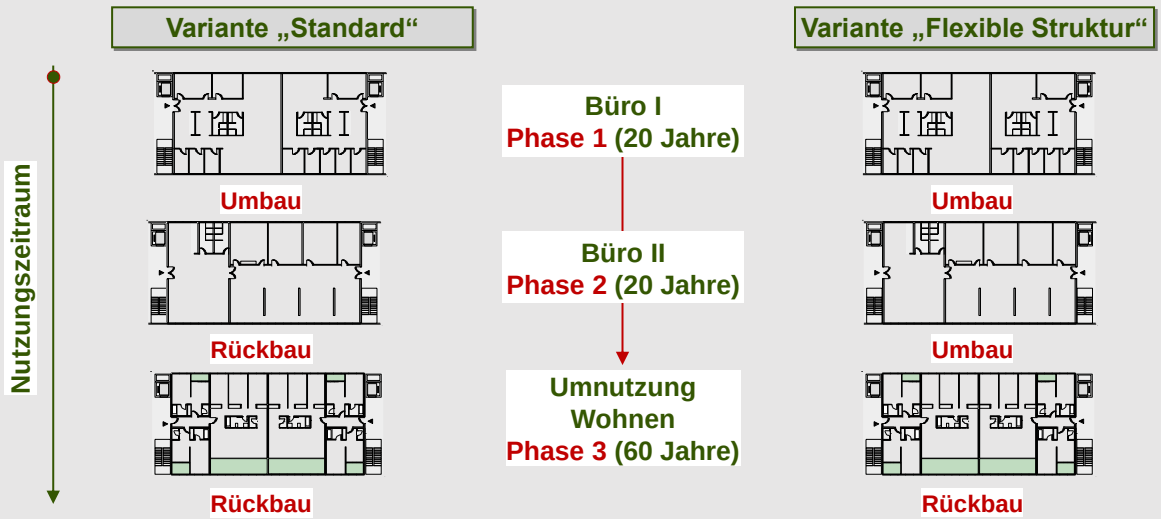
Deckenkonstruktion des Hochhauses WestendDuo (Frankfurt a. M.)

h = 46,5 cm; Spannweite: 12 m; Feuerwiderstandsklasse F120

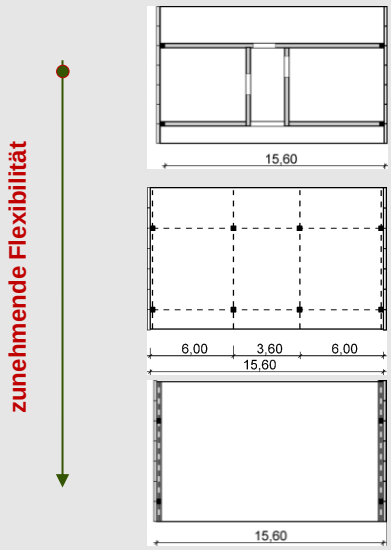


Quelle: DAfStb-Heft 585

Nutzungsszenarien – Betrachtungszeitraum 100 Jahre



Gewählte Tragstrukturen für die Obergeschosse



Decke mit tragenden Wänden

Standard Wohnen (Phase 3)

Flachdecke auf Stützen

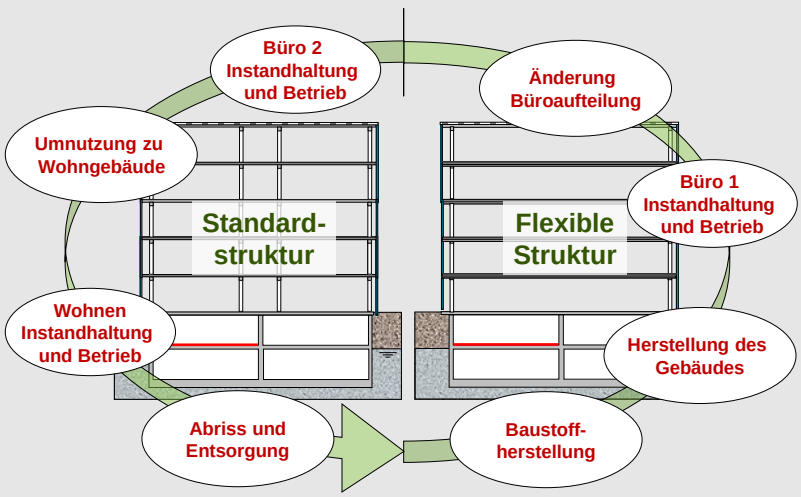
Standard Büro (Phasen 1 und 2)

Freitragende Platte über Gebäudetiefe (vorgespannt)

Flexible Struktur (Phasen 1 bis 3)

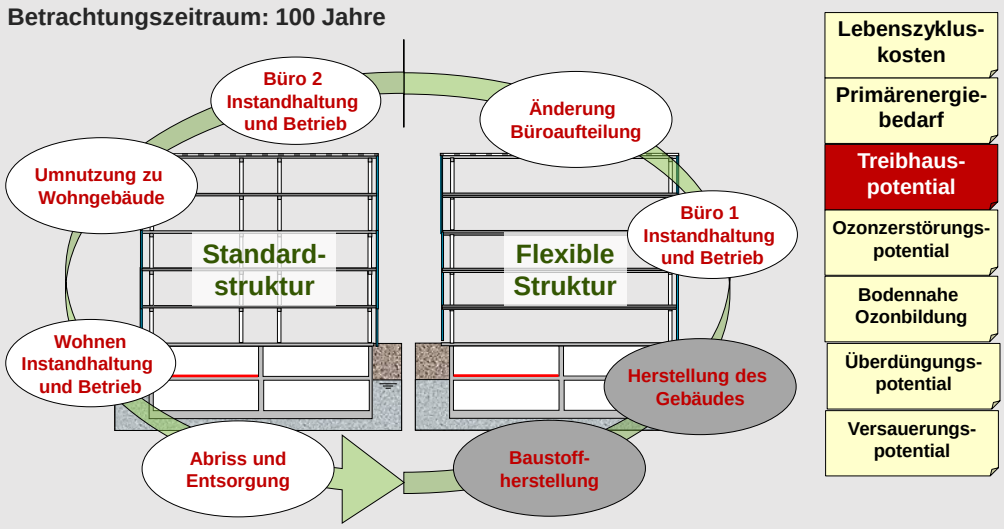
Lebenszyklus des Stadtbausteins

Betrachtungszeitraum: 100 Jahre

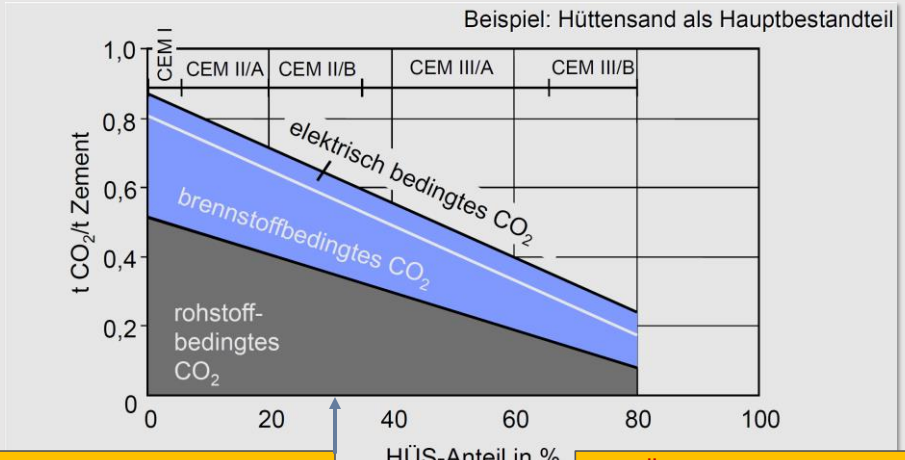


- Lebenszykluskosten
- Primärenergiebedarf
- Treibhauspotential
- Ozonzerstörungspotential
- Bodennahe Ozonbildung
- Überdüngungspotential
- Versauerungspotential

Lebenszyklus des Stadtbausteins



CO_2-Reduktion durch Hüttensand in der Zementproduktion



Durchschnittszement 2021 (71 % PZ-Klinker)

HÜS-Verfügbarkeit regional unterschiedlich, Transporte sind zu beachten!

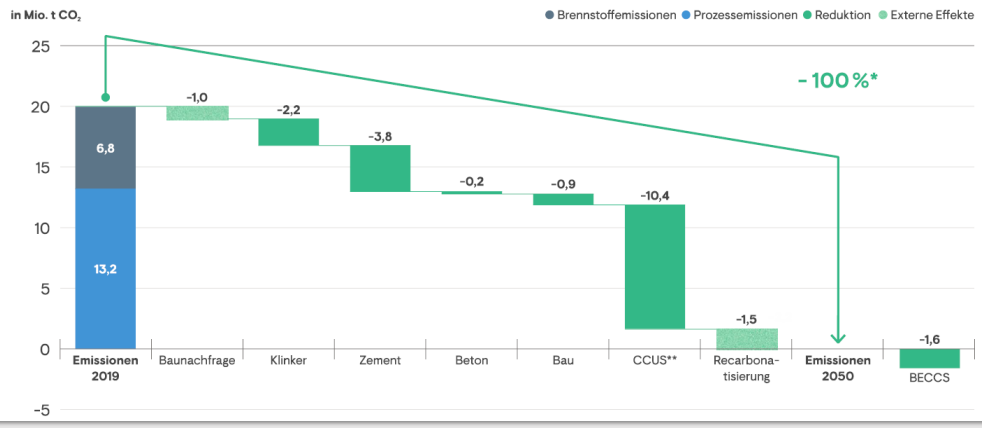
Quelle: VDZ

Dekarbonisierung von Zement und Beton – Roadmap des VDZ (November 2020)

dafstb

CO_2-Minderung im klimaneutralen Szenario bis 2050

vdz



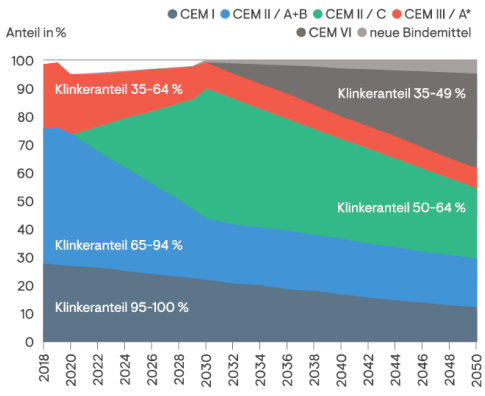
Dekarbonisierung von Zement und Beton – Roadmap des VDZ (November 2020)

dafstb

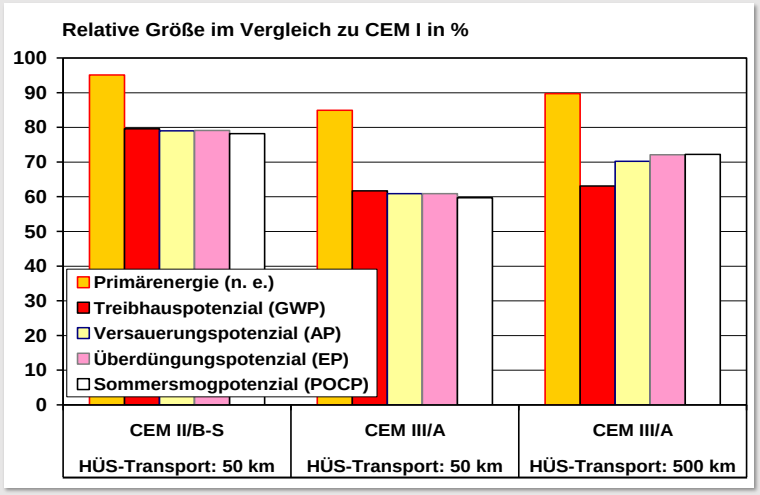
Zementportfolio im klimaneutralen Szenario

vdz

	CEM I	CEM II / A+B	CEM II / C	CEM III / A	CEM VI	Neue Bindemittel
	In % des gesamten Produktmix					
2018	27,4	48,7	0,0	21,4	0,0	0,0
2030	21,1	22,1	46,5	9,3	0,0	1,0
2050	11,5	17,6	25,1	7,0	33,7	5,0



Zemente mit Hüttensand – ökobilanzielle Kriterien



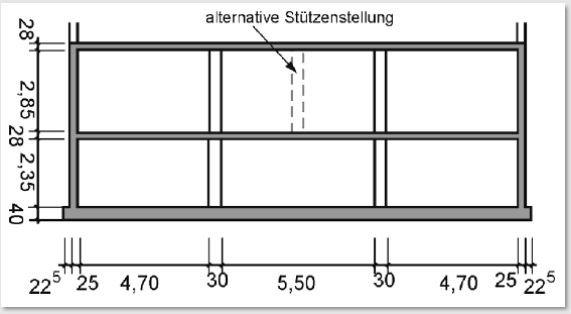
Grundsatz: Anwendungsbereiche der Zementarten beachten!

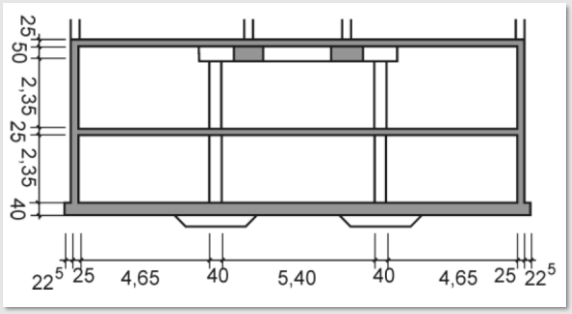
Tiefgarage im Stadtbaustein in Ortbeton (Herstellung)

Variante „Flexible Struktur“

- Einfacher
- Ressourcenschonender

Variante „Standard“





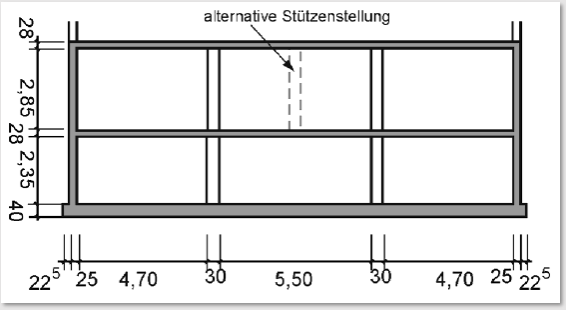
Quelle: DAfStb-Heft 588

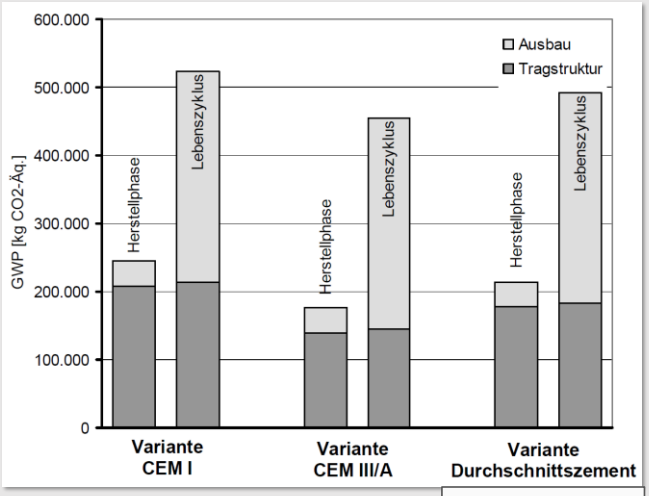
Tiefgarage im Stadtbaustein in Ortbeton (Herstellung und Lebenszyklus)

dafstb

Variante „Flexible Struktur“

- Einfacher
- Ressourcenschonender





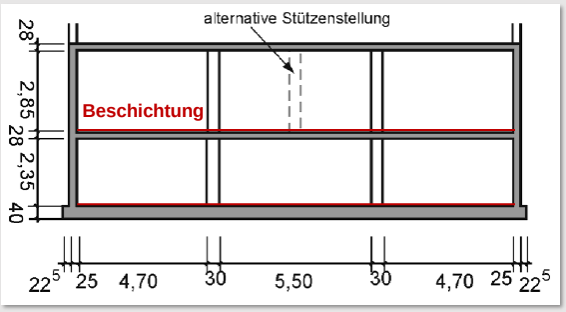
Quelle: DAfStb-Heft 588

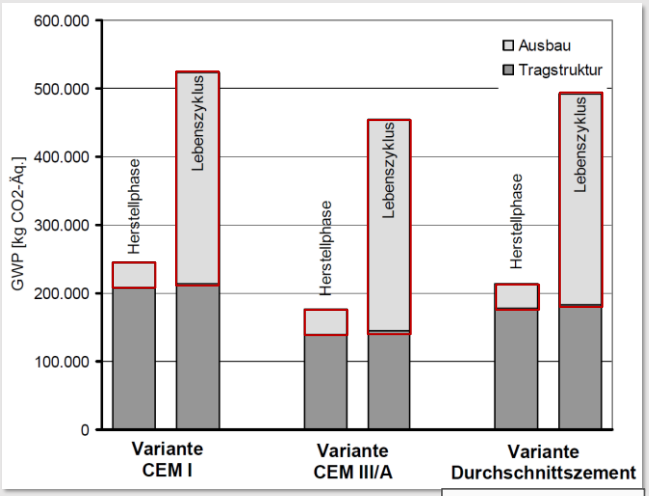
Tiefgarage im Stadtbaustein in Ortbeton (Herstellung und Lebenszyklus)

dafstb

Variante „Flexible Struktur“

- Einfacher
- Ressourcenschonender



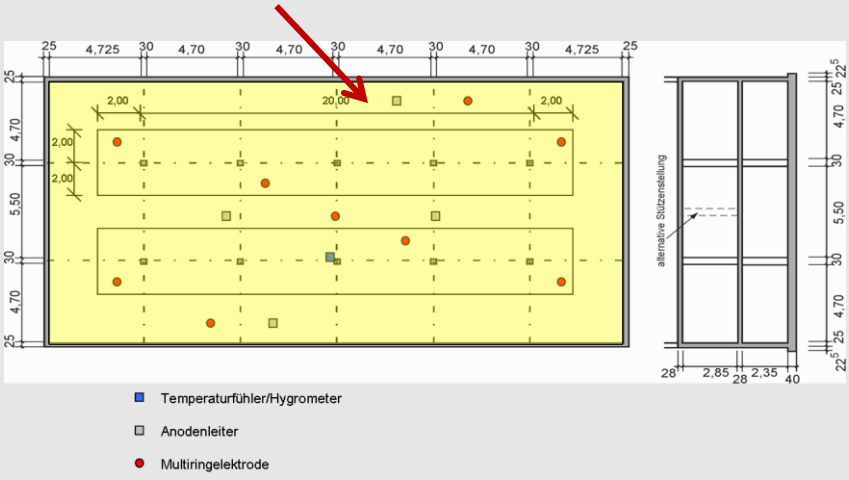


Quelle: DAfStb-Heft 588

Instandhaltung und Umweltwirkungen am Beispiel der Tiefgarage im Stadtbaustein

dafstb

Variante 1: vollflächige Beschichtung OS11a

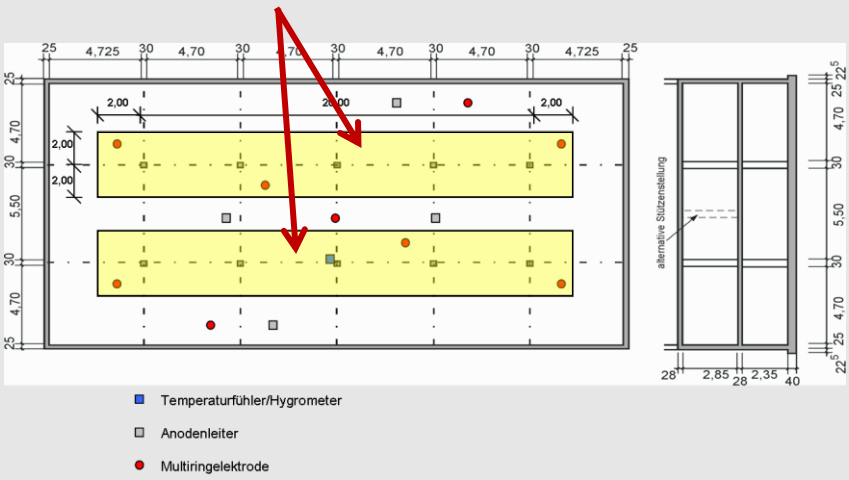


Quelle: DAfStb-Heft 588

Instandhaltung und Umweltwirkungen am Beispiel der Tiefgarage im Stadtbaustein

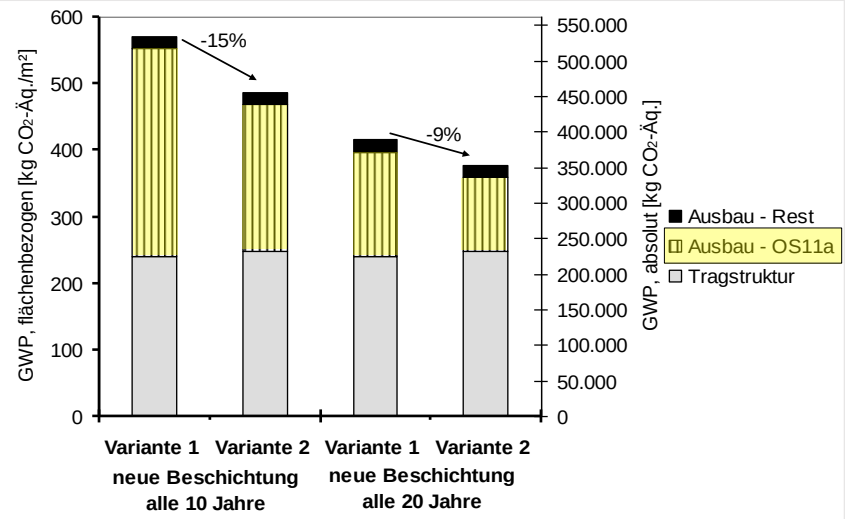
dafstb

Variante 2: Teilflächenbeschichtung OS11a mit Monitoring



Quelle: DAfStb-Heft 588

Treibhauspotenzial für den gesamten Lebenszyklus (100 Jahre) einer Tiefgarage



Quelle: DAfStb-Heft 588

Ökobilanz von Beton entlang des Lebenszykluses nach EN 15804

Produktstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium							Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport zur Baustelle	Montage	Nutzung / Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Emeuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Rückbau / Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- oder Recyclingpotenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
x	x	x	x	x	x	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	x	x	x	MND	x

Ökobilanz von Beton entlang des Lebenszykluses nach EN 15804

dafstb

Produktstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium							Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze
Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport zur Baustelle	Montage	Nutzung / Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Rückbau / Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- oder Recyclingpotenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
x	x	x	x	x	x	MND	MND	MND	MND	MND	MND	x	x	x	MND	x

Modul nicht deklariert oder nicht relevant

Auszug aus einer Umweltproduktdeklaration für Beton C50/60

dafstb

ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ UMWELTAUSWIRKUNGEN: 1 m³ Konstruktionsbeton C 50/60

Parameter	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3	D
GWP	[kg CO_2-Äq.]	300,00	28,80	1,08	-10,00	3,10	12,00	6,01	-21,40
ODP	[kg CFC11-Äq.]	8,40E-8	5,68E-12	4,71E-12	0,00E+0	6,09E-13	2,37E-12	1,31E-11	-1,32E-10
AP	[kg SO_2-Äq.]	4,22E-1	7,15E-2	1,60E-3	0,00E+0	3,00E-2	3,21E-2	1,13E-2	-4,73E-2
EP	[kg $(PO_4)^{3-}$-Äq.]	8,37E-2	1,69E-2	2,57E-4	0,00E+0	6,53E-3	7,65E-3	2,17E-3	-8,86E-3
POCP	[kg Ethen-Äq.]	3,79E-2	-2,38E-2	1,11E-4	0,00E+0	3,18E-3	-1,11E-2	9,74E-4	-2,79E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	1,07E-3	3,07E-6	5,36E-7	0,00E+0	3,28E-7	1,28E-6	1,97E-6	-8,60E-6
ADPF	[MJ]	1360,00	389,70	10,50	0,00	41,70	163,00	68,40	-227,00

Legende	GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbau Potential der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotential für troposphärisches Ozon; ADPE = Potential für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe); ADPF = Potential für die Verknappung abiotischer Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP - fossile Energieträger)

Orientierungswerte für Treibhausgas-emissionen von Beton

dafstb

1	Bezeichnung	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C50/60
2		Treibhausgasemissionen in kg CO_2-Äquivalent/m^3 Beton					
3	Beton z. B. mit CEM VI o. ä.	125	138	153	171	200	210
4	Beton z. B. mit CEM III/A, CEM II/C o. ä.	142	158	175	195	229	240
5	Beton heutiger Durchschnitt [1)]	178	197	219	244	286	300
6	Beton mit CEM I	213	237	261	286	312	325

[1)] Werte GWP ohne Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung; siehe auch **Tabellen E1** und **E2**, Module A1 bis A3 für Betone C25/30 und C45/55.

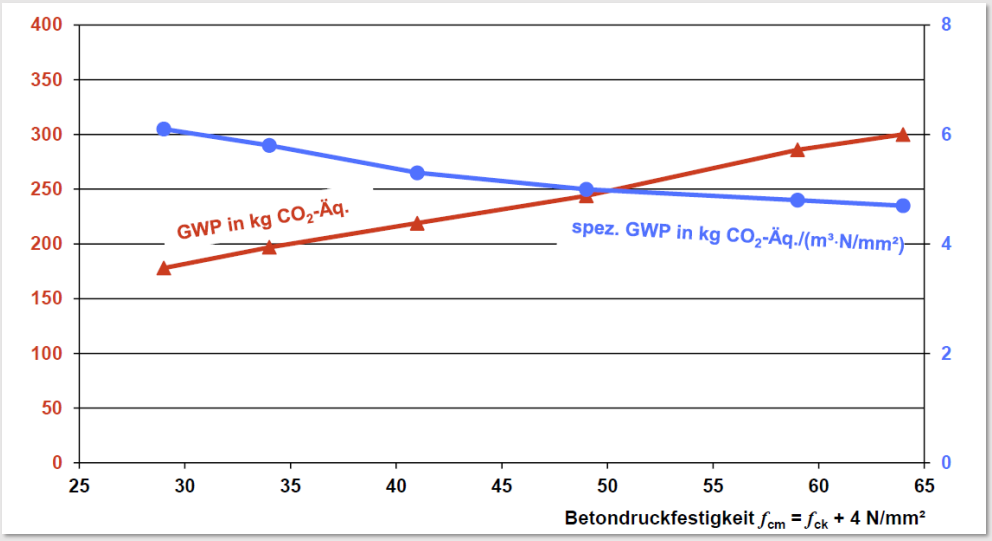
1	Bezeichnung	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C50/60
2		leistungsbezogene Treibhausgasemissionen[1)] in kg CO_2-Äquivalent/(m^3 x N/mm^2)					
3	Beton z. B. mit CEM VI o. ä.	4,3	4,1	3,7	3,5	3,4	3,3
4	Beton z. B. mit CEM III/A, CEM II/C o. ä.	4,9	4,6	4,3	4,0	3,9	3,8
5	Beton heutiger Durchschnitt	6,1	5,8	5,3	5,0	4,8	4,7
6	Beton mit CEM I	7,3	7,0	6,4	5,8	5,3	5,1

[1)] Berechnung der Werte auf Basis mittlerer Festigkeiten $f_{cm,cube}$: Beispiel C20/25, Zeile 3: 125/(f_{ck}+4) = 125/29 = 4,3.

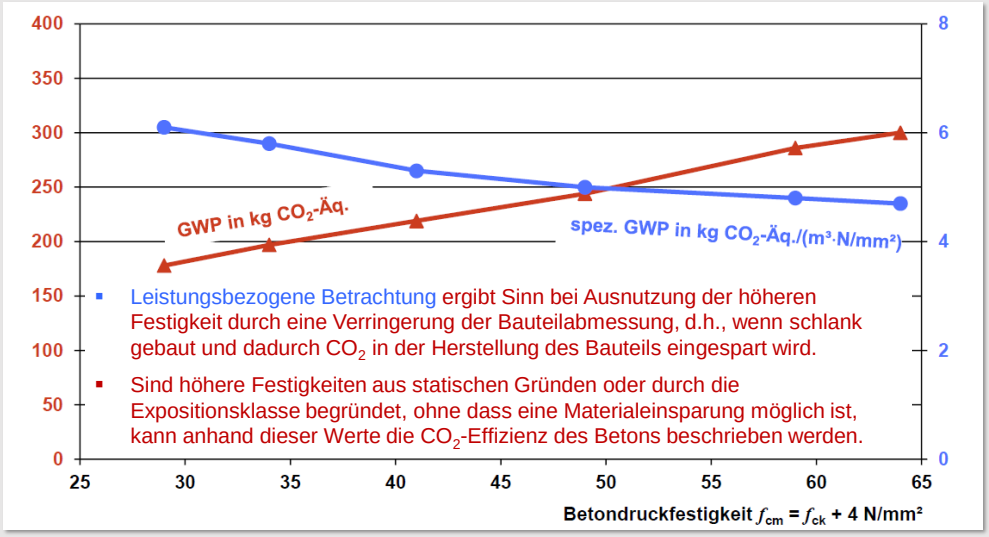
Quelle: www.beton.org/epd

Treibhauspotenzial von Beton in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit (Durchschnittszement)

dafstb



Treibhauspotenzial von Beton in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit (Durchschnittszement)



Umweltproduktdeklarationen für Beton – Zusammenfassung

Hinweise zur EPD

- unabhängige Verifizierung durch das Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
- Gültigkeitsbereich: Hochbau (Bsp. Wände…..) Tiefbau (Bsp. Fundamente…), Ingenieurbau (Bsp. Brücken)
- EPD gilt für Bauteile aus Beton unabhängig vom Bauverfahren (Transportbeton oder Betonfertigteile)
- Sechs verschiedene Festigkeitsklassen: **C20/25 bis C50/60**
- Deklarierte Einheit: 1 m³ unbewehrter Beton
- Gesamter Lebenszyklus betrachtet
- Durchschnittswerte für die Produktion in Deutschland
- Bewehrung muss gesondert berücksichtigt werden
- Download der EPD unter: www.beton.org/epd
- Daten in den einschlägigen Datenbanken verfügbar (z. B. www.oekobaudat.de)

Ökobilanz von Betonen (Durchschnitt 2006 und 2021)

dafstb

Jahr 2006

Parameter	Einheit	C20/25	C25/30	C30/37	C40/50	C50/60
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ	1024	1108	1196	1379	1494
Primärenergie erneuerbar	MJ	19,3	20,9	22,5	25,6	27,7
Treibhauspotenzial (GWP)	kg CO_2-Äq.	196	217	237	276	303
Ozonabbaupotenzial (ODP)	kg R11-Äq.	$5{,}3 \cdot 10^{-6}$	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$6{,}3 \cdot 10^{-6}$	$7{,}3 \cdot 10^{-6}$	$7{,}9 \cdot 10^{-6}$
Versauerungspotenzial (AP)	kg SO_2-Äq.	0,36	0,38	0,42	0,48	0,52
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO_4-Äq.	0,050	0,054	0,058	0,067	0,072
Ozonbildungspotenzial (POCP)	kg C_2H_4-Äq.	0,036	0,039	0,043	0,049	0,053

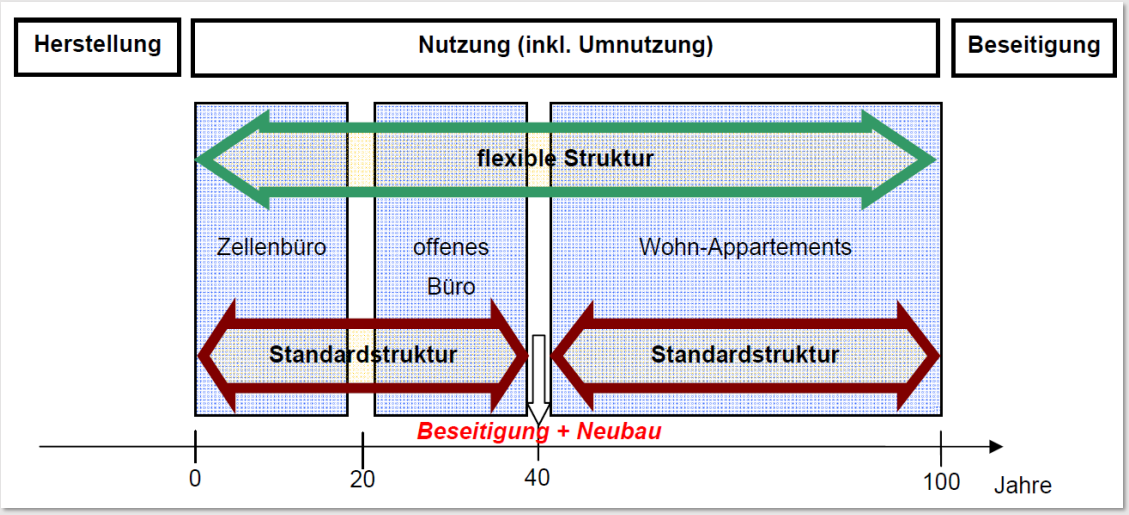
Jahr 2021

1	**Bezeichnung**	**C20/25**	**C25/30**	**C30/37**	**C35/45**	**C45/55**	**C50/60**
2		Treibhausgasemissionen in kg CO_2-Äquivalent/m^3 Beton					
5	Beton heutiger Durchschnitt [1)]	178	197	219	244	286	300

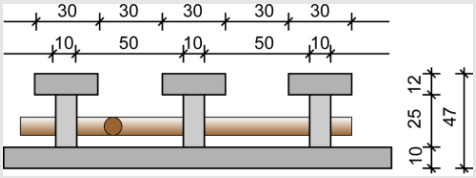
Verringerung 2021 gegenüber 2006: **-9,2%** **-9,2%** **-7,6%** **-1,0%**

„Der Stadtbaustein“ – Lebenszyklusphasen

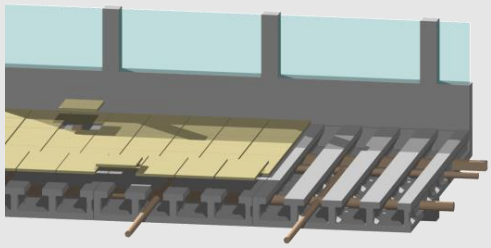
dafstb



Deckensystem der Flexiblen Struktur (Obergeschosse)



Exemplarischer Deckenquerschnitt

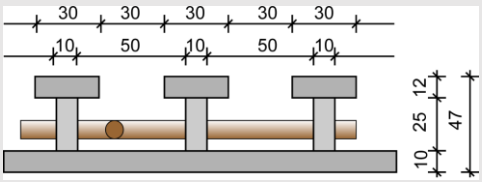


Deckensystem mit integrierter Gebäudetechnik

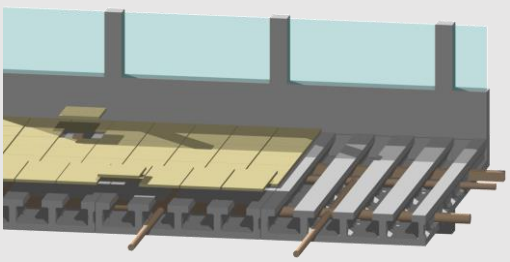
Deckensystem

- vorgespannte Stegplatte (C50/60)
- glatte Deckenuntersicht
- geringes Eigengewicht
- Spannweite 15,60 m
- Konstruktionshöhe 47 cm
- Leitungsführung innerhalb des Deckenquerschnitts
- Belegung mit Calciumsulfatplatten

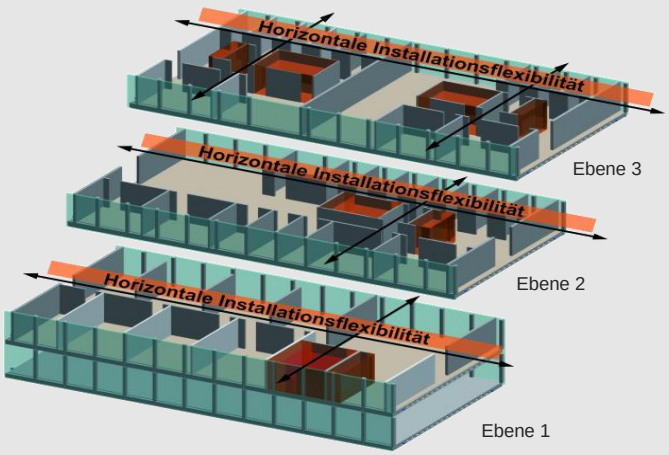
Deckensystem der Flexiblen Struktur (Obergeschosse)



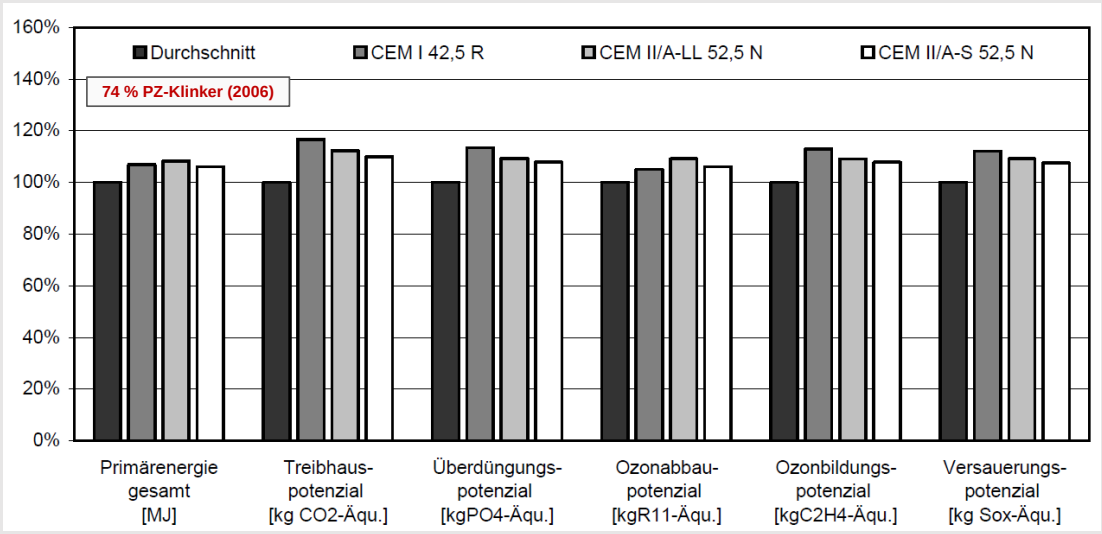
Exemplarischer Deckenquerschnitt



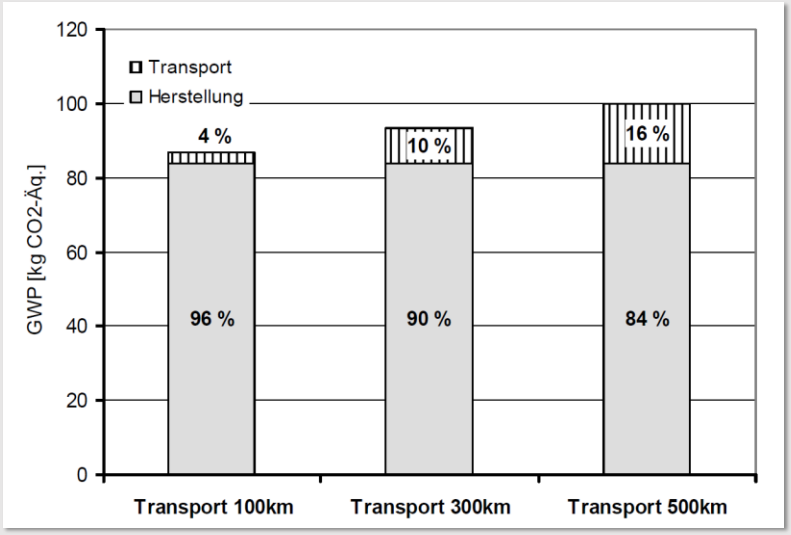
Deckensystem mit integrierter Gebäudetechnik



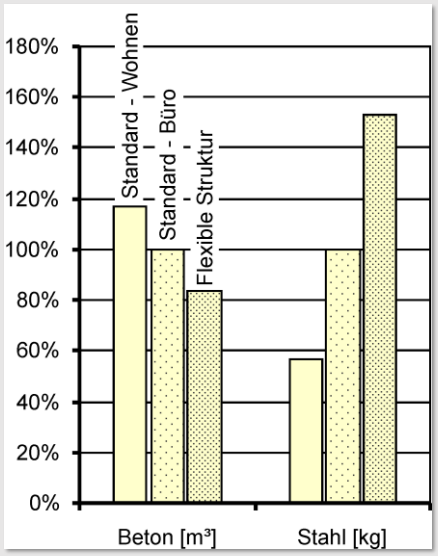
Ökobilanz des Fertigteildeckensystems C50/60 (Zementarten)

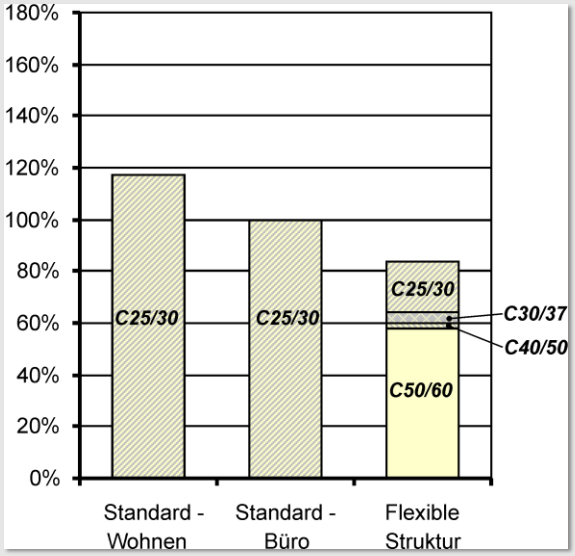


Treibhauspotenzial des Fertigteildeckensystems C50/60 (1 m²) – Einfluss der Transportentfernungen

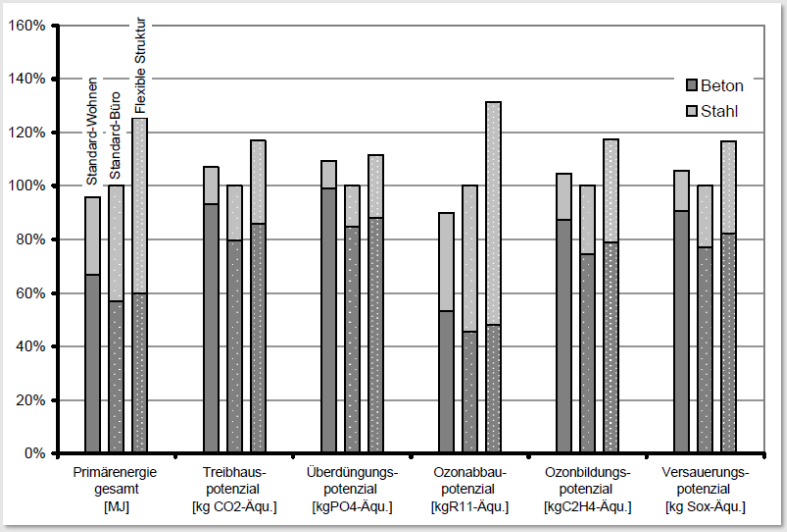


Beton- und Stahlmengen, Festigkeits-klassen der Obergeschosse

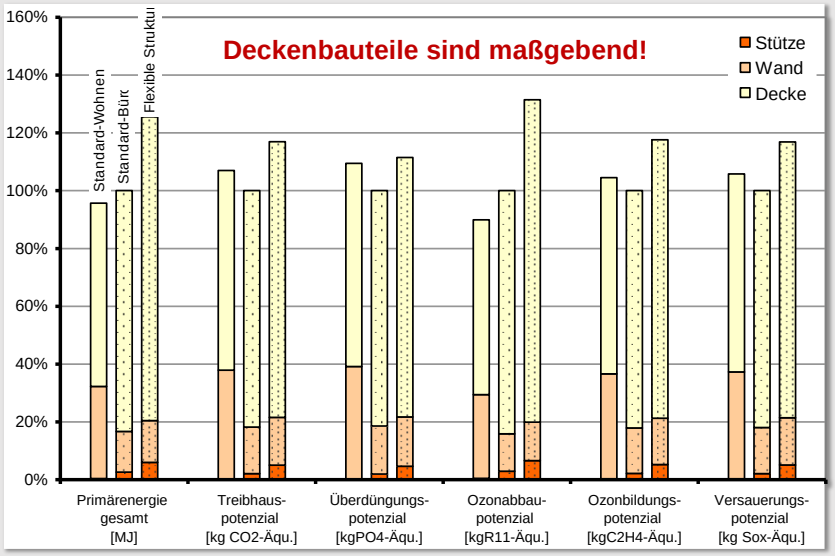




Ökobilanz der Obergeschosse (Beton und Stahl)

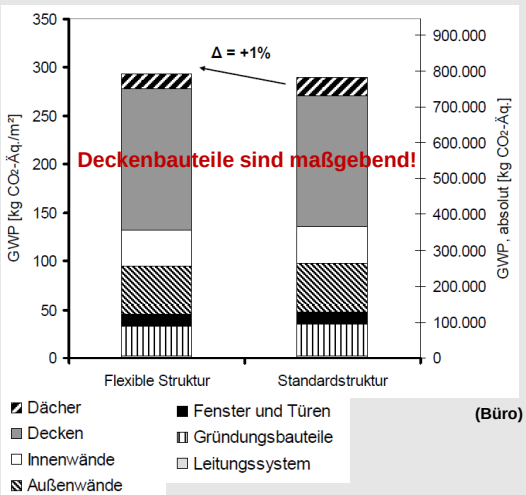


Ökobilanz der Obergeschosse (Bauteile)



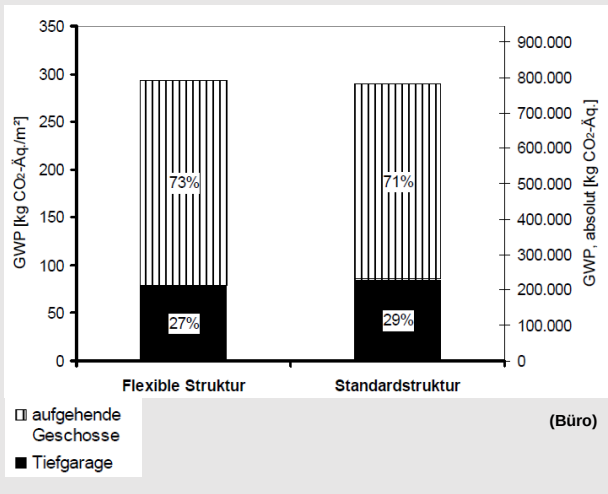
Treibhauspotenzial des Stadtbausteins (Herstellung ohne Betrieb)

Bauteile



(Büro)

Geschosse

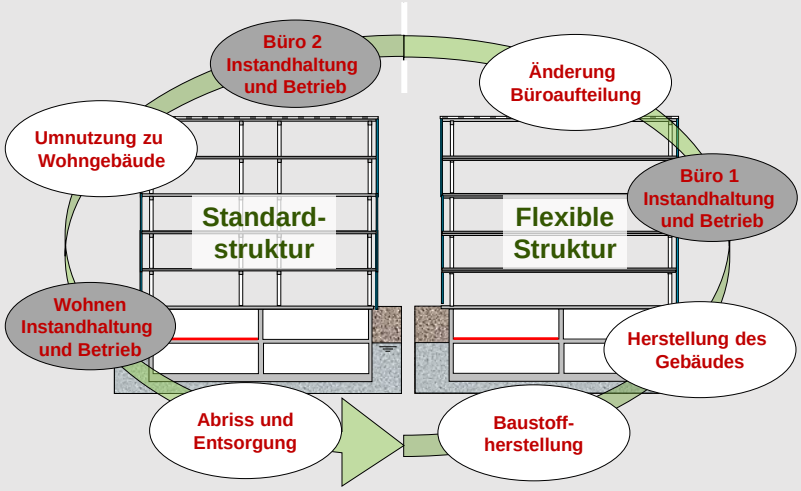


(Büro)

Lebenszyklus des Stadtbausteins

dafstb

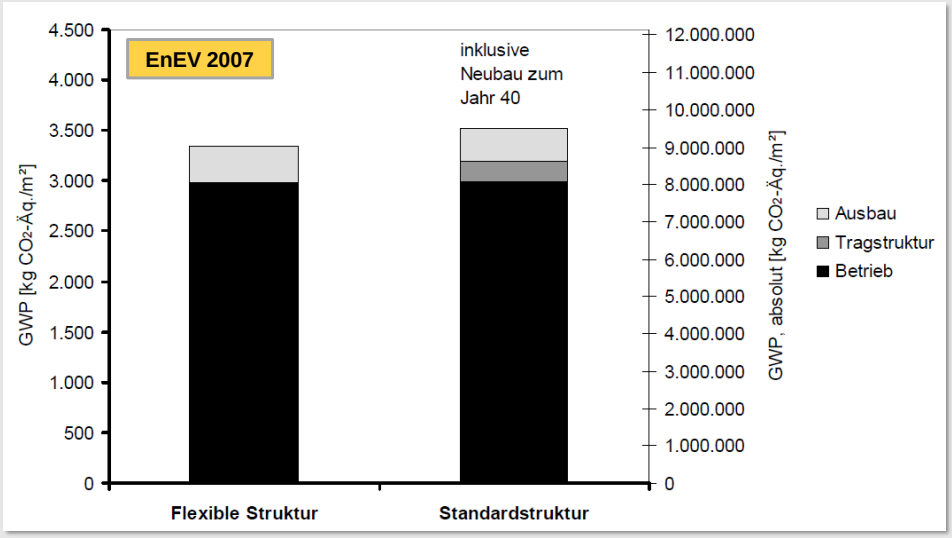
Betrachtungszeitraum: 100 Jahre



- Lebenszykluskosten
- Primärenergiebedarf
- **Treibhauspotential**
- Ozonzerstörungspotential
- Bodennahe Ozonbildung
- Überdüngungspotential
- Versauerungspotential

Treibhauspotenzial in der Nutzungsphase (100 Jahre)

dafstb



Thermische Ankopplung – Fallstudie Stadtbaustein

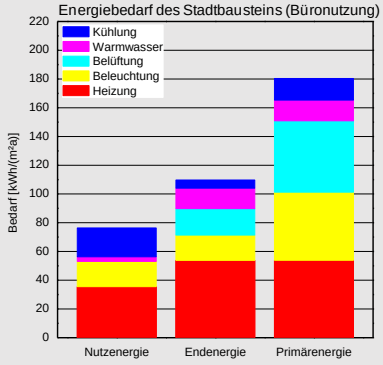
dafstb

Energieeinsparpotential durch Ausnutzung der Wärmespeicherfähigkeit von Beton

Energetische Bewertung des Referenzbeispiels „Stadtbaustein“
Monatsbilanzverfahren – instationäre Gebäudesimulationen

- Wohnnutzung / Büronutzung
- Variation der Tragstruktur

Beurteilung des raumklimatischen Verhaltens im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz



EnEV 2007

Thermische Ankopplung – Fallstudie Stadtbaustein

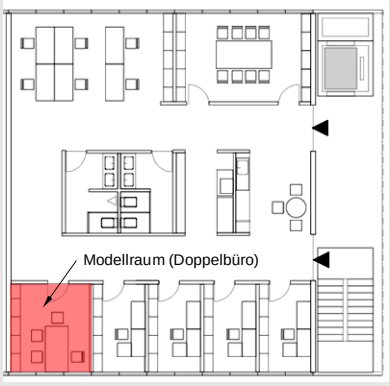
dafstb

Instationäre Gebäudesimulation - Sommerlicher Wärmeschutz

Modellraum (Doppelbüro) aus dem Referenzbeispiel „Stadtbaustein“

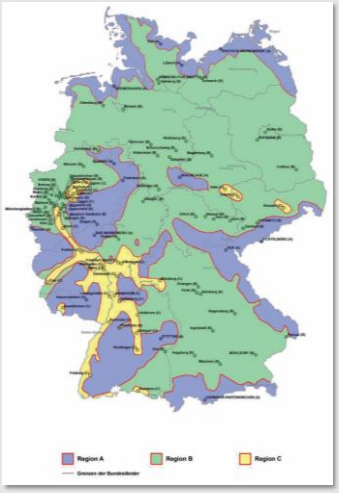
Parameter:

- Fensterflächenanteil
  25% – 50% – 100%
- Thermischen Kopplung der Innenbauteile
  Innenwände – Decken – Fußboden
- Sonnenschutz
  innenliegend – außenliegend
- Verglasung
  WSV g=0,65 – SSV g=0,37
- Wirksame Speichermassen
  C_{wirk} = 29 – 270 Wh/m²K



Ausschnitt aus dem Referenzbeispiel „Stadtbaustein“

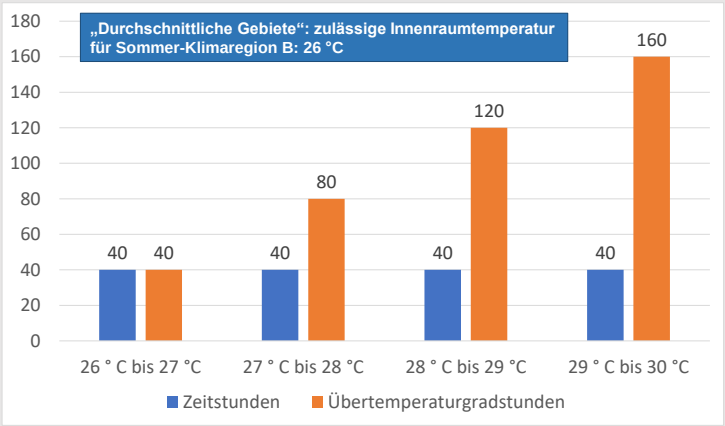
Sommer-Klimaregionen / Übertemperaturgradstunden



Sommerkühl Durchschnitt Sommerheiß

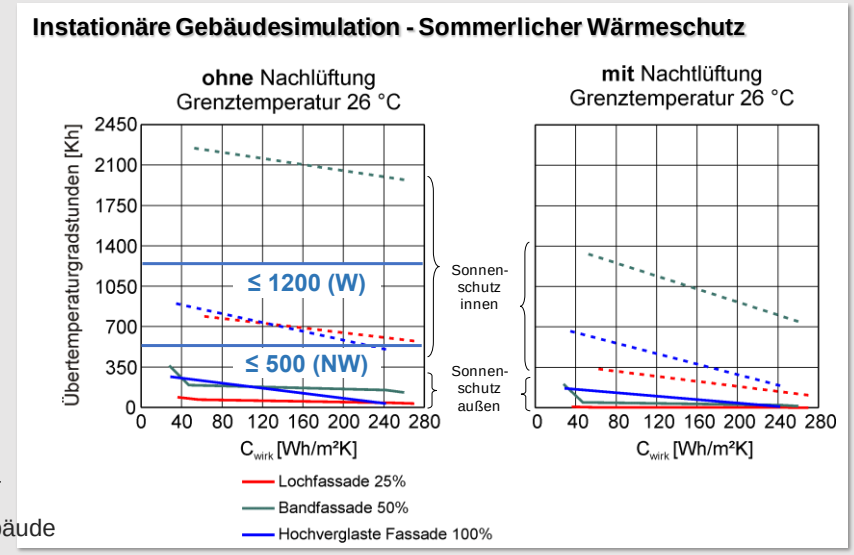
Klimakarte zur Zuordnung der Sommer-Klimaregionen aus DIN 4108-2

DEFINITION „ÜBERTEMPERATURGRADSTUNDEN“: Übertemperaturgradstunden pro Jahr (Kh/a) ergeben sich aus Zeiten mit einer Temperatur, die über der zulässigen Innentemperatur (laut DIN 4108-2) liegt. Sie sind jedoch nicht mit regulären Zeitstunden gleichzusetzen. Es handelt sich um Kelvinstunden pro Jahr (Kh/a), welche schematisch wie folgt ermittelt werden:



Beispiel : 40h * 1K + 40h * 2K + 40h * 3K + 40h * 4K = **400 Kh innerhalb eines Jahres**

Thermische Ankopplung – Fallstudie (Klimaregion B)

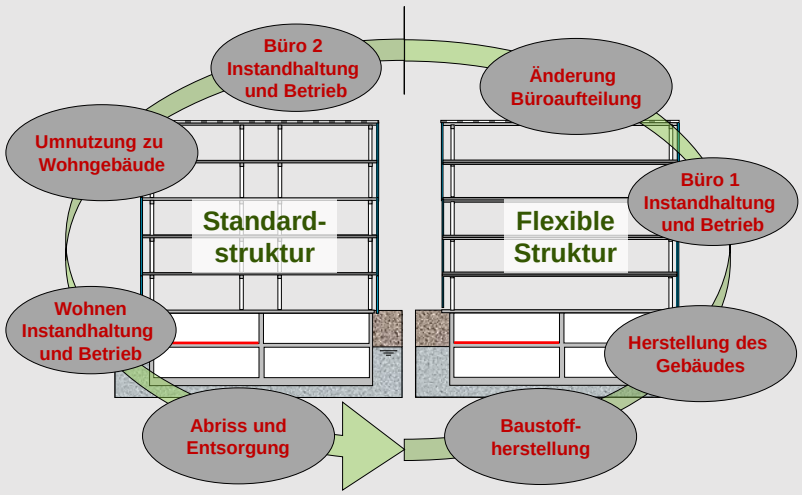


DIN 4108-2:2013-02
W = Wohngebäude
NW = Nichtwohngebäude

Lebenszyklus des Stadtbausteins

dafstb

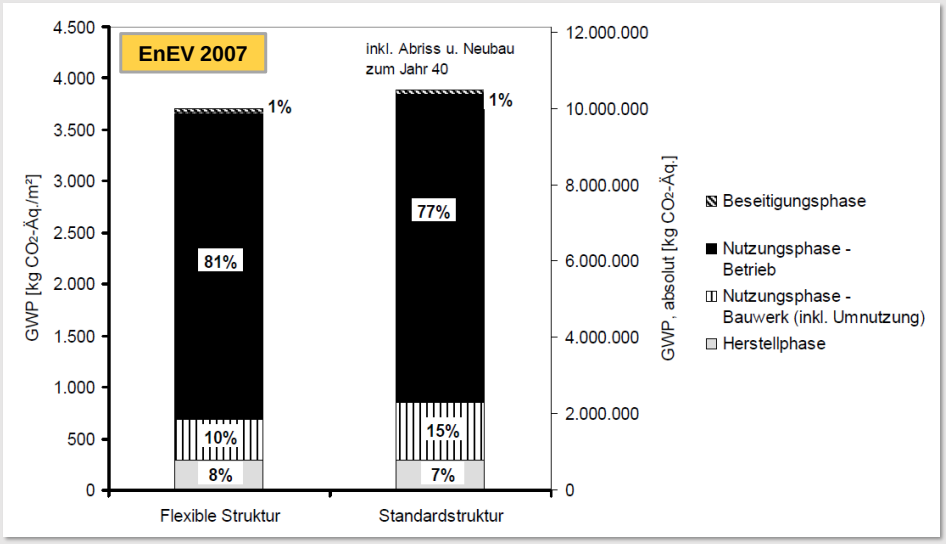
Betrachtungszeitraum: 100 Jahre



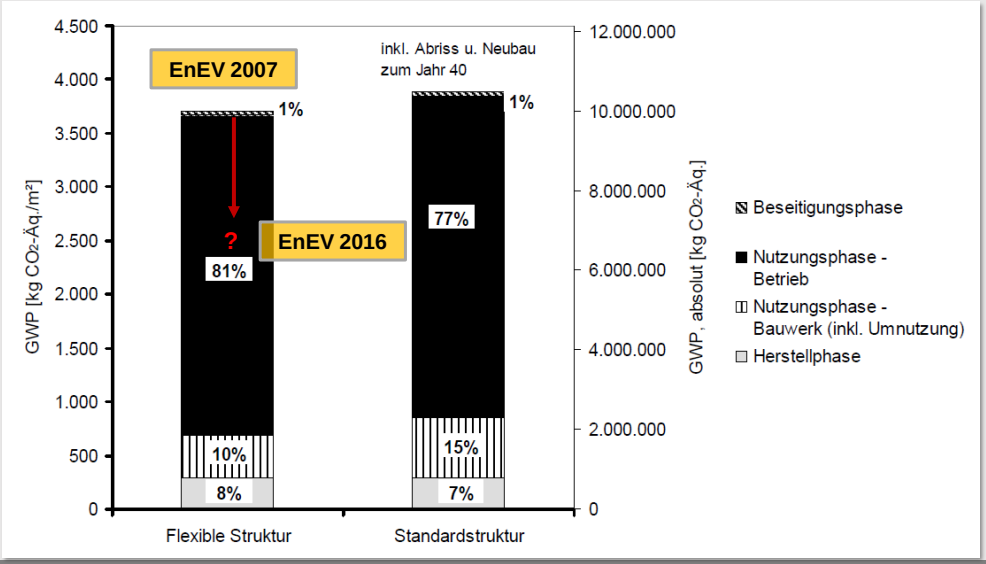
- Lebenszyklus-kosten
- Primärenergie-bedarf
- **Treibhaus-potential**
- Ozonzerstörungs-potential
- Bodennahe Ozonbildung
- Überdüngungs-potential
- Versauerungs-potential

Treibhauspotenzial über den Lebenszyklus (inkl. Abriss und Neubau)

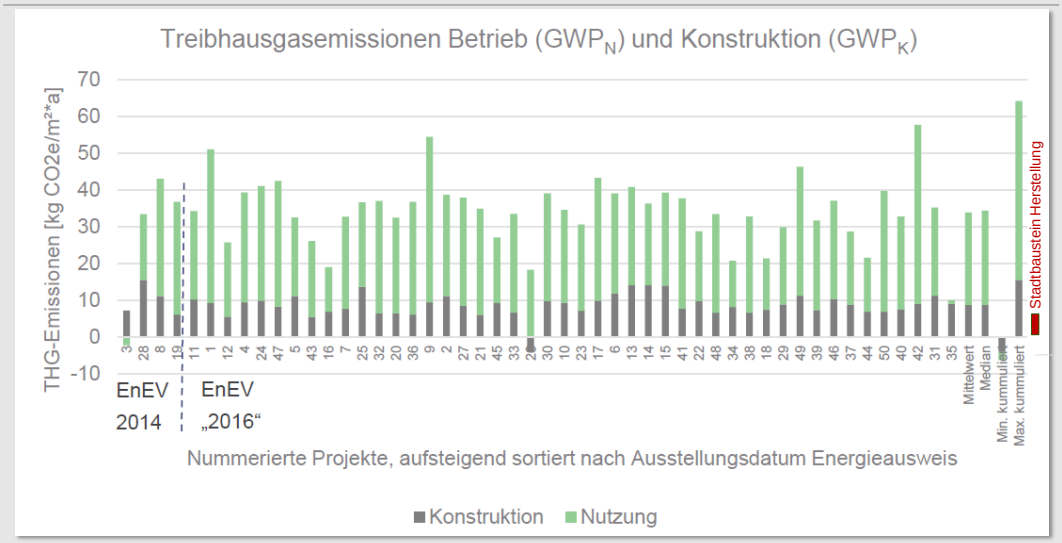
dafstb



Treibhauspotenzial über den Lebenszyklus (inkl. Abriss und Neubau)

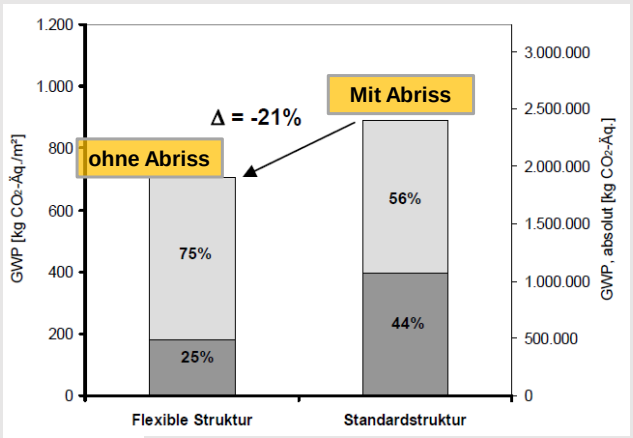


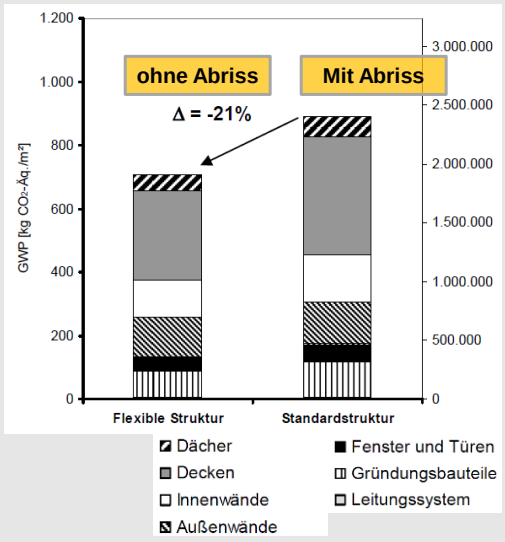
DGNB-Studie zu Treibhausgas-emissionen



Quelle: dgnb (August 2021)

Treibhauspotenzial über den Lebenszyklus (ohne Betrieb)





Nutzungsflexibilität spart Abriss!

Nachhaltig bauen mit Beton

- 3 Grundprinzipien des nachhaltigen Bauens
- Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb
- Der Stadtbaustein: Referenzgebäude zur Planungshilfe (DAfStb-Heft 588)
- **Roadmap „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb**

Roadmap „Nachhaltig bauen mit Beton“

dafstb

DAfStb

Nachhaltig bauen mit Beton – Roadmap des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau (Version 1.0)

0 Präambel

Die Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen im Bauwesen hat in den vergangenen 20 Jahren an Bedeutung gewonnen. Zertifizierungssysteme des Bundes (BNB) und der Privatwirtschaft (DGNB) sind nur zwei herausragende Beispiele, die zeigen, wie die 3 Säulen der Nachhaltigkeit anhand vorgegebener Kriterien zur ökologischen und ökonomischen Qualität, zur soziokulturellen, funktionalen und technischen Qualität sowie zur Prozessqualität für das Bauen spezifiziert und bewertet werden.

Integrale Bestandteile der Nachhaltigkeit sind der Klimaschutz und die ressourceneffiziente Nutzung von Baustoffen, auf die in den zurückliegenden Jahren bewusst der politische Fokus gelegt wurde. Klimaschutz ist dabei als Sammelbegriff für Maßnahmen zu verstehen, die der durch den Menschen verursachten globalen Erwärmung entgegenwirken und mögliche Folgen der globalen Erwärmung abmildern (Mitigation) oder verhindern sollen. Die Klimaschutzziele sind in Nachhaltigkeitsbeurteilungen von Gebäuden implementiert. Als eine Leitgröße innerhalb der ökologischen Säule der Nachhaltigkeit ist daher in der jüngeren Vergangenheit der Indikator „Treibhauspotenzial (GWP)“ in den Fokus gerückt, gilt es doch, die globale Erderwärmung auf maximal 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Quelle: www.dafstb.de, September 2021 (Vorstandsbeschluss)

Hauptverwaltung der HeidelbergCement AG; DGNB Platin
Quelle: www.heidelbergcement.com, Foto: ©Thilo Ross

Roadmap „Nachhaltig bauen mit Beton“

dafstb

Anlässlich der 49. Sitzung des Vorstandes am 23. März 2021 wurde daher beraten, wie der DAfStb die Herausforderungen in entsprechenden Aufgaben und Maßnahmen für seine Gremien umsetzen kann und soll. Startpunkt aller nachfolgenden Aktivitäten ist der sehr ambitionierte Grundsatzbeschluss

„Ziel des DAfStb ist, bis spätestens 2050 die Klimaneutralität der Betonbauweise zu erreichen.“,

der, bedingt durch die Novelle des Klimaschutzgesetzes auf Grundlage der Beschlüsse des Bundesverfassungsgerichtes (s. o.), anlässlich der 50. Vorstandssitzung am 27. September 2021 noch einmal wie folgt zugeschärft wurde.

*„Ziel des DAfStb ist, bis spätestens **2045** die Klimaneutralität der Betonbauweise zu erreichen.“*

Alle Maßnahmen müssen sich an folgenden wesentlichen Zielen der Nachhaltigkeit ausrichten:

a) eine unverzügliche und drastische Reduzierung der CO_2-Emissionen als essenziellen Beitrag zum Klimaschutz;
b) Vorsorge leisten für die bereits vorhandenen Folgen des Klimawandels;
c) Ressourcenschonung und Materialoptimierung (s. a. [6]).

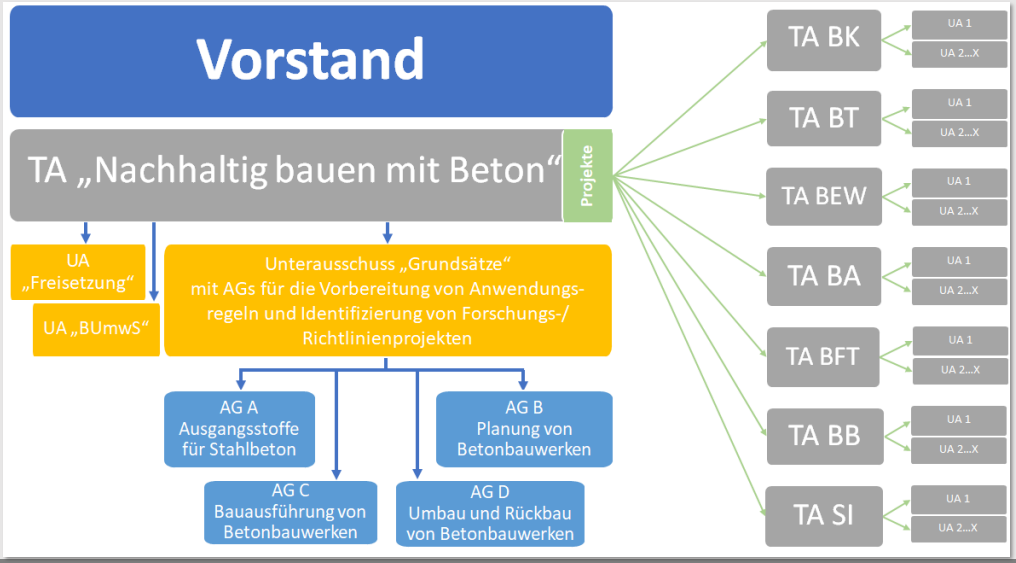
Projektliste der Roadmap mit Priorität 1 (Auszug) – Stand Oktober 2022

Nr.	Projekt	Gremium/Ausschuss	Obperson	Wesentliche Zielsetzungen zur Umsetzung des nachhaltigen Bauens mit Beton	Zeithorizont
	1	2	3	4	5
1	Nachhaltig bauen mit Beton – Roadmap des DAfStb für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau	Vorstand; Vorbereitung und Unterstützung durch den Engeren Vorstand; Unterstützung durch den TA Nachhaltig Bauen mit Beton (TA NBB) bei der Fortschreibung	Breitenbücher	Meilensteinplanung und Steuerung; permanente Überprüfung der Ziele und Maßnahmen	verabschiedet durch den Vorstand am 27.09.2021; aktualisiert am 21.09.2022
2	Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“	Vorstand; Vorbereitung und Unterstützung durch den Engeren Vorstand	Breitenbücher	Hilfestellung zum nachhaltigen Bauen mit Beton für Planer, Betontechnologen und Ausführende;	Mit Datum vom 29.10.2021 auf der Homepage des DAfStb veröffentlicht; Foliensatz für Vorträge und Vorlesungen und DAfStb-Heft 588 auf der Homepage veröffentlicht (http://www.dafstb.de/nachhaltigkeit.html)
3	Koordinierung aller Aktivitäten und Aufgaben zur Zielsetzung „Nachhaltig Bauen mit Beton“	TA NBB	Haist, Glock	permanente Überprüfung der Ziele und Maßnahmen; Clusterung von Themen Festlegung von Aufgaben und Projekten für die Technischen Ausschüsse (Forschung, Regelwerke) für das nachhaltige Bauen mit Beton	Konstituierung des TA NBB fand am 07.12.2021 statt

Projektliste der Roadmap mit Priorität 1 (Auszug) – Stand Oktober 2022

Nr.	Projekt	Gremium/Ausschuss	Obperson	Wesentliche Zielsetzungen zur Umsetzung des nachhaltigen Bauens mit Beton	Zeithorizont
	1	2	3	4	5
4	Überarbeitung der GrunaBau (GD 2014)	UA Grundsätze unter dem TA NBB	Becke	Entwicklung von Prinzipien/Grundvorgaben und Anwendungsregeln für das nachhaltige Bauen mit Beton für Regelwerke (analog zur EN 1990)	Gelbdruck Anfang 2023
5	Begleitung der CEN-Aktivitäten, z. B. in WG19 von CEN/TC104 ➔ Abstimmung mit JCP (informell)	TA NBB oder UA Grund-s-ätze	Müller	Reduzierung des Materialverbrauchs entlang der Wertschöpfungskette, Blue Guide des DBV [6] und Roadmap des DAfStb einbringen; englische Übersetzung der Planungshilfe als Basispapier eingebracht	Konstituierung der WG19 erfolgte im Dezember 2021
6	RL Dauerhaftigkeit nach dem System der Expositionswiderstands-klassen des neuen EC 2 in Verbindung mit Performanceprüfungen	UA Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken unter dem TA BT	Schießl-Pecka	6.2.1 (4) der GrunaBau; Entwicklung/Bewertung von Betonrezepturen mit geringerem „CO_2-Inhalt“	Auf der Grundlage eines im UA einvernehmlich verabschiedeten Konzeptes (Ziel: bis Ende 2022) erfolgt die Aufnahme der Richtlinienarbeit ab Anfang 2023 (Gelbdruck der RL bis Mitte/Ende 2023)
7	RL Fertigteilhohlplatten	UA Hohlplatten unter dem TA BFT	Tillmann	Materialoptimierung durch Hohlplatten zur Reduzierung des „CO_2-Inhaltes“; s. a. [5] ; Adaptivität der Grundrisse durch große Spannweiten, s. a. 6.2.1 (2) in [10]	Notifizierung bis zum 08.12.2022; Weißdruck im Januar 2023

Arbeitsstruktur



Weiterführende Literatur (DAfStb)

[1] Nachhaltig bauen mit Beton – Planungshilfe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb), Oktober 2021;

[2] Nachhaltig bauen mit Beton – Roadmap des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau (Version 1.0), September 2021;

[3] Diverse Autoren: Schlussberichte zur ersten Phase des DAfStb/BMBF-Verbundforschungsvorhabens "Nachhaltig Bauen mit Beton" Berlin: Beuth – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2007), Nr. 572;

[4] Graubner, C.-A., et al.: Der Stadtbaustein im DAfStb/BMBF-Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“ – Dossier zu Nachhaltigkeitsuntersuchungen – Schlussbericht zum TP A im Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Berlin: Beuth – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2014), Nr. 588;

[5] Hauer, B., et al.: Potenziale des Sekundärstoffeinsatzes im Betonbau – Schlussbericht zum TP B im Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Berlin: Beuth – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2011), Nr. 584 (Beitrag 1);

[6] Brameshuber W., et al.: Effiziente Sicherstellung der Umweltverträglichkeit – Schlussbericht zum TP E im Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Berlin: Beuth – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2011), Nr. 584 (Beitrag 2);

[7] Hegger, J., et al.: Ressourcen- und energieeffiziente, adaptive Gebäudekonzepte im Geschossbau – Schlussbericht zum TP C im Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Berlin: Beuth – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2011), Nr. 585;

[8] Schießl, P., et al.: Lebenszyklusmanagementsystem zur Nachhaltigkeitsbeurteilung – Schlussbericht zum TP D im Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Berlin: Beuth – In: Schriftenreihe des Deutschen Aus-schusses für Stahlbeton (2011), Nr. 586;
Reinhardt, H.-W., et al.: Online-Informationssystem „NBB-Info“ – Schlussbericht zum TP F im Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Berlin: Beuth – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2011), Nr. 587.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.

German Committee for Structural Concrete

Budapester Straße 31

10787 Berlin

Telefon: +49 30 2693 1318/20

E-Mail: udo.wiens@dafstb.de

Internet: www.dafstb.de