



Energie sparend Bauen. Mit Beton.



Vorwort

Vor bald fünfzig Jahren, im Jahr 1976, trat das erste Energieeinsparungsgesetz als Reaktion auf die Ölkrise in Kraft. Im Jahr darauf folgte die sogenannte Wärmeschutzverordnung. Der Ansatz lautete, sowohl den Verbrauch als auch die Verluste von Energie zu minimieren. Dies markierte den Beginn der energieeffizienten Planung, wie wir sie heute verstehen.

Mit den Jahren wuchs unser Verständnis über Wärmebrücken, Transmissionswärmeverluste, Wärmedurchgangskoeffizienten und Co. Die Wärmedämmverbundsysteme wurden dicker, die Heizungsanlagen effizienter und die Gebäudeautomation komplizierter. Die Betriebsenergie sank merklich – zumindest bei Neubauten – und der Blick auf Energiebilanzen wurde differenzierter. Nun geriet der gesamte Lebenszyklus in den Fokus der Betrachtung. Also auch die sogenannte graue Energie: die Energie, die bei der Herstellung und Gewinnung eines Baustoffs, oder Bauwerks benötigt wird. CO₂-Emissionen und Ressourcen sind bei der Stoffherzeugung einzusparen, während die Betriebsenergie weiter sinken und die Eigenenergieerzeugung der Gebäude steigen soll. So wurde die energetische Bilanzierung immer mehr zum entwurfsbestimmenden Parameter. Die Vielfältigkeit an Lösungsvorschlägen legt nahe, dass es nicht die eine, ideale Lösung gibt, sondern es vielmehr gilt, verschiedene Faktoren und Einflussgrößen über den gesamten Lebenszyklus zu betrachten und abzuwägen.

Der Baustoff Beton steht im Mittelpunkt dieser fortschreitenden Entwicklung hin zu nachhaltigerem und ressourcenschonendem Bauen.

In unserer Veröffentlichung „**Nachhaltig Bauen. Mit Beton.**“ haben wir bereits die vielfältigen Möglichkeiten und Vorteile des Baustoffs Beton hinsichtlich der Klimaeffizienz, Ressourcenschonung und Energieeinsparung beleuchtet. [1] Nun richten wir unseren Blick vertiefend auf die Möglichkeiten des energiesparenden Bauens mit Beton. Denn die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Steigerung der Energieeffizienz im Betrieb durch den richtigen Einsatz des Baustoffs sind entscheidende Schritte auf dem Weg zu einer zukunftsfähigen Bauweise.

Diese Publikation dient als Ergänzung zu „Nachhaltig Bauen. Mit Beton.“ und geht gezielt auf die Rolle ein, die Beton im Kontext energieeffizienten Bauens spielt. Wir zeigen auf, wie Beton als Baustoff nicht nur ästhetisch ansprechende und langlebige Strukturen ermöglicht, sondern auch maßgeblich dazu beiträgt, den Energiebedarf von Gebäuden zu optimieren und nachhaltige Lösungen zu realisieren.

Wir laden Sie ein, sich auf eine informative Reise durch die Welt des energiesparenden Bauens mit Beton zu begeben. Tauchen Sie ein in die vielfältigen Anwendungsgebiete, innovativen Technologien und wegweisenden Konzepte, die dazu beitragen, eine lebenswerte und ressourcenschonende Zukunft zu gestalten.

Berlin/Düsseldorf November 2024

Inhalt

Vorwort	01	Bauteilaktivierung – Einsatzmöglichkeiten und Funktionsweise	16
Energiesparend Bauen – Worauf kommt es an?	04	Betonkernaktivierung	18
Einfluss von Beton auf das Raumklima	06	Energiegewinnung & -speicher aus Beton	20
Thermische Behaglichkeit mit Beton	07	Zertifizierung – Überblick der Systeme und die Rolle des Betons	22
Wärmedämmung und -schutz mit Beton	08	QNG-Siegel mit Betonbau	24
Massivbau für den sommerlichen Wärmeschutz	10	Energetische Mindeststandards	25
Leichtbeton und Infralichtbeton	12	Gängige Zertifizierungssysteme	26
Betonsandwichfassaden mit Mineralschaumdämmung	14	Energieeffiziente Details – mit dem IZB-Planungsatlas	28



Beton für die Energiewende	30	Best Practice – Praxisbeispiele	44
Geothermie	32	Greensite: Thermische Speicherfähigkeit	46
Windenergieanlagen	34	Betonoase Lichtenberg: Infralichtbeton	48
Beton für die Kraftwerksstrategie	36	Wohnhaus m17: Leichtbeton	50
Biogasanlagen	38	Rheingarten Konstanz: Bauteilaktivierung	52
Stromnetze	39	Alte Stadtgärtnerei: Thermische Speicherfähigkeit	54
Verkehrswege für die Energiewende	40	Weitblick 1.7: LEED Platinum	56
Glossar	42	Pergolenviertel 3B: QNG-Siegel + NaWoh	58
		Kö-Bogen II: DGNB Platin	60
		Literatur	62

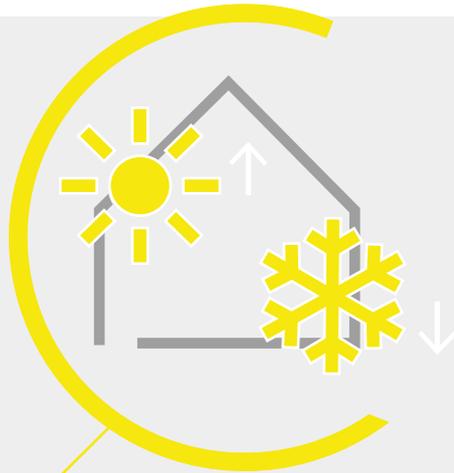


ENERGIESPAREND BAUEN. MIT BETON.

Klimaeffizient. Ressourcenschonend. Energiesparend.

Heizen/Kühlen

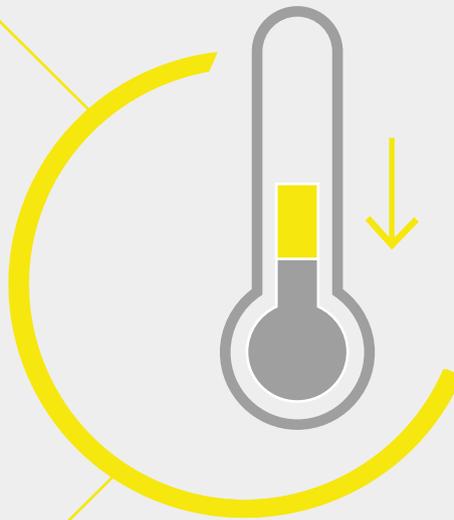
Effizient heizen und kühlen, direkt über die Gebäudestruktur – das ermöglicht die Betonkernaktivierung.



Dämmen

Monolithisch, tragend, dämmend und recycelbar – bauen mit Leicht- und Infralichtbeton.

Heizenergie sparen
Dank der thermischen Speicherefähigkeit den Energiebedarf spürbar senken.



Wärmespeicher

Der Baukörper als Energiespeicher? Die thermische Trägheit des Betons, kombiniert mit einer Bauteilaktivierung, eröffnet hier neue Möglichkeiten.

Energie sparend Bauen

Worauf kommt es an?

Nachhaltige und energiesparende Bauweisen sind der Anspruch unserer Gegenwart für eine klimaneutrale Zukunft. Beton bringt bauphysikalische Eigenschaften mit, die ihn zu einem idealen Baustoff hierfür machen. Doch worauf kommt es genau an, um Beton optimal für ein energiesparendes Bauvorhaben einzusetzen?

Die Vorteile auf einen Blick:

- › Die thermische Trägheit des Betons ist ein entscheidender Faktor. Aufgrund dieser Eigenschaft kann der Baustoff Wärme über einen längeren Zeitraum speichern und langsam wieder abgeben. So tragen innenliegende Bauteile dazu bei, die Gebäudetemperatur zu regulieren und gleichzeitig den Energieverbrauch zu optimieren. Wie sich die thermische Trägheit eines massiven Baustoffs auf den Heizwärmebedarf im Gebäudebetrieb auswirkt, wird im Vergleich mit leichteren Bauweisen besonders deutlich. Aufgrund ihrer geringeren Wärmespeicherfähigkeit entsteht ein höherer Heizwärmebedarf, um ein angenehmes Raumklima aufrechtzuerhalten. Massivbauten sind hier also im Vorteil und tragen langfristig zu einer besseren Energiebilanz bei.
- › Indem Betonbauteile Wärme über Nacht speichern und tagsüber langsam wieder abgeben, entsteht ein behagliches Raumklima mit geringen Temperaturschwankungen. Dieser Effekt kann durch eine gezielte Bauteilaktivierung noch effizienter genutzt werden: Die thermische Masse des Betons wird aktiv in das Heiz- und Kühlsystem des Gebäudes integriert.

Aus Beton entstehen also nicht nur ästhetisch ansprechende und langlebige Gebäude, der massive Baustoff steigert auch maßgeblich deren Energieeffizienz. Durch eine gezielte Planung und Nutzung seiner thermischen Eigenschaften trägt Beton dazu bei, den Energieverbrauch spürbar zu reduzieren und ein angenehmes Raumklima zu schaffen. So leistet er in vielerlei Hinsicht einen wichtigen Beitrag zu den Zielen des nachhaltigen Bauens.

Einfluss von Beton auf das Raumklima

Die thermischen Eigenschaften von Baustoffen spielen eine wichtige Rolle bei der Wärmeregulierung und wirken sich auf Raumtemperatur sowie Energieverbrauch aus.

Wie kann Beton das Raumklima positiv beeinflussen?

1. Wärmespeicherung: Materialien mit hoher Masse behalten ihre Temperatur länger bei. Daher hat Beton die Fähigkeit, Wärme zu speichern. Dies bedeutet, dass er Wärme während warmer Zeitschnitte aufnehmen und speichern kann. Wenn es kälter wird, gibt er sie dann wieder ab. Dies minimiert Temperaturschwankungen im Innenraum und hält eine gleichmäßigere Raumtemperatur aufrecht.

2. Wärmeleitfähigkeit: Die Wärmeleitfähigkeit λ (Lambda) beeinflusst, wie schnell oder langsam Wärme durch das Material hindurchtritt, und wird in $W/(m \cdot K)$ angegeben. Je niedriger der Wert, desto geringer die Leitfähigkeit. Eine niedrige Wärmeleitfähigkeit trägt dazu bei, dass die Innenumgebung nicht zu schnell Wärme verliert oder gewinnt, was die thermische Behaglichkeit verbessert. Ein durchschnittlicher Beton hat einen Lambda-Wert von $1,65 W/(m \cdot K)$, der von Stahlbeton liegt bei $2,3 W/(m \cdot K)$. Der Stahlanteil wirkt sich somit erheblich auf die Wärmeleitfähigkeit aus. [1]

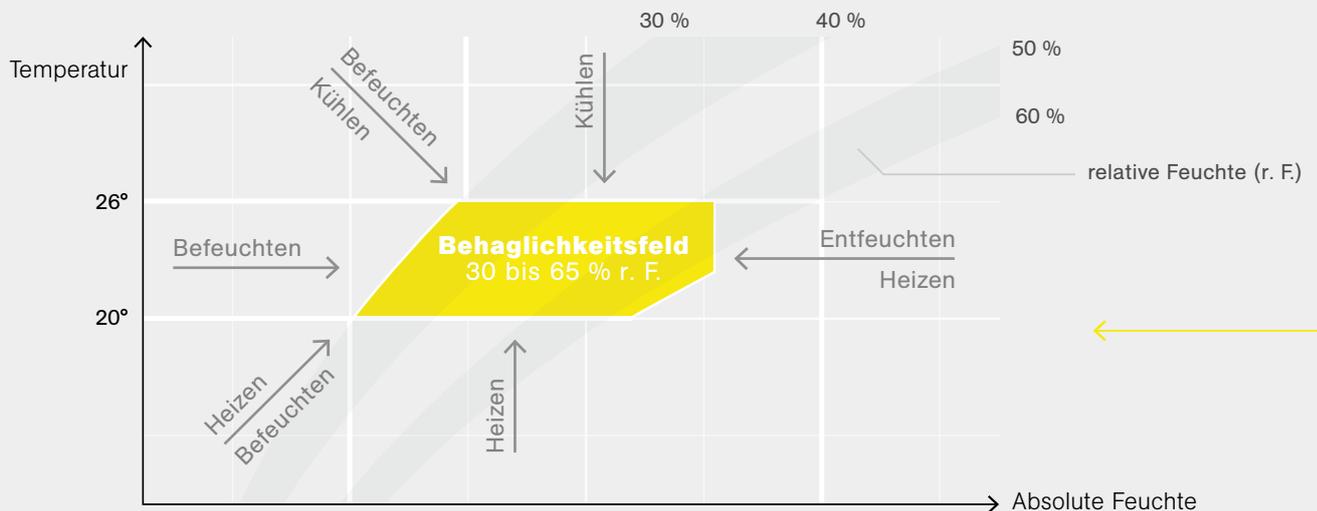
3. Oberflächentemperatur: Die Oberflächentemperatur von Baustoffen wirkt sich stark auf die Empfindung der Raumtemperatur aus. Kalte Oberflächen werden eher als unangenehm empfunden, wärmere Oberflächen schaffen hingegen eine behagliche Atmosphäre.

4. Strahlungseffekte und Konvektion: Die gespeicherte Wärme wird in Form von Strahlungswärme an die Umgebung abgegeben. Hierbei wird auch die direkte Umgebungsluft erwärmt und steigt auf. Durch die hohe Baustoffmasse von Beton sind diese Effekte besonders wirksam und der Baustoff gibt längerfristig Wärme an seine Umgebung ab. Dies wirkt sich positiv auf das Wohlbefinden in geschlossenen Räumen aus.

Die gelungene Integration von Beton in die Gebäudeplanung und -gestaltung erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung dieser Faktoren, um die thermische Behaglichkeit zu optimieren. Darüber hinaus ist die effiziente Nutzung von nachhaltigen und rückbaubaren Wärmedämmmaterialien in Kombination mit Beton wichtig, um den Energieverbrauch zu minimieren und ein komfortables Raumklima zu gewährleisten.

Hinweis: Eine Übersicht der Begriffe mit umfassenden Definitionen finden Sie im Glossar auf Seite S.42

Abb. 1: Schematische Darstellung von Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Behaglichkeit



Thermische Behaglichkeit mit Beton

Thermische Behaglichkeit ist eine wissenschaftlich fundierte Kenngröße, die das Wohlbefinden und den Komfort in Innenräumen beschreibt. Wegen des individuellen Empfindens und der Anpassungsfähigkeit des menschlichen Körpers lässt sich Behaglichkeit nicht exakt messen, jedoch annähernd beschreiben. In der Praxis ist es somit möglich, Raumzustände herzustellen, in denen sich die meisten Menschen besonders wohl fühlen. Da die meisten von uns täglich mehr als zwanzig Stunden in geschlossenen Räumen verbringen, ist die thermische Behaglichkeit, also das Raumklima und die Raumluftqualität, eine wichtige Aufgabe der technischen Gebäudeplanung.

Die thermische Behaglichkeit hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter:

- › Lufttemperatur
- › Luftfeuchtigkeit
- › Luftgeschwindigkeit
- › Strahlungstemperatur von umgebenden Oberflächen
- › Kleidung und Aktivitätsniveau

Weichen eine oder mehrere dieser Kenngrößen von den als behaglich empfundenen Werten ab, entsteht ein Unwohlsein. Verschiedene Standards und Richtlinien legen Empfehlungen für die Einhaltung der thermischen Behaglichkeit fest. Die wissenschaftlichen Grundlagen sind in der Regel in den Bereichen Thermophysik, Wärmeübertragung und Psychologie zu finden.

Methodik und Erfassung

Um das subjektive Empfinden in Bezug auf die Raumtemperatur zu quantifizieren, werden messtechnische Erfassungen in der DIN EN ISO 7730 geregelt. Das Wärmegleichgewicht des menschlichen Körpers wird auf einer Bewertungsskala gemessen. Wie zuvor aufgeführt, sind Bekleidung und körperliche Aktivität entscheidende Einflussfaktoren. Und auch haustechnisch steuerbare Faktoren wie Luftgeschwindigkeit und -feuchte spielen eine Rolle. Aber vor allem eine geringe Differenz zwischen der wahrgenommenen Raumluft- und Bauteiltemperatur trägt zur Behaglichkeit bei.

Hier abgebildet ist eine vereinfachte Form des h-x-Diagramms. Dies zeigt, welche Maßnahmen zum Erreichen eines behaglichen Raumklimas (gelbes Feld) zu treffen sind. Die Trägheit des Betons hilft dabei, konstant in diesem Bereich zu bleiben.

Wärme dämmung und -schutz mit Beton

Heiße Sommer, Extremwettertage und Frost im Winter. Die Anforderungen, die der Klimawandel an unsere Gebäude stellt, werden immer herausfordernder. Um dem zu begegnen, ist die Gebäudehülle energetisch zu optimieren. Hierfür muss auf zwei wesentliche Eigenschaften des Baumaterials geachtet werden: Die Rohdichte und die Wärmeleitfähigkeit.

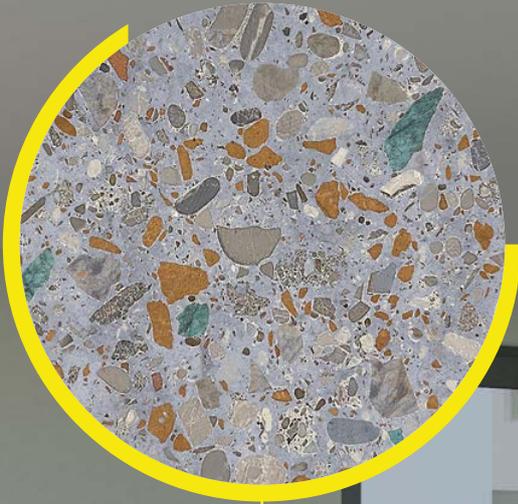
Diese beiden Faktoren sind entscheidend für die Dämmeigenschaft eines Baustoffs, welche in Lambda λ [W/(m*K)] angegeben wird. So erzeugt eine geringe Rohdichte eine gute Dämmwirkung. Denn dabei wird Masse durch Luft ersetzt, was wiederum die Wärmeleitfähigkeit verringert.

Massive Baustoffe wie Beton und insbesondere Stahlbeton besitzen in der Regel eine hohe Rohdichte und damit auch größere Wärmeleitfähigkeit sowie Wärmespeicherkapazität. Diese wirkt sich zwar positiv auf den sommerlichen Wärmeschutz aus, führt bei ungedämmten Außenbauteilen aber zu hohen Wärmeverlusten. Für eine Verbesserung der Dämmeigenschaften wurden in den vergangenen Jahrzehnten neue Technologien entwickelt, die den Luftporenanteil erhöhen und es so ermöglichen, den tragenden Baustoff Beton auch zur Wärmedämmung einzusetzen.



Schnittbild Infralichtbeton





Schnittbild R-Beton



Schnittbild Mineral-
schaumdämmung

Massivbau für den sommerlichen Wärmeschutz

In Zeiten, in denen der Klimawandel zu einem Anstieg der Temperaturen und einer weiteren Zunahme der Zahl extremer Hitzetage führt, wird ein effektiver sommerlicher Wärmeschutz für Gebäude immer unverzichtbarer.

Laut dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist die durchschnittliche globale Oberflächentemperatur seit Ende des 19. Jahrhunderts um etwa 1,1 °C gestiegen. [1] In Deutschland ist die Durchschnittstemperatur im Mittel seit 1990 von 8,2 °C auf 9,3 °C im Jahr 2022 gestiegen. [3] Dieser Temperaturanstieg führt zu mehr Hitzetagen (definiert als Tage mit Temperaturen über einem bestimmten Schwellenwert, der je nach Region variiert). Im Bundesdurchschnitt gab es 2023 insgesamt 11,5 solcher Hitzetage. [2] In Großstädten wie Berlin waren es sogar 15 Tage mit Temperaturen deutlich über 30 °C – zwischen 1961 und 1990 lag der Durchschnitt lediglich bei sieben Hitzetagen. [3] Angesichts dieser Entwicklungen wird die Implementierung effektiver sommerlicher Wärmeschutzmaßnahmen für Gebäude dringend erforderlich, um den Komfort der Bewohner zu gewährleisten, den Energieverbrauch zu reduzieren und die Belastung des städtischen Wärmeinselphänomens zu verringern.

Wesentliche Faktoren zur Beurteilung der Konstruktion unter sommerlichen Bedingungen sind die Art der Konstruktion von Wänden, Böden, Decken und Dächern. Alle raumumfassenden Bauteile nehmen Wärme aus der Umgebungsluft oder durch direkte Sonnenbestrahlung auf, speichern diese und geben sie zeitverzögert wieder ab. Bei diesem Vorgang sind der Wärmeeindringkoeffizient, die spezifische Wärmekapazität c und die wirksame Wärmekapazität C_{wirk} des Materials neben der Wärmeleitfähigkeit und der Rohdichte wichtige Kenngrößen.

Die Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden sind bereits seit Jahren gesetzlich und normativ geregelt (mehr hierzu ab Seite 24). Die für das aktuelle Gebäudeenergiegesetz (GEG) grundlegende DIN 4108-2 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ unterscheidet die Qualität der Bauteile, bezogen auf den anteiligen Sonneneintragskennwert, nach drei Bauarten:

- **leicht** $C_{\text{wirk}}/A_G < 50 \text{ Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$
- **mittel** C_{wirk}/A_G zwischen $50 \text{ Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ und $130 \text{ Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$
- **schwer** $C_{\text{wirk}}/A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$

$A_G = \text{Grundfläche des Raumes}$

Abb. 2: Eigenschaften der verschiedenen Bauarten



Vereinfachend und beispielhaft können die unterschiedlichen Bauarten folgendermaßen gekennzeichnet werden:

- › Die schwere Bauart hat eine Stahlbetondecke und massive Innen- und Außenbauteile mit einer gemittelten und flächenbezogenen Rohdichte $\geq 1.600 \text{ kg/m}^3$.
- › Zu den Eigenschaften der mittleren Bauart zählen Stahlbetondecken und massive Innen- und Außenbauteile, die eine gemittelte und flächenbezogene Rohdichte von $\geq 600 \text{ kg/m}^3$ besitzen.
- › Bei beiden Ausführungsvarianten gibt es keine innen liegenden Dämmschichten oder abgehängte oder thermisch abgedeckte Decken.
- › Weiterhin sind von der vereinfachten Bewertung Räume mit einer Höhe $> 4,50 \text{ m}$ ausgeschlossen.
- › Zur leichten Bauart können alle Konstruktionen gezählt werden, die die vorgenannten Eigenschaften nicht besitzen; dazu zählen u. a. Trockenbauwände und abgehängte Decken, aber auch Innendämmungen hinter Vorsatzschalen.

Wie im Eingangskapitel beschrieben, hat die Bauweise Einfluss auf die Fähigkeit, Wärmeenergie aufzunehmen und wieder abzugeben. Eine schwere Konstruktion – zum Beispiel aus Beton – reagiert langsamer auf Temperaturschwankungen. Gebäude, die in leichten Bauweisen ausgeführt sind, zeichnen sich dagegen durch ein deutlich anderes Verhalten im Erwärmungs- und Abkühlvorgang aus. Die geringe Wärmespeicherfähigkeit der leichten Baustoffe, wie Holz, Gipskartonplatten oder innen liegende Dämmschichten, kann Vorteile haben, wenn Räume selten genutzt werden. Diese Konstruktionen bzw. Räume lassen sich kurzfristig schneller erwärmen, da die Energie nicht erst zum Erwärmen des Bauteils benötigt wird.

Unter sommerlichen Bedingungen und bei langanhaltenden Hitzeperioden führen diese Konstruktionen zu hohen Innenraumtemperaturen, die einen hohen Kühlbedarf nach sich ziehen können. Die hohe Masse mineralischer Baustoffe macht sich dagegen im Sommer positiv bemerkbar, weil sie träge reagiert und damit glättend im Temperaturverlauf über den Tag wirkt.

Hinweis: Eine Übersicht der Begriffe mit umfassenden Definitionen finden Sie im Glossar auf Seite S.42

Tab. 1: Thermische Eigenschaften verschiedener Baustoffe

Material	Rohdichte kg/m^3	Wärmeleitfähigkeit $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$
Wasser (bei 10°C)	1.000	0,60
Luft	1,23	0,025
Gips	600–1.500	0,18–0,56
Konstruktionsholz (z. B. 500 kg/m^3)	500	0,130
Nutzholz (z. B. 450 kg/m^3)	450	0,12–0,18
Stahl	7.800	50.000
Beton (Normalbeton)	2.000–2.400	1,35–2,00
Leichtbeton	800–2.000	0,39–1,35
Infraleichtbeton	< 800	0,14–0,19

ENERGIESPAREND BAUEN. MIT BETON.

Klimaeffizient. Ressourcenschonend. Energiesparend.



Infraleichtbeton

unter Verwendung von Blähton und Blähglas erreicht eine Rohdichte bis zu unter 600 kg/m³



Leichtbeton & Infraleichtbeton

Tragend und dämmend zugleich, ermöglicht (Infra-) Leichtbeton energieeffiziente, ressourcenschonende Bauwerke und eröffnet völlig neue architektonische Freiheiten.

Aufgrund ihrer wärmedämmenden Eigenschaften und des damit verbundenen Verzichts auf weitere Dämmstoffe sind Leichtbetone ein ressourcenschonender und energieeffizienter Baustoff für einen klimaneutralen Gebäudebetrieb.

Leichtbetone werden seit den 1960er-Jahren verwendet – wobei sich bereits in der Kuppel des Pantheons in Rom Leichtbeton befindet – und sind in den gängigen Betonnormen (DIN EN 1991-1-1, DIN EN 206 und DIN 1045-2) erfasst. Genormte Leichtbetone haben eine Rohdichte zwischen 800 kg/m³ und 2.000 kg/m³. Normalbetone liegen bei etwa 2.400 kg/m³.

Weiterentwickelt zum Infraleichtbeton wurde der Leichtbeton unter anderem an der TU Berlin sowie an der Universität der Bundeswehr München. Die Entwickler mischten dem Beton statt Sand und Kies mineralische leichte Gesteinskörnungen wie Blähton, Blähglas oder Bims bei.

So werden Rohdichten von unter 800 kg/m³ erreicht. Allerdings nehmen bei sinkender Rohdichte auch die Druckfestigkeit und der E-Modul ab. Die Druckfestigkeit von Infraleichtbeton liegt bei etwa 5 MPa. Zusätzlich zu den leichten Gesteinskörnungen werden auch sogenannte Luftporenbilder in den Beton eingebracht.

Die leichten Gesteinskörnungen sind zumeist schadstofffrei, druckfest, nicht brennbar sowie frostbeständig.

Der Einsatz dieser sehr leichten Gesteinskörnungen – die oft weniger als ein Fünftel von herkömmlichem Kies wiegen – erzeugt eine sehr niedrige Betonroh-dichte, was wiederum eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit zur Folge hat.

Infraleichtbetone haben im Mittel einen Lambda-Wert von zirka 0,16 W/(m*K). Einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert), wie vom Gebäudeenergiegesetz (GEG) gefordert, erreicht man damit mit Wandstärken von 50 bis 70 cm. Und das ohne zusätzliche Dämmsysteme.

Aufgrund des porösen Gefüges des Infraleichtbetons ist sein Carbonatisierungswiderstand gering bzw. die herkömmliche Betonüberdeckung unzureichend, um den Stahl vor Korrosion zu schützen. Dies bringt zwar den klimatisch positiven Effekt mit sich, dass die Bauteile innerhalb ihrer Lebensdauer komplett carbonatisieren – und somit erhebliche Mengen CO₂ binden können, – fordert aber Maßnahmen bezüglich der Bewehrung. Da Leichtbetone vor allem Fassadenbaustoffe sind, gilt dies besonders. Alternative nicht korrodierende oder korrosionsgeschützte Bewehrungen (wie z.B. Edelstahl, Glas- oder Carbonfaser) schaffen hier aber einfach Abhilfe.

Da Infraleichtbeton normativ noch nicht geregelt ist, sind bei Verwendung allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) oder Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) notwendig. [1]



Zementmerkleblatt *Infraleichtbeton*

Zum Download:

www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Dokumente/PDF/Service/Zementmerkleblätter/B14.pdf

**Abb. 3: Unterscheidung von Beton nach der Rohdichte;
genormter und nicht genormter Bereich der Rohdichte für Beton und Stahlbeton**



Die Anlieferung der leichten Gesteinskörnung erfolgt i. d. R. per Lkw. Dadurch kann auf zusätzliche Verpackung verzichtet und das Material in Silos oder in Vorratsboxen gelagert werden. Leicht- und Infraleichtbetone werden wie Normalbetone aus den örtlichen Transportbeton- oder Fertigteilwerken geliefert. Da diese Betone noch nicht in allen Werken verfügbar sind, kann alternativ auch eine mobile Mischanlage auf der Baustelle installiert werden. Dies ermöglicht eine optimierte Logistik und eine Minimierung der Transportemissionen.

Auch bei Leicht- und Infraleichtbetonen können klinker-reduzierte Zemente zum Einsatz kommen. Klinker-reduzierte Zemente sind z. B.: CEM-II/B- und CEM-III/B-Zemente oder die neue Generation der CEM-II/C-M-Zemente.

Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie 35 % bis 80 % Portlandzementklinker einsparen und so direkt das Treibhauspotenzial (GWP) des Betons reduzieren.

Leichtbetone sind zu 100 % recycelbar und können zu großen Teilen (nach Zerkleinerung und Siebung) wieder der Betonproduktion zugeführt werden.

Die Leichtbetonbauweise liefert wichtige Antworten auf die zentralen Herausforderungen von heute und morgen – zu Fragen der Ressourcenschonung, der Kreislauffähigkeit, der Energieeffizienz, der Dauerhaftigkeit sowie der architektonischen Ästhetik.

Abb. 4: Verschiedene Gesteinskörnungen



Mehr zu klinkerreduzierten Zementen & ihren CO₂-Einsparpotenzialen erfahren Sie hier:

www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de/klimaeffizient

Beton sandwich fassaden mit Mineral schaumdämmung

Betonsandwichfassaden sind mehrschichtige, in einem Werk vorgefertigte, großformatige Fassadenelemente. Sie vereinen in der Regel die konstruktive Tragschicht, die Wärmedämmschicht und die Vorsatzschicht. Gelegentlich wird auch zwischen der Vorsatzschicht und der Wärmedämmung noch eine Luftschicht vorgesehen.

In der Regel werden für die Dämmschicht druckfeste Stoffe wie Polyurethan oder Polystyrol verwendet. Diese Materialien erschweren aber die stoffliche Trennung bei einem Abriss und sind in der Regel nicht recycelbar.

Ein neuer Ansatz zur Problemlösung bei Sandwichwänden besteht in der Verwendung von Mineralschaum. Dieser ist ein mineralischer Baustoff, der problemlos recycelt werden kann. Die Anforderungen der Mantelverordnung gelten selbstverständlich auch hier.

Die geringe Dichte von ca. 65 kg/m³ macht den Mineralschaum zu einem hoch effizienten Wärmedämmmittel mit einem Lambda-Wert von etwa 0,035 W/(m*K). Dieser gleicht den Werten herkömmlicher Dämmsysteme. Ebenfalls vorteilhaft ist, dass Mineralschaum feuchteresistent und nichtbrennbar (A1) ist.

Mineralschaum nimmt Feuchtigkeit auf und gibt sie wieder ab, ohne seine Dämmeigenschaften zu beeinträchtigen. Dies reduziert auch den Verschnitt erheblich im Vergleich zu herkömmlichen Dämmstoffen und stellt auch im Bauprozess eine erhebliche Erleichterung dar.

Besonders hervorzuheben sind die CO₂-Vorteile von Mineralschaumdämmung. Der CO₂-Äquivalentwert liegt unter 60 kg pro Kubikmeter Dämmung, was zu einer bis zu 70-prozentigen CO₂-Ersparnis im Vergleich zu Mineralwollen führt.

Ersatzbaustoffverordnung/ „Mantelverordnung“

Die „Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung“ – oft kurz Mantelverordnung genannt, regelt erstmalig bundeseinheitlich die Anforderungen an Herstellung und Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe.



Mantelverordnung

Zum Download:

www.bgbl.de/xaver/bgbl/start_xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl121s2598.pdf



Eine kurze Zusammenfassung des Inhalts hier:

Mehr Infos:

www.bmu.de/faqs/mantelverordnung

Tab. 2: Verschiedene Dämmstoffe und ihre Einsatzmöglichkeiten

Dämmstoff	Geneigte Dächer und Flachdächer	Umkehrdach	Außendämmung	Innendämmung	Erdberührte Wände	Unterhalb von erdberührten Bodenplatten	Oberhalb von Bodenplatten mit Trittschalldämm-eigenschaften
Mineralwolle (MW)	×		×	×			×
CG Schaumglas	×	×	×	×	×	×	×
Polyurethan-Hartschaum (PUR)	×		×	×	×		×
Polystyrol-Hartschaum (EPS)	×		×	×	×		×
Polystyrol Extruderschaum (XPS)		×	×		×	×	×
Hanf	×		×	×			×
Holzfaser (WF)	×		×	×			×
Leichtbeton	×	×	×		×	×	×
Infraleichtbeton	×	×	×	×	×		×
Mineralschaum	×	×	×	×	×		×

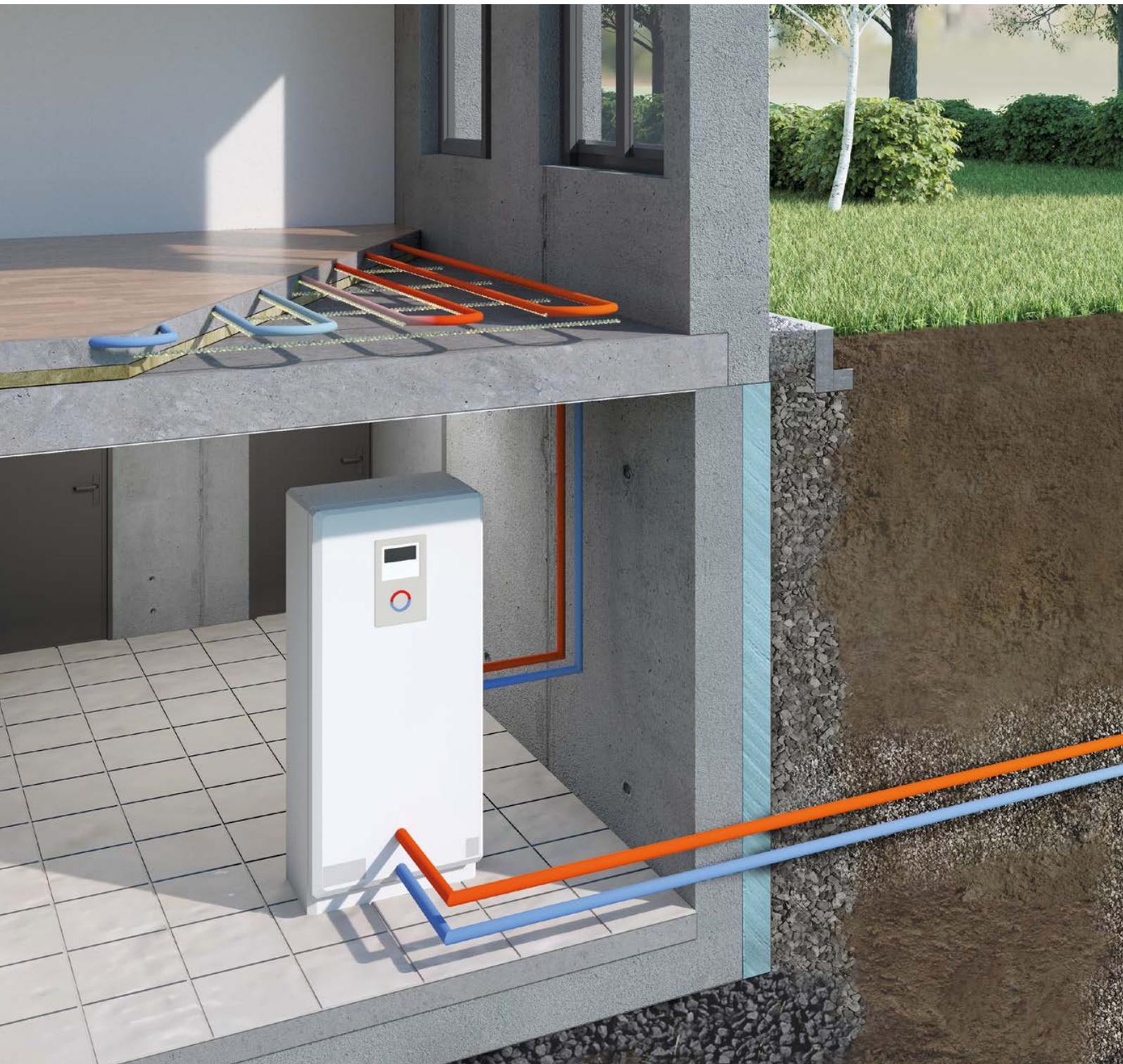
Mineralische Dämmstoffe

Mineralische Dämmstoffe sind in der Regel nicht-brennbar, wasserabweisend und einfach zu verarbeiten. Sie bieten hervorragenden Wärme-, Schall- und Brandschutz und lassen sich in vier Gruppen einteilen: Mineralwolle, mineralische Dämmplatten, Schüttdämmstoffe und die neuartigen Mineralschäume.

Stein- und Glaswolle, hergestellt durch das Schmelzen und Zerfasern von Gesteinen bzw. Altglas, sind die häufigsten Mineralwollen. Sie werden als flexible Matten oder druckfeste Platten eingesetzt. Weitere Plattendämmstoffe sind Kalziumsilikat- und Schaumglasplatten, die aufgrund ihrer Eigenschaften auch im Außenbereich verwendet werden können. Schüttdämmstoffe wie Blähton, Perlit und Schaumglasschotter werden ebenfalls durch das Erhitzen der jeweiligen Ausgangsmaterialien (und gegebenenfalls eines Triebmittels) hergestellt. Sie eignen sich für Hohlräume, Fassaden und den Landschaftsbau, können aber auch in Leichtbetonen als Gesteinskörnung verwendet werden.



ENERGIESPAREND BAUEN. MIT BETON.
Klimaeffizient. Ressourcenschonend. Energiesparend.





Bauteil aktivie rung

Einsatz möglichkeiten und Funktionsweise

Bei der thermischen Aktivierung werden wasserführende Leitungen in massiven Bauteilen wie Decken, Wänden oder Fußböden eingesetzt und so die Speicherfähigkeit des jeweiligen Bauteils zur Temperierung genutzt. Häufig lassen sich die Bauteile über dieses System sowohl erwärmen als auch kühlen. Aufgrund der thermischen Trägheit massiver Bauteile lässt sich das Raumklima so das ganze Jahr über stabilisieren. Dies sorgt für Komfort und senkt aufgrund der niedrigen Vorlauftemperatur auch den Energiebedarf für Heizung und Kühlung.

Unterstützt wird das System am effizientesten mit Wärmeenergie aus erneuerbaren Quellen wie Geothermie (mit Sole-Wärmepumpen) oder Luft-Wärmepumpen. Diese arbeiten auch mit Niedrigtemperaturen und erlauben so den Betrieb eines sehr energieeffizienten Heizsystems.

Betonkernaktivierung

Die Betonkernaktivierung ist eine Form der Bauteilaktivierung, bezeichnet aber speziell die thermische Aktivierung von Betonbauteilen – für gewöhnlich Decken – im Kern. So nutzt diese Technologie die herausragenden thermischen Eigenschaften von Beton, um Gebäude effizient zu heizen oder zu kühlen. Wie im Kapitel „Wärmedämmung und -schutz mit Beton“ beschrieben, ist Beton in der Lage, große Mengen an Wärmeenergie zu absorbieren, zu speichern und bei Bedarf wieder abzugeben.

Bei der Betonkernaktivierung werden die Rohrsysteme direkt in die Massivdecke aus Beton integriert. Diese Rohre werden durch ein Kreislaufsystem mit einem flüssigen Medium, oft Wasser mit Zusätzen wie Glykol, beschickt. Durch die gezielte Steuerung des Temperaturniveaus im Kreislaufsystem kann die Raumtemperatur präzise reguliert werden, um einen behaglichen Komfort zu gewährleisten. Die Wärme wird dabei gleichmäßig über die gesamte Fläche der Decke abgegeben, was zu einer angenehmen Wärmestrahlung und Temperaturverteilung führt. Selbst in großen Räumen wird dieser Effekt als äußerst behaglich empfunden.

Messungen zeigen, dass diese Methode eine im Vergleich zu herkömmlichen Heiz- und Kühlmethoden effizientere Temperaturregelung ermöglicht und so über längere Zeiträume eine deutlich verbesserte Wärme- und Kälteverteilung aufweist.

Aufgrund der großen zu erwärmenden Masse ist ein schnelles Aufheizen mit diesem System nicht möglich, es eignet sich vor allem, um konstante Temperaturen zu gewährleisten. Aus diesem Grund ist die Betonkernaktivierung hierzulande besonders bei Gebäuden, bei denen die Haustechnik zentral gesteuert wird, beliebt. Bürogebäude, Krankenhäuser oder Industriebauwerke, die durchgehend genutzt werden, profitieren am meisten vom geringen Energiebedarf dieser Systeme. Im Wohnungsbau hat sich die Betonkernaktivierung zuerst im Bereich der Passivhäuser etabliert. Aufgrund der starken Wärmedämmung ist der Energiebedarf hier verschwindend gering. In Deutschland wird zurzeit noch stärker auf den Heizestrich mit Fußbodenheizung gesetzt, da dieser auch einen geringeren Planungsaufwand bedeutet. Aufgrund der geringeren Speichermasse fällt der Heizestrich aber wiederum höher im Energieverbrauch aus.

Tab. 3: Wirkungsgrad verschiedener Arten der Energieerzeugung

Ölheizung	Pelletheizung	Konventionelle Gasheizung	Moderne Gasheizung	Fernwärme	Wärmepumpe
80–95 %	85–100 %	85–100 %	95 %	80–90 %	300–500 %

Quelle: www.viessmann.de/de/wissen/infos-und-tipps-zum-kauf/wirkungsgrad-der-waermepumpe.html

Tab. 4: Vorlauftemperatur verschiedener Heizsysteme

konventionelle Heizkörper	Brennwertsysteme	Fußbodenheizung	Betonkernaktivierung
65–90 °C	45–60 °C	30–40 °C	23–26 °C

Quelle: www.vaillant.de/heizung/heizung-verstehen/tipps-rund-um-ihre-heizung/vorlauf-rucklauf-temperatur/
www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/v/vorlauftemperatur

In Österreich ist die Bauteilaktivierung bereits in der Breite im Wohnungsbau angekommen. Hier ist auch das länderübergreifende Interreg-Projekt „Cool*Alps“ entstanden. Cool*Alps zielt darauf ab, die Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel und die Energiesicherheit im Alpenraum zu verbessern, indem es die Verbreitung innovativer thermisch aktivierter Gebäude unterstützt. Sie ermöglichen CO₂-freies Heizen und Kühlen und machen Siedlungen flexibler und widerstandsfähiger gegen extreme Hitzeperioden. [1]

Die Betonkernaktivierung erhöht die Energieeffizienz, da der Energieverbrauch für Heizung und Kühlung deutlich reduziert wird. Sie verbessert den Komfort durch gleichmäßige Temperaturverteilung und fehlende Zugluft. Langfristig können – trotz der anfänglich höheren Investition im Vergleich zu herkömmlichen Systemen – Betriebskosten gesenkt werden, da weniger Energie benötigt wird. Zudem ist die Bauteilaktivierung besonders umweltfreundlich, da sie die Integration erneuerbarer Energien wie Solarthermie oder Geothermie ermöglicht und mit Wärmepumpen sehr gut kombinierbar ist. Einmal installiert, sind die Systeme robust und wartungsarm, da sie keine mechanischen Teile wie herkömmliche Klimaanlage oder Heizkörper besitzen.

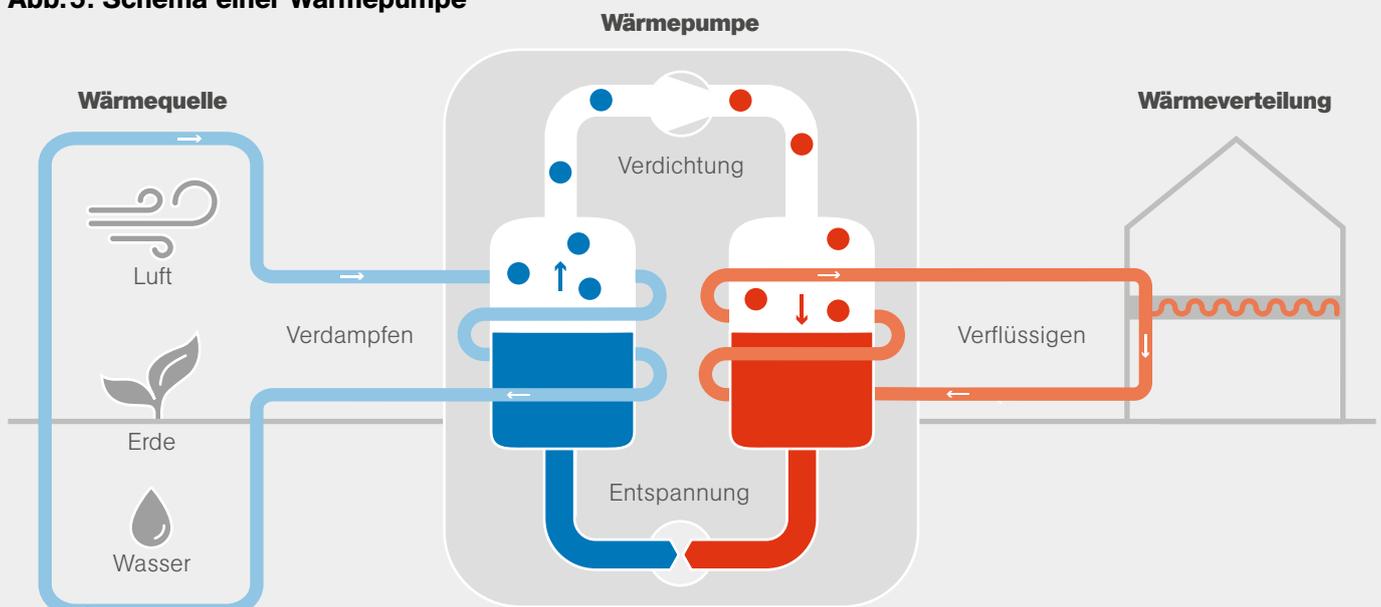
Effiziente Energiesysteme in Kombination mit der Betonkernaktivierung

Wärmepumpen nutzen ein Arbeitsmittel, das bei sehr niedrigen Temperaturen verdampft. Ein Kompressor verdichtet dieses Gas und erhöht so Druck und Temperatur, während ein Wärmetauscher die Wärme ans Heizsystem abgibt und das Gas so wiederum verflüssigt. Durch ein Expansionsventil wird der Druck abgebaut. Kühlschränke funktionieren nach demselben Schema.

Die Effizienz von Wärmepumpen wird durch ihre Jahresarbeitszahl bestimmt. Erdgekoppelte Systeme erreichen eine Jahresarbeitszahl von bis zu 4 oder 5. Das bedeutet, dass sie mit 1 kWh Strom 4–5 kWh Wärme erzeugen.

Wärmepumpen arbeiten am effizientesten mit einer Vorlauftemperatur von bis zu 45 °C. Flächenheizungen oder andere Systeme, die die Wärme großflächig verteilen, eignen sich darum am besten für wärmepumpengebundene Systeme.

Abb. 5: Schema einer Wärmepumpe



Energiegewinnung & -speicher aus Beton

Dezentrale Energiegewinnung ist nicht nur ein essenzieller Bestandteil der Wärmewende (mehr hierzu ab Seite 30), sondern ist in Kombination mit der Bauteilaktivierung besonders effizient. Da die hier aufgeführten Technologien zumeist im niedrigen Temperaturbereich arbeiten, sind sie für diesen Einsatz besonders geeignet und dabei auch noch klimaneutral. Beton punktet hierbei mit seiner Speicherfähigkeit, die es ermöglicht, die gewonnene Energie über einen langen Zeitraum wieder abzugeben. Im Folgenden stellen wir einige Technologien vor, die sich diese Eigenschaften zunutze machen.

Geothermische Energiespeicherung

Energiepfähle kombinieren die Funktionen von Gründungspfählen und Erdwärmesonden. Diese Pfähle, in die Wärmetauscherrohre eingegossen sind, tragen nicht nur die Lasten eines Bauwerks in tiefere, tragfähige Bodenschichten ab, sondern nutzen gleichzeitig die Erdwärme für Heizung und Kühlung. Die Leistung der Energiepfähle variiert je nach Größe der Anlage zwischen 10 und 800 kW. [1] Energiepfähle kommen besonders bei schwierigen Baugrundverhältnissen zum Einsatz und können in Tiefen von bis zu 25 m installiert werden. In der Schweiz wurden Energiepfählsysteme bereits in den 1970er-Jahren erfolgreich erforscht und dokumentiert. Sie eignen sich für mittlere und kleinere Bauvorhaben, wie Ein- und Mehrfamilienhäuser, da sie auch in Trinkwasserschutzzonen verwendet werden dürfen und relativ einfach genehmigt werden können. Energiepfähle bestehen in der Regel aus Ortbeton oder Betonfertigteilen.

Aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht ist für den Betrieb von Energiepfählanlagen die saisonal ver-setzte Kombination von Heiz- und Kühlbetrieb ideal.

Eisspeicher

Ein Eisspeicher speichert und nutzt Wärmeenergie für Heiz- und Kühlsysteme. Er besteht aus einem großen Betonbehälter, der mit Wasser gefüllt ist – also eine Art Zisterne, nur dass diese mit einem Leitungssystem gefüllt ist. In diesen Leitungen zirkuliert eine Austauschflüssigkeit. Bei Wärmebedarf wird dem Wasser über eine Wärmepumpe Energie entzogen und im Gebäude genutzt. Dabei nutzt man

den sog. „Phasenumwandlungseffekt“: Wenn Wasser bei 0 °C zu Eis erstarrt, wird etwa so viel Energie frei, wie man bräuchte, um dieselbe Wassermenge von 0 °C auf 80 °C zu erhitzen. Es handelt sich um saisonale Systeme, mit denen in Winter geheizt und im Sommer gekühlt werden kann. Eisspeicher sind effizient und umweltfreundlich, besonders wenn die Wärmepumpe durch PV-Strom betrieben wird.

Feststoff-Wasser-Speicher

Die kostengünstigste Variante der Feststoff-Wasser-Speicher ist der Beton-Feststoff-Speicher. Dieser kann sowohl unterhalb eines Gebäudes verbaut als auch nachträglich in ein Untergeschoss integriert werden. Hierfür wird ein Korpus mit Wärmetauschern bestückt, welche an den Heizkreislauf des Gebäudes angeschlossen werden. Nun wird dieser Körper mit Beton verfüllt. Um die Wärmespeicherkapazität weiter zu erhöhen, werden die Poren des Betons anschließend noch mit Wasser verfüllt. Das durch die

Abb. 6: Energiepfahl

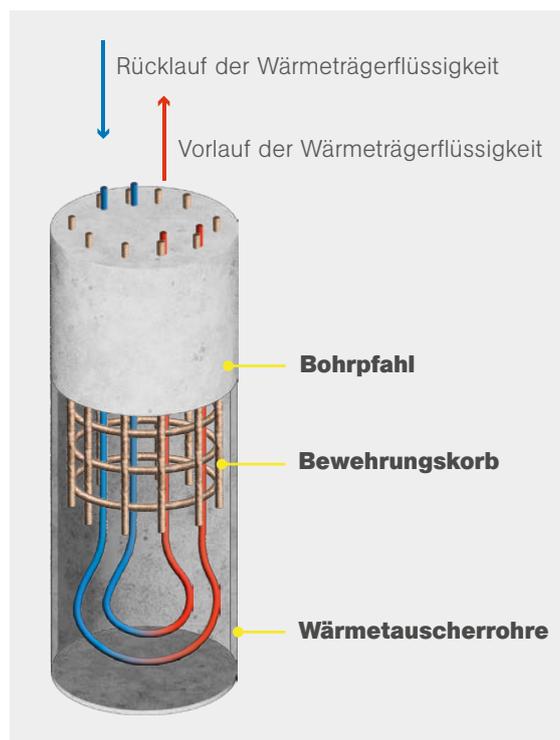
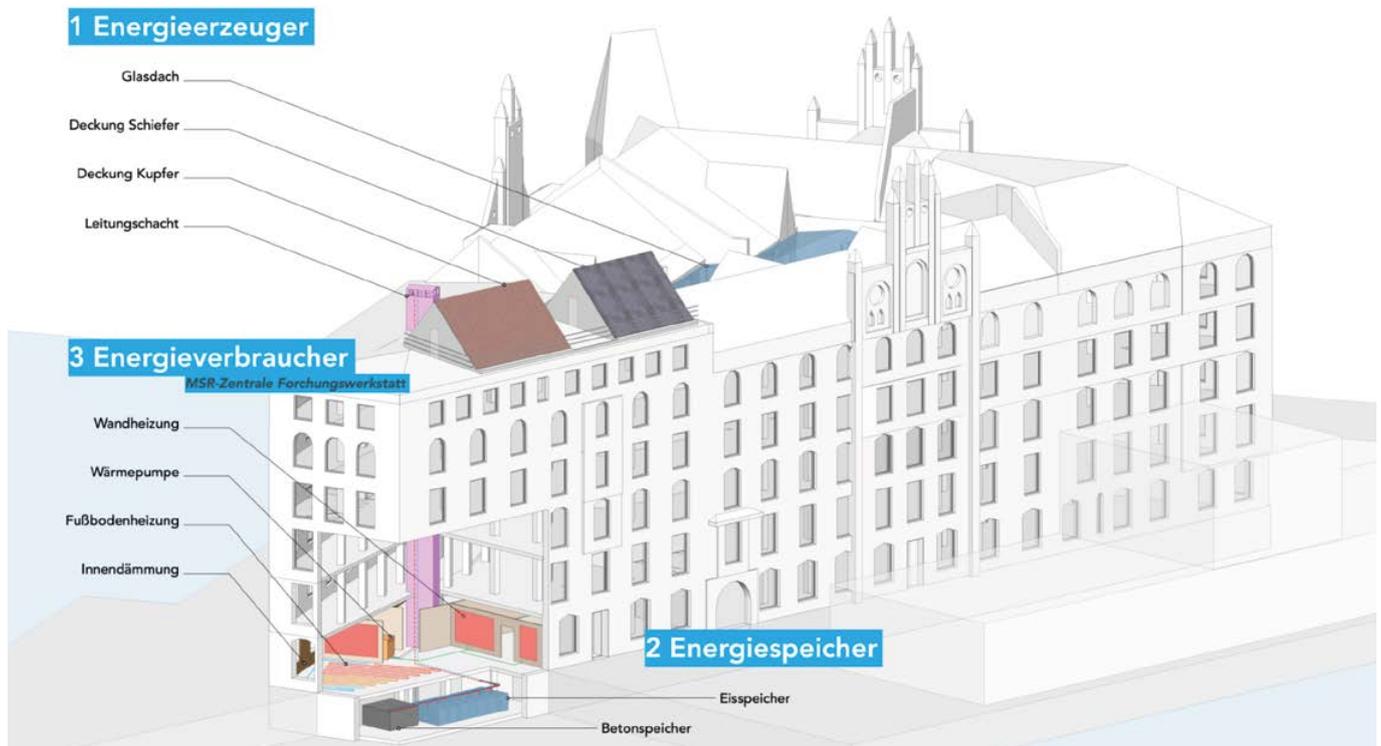


Abb. 7: Komponenten des systemischen Versorgungsansatzes



Heizkreisläufe zirkulierende Wasser kann bei Bedarf erwärmt oder gekühlt werden. Feststoffspeicher eignen sich am besten für niedrigere Temperaturbandbreiten bis 90 °C, sind also für den Hausgebrauch absolut ausreichend. Ein hybrider Wasser-Feststoffspeicher kam auch bei der denkmalgerechten Sanierung eines ehemaligen Kontors in der Hamburger Speicherstadt zum Einsatz. Das Projekt wird von verschiedenen Universitäten begleitet und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. [2] In diesem Projekt wurden auch andere, hoch innovative Systeme für die Energieerzeugung verbaut und können so langfristig untersucht und beobachtet werden. Dieses Projekt zeigt auf, dass Energiesysteme mit Beton sich auch bei Denkmälern und im Bestand anbieten können.

Solarbeton

Solarbeton, entwickelt von Forschern der Universität Kassel, ist ein innovativer Baustoff, der Sonnenlicht in Strom umwandeln kann. Er basiert auf einer speziellen Betonsolarzelle namens „DysCrete“, die aus leitfähigem Beton, Titandioxid, Farbstoffpigmenten und einer Jodlösung besteht. Diese Zelle nutzt das Prinzip der Farbstoffsolarzelle, bei der Sonnenlicht durch Farbstoffe in Elektronen umgewandelt wird, um Strom zu erzeugen. Derzeit wird daran gearbeitet, den noch niedrigen Wirkungsgrad von etwa 2 % zu erhöhen und die Langlebigkeit zu verlängern. Eine zentrale Herausforderung bleibt jedoch die regel-

mäßige Erneuerung der Beschichtung. Konventionelle Solarthermie und Photovoltaikanlagen unterliegen in ihrer Leistung hohen Schwankungen im Tagesverlauf und haben vergleichsweise hohe Investitionskosten. Trotz des derzeit noch niedrigen Wirkungsgrads kann Solarbeton so eine vielversprechende und kosteneffiziente Ergänzung im Bereich erneuerbarer Energien darstellen. [3]

Massivabsorber

Massivabsorber sind ein System zur Energiespeicherung. Hierbei handelt es sich um massive Außenbauteile aus Beton, in die dünne Rohrschlangen aus Kunststoff oder Metall eingelassen sind. Sie tauschen mit der Umgebungswärme (Luft, Erdreich, Grundwasser, Teiche oder Flüsse) Energie aus und nutzen diese, um mithilfe einer Wärmepumpe für die Klimatisierung eines Gebäudes zu sorgen. Diese Massivabsorber nehmen solare Wärme direkt an der Hülle auf und übergeben sie an das System. Diese Wärme fungiert als Umweltenergieanteil der Wärmepumpe oder kann, falls kein Bedarf besteht, im Speicher zwischengelagert werden. Der Speicher wiederum versorgt die Wärmepumpe, wenn keine ausreichende Leistung an der Bauteiloberfläche bereitsteht.

Zertifi zierung

Überblick über die Systeme und die Rolle des Betons

Bei Nachweisen und der Zertifizierung von Gebäuden nach verschiedenen Standards wie dem Gebäudeenergiegesetz (GEG), dem Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) und anderen Labels spielen massive Baustoffe wie Beton eine wichtige Rolle. Während das GEG den Baustoff nur nachrangig betrachtet, stehen in Zertifizierungssystemen wie dem QNG die Umweltauswirkungen von Baustoffen, insbesondere die graue Energie, im Fokus.

Massive Baustoffe wie Beton können einen erheblichen Beitrag zur Gesamtumweltbilanz eines Gebäudes leisten, da sie nicht nur für die strukturelle Integrität, sondern auch für die Energieeffizienz, die Langlebigkeit und die ökologischen Auswirkungen während ihrer Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Bedeutung sind. Diese Aspekte werden zunehmend bei der Zertifizierung von Gebäuden berücksichtigt, um eine nachhaltigere Bauweise zu fördern und die Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus zu minimieren.

Auf den kommenden Seiten stellen wir einige der Zertifizierungssysteme vor.



Handbuch Qualitätssiegel
Nachhaltiges Gebäude

Zum Download:

www.qng.info/app/uploads/2023/03/QNG_Handbuch_v1-2.pdf



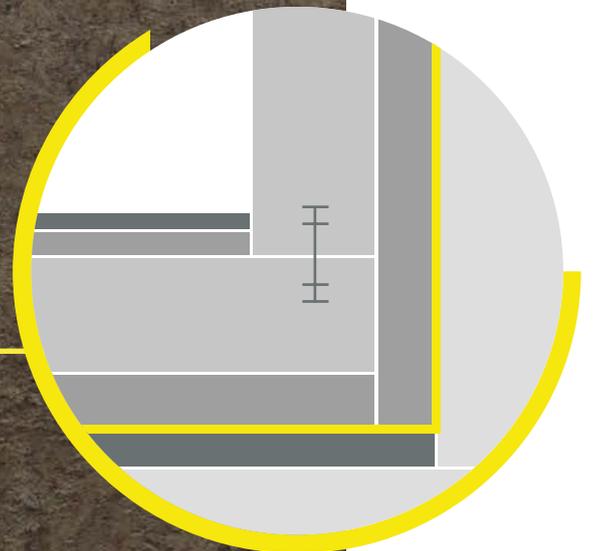


Abb.8: Allgemeine und besondere Anforderungen des QNG-Siegels



QNG-Siegel mit Betonbau

Das „**Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude**“ (QNG) stellt eine staatliche Auszeichnung für Gebäude dar. Auch hier müssen wie bei den privatwirtschaftlichen Zertifizierungssystemen bestimmte Kriterien bezüglich ökologischer, soziokultureller und ökonomischer Qualität erfüllt werden. Die Vergabe des Siegels erfolgt durch unabhängige Stellen im Auftrag des Bundesbauministeriums in den Stufen „QNG PLUS“ oder „QNG PREMIUM“ und unterscheidet zwischen Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden. Das QNG-Handbuch und die entsprechenden Dokumente bilden die Grundlage für die Vergabe des Qualitätssiegels. Sie legen das Verfahren sowie die Anforderungen an die Registrierung von Bewertungssystemen fest und definieren die Bedingungen für die Vergabe des Qualitätssiegels.

Die Siegelvergabe erfolgt immer in Kombination mit einer anderen Zertifizierung (Siehe Seite 26). Die Anforderungen des QNG werden in „Allgemeine Anforderungen“ und „Besondere Anforderungen“ geteilt. Während die allgemeinen Anforderungen durch die Vorgaben des jeweiligen Zertifizierungssystems abgedeckt werden, sind die besonderen Anforderungen gesondert nachzuweisen.

Die besonderen Anforderungen betreffen:

- › Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf
- › Nachhaltige Materialgewinnung
- › Schadstoffvermeidung in Baumaterialien
- › Barrierefreiheit
- › Naturgefahren am Standort
- › Gründach

Materialgewinnung sind besonders relevant für den Beton. Für die Treibhausgasemission ist der GWP100 nachzuweisen bzw. ein vorgegebener Wert einzuhalten.

Es werden graue Energie und Betriebsenergie auf einen jährlichen Anteil pro Quadratmeter (GWP100 in kg CO₂-Äq./m² NRF(R)*a) gerechnet. So wird der Anteil der baustoffbedingten Emissionen bzw. Energieaufwendung vergleichbar dargestellt. Ein Blick auf die ausgezeichneten Projekte zeigt, dass die Betonbauweise durch den Einsatz klinkereffizienter Zemente die höchsten CO₂-Anforderungen erfüllen kann und auch Premium erreicht. Voraussetzung ist, dass bewusst CO₂-effizient geplant wird.

Bei der nachhaltigen Materialgewinnung ist ein verbindlicher Mindestanteil des verbauten Betons als Recyclingbeton auszuführen. Bei dieser Anforderung kommt es aufgrund uneindeutiger Formulierung der QNG-Anforderungen oft zu Unsicherheiten bezüglich des geforderten Anteils an RC-Material. Kurzum: Ein Mindestanteil an RC-Gesteinskörnung innerhalb des R-Betons wird nicht vorgegeben. Vielmehr sind die zulässigen Maximalmengen rezyklierter Gesteinskörnungen nach den geltenden DAfStb-Richtlinien nicht zu überschreiten. Beton kann also auch hier punkten.

Diese Punkte zeigen auf, dass auch beim QNG die höchste Auszeichnung mit Betonbauweisen erreicht werden kann, wenn dies bewusst nachhaltig geplant wird. Denn die Tragfähigkeit, Langlebigkeit und vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Beton machen ihn zu einem wichtigen Baustoff für nachhaltige Gebäude.

Hinweis: Mehr zum GWP100 und der Berechnung finden Sie im Handbuch Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, Anhang 3.1.1 zur Anlage 3.

Energetische Mindest standards

Das **Gebäudeenergiegesetz** (GEG) ist ein zentrales Gesetz, das die energetischen Anforderungen an Gebäude regelt. Es ersetzt seit November 2020 die bisher geltenden Regelungen der Energieeinsparverordnung (EnEV), des Energieeinspargesetzes (EnEG) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG). Das GEG fasst diese drei Regelwerke zusammen und vereinheitlicht die Anforderungen an den Energieverbrauch und die Nutzung erneuerbarer Energien in Gebäuden. Der Fokus des GEG liegt in der Reduzierung der Primärenergie und Anforderungen an die thermische Hülle sowie dem Einsatz von erneuerbaren Energien. Auch regelt das GEG die Ausstellung und Verwendung von Energieausweisen. Der Energieausweis gibt Aufschluss über die energetische Qualität eines Gebäudes und muss bei Verkauf, Vermietung oder Verpachtung vorgelegt werden.

Die graue Energie spielt im GEG keine zentrale Rolle, da der Fokus auf der Reduzierung des Energieverbrauchs während der Betriebsphase liegt. Dennoch wird die graue Energie beim nachhaltigen Bauen zunehmend wichtiger, insbesondere in Zusammenhang mit Zertifizierungssystemen, wie auf den folgenden Seiten ausgeführt wird. In der Zukunft könnte sie auch in gesetzlichen Regelungen mehr Beachtung finden, um den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes energetisch und unter dem Gesichtspunkt der Klimaeffizienz zu optimieren.

Die Frage nach den Baumaterialien spielt somit nur eine untergeordnete Rolle. Dennoch werden die positiven Effekte einer massiven Bauweise berücksichtigt. Beim Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes spielt das spezifische Gewicht der Bauteile die zentrale Rolle. So wird berücksichtigt, dass eine massive Bauweise mit intelligent geplanter Fassade ohne zusätzliche Kühltechnik auch in den Hitzemonaten ein angenehmes Raumklima garantieren kann.

Sommerlicher Wärmeschutz nach GEG

Der sommerliche Wärmeschutz nach § 14 GEG verlangt, dass Gebäude so gebaut werden, dass der Sonneneintrag durch geeignete bauliche Maßnahmen begrenzt wird. Dies muss nach anerkannten technischen Regeln erfolgen, ohne die Tageslichtversorgung zu beeinträchtigen. Der Schutz gilt als ausreichend, wenn die Vorgaben der DIN 4108-2 erfüllt werden, entweder durch Einhaltung der festgelegten Sonneneintragswerte oder durch eine Simulationsrechnung. Wie im Kapitel „Massivbau für den sommerlichen Wärmeschutz“ (Seite 10) beschrieben, ist neben der Fensterfläche die Bauart der wirkmächtigste Hebel zur Reduzierung der Erhitzung. So ermöglicht eine umsichtige Planung, im Betonbau auch künftig ohne Klimaanlage auszukommen.

Tab. 5: Energieeffizienzklassen von Wohngebäuden nach GEG

A+	A	B	C	D	E	F	G	H
Endenergie kWh/m ² NF *a (Kilowattstunden pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche und Jahr)								
≤ 30	≤ 50	≤ 75	≤ 100	≤ 130	≤ 160	≤ 200	≤ 250	> 250

Angaben im Energieausweis für Wohngebäude nach §§ 79ff GEG

Gängige Zertifizierungs systeme

Die nachfolgenden Systeme betrachten die Nachhaltigkeit aus verschiedenen Blickpunkten, haben aber gemein, dass sie die Emissionen über den Lebenszyklus bewerten. Das heißt, dass sowohl die graue Energie als auch die Betriebsenergie einbezogen werden. Bei allen Zertifizierungssystemen können auch die höchsten Levels bzw. Auszeichnungen mit der Betonbauweise erreicht werden. Dies zeigt auch die Auswahl der Best-Practice-Beispiele ab Seite S. 44.

NaWoh

Die Nachhaltigkeitsstrategie der Deutschen Bundesregierung sieht das Bauwesen als zentralen Sektor für die Klimaneutralität und Ressourcenschonung. Das Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) ermöglicht Bauschaffenden, die Nachhaltigkeit im Wohnungsbau sichtbar zu machen. Hierfür werden ökologische, ökonomische, sozio-kulturelle und prozessuale Aspekte dokumentiert und evaluiert. Die Zertifizierung NaWoh bietet einen strukturierten Leitfaden und Planungshilfe für nachhaltige Bauvorhaben, erhöht die Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Bauprojekten und unterstützt die Qualitätssicherung.

Das NaWoh-3.1-Programm wurde für die QNG-Zertifizierung durch das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen zugelassen, was auch die Nutzung von KfW-Fördergeldern ermöglicht. Parallel dazu strebte NaWoh die dauerhafte Akkreditierung seines neuen NaWoh-4.0-/QNG-Programms an, um als Zertifizierungsstelle tätig zu sein.

BNB

Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), entwickelt durch das Bundesbauministerium und das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB), basiert auf aktuellen Forschungsergebnissen und wird kontinuierlich weiterentwickelt. Es beinhaltet Systemvarianten für verschiedene Gebäudetypen wie Büro-, Verwaltungs- und Unterrichtsgebäude, die spezifische Nutzungseigenschaften berücksichtigen.

Das BNB wird als Instrument zur Qualitätssicherung und zur Festlegung von Nachhaltigkeitszielen genutzt, idealerweise schon in der Vorplanungsphase. Es erlaubt eine wiederholte Bewertung von Gebäuden über ihren Lebenszyklus hinweg und umfasst Module für Neubauten, Komplettmodernisierungen sowie Nutzung und Betrieb. Nachhaltigkeitskoordinatoren, die eine spezielle Fortbildung absolviert haben, unterstützen bei der Umsetzung und Dokumentation der Nachhaltigkeitsaspekte.

Das Bundesbauministerium hat die Anwendung des BNB für Bauprojekte in seinem Zuständigkeitsbereich geregelt. Auch andere Bauherren wie Länder, Kommunen und die Privatwirtschaft können das BNB kostenfrei als Basis für Zielvorgaben und Bewertungen nutzen, wobei eine Zertifizierung durch spezielle Systembetreiber möglich ist.

Das BNB ist für die QNG-Zertifizierung zugelassen.

DGNB

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) mit Sitz in Stuttgart hat in Deutschland den größten Marktanteil unter den Zertifizierungssystemen und setzt auf eine umfassende Bewertung von Gebäuden, Innenräumen und Quartieren. Hierbei betrachtet die DGNB nicht nur die Umweltverträglichkeit, sondern berücksichtigt ökologische, ökonomische, soziokulturelle und technische Aspekte sowie Prozessqualität und Standortqualität. Das Ziel dieses umfangreichen Ansatzes ist es, die Nachhaltigkeit eines Gebäudes oder Quartiers ganzheitlich zu beurteilen und zu verbessern.

Die DGNB hat maßgeblich zur Entwicklung des digitalen Gebäuderessourcenpasses beigetragen und ist auch für die QNG-Zertifizierung zugelassen.

BIRN & BNK | BNG

Das BNK|BNG-System (Bewertungssystem für nachhaltigen Kleinstwohnungsbau | Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude) ist ein Nachhaltigkeitsgütesiegel für Wohngebäude in Deutschland, das umweltfreundliches, gesundes und wirtschaftliches Bauen fördert. Es ist akkreditiert und erfüllt die Voraussetzungen für Zertifizierungen nach dem QNG-Gütesiegel des Bundes sowie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).

Entwickelt wurde das BNK|BNG-System durch verschiedene Forschungsprojekte, unterstützt von der Stiftung „Forschung im Siedlungs- und Wohnungswesen“, dem BBSR und dem Bundesbauministerium, in Zusammenarbeit mit der Hochschule München.

LEED

Das Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) des U.S. Green Building Council ist in Deutschland noch nicht so etabliert und hält einen eher geringen Marktanteil. Es konzentriert sich vor allem auf energierelevante Themen und ökologische Aspekte. Es legt einen starken Fokus auf die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Minimierung der Umweltbelastung.

BREEAM

Die britische Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) bewertet Gebäude ganzheitlich und zeichnet sie je nach Erfüllungsgrad mit verschiedenen Auszeichnungsstufen aus. Das Label ist in Deutschland noch nicht besonders weit vertreten. Die Methode legt Wert auf umweltfreundliches Bauen und nachhaltige Ressourcennutzung.

Klimaresilienz

Überschwemmungen, Sturm- & Hagelschäden und eine deutlich erhöhte Brandgefahr: Die Auswirkungen des Klimawandels werden weiter zunehmen. Für die Langlebigkeit einer Immobilie ist es von herausragender Bedeutung, hierauf vorbereitet zu sein. Ganz besonders der Betonbau ermöglicht eine resiliente Planung. Robust gegenüber den meisten Naturkatastrophen und wasserundurchlässig herstellbar, schafft Betonbau es, beständig im Sinne der Nachhaltigkeit zu sein. Eine Eigenschaft, die auch viele Zertifizierungssysteme positiv gewichten.


Beton
klimaschutz.konfigurator

Der Klimaschutz-Konfigurator zeigt Architektinnen, Architekten und Planenden mit wenigen Klicks, wie sie verschiedene Betonbauteile im Hochbau CO₂-effizient planen können. Dabei vergleicht er unterschiedliche Betonfestigkeitsklassen und Zementarten, um das Treibhauspotenzial und mögliche CO₂-Einsparungen abzuschätzen. Der Klimaschutz-Konfigurator ist kostenfrei und über die Nachhaltigkeitswebsite des InformationsZentrum Beton erreichbar.

**Mehr Infos:**

www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de/klimaschutz-konfigurator

Energieeffiziente Details – mit dem IZB- Planungsatlas

Zwar lassen sich die Wärmebrücken im GEG auch mit einem pauschalen Wärmebrückenzuschlag angeben, ambitionierte energetische Ziele lassen sich so aber nicht erreichen. Aber auch sonst lohnt sich die detaillierte Planung solcher Anschlussdetails, da spätere Bauschäden so zu vermeiden sind.

Der kostenlose und interaktive „Planungsatlas für den Hochbau“ des InformationsZentrums Beton bietet verschiedene Hilfsmittel, um Planende und Studierende zu unterstützen. Neben einem Berechnungsprogramm zum Schallschutz enthält der Planungsatlas Hochbau eine Planungshilfe zum Wärmeschutz mit einer Zusammenstellung von über 1.100 Konstruktionsanschlüssen (Details) des Hochbaus, die für das energieoptimierte Bauen mit Beton relevant sind. Konstruktionszeichnungen in verschiedenen Dateiformaten, offen zur weiteren Bearbeitung, wie auch qualitative Temperaturbilder und Ausschreibungstexte unterstützen Planende bei der Minimierung der Wärmeverluste durch energetisch optimierte Detailanschlüsse.

Die thermischen Kennwerte dieser Anschlüsse werden für eine detaillierte Wärmebrückenberechnung in Abhängigkeit wählbarer Varianten (z. B. Dämmstoff- und Bauteildicken sowie Wärmeleitfähigkeiten) zur

Verfügung gestellt. Aus den über 1.100 Details und den Varianten in der Ausführung ergeben sich über 10 Millionen Berechnungsergebnisse.

Hiermit kann eine detaillierte Berechnung der Wärmebrücken („Schwachstellen“) mit geringem Aufwand umgesetzt werden, um den zusätzlichen Wärmeverlust über alle Wärmebrücken zu bilanzieren. Der Nachweis wärmebrückenfreier Konstruktionen ist damit möglich.

Der bislang oft favorisierte Ansatz, die Wärmeverluste im Bereich geometrischer oder materialbedingter Wärmebrücken über die flächigen Bauteile (Regelbauteile) kombiniert mit pauschalen Zuschlägen für die Wärmebrücken zu erfassen, wird den Anforderungen an energieoptimierte Bauweisen nur bedingt gerecht.

Abb. 9: Visualisierungen aus dem Planungsatlas Hochbau

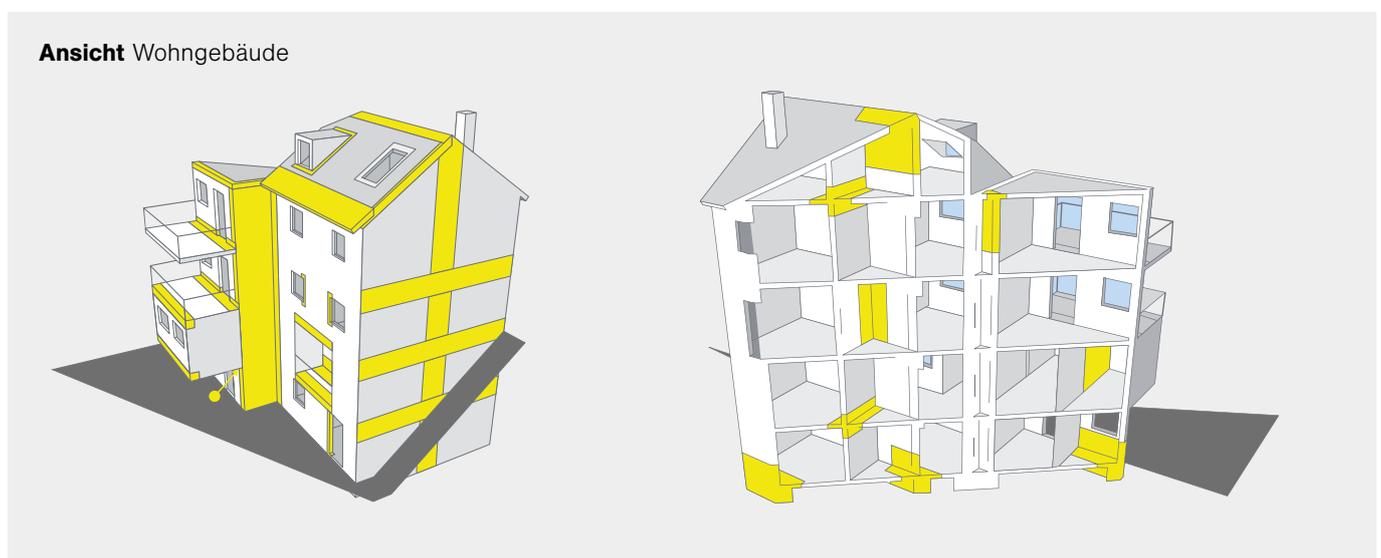
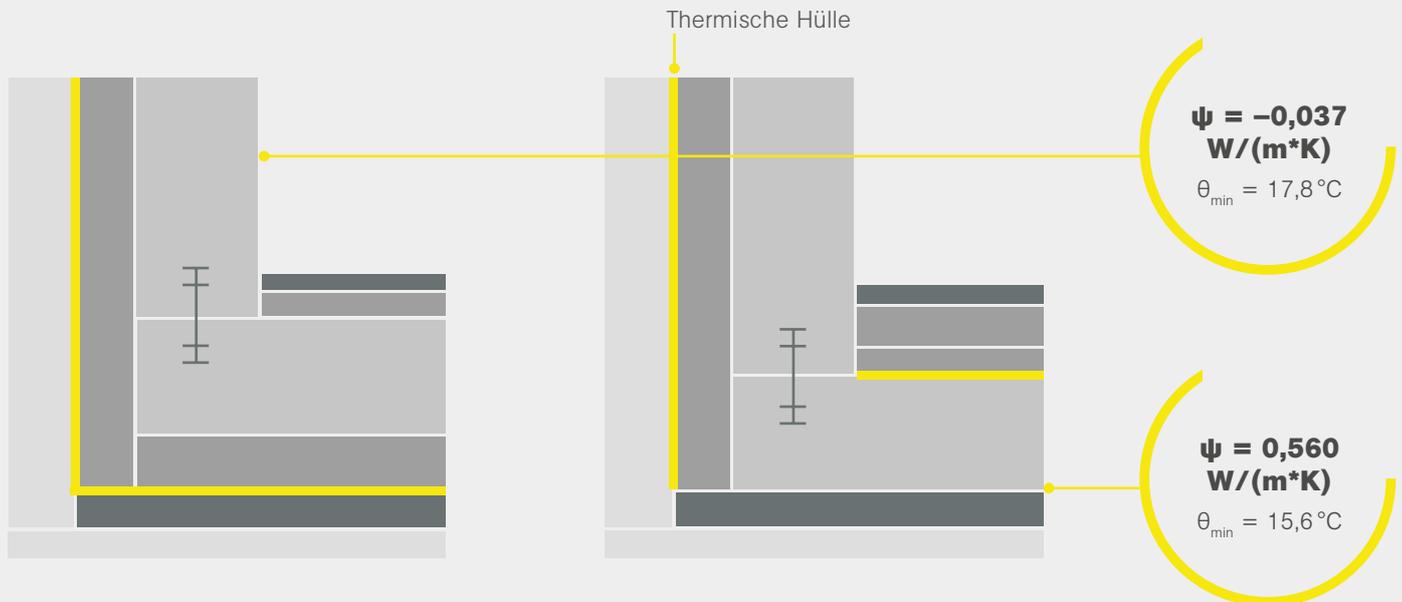


Abb. 10: Lage der Wärmedämmung – energetische Optimierung

Vergleich der Wärmedämmung einer Flachgründung in zwei verschiedenen Dämmungsvarianten



Quelle: www.planungsatlas-hochbau.de

Auf der Suche nach energieoptimierten Lösungen kann auch der rechnerisch belegte Vergleich verschiedener, grundsätzlich geeigneter Konstruktionen für einen Detailanschluss zu einer im Sinne der Umwelt und des Bauherrn nachhaltigen Entscheidung führen.

Beispiel:

Die beiden im Bild (oben) dargestellten Anschlüsse von Flachgründungen scheinen energetisch auf den ersten Blick gleichwertig, da sie sowohl im Wandbereich als auch im Bereich der Sohle (Fußbodenaufbau) gleiche Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) aufweisen. In beiden Varianten sind Bauteile und Dämmstoffe in gleicher Art und Stärke geplant. Die Variante links im Bild weist aber eine durchgehende Dämmebene auf, die zu deutlich reduzierten

Wärmeverlusten an dieser Wärmebrücke führt. Der dort mithilfe des „Planungsatlas für den Hochbau“ errechnete ψ -Wert (längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient) von $-0,037 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ weist, da negativ, sogar einen bilanziellen Gewinn auf. Die Variante im rechten Bildteil hat hingegen durch die auf der Bodenplatte verbaute Innendämmung eine „Dämm-lücke“ und einen im Vergleich ungünstigeren ψ -Wert von $0,560 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Als weiterer thermischer Kennwert wird die ungünstigste Oberflächentemperatur der Innenbauteile angegeben, die in beiden Fällen mit $17,8^\circ\text{C}$ bzw. $15,6^\circ\text{C}$ über den geforderten $12,6^\circ\text{C}$ liegen, um das Risiko einer Schimmelpilzbildung weitestgehend zu verringern.



Planungsatlas Hochbau: Der interaktive Planungsatlas bietet verschiedene Hilfsmittel, um planende Architekten und Ingenieure zu unterstützen.

Mehr Infos:

www.planungsatlas-hochbau.de

ENERGIESPAREND BAUEN. MIT BETON.

Klimaeffizient. Ressourcenschonend. Energiesparend.

Beton für die Energie wende





Die Energiewende ist ein Jahrhundertprojekt. Der gleichzeitige Ausstieg aus Kernenergie und Kohlestromerzeugung sowie zur selben Zeit ein Umstieg auf erneuerbare Energien bis 2045 bringen vielfältige Herausforderungen mit sich. CO₂-freie Stromerzeugung und Infrastrukturen für die Energiewende: All dies ist ohne Zement und Beton nicht realisierbar.

In den bisherigen Kapiteln hat sich die vorliegende Publikation mit Möglichkeiten und Lösungen auf der Gebäudeebene beschäftigt und hierbei vor allem den Neubau im Blick gehabt. Hier lässt sich der Energiebedarf – wie aufgezeigt – durch den Einsatz von Beton reduzieren. Aber zur Dekarbonisierung des Bestandes reicht es nicht, den Bedarf zu senken. Denn trotz des fortschreitenden Einsatzes energiesparender Heiztechnologien sowie einer Verringerung der Heizwärmeverluste sinkt der Endenergiebedarf privater Haushalte in Deutschland nicht, sondern stieg etwa um 3,6 %. 2022 lag er bei ca. 680 TWh, 1990 bei 655 TWh. [1] Gleichzeitig sind der Stromsektor und die gesamte Industrie sowie der Verkehr bis 2045 zu dekarbonisieren, wofür erhebliche zusätzliche Mengen an erneuerbarer Energie notwendig sein werden.

Für die klimaneutrale Energieversorgung von Gebäuden setzt die Bundesregierung vor allem auf die kommunale Wärmeplanung. Hierfür werden Lösungen von der Gebäudeebene bis hin zu großmaßstäblichen Projekten wie dem Bau von klimaneutralen Heizkraftwerken je nach Bedarf verankert. Daneben gelten die Ausbauziele der Bundesregierung für die erneuerbaren Energien Wind und Solar. Und um Dunkelflauten – also die Zeiten, in denen nicht genügend Strom durch Wind und Solar produziert werden kann – zu begegnen, müssen Speicherkapazitäten, Strom- und Wärmenetze gebaut und zuschaltbare Kraftwerke errichtet werden. Die Herausforderungen sind also vielfältig und auf den kommenden Seiten möchten wir Ihnen einige Lösungen vorstellen und aufzeigen, welche unverzichtbare Rolle Beton bei der Energiewende spielt.

Geothermie

Für die Wärmeversorgung von Gebäuden oder ganzen Quartieren kann je nach geologischen Voraussetzungen die Geothermie eine geeignete erneuerbare Energiequelle darstellen. Dabei ist zwischen oberflächennaher und tiefer Geothermie zu unterscheiden.

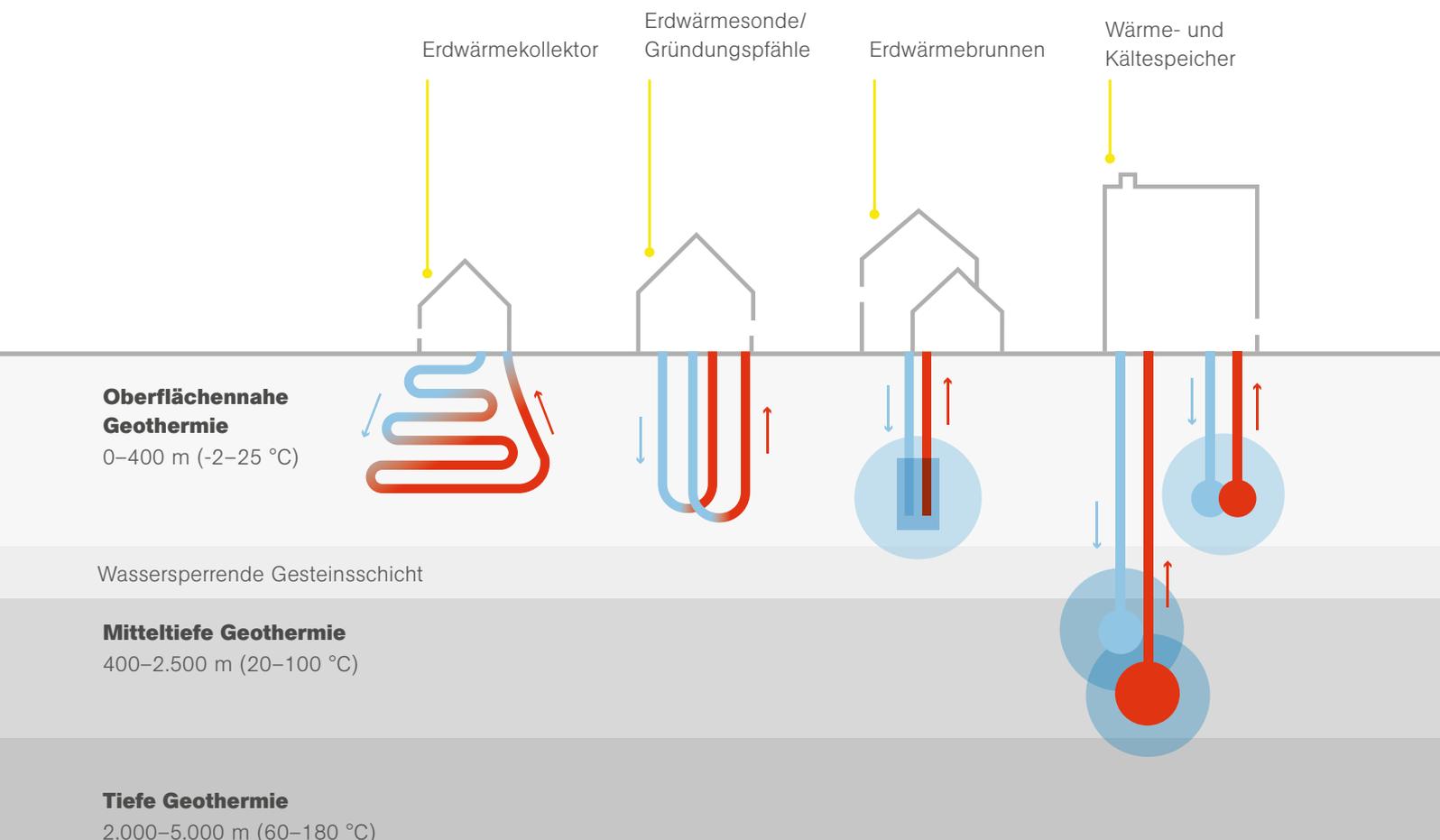
Oberflächennahe Geothermie nutzt den Untergrund bis zu einer Tiefe von etwa 400 m und Temperaturen von bis zu 25 °C, um Gebäude, technische Anlagen oder Infrastruktureinrichtungen zu heizen und zu kühlen. Dabei wird Wärme- oder Kühlenergie aus den oberen Erd- und Gesteinsschichten oder dem Grundwasser gewonnen.

Die tiefen Geothermie nutzt Lagerstätten, die über 400 m unter Geländeoberkante erschlossen werden. Die Reservoirtypen sind hier im Prinzip die gleichen wie bei der oberflächennahen Geothermie. In der tiefen Geothermie unterscheidet man darüber hinaus zwischen Hochenthalpie- und Niederenthalpielagerstätten. Diese Unterscheidung ist über die Temperatur definiert.

Erdwärmesonden

Hierzulande sind Erdwärmesonden die am weitesten verbreiteten Form der Geothermie. Dabei handelt es sich um senkrechte Bohrungen, in die normalerweise Doppel-U-Rohre aus Polyethylen eingelassen und durch ein Zement-Bentonit-Suspension fest verankert werden. Dieses Gemisch verbessert die Bodenleit-

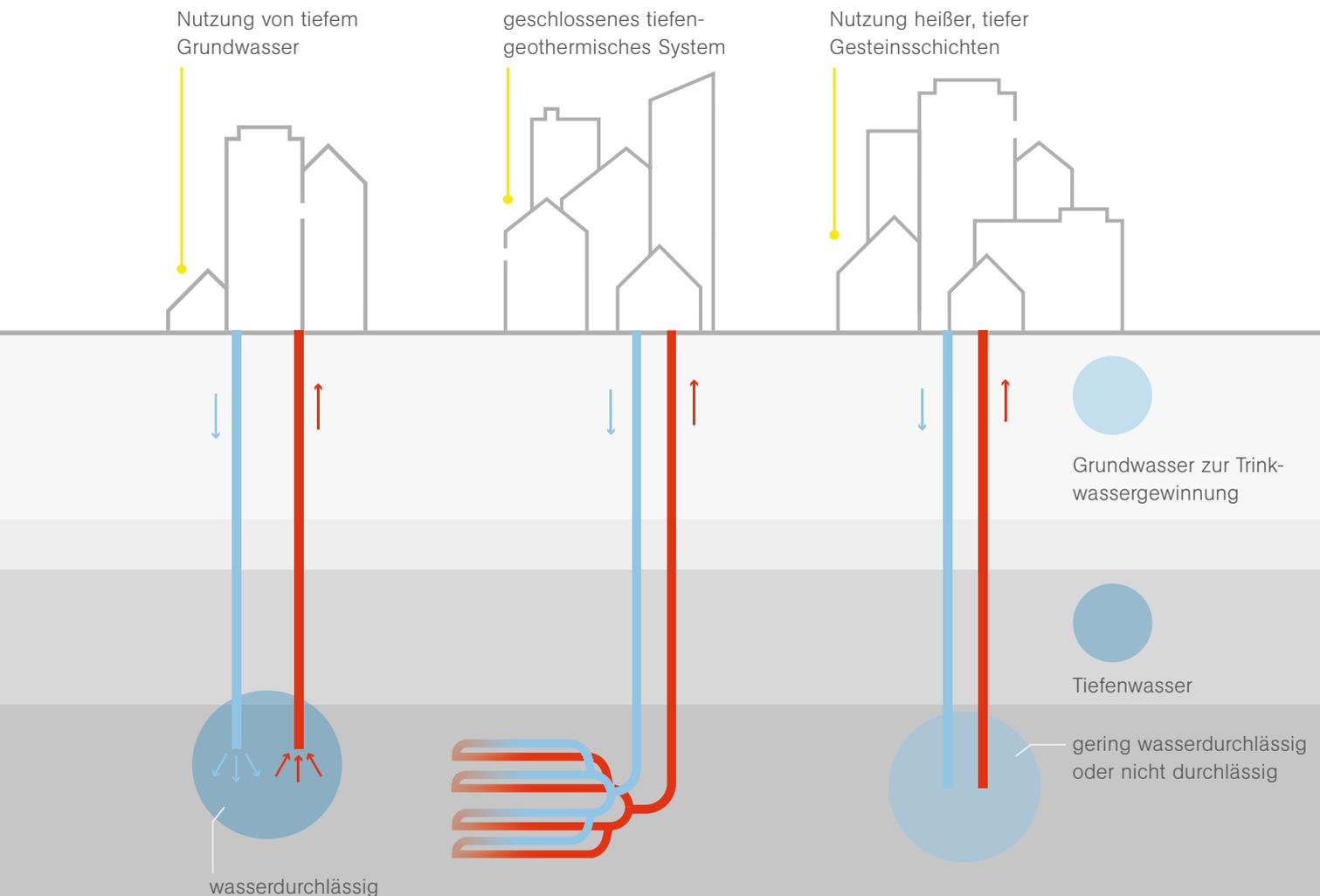
Abb. 11: Geothermische Technologien



fähigkeit und verhindert eine Durchmischung der verschiedenen Erdschichten. Baustoffhersteller bieten thermisch optimierte Trockenmörtel für die Einbringung der Erdwärmesonden an. Für eine Erdwärmesonde werden zwischen 1.000 kg und 2.000 kg Zement benötigt. Die Rohre sind mit einer Wärmeträgerflüssigkeit gefüllt, üblicherweise Wasser mit einem speziellen Frostschutzmittel, das die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und zur Wärmepumpe an der Oberfläche transportiert. Die Sonden werden normalerweise in Tiefen von 50 bis 160 m installiert, wobei ein bis zwei Bohrungen ausreichen, um ein Einfamilienhaus zu beheizen. Sogar ganze Wohngebiete können auf diese Weise versorgt werden. Mit einem Durchmesser von etwa 12 cm ist ihr Flächenverbrauch sehr gering.

Erdberührte Betonbauteile und Energiepfahl

Betonbauteile bzw. Gründungspfähle lassen sich nicht nur als tragendes oder architektonisches Element einsetzen, sondern auch zu Heiz- und Kühlzwecken. Dafür werden bei der Errichtung des Gebäudes Wärmetauscherrohre in den Beton eingebracht. Für diese Technologie hat sich der Begriff „Energiepfahl“ durchgesetzt. Der wirtschaftliche Vorteil ergibt sich vor allem daraus, dass bereits eingeplante Bauteile genutzt werden und damit der Mehraufwand relativ gering ist. Insbesondere bei großen Bürogebäuden kommen Energiepfähle zum Einsatz.



Windenergieanlagen

Keine Windenergie ohne Zement und Beton: Auch hier kommen die Baustoffe an verschiedenen Stellen zum Einsatz, etwa in den Fundamenten von Windenergieanlagen an Land und auf dem Meer oder beim Stromtransport.

Moderne Windenergieanlagen nutzen in verschiedener Hinsicht die Vorteile des Stahlbetons. So werden insbesondere bei großen Anlagen die Türme aus Stahl- bzw. Spannbeton gebaut. Sie sind zwar dicker und schwerer als Stahltürme. Doch im Gegensatz zu reinen Stahlkonstruktionen weisen sie günstigere Schwingungseigenschaften auf und reduzieren so die Schallemissionen. Betontürme werden oft am Standort selbst gebaut. Sie können aber auch aus vorgefertigten Segmenten als Spannbetonturm zusammengesetzt werden. Bei sehr hohen Nabenhöhen eignen sich auch Hybridtürme, aus Beton- und Stahlsegmenten.

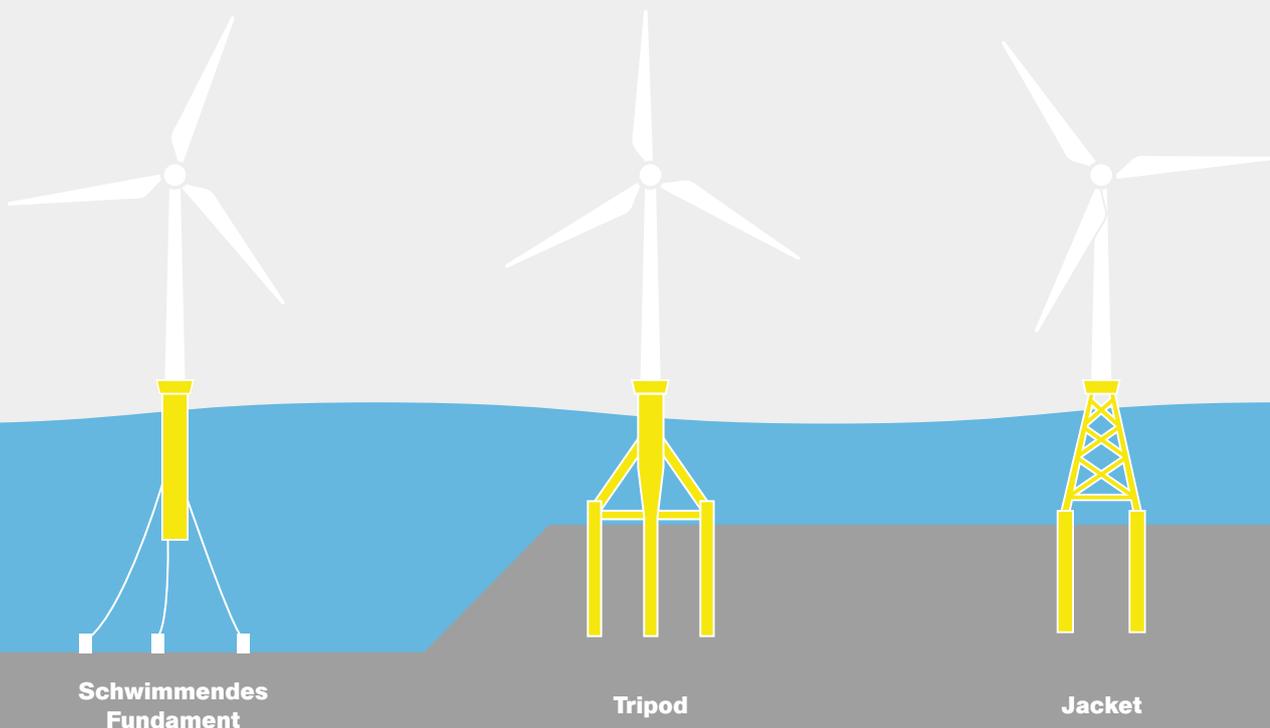
Eine wichtige Rolle sowohl bei Onshore- als auch Offshore-Anlagen spielen die Betonfundamente. Sie sichern die Standfestigkeit der Anlagen und leiten alle Lasten, die aus dem Windrotor und der Eigen-

bewegung kommen, in den Erdboden weiter. Bei Windenergieanlagen an Land ist das Schwerkraftfundament mit Flachgründungen am weitesten verbreitet. Ein gewöhnliches Fundament inklusive Turmbasis benötigt in etwa 1.000 m³ Stahlbeton. Bei weichem Untergrund werden alternativ Pfahlgründungen eingesetzt.

Offshore-Fundamente können aus Beton sowie aus Stahlpfeilern oder Mehrbeinstrukturen bestehen. Bewährt haben sich Schwerkraftgründungen aus Betonsenkkästen. Dabei werden die Anlagen durch das Gewicht des Fundamentes am Meeresboden fixiert. Diese Senkkästen werden an der Küste in einem Trockendock aus Stahl und Beton gebaut, zum Errichtungsstandort per Schiff hinausgezogen und nach dem Absenken auf den Meeresboden mit Kies und Sand gefüllt.

Auch beim Transport der erzeugten Energie von den Offshore-Anlagen an Land spielt Beton eine wichtige Rolle. Schwerkraftbeton findet bei der Ummantelung von Leitungen und zur Auftriebssicherung von Rohrleitungen und Unterwasserkabeln Verwendung.

Abb. 12: Darstellung verschiedener Windradgründungen



Leitungsummantelung/ Offshore-Anlagen

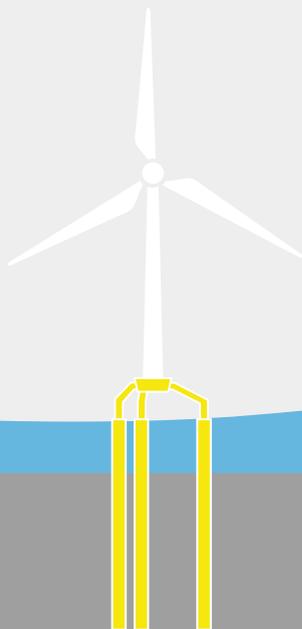
Auch im Offshore-Sektor ist ohne Beton nur ein schweres Auskommen möglich. Eine nicht unerhebliche Rolle spielt da der Schwerbeton. Dieser findet Verwendung in der Ummantelung von Leitungen, zur Auftriebssicherung für Rohrleitungen und Unterwasserkabel und Ballastierung (Fundamente) der Windenergieanlagen.

Dabei punktet der Beton mit:

- › **Masse:** Schwerbeton erhöht das Gewicht der Struktur, was dazu beiträgt, dass sie sicher auf dem Meeresboden bleibt, auch bei starken Strömungen und anderen Umweltbelastungen.
- › **Dichtigkeit:** Beton ist im Allgemeinen korrosionsbeständig und bietet daher Schutz für die darunterliegenden Materialien, insbesondere im salzigen Meerwasser.
- › **Festigkeit:** Die Ummantelung von Leitungen und anderen Unterwasserstrukturen mit Beton bietet auch Schutz vor äußeren Einflüssen wie Ankerabrieb.
- › **Langlebigkeit:** Beton ist ein robustes Material und hat eine hohe Nutzungsdauer.
- › **Einbaubarkeit:** Unterwasserbetone können einfach eingebaut werden und passen sich dem zu schützenden Bauteil ideal an.

1.000 m³

Beton werden für ein gewöhnliches Fundament benötigt



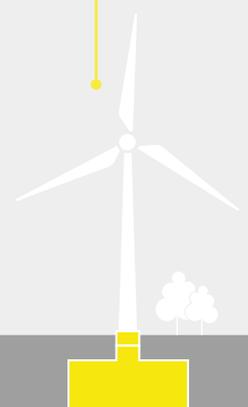
Tripile



Schwerkraft-
fundament



Monopile



Schwerkraft-
fundament

Beton für die Kraftwerksstrategie

Die Kraftwerksstrategie der Bundesregierung adressiert die Herausforderungen, die sich aus dem steigenden Anteil erneuerbarer Energien und dem Ausstieg aus der Kernenergie sowie der Kohleverstromung ergeben. Die wesentlichen Ziele der Kraftwerksstrategie sind:

› **Dekarbonisierung des Energiesektors:**

Bedeutet, dass der Anteil fossiler Energieträger (Kohle, Öl, Gas) schrittweise durch erneuerbare Energien ersetzt werden muss.

› **Sicherstellung der Versorgungssicherheit:**

Auch bei einem hohen Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien (Wind und Solar) muss die Versorgungssicherheit gewährleistet bleiben. Dies erfordert flexible und zuverlässige Kraftwerkskapazitäten.

› **Förderung erneuerbarer Energien:**

Der Ausbau von Wind- und Solarenergie wird massiv vorangetrieben. Diese Energiequellen sollen in der Zukunft den größten Teil der Stromversorgung übernehmen.

› **Modernisierung der Netze & Systemintegration:**

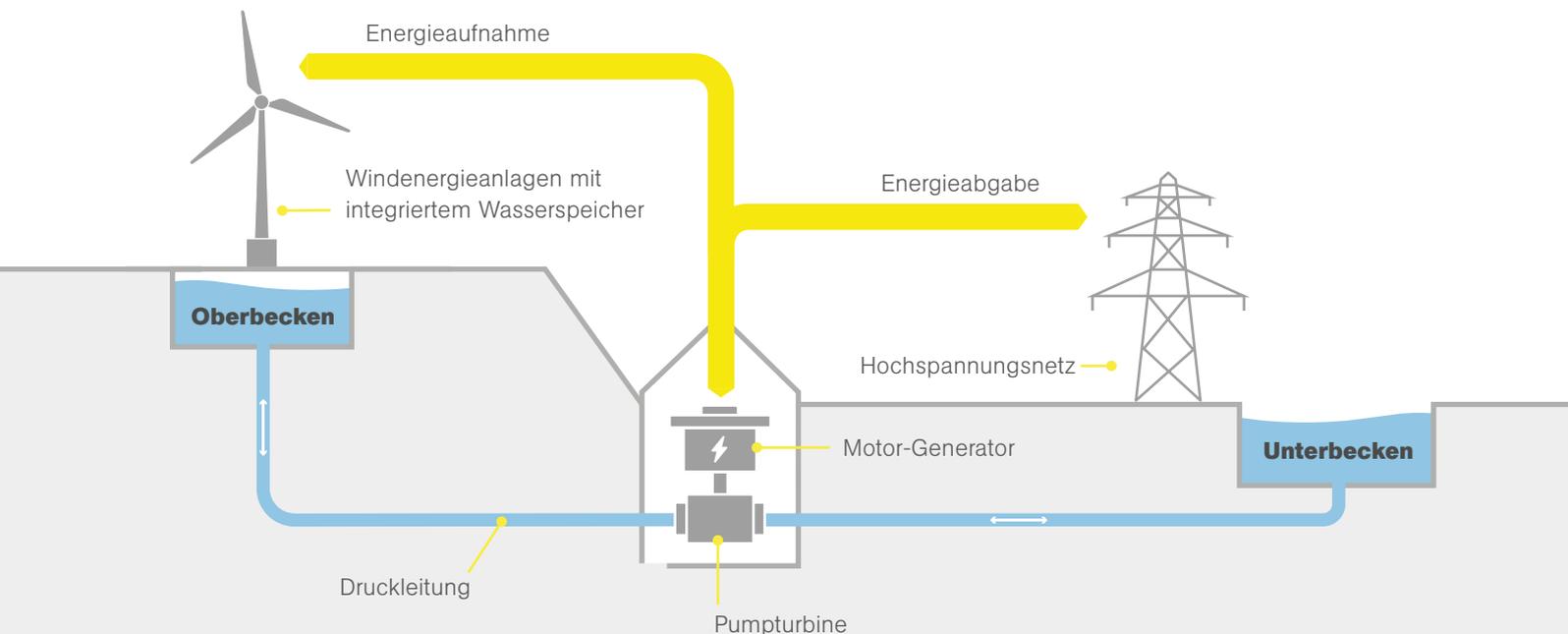
Die Stromnetze müssen modernisiert und ausgebaut werden, um die dezentral erzeugte Energie effizient zu transportieren. Darüber hinaus ist die Integration von Smart Grids und digitaler Technologie entscheidend, um das Stromsystem flexibel und anpassungsfähig zu gestalten. [1]

Übergangstechnologien

Trotz des Ausbaus der erneuerbaren Energien werden absehbar Gaskraftwerke benötigt, um das Stromsystem zu stabilisieren.

Diese stellen die Kraftwerksreserve dar – also zuschaltbare Kraftwerke, falls nicht ausreichend Energie aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden kann. [2] Vorgabe ist aber, diese auf Wasserstoff umzustellen, sofern dieser verfügbar sein wird. Für den Bau der 10 GW Gaskraftwerksreserven, die auf grünen Wasserstoff umstellbar sein sollen, wird eine beträchtliche Menge an Beton benötigt. Denn unabhängig von der Bauweise gibt es keine Gaskraftwerke, die ohne Stahlbeton errichtet werden können.

Abb. 13: Pumpspeicherwerk



Speichertechnologien

Speicherkraftwerke sind zuschaltbare Kraftwerke, welche die Spitzen des erzeugten erneuerbaren Stroms aufnehmen. Schon heute produzieren wir bei idealen Voraussetzungen deutliche Überkapazitäten, die nicht aufgenommen und derzeit auch nicht über das Netz an andere Stellen verlagert werden können. Aktuell heißt das, dass bei idealen Windbedingungen die Windenergieanlagen abgeschaltet werden müssen, um das Netz nicht zu überlasten. Genau diese Energie gilt es zu speichern und dann abzurufen, wenn sie benötigt wird.

Innovative Bauweisen aus Beton schaffen hier Abhilfe. Als Musterbeispiel gelten Kombinationen aus Windkraft- und Pumpspeicheranlagen. Zu finden ist solch eine Anlage in Gaildorf bei Stuttgart. Die vier Windenergieanlagen mit einem Rotordurchmesser von 137 m wurden auf Wassertürmen gebaut. Diese wiederum sind mit einem rund 200 m tiefer gelegenen See über ein Pumpspeicherwerk verbunden. Ziel des Systems ist es, durch die Kombination von klassischer Energieerzeugungstechnik und Speichertechnik überschüssige Energien in großen Mengen dezentral und umweltfreundlich zu speichern. Die Windparktürme mit einer Nabenhöhe von bis zu 40 m wurden mit Fertigteilen aus Beton modular aufgebaut. In den Sockeln der Türme befinden sich große Wasserbecken aus Beton. Die Becken der Windparktürme wiederum sind durch Druckrohre mit einem tiefer gelegenen Becken verbunden. In Zeiten mit hohem Energiebedarf wird der erzeugte Strom direkt ins Stromnetz eingespeist. [3]

In Zeiten von Überkapazität wird die überschüssige Energie jedoch dafür genutzt, Wasser aus dem Unterbecken direkt in die Becken der Windparktürme hochzupumpen. Auf diese Weise lässt sich Energie speichern, die in Zeiten mit hohem Energieaufkommen wieder abgerufen werden kann. Der Vorteil des Systems besteht darin, dass es weniger Raum in Anspruch nimmt als ein herkömmliches Pumpspeicherwerk und deshalb an verschiedensten Stellen eingesetzt werden kann.

Erfahren Sie mehr zu verschiedenen Speichermedien auf S. 16 im Kapitel „Bauteilaktivierung Einsatzmöglichkeiten und Funktionsweise“.

Ein ähnliches Prinzip machen sich die sogenannten **„Schwerkraftspeicher“** zunutze.

Ein Schweizer Technologieunternehmen hat einen innovativen Ansatz zur Speicherung überschüssiger Energie entwickelt, der auf einem simplen physikalischen Prinzip basiert, ähnlich einem Wasserkraftwerk.

Ihr Schwerkraftspeicher besteht hauptsächlich aus Betonblöcken, Kränen und Generatoren. Ein erster Prototyp wurde in Bellinzona, Schweiz, fertiggestellt. Der Schwerkraftspeicher ähnelt optisch zwei verschwenkten Turmdrehkränen. Diese sind mit insgesamt 5.000 Betonblöcken mit einem Gewicht von insgesamt 35 t ausgestattet. [4]

Der Schwerkraftspeicher nutzt ein ähnliches Prinzip wie das Pumpspeicherwerk. Überschüssige Energie wird genutzt, um die Betonblöcke in die Höhe zu heben. Später kann diese Latenzenergie durch Herablassen des Gewichts wieder nutzbar gemacht werden. Das System kann bis zu 80 MWh speichern, hat eine kurze Latenzzeit und erfordert keine spezielle Umgebung. Die Betonblöcke werden aus umweltverträglichem Material hergestellt und können recycelt werden. Die lange Lebensdauer des Schwerkraftspeichers von 30 bis 60 Jahren könnte eine bedeutende Rolle in der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen spielen.

Beton-Kugeln im Offshore-Einsatz

Eine weitere Möglichkeit, Energie mithilfe von Beton zu speichern, wurde bereits unter dem Projektnamen Stensea (Stored Energy in the Sea) am Bodensee erprobt. Dabei handelt es sich um ein neuartiges Pumpspeicherkraftwerk. Hierbei wird ein Gewässer als oberes Speicherreservoir genutzt.

Das untere Speicherbecken wird durch verschiedene Hohlkörper auf dem Gewässergrund gebildet, die im Pumpbetrieb mit Ladestrom leergepumpt werden, wodurch ein Vakuum entsteht. Im Entladebetrieb wird das Vakuum über eine Turbine zum Generatorantrieb wieder mit Wasser gefüllt.

Biogasanlagen

Die Produktion von Biogas ist eine weitere Möglichkeit, erneuerbare Energien zu erzeugen. Die Stromerzeugung aus Biomasse kann dezentral erfolgen und der gewonnene Energieträger ist im Gegensatz zu den meisten anderen erneuerbaren Energien speicherbar. Bei der Stromerzeugung entsteht auch Wärmeenergie, die zur Beheizung von Wohngebäuden und Gewerbeanlagen eingesetzt werden kann. Außerdem kann aufbereitetes Biogas ins Erdgasnetz eingespeist werden. Derzeit speisen bereits ca. 250 Anlagen Biomethan ins Erdgasnetz.

Für die Erzeugung von Biogas können Abfallprodukte aus dem Ackerbau und der Tierhaltung wie zum Beispiel Gülle und Festmist oder Gemüseabfälle, Grün- und Bioabfall verwertet werden. Für den künftigen Anlagenzubau ist eine Bevorzugung derartiger Anlagen zu erwarten. Darüber hinaus werden bisher überwiegend nachwachsende Rohstoffe wie zum Beispiel Mais vergoren. Durch die Vergärung der verwendeten Materialien werden organische Stoffe wie Fette oder Eiweiße in niedermolekulare Bausteine abgebaut. Hierbei entsteht das methanhaltige Biogas, welches in Blockheizkraftwerken direkt in elektrische Energie und Wärmeenergie umgewandelt werden

kann. Alternativ kann das gewonnene Gas nach einem entsprechenden Aufbereitungsprozess in das Erdgasnetz eingespeist oder als Treibstoff für gasbetriebene Fahrzeuge verwendet werden.

Einsatzbereiche von Beton

Der Baustoff Beton wird bei Biogasanlagen beim Bau der Betriebsgebäude, Gärfutter-Flachsilos und im Behälterbau verwendet. Dies können zum einen die Vorlagebehälter zum Sammeln von Gülle und zum Einmischen von Cofermentaten sein. Darüber hinaus wird Beton insbesondere für den Bau von Fermentern und Nachgärern sowie für die Gärrestlager eingesetzt. Für alle Größen von Biogasanlagen eignen sich sowohl Stahlbetonbehälter in Ortbetonbauweise als auch Spannbetonbehälter in Betonfertigteilmontagebauweise. Möglich sind sowohl Hoch- als auch Tiefbehälter.

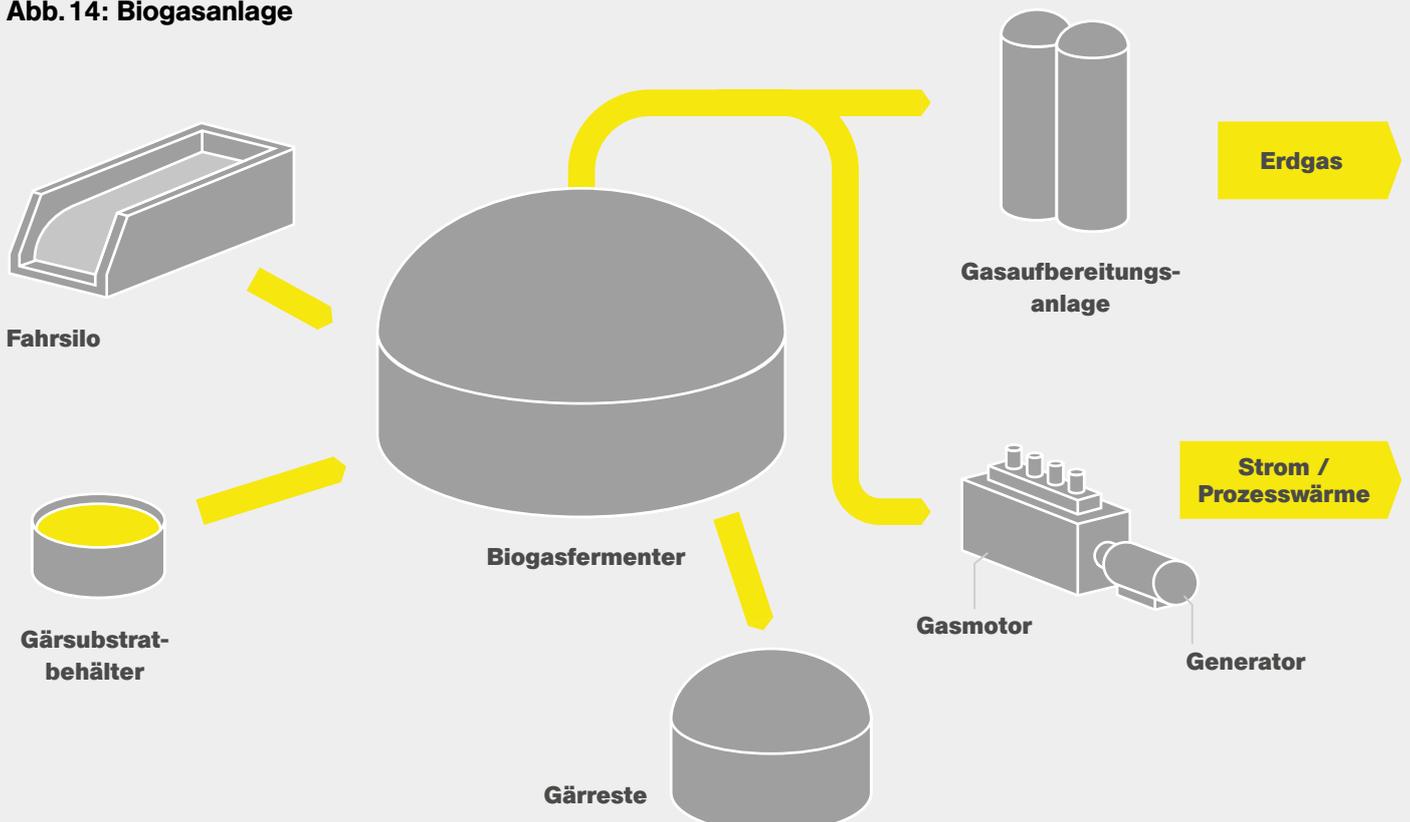


Planungshilfe Biogasanlagen aus Beton

Mehr Infos:

www.beton.org/betonbau/beton-und-bautechnik/wirtschaftshochbau/biogasanlagen

Abb. 14: Biogasanlage



Stromnetze

Mit der Nutzung erneuerbarer Energien geht der Ausbau der Energieinfrastruktur einher. Denn der so erzeugte Strom muss über neue Hochspannungsleitungen zu den Verbrauchern gebracht werden. Da überirdische Stromtrassen vielerorts auf Ablehnung stoßen, stellen unterirdische Kabeltrassen eine Alternative dar, auch wenn diese deutlich teurer sind.

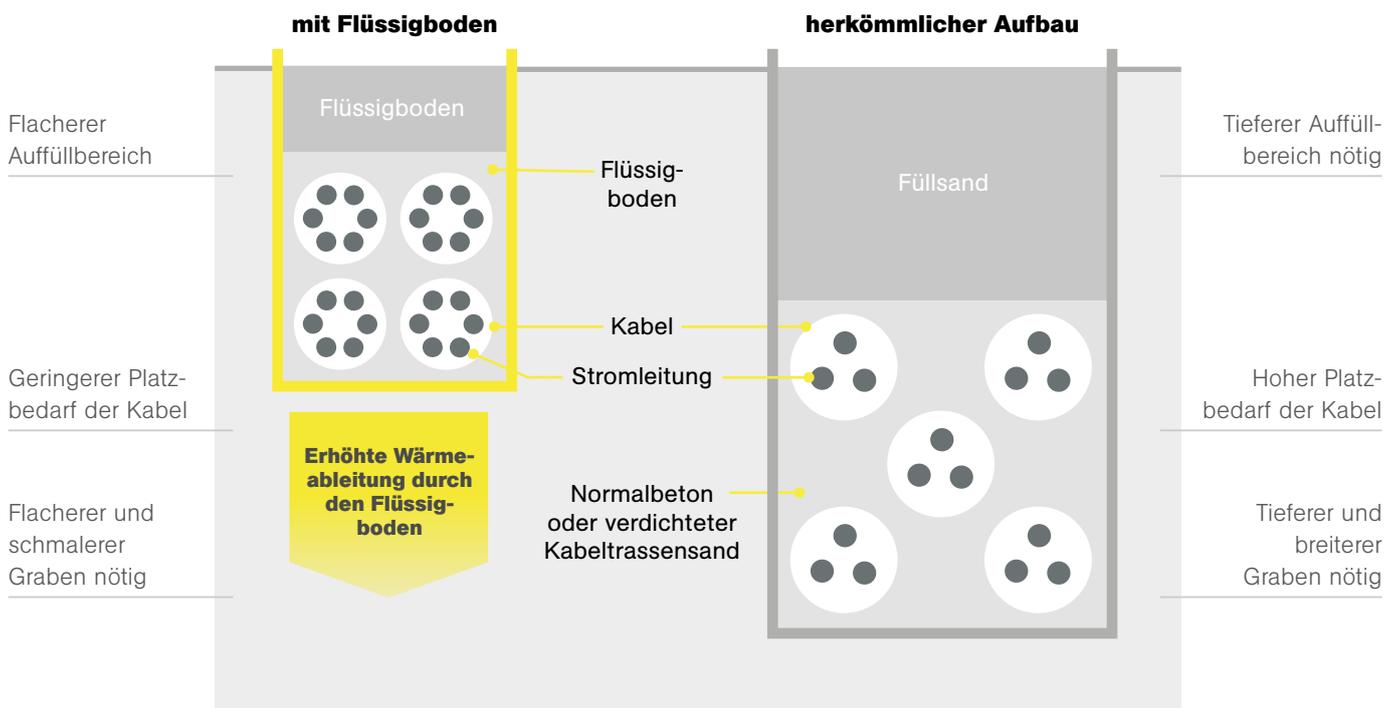
Verfüllt werden die Ausgrabungen oft mit sogenanntem Flüssigboden, ein zeitweise fließfähiger, selbstverdichtender Verfüllbaustoff aus Böden und Baustoffen (ZFSV). Dieser besteht aus einem Mix von ca. 95 % des anfallenden Erdaushubs und einem bestimmten Mischungsverhältnis von Tonmineral und Zement. Die Verwendung des anfallenden Erdaushubs verhindert unnötige Transporte und schont Ressourcen. Vor Ort wird das Material gesiebt, gemischt und über Mischfahrzeuge eingebracht. Die Vorteile des Flüssigbodens sind seine gute Einbaufähigkeit, die homogene Einbettung der Rohre ohne Lufteinschlüsse und über die Zugabe spezieller Komponenten eine genau definierbare Wärmeleitfähigkeit, die für den Abtransport der Kabelwärme sorgt.

Vorteile von Flüssigboden:

- › Verfüllung zeit- und kostensparender gegenüber Füllboden
- › optimale Verdichtung auch unterhalb von Leitungspaketen zur Vermeidung von Schäden durch Setzung
- › Verhindern späterer Nachsetzungen von Grabenverfüllungen
- › schneller Baufortschritt bei geringerem Personaleinsatz
- › Optimierung der Arbeitsräume und schmalere Leitungsgräben möglich
- › Verbesserte Wärmeleitfähigkeit

Dabei unterliegt der Flüssigboden hohen Qualitätsanforderungen, die durch Prüfungen sichergestellt werden.

Abb. 15: Erhöhte Wärmeableitung





Verkehrswege für die Energiewende

Egal ob ein Windrad gebaut, der ländliche Raum mit der Großstadt verbunden oder Reststoffe zur Biogasanlage transportiert werden sollen: Verkehrswege werden gebraucht, ob im Nah- oder Fernverkehr, ob für Waren oder Personen.

Der Zustand der deutschen Verkehrswege ist allseits bekannt und der Sanierungsstau enorm. Seien es die oft erwähnten über 4.000 sanierungsbedürftigen Autobahnbrücken [1], Dauerbaustellen auf Bundesstraßen [2] oder die immer unzuverlässigere Bahn. [3] All dies wirkt sich nicht nur auf unser Gemüt und die Wirtschaft aus, sondern auch auf das Klima. Durch Staus und längere Umwege werden mehr Abgase freigesetzt und mehr Energie verbraucht. Auch der Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel scheint nicht immer eine attraktive Alternative zu sein. Die Energiewende ist nicht nur ein Teil der Energiewende, sondern schafft auch die logistische Grundlage hierfür. Im Folgenden können nur einige ausgewählte Teilaspekte angesprochen werden.

Nehmen wir als Beispiel die notwendige Verlagerung von Gütertransporten oder Verkehr im Allgemeinen von der Straße auf die Schiene, oft als sogenannter

multimodaler Güterverkehr, kombiniert auf Schiene, Wasser und Straße. Der kombinierte Verkehr kann gegenüber der reinen Beförderung auf der Straße den Energieverbrauch um 40 % bis 70 % vermindern, die CO₂-Emissionen um 60 % bis 90 %. [4]

Im Personenverkehr können Mobilitätsstationen als zentrale Orte der Vernetzung zwischen den Verkehrsträgern einen wichtigen Beitrag zwischen öffentlichem Personenverkehr, Rad- und Fußverkehr, aber auch Pkws mit Park- und E-Ladestruktur liefern. Dazu sind auch lückenlose und qualitativ hochwertige Anbindungen notwendig. [5]

Um die Infrastruktur zukunftsfest für Energie- und Klimawende zu machen, bieten zementgebundene Baustoffe vielfältige effiziente und dauerhafte Lösungen. Lebensdauern von 30 Jahren und mehr ohne strukturelle Schäden sind für Flächenbefestigungen aus Beton kein Problem. Der Treibstoffverbrauch des Schwerlastverkehrs liegt auf verformungsstabilen Straßenbelägen wie Beton bis zu 6 % niedriger als auf Asphaltstraßen. [6] Seine Vorteile – erhaltungsarm, verformungsstabil, langlebig – können Betonbauweisen besonders ausspielen bei:



ZTV-ING

Die „ZTV-ING“ (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten) regeln die Planung, Ausführung und Instandhaltung von Ingenieurbauwerken in Deutschland, wie Brücken, Stützwänden Tunnel. Sie legen technische Standards und Anforderungen für Materialien, Bauverfahren und Qualitätssicherung fest, um die Sicherheit und Langlebigkeit der Bauwerke zu gewährleisten. Besonders bei der Auswahl von Zementarten und anderen Baumaterialien gibt es strenge Vorgaben, die Haltbarkeit und Stabilität der Bauwerke sicherstellen sollen. Trotz dieser strengen Standards gibt es Bestrebungen, umweltfreundlichere Materialien zu integrieren, um CO₂-Emissionen zu reduzieren.

- › Kreisverkehrsanlagen
- › Busverkehrsflächen
- › hochbelasteten Kreuzungen und Einmündungen
- › Parkflächen, insbesondere für Lkws und Busse
- › festen Fahrbahnen oder Schwellen für den Bahnverkehr
- › befahrenen Gleisbereichen von Straßenbahnen

Weiterhin sind Brücken und Bahnhöfe zu bauen bzw. zu sanieren und die Elektrifizierung des Verkehrs voranzutreiben (siehe vorherige Seite „Stromnetze“). Der Individual- und Güterverkehr über Straßen und Autobahnen kann langfristig reduziert werden, wird aber auch in Zukunft weiter eine wichtige Rolle spielen. Also gelten auch hier die Anforderungen der Instandsetzung und Modernisierung. Es lässt sich feststellen, dass der Investitionsstau nicht nur unsere Infrastruktur an sich schwächt, sondern dass er auch die Dekarbonisierung des Verkehrssektors behindert. Der Einsatz von Beton und Stahlbeton in der Infrastruktur ist mit den heutigen und zukünftigen Anforderungen alternativlos. Durch den Einsatz klinkerreduzierter Zemente kann bereits ein wesentlicher Schritt zur Verminderung der Emissionen und des notwendigen Energieaufwands getan werden.

Auch die Baukonstruktionen ermöglichen weitere Einsparungen. Beispielhaft seien die Potenziale der Carbonbetonbauweise bei Neubau und Instandsetzung (Verstärkung) von Brückenbauwerken genannt, d. h. die Nutzung von Carbonbewehrung anstelle von Stahlbewehrung. Möglich sind Materialeinsparungen bis 50 %. Konstruktionen von unter 4 cm Schichtdicke, aber auch Verstärkungsschichten von unter 2 cm sind bereits realisiert worden. [7]

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Verkehrsinfrastruktur essenziell für die Energiewende ist. Ihr aktueller Zustand wirkt sich aber negativ auf Klima und Wirtschaft aus. Die Modernisierung der Infrastruktur und die Verkehrswende liegen somit in gesamtgesellschaftlichem Interesse, sind aber notwendigerweise mit Emissionen und Investitionen verbunden, die vor allem durch lange Lebensdauern kompensiert werden können. Trotz des Investitionsstaus gibt es vielversprechende technologische Ansätze, die Emissionen zu reduzieren und die Infrastruktur nachhaltig zu verbessern.

Glossar

Der **Elastizitätsmodul** (*E-Modul*) beschreibt das Verhältnis von Spannung zu Dehnung in einem Material und gibt an, wie stark es sich unter Belastung verformt. Ein hoher *E-Modul* bedeutet, dass das Material steif und wenig dehnbar ist, während ein niedriger *E-Modul* auf ein flexibles Material hindeutet. Er ist ein Maß für die Steifigkeit eines Materials im elastischen Bereich.

Der **Wirkungsgrad** η beschreibt das Verhältnis von abgegebener Nutzleistung zu zugeführter Gesamtleistung eines Systems und gibt an, wie effizient ein Prozess oder eine Maschine Energie umsetzt. Ein Wirkungsgrad von 100 % bedeutet, dass keine Energie verloren geht, was in realen Systemen jedoch unerreichbar ist. Der Wirkungsgrad wird als Verhältnis $\eta = \text{Nutzungsleistung} / \text{abgeführte Leistung}$ angegeben und liegt immer zwischen 0 und 1 (oder 0 % und 100 %).

Der **Wärmedurchgangskoeffizient** λ Lambda (auch als Wärmeleitfähigkeit bezeichnet) gibt an, wie gut ein Material Wärme leitet. Er beschreibt die Wärmemenge, die pro Zeiteinheit durch ein Material von 1 Meter Dicke bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin pro Quadratmeter transportiert wird. Ein hoher λ Lambda-Wert bedeutet, dass das Material Wärme gut leitet, während ein niedriger Wert auf gute Dämmung hinweist. Die Einheit ist $W/(m \cdot K)$.

Die **Enthalpie** *H* ist eine thermodynamische Zustandsgröße, die die gesamte Energie eines Systems umfasst, einschließlich seiner inneren Energie und der Arbeit, die es leisten kann, um Volumenänderungen gegen äußeren Druck durchzuführen. Sie wird verwendet, um Wärmeflüsse bei konstantem Druck zu beschreiben. Änderungen der Enthalpie entsprechen der aufgenommenen oder abgegebenen Wärme eines Systems, wenn keine andere Arbeit verrichtet wird.

Das **h-x-Diagramm**, auch als Mollier-Diagramm bekannt, ist eine grafische Darstellung in der Thermodynamik. Es visualisiert Zustandsänderungen von Luft oder Dampf anhand von spezifischer Enthalpie (*h*) und spezifischer Feuchte (*x*). Die x-Achse reprä-

sentiert die Feuchte, während die h-Achse die Enthalpie anzeigt. Das Diagramm ermöglicht die Veranschaulichung von Zuständen, isobaren, isenthalpen, isothermen und isentropen Linien. In der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik wird es genutzt, um Prozesse wie Heizen, Kühlen und Befeuchten zu verstehen, sowie für die Analyse von Klimaanlage und anderen thermodynamischen Systemen.

Die **Rohdichte** beschreibt das Verhältnis der Masse eines Materials zu seinem Volumen, einschließlich aller Poren und Hohlräume. Sie wird in Kilogramm pro Kubikmeter (kg/m^3) angegeben und ist ein Maß dafür, wie kompakt oder leicht ein Material ist. Im Gegensatz zur Reindichte berücksichtigt die Rohdichte auch die Luft- oder Leeranteile im Material.

Der **U-Wert** (Wärmedurchgangskoeffizient) gibt an, wie viel Wärme pro Quadratmeter durch ein Bauteil bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin zwischen innen und außen verloren geht. Er wird in $W/(m^2 \cdot K)$ gemessen und dient als Maß für die Wärmedämmung von Gebäuden – je niedriger der U-Wert, desto besser die Dämmwirkung des Bauteils. Ein geringer U-Wert hilft, den Wärmeverlust zu minimieren und die Energieeffizienz zu steigern. Er berücksichtigt die Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Bauteilschichten, die Schichtdicken und den Wärmeübergang an der Bauteiloberfläche.

Der **längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient** (ψ -Wert) beschreibt den Wärmeverlust entlang einer Wärmebrücke, wie z. B. bei Gebäudeecken oder Balkonen, und wird in $W/(m \cdot K)$ angegeben. Er gibt an, wie viel Wärme pro Meter Länge der Wärmebrücke bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin verloren geht. Dieser Koeffizient ist entscheidend, um die energetische Wirkung von linearen Wärmebrücken zu bewerten und Wärmeverluste in Bauwerken zu minimieren.

NRF (Netto-Raumfläche) bezeichnet die gesamte nutzbare Bodenfläche eines Raumes ohne Abzüge für Wände, Säulen oder Schächte. Sie umfasst also nur die Flächen, die tatsächlich für die Nutzung des Raumes zur Verfügung stehen.

DIN-Normen

Die **DIN EN ISO 7730** ist eine Norm, die Kriterien zur Bewertung des thermischen Komforts in Innenräumen festlegt. Sie beschreibt Methoden zur Berechnung und Bewertung des Behaglichkeitsempfindens basierend auf Faktoren wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und Bekleidungsniveau. Ziel der Norm ist es, ein angenehmes Raumklima zu schaffen, das thermisches Wohlbefinden für die Mehrheit der Menschen gewährleistet.

Die **DIN 4108-2** ist eine deutsche Norm, die Anforderungen an den Wärmeschutz und die Energieeffizienz von Gebäuden festlegt. Sie regelt den Mindestwärmeschutz, um Wärmeverluste zu minimieren, Schimmelbildung zu vermeiden und ein gesundes Raumklima zu gewährleisten. Die Norm ist ein wesentlicher Bestandteil des baulichen Wärmeschutzes und trägt zur Senkung des Energieverbrauchs in Gebäuden bei.

Die **DIN EN 1991-1-1** ist Teil der Eurocodes und befasst sich mit der Ermittlung von Einwirkungen auf Bauwerke, insbesondere Eigengewichten und Nutzlasten in Gebäuden. Sie legt fest, welche Einwirkungen bei der Planung von Tragwerken berücksichtigt werden müssen, um die Sicherheit und Stabilität von Bauwerken zu gewährleisten. Diese Norm ist entscheidend für die Bemessung von Tragstrukturen in Bauprojekten.

Der **Eurocode 2 (DIN EN 1992)** ist ein europäischer Normenkatalog, der Richtlinien für die Planung und Berechnung von Betonbauwerken festlegt. Er deckt sowohl die Tragwerksbemessung als auch die Festlegung der konstruktiven Anforderungen für Betonbauteile ab, um Sicherheit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten. Der Eurocode 2 dient als Standard für die Dimensionierung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken in Europa und zusammen mit einem nationalen Anhang in Deutschland.

Die **DIN 1045-2** ist eine deutsche Norm, die spezifische Anforderungen an die Beton- und Stahlbetonbauweise festlegt, insbesondere hinsichtlich der Festlegung von Anforderungen an Baustoffe, deren Eigenschaften und die Qualitätssicherung. Sie ergänzt die allgemeinen Anforderungen des Eurocode 2 und stellt sicher, dass Betonbauteile den notwendigen Anforderungen an Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit entsprechen. Die Norm dient der Sicherstellung der Qualität und Sicherheit von Betonbauwerken. Sie setzt die europäische Betonnorm EN 206 in Deutschland um.

Die **DIN EN 197** regelt die Anforderungen und Klassifizierungen von Zement. Teil 1 beschreibt die Zusammensetzung und Eigenschaften der verschiedenen Zementarten, einschließlich der Festigkeitsklassen und Zusatzstoffe. Teil 2 legt die Verfahren zur Konformitätsbewertung und Qualitätssicherung fest, um sicherzustellen, dass der Zement die Normanforderungen erfüllt. Teil 4 behandelt Zemente mit niedriger Wärmeentwicklung, die für massive Bauwerke verwendet werden, bei denen eine geringe Hydratationswärme wichtig ist. Teil 5 regelt die Anforderungen an Portlandkompositzemente CEM III/C-M und Kompositzemente CEM VI. Teil 6 befasst sich mit Zement mit rezyklierten Baustoffen aus dem Betonrecycling.

ENERGIESPAREND BAUEN. MIT BETON.

Klimaeffizient. Ressourcenschonend. Energiesparend.

Best Practice

Inhaltlicher Überblick:

Greensite

Thermische Speicherfähigkeit 46

Betonoase Lichtenberg

Infraleichtbeton 48

Wohnhaus m17

Leichtbeton 50

Rheingarten Konstanz

Bauteilaktivierung 52

Alte Stadtgärtnerei

Thermische Speicherfähigkeit 54

Weitblick 1.7

LEED Platinum 56

Pergolenviertel 3B

QNG-Siegel + NaWoh 58

Kö-Bogen II

DGNB Platin 60

Green site

Das Greensite-Projekt basiert auf dem „Werkstadt-Prinzip“, einer Nachhaltigkeitsstrategie, die auf der umfassenden Erfahrung von Fischer Architekten im integralen Bauen beruht. Dieses Prinzip wird kontinuierlich weiterentwickelt, um den neuesten Standards und zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Das Projekt soll exemplarisch aufzeigen, wie nachhaltige Architektur durch die Anwendung dieses Prinzips umgesetzt werden kann. Die Nachhaltigkeitsstrategie umfasst drei zentrale Bereiche: die Berücksichtigung natürlicher Faktoren, den Einsatz innovativer Energetik und Konstruktion sowie die Pflege der Baukultur.

Die Baukultur, mit dem Fokus auf Verortung, ist der Ausgangspunkt der Entwicklung. Bei „Greensite“ wurde eine städtebauliche Analyse durchgeführt, um die urbane Struktur zu verstehen und eine behutsame Nachverdichtung zu ermöglichen. Das Projekt integriert zwei Bürohäuser und ein Parkhaus um ein bestehendes Kaffeeproduktionsgebäude, das als

Steckbrief

Architektur

Fischer Architekten

Bauherr

Bauherr: B.A.U. GmbH & Co. KG

Jahr

2024

Ort

Mannheim



BEST PRACTICE



soziale Mitte dient. Nachhaltigkeit wird auch durch eine dauerhafte Gestaltung und nachwachsende Grünfassaden betont. Natürliche Faktoren spielen eine zentrale Rolle im Projekt. Freie Grünflächen werden als Bindeglied zwischen Neubauten und bestehenden Strukturen genutzt, und Fassadenbegrünungen tragen zu einem optimalen Mikroklima bei. Maßnahmen zur Wasserhaushaltsregelung, wie trockenresiliente Bepflanzung und speicherfähige Materialien, helfen, Wasser zu sparen und Extremklimaereignissen entgegenzuwirken. Die Förderung der Biodiversität erfolgt durch naturnahe Anlagen und Artenschutzmaßnahmen, die den Lebensraum für eine Vielzahl von Arten erhalten und erweitern.

Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

In Bezug auf Energetik und Konstruktion erfüllt „Greensite“ die QNG-Kriterien für Ressourcen- und Energieverbrauch. Das Projekt setzt auf Suffizienz, Effizienz und Konsistenz, um den Energieverbrauch zu minimieren. Eine innovative Tragwerkskonstruktion aus CO₂-reduziertem Beton, kombiniert mit Hohlkörperdecken und textilen Bewehrungen, reduziert Materialverbrauch und verbessert die Effizienz. Besonders ist auch die Verwendung CO₂-reduzierter Betonsandwichelemente, die etwa 54 % weniger CO₂ emittieren als Standardkonstruktionen. Diese Wände, mit GFK-Bewehrungen und nachhaltigem Mineralschaum gedämmt, sind vollständig rückbaufreundlich und recyclingfähig.

Der Mineralschaum bietet eine hohe Wärmedämmleistung und ein niedriges CO₂-Äquivalent, was ihn zu einer wirtschaftlichen und nachhaltigen Alternative zu synthetischen Dämmstoffen macht. Das Gebäude erreicht den KfW-40-Standard durch eine Geothermie-Wärmepumpe, Bauteiltemperierung und geregelte Lüftung, ergänzt durch umfangreiche Photovoltaikanlagen. Die Lebenszyklusbetrachtung stellt sicher, dass sowohl die Bauphase als auch die Nutzung und der Rückbau des Gebäudes nachhaltig gestaltet sind. Adaptierbare Grundrisse und veränderbare Gebäudetechnik verlängern die Nutzungsdauer, während hochwertige Baukultur die gesellschaftliche Relevanz und den Wert des Gebäudes langfristig sichern.



Mehr Infos:

www.werkstadt.com/2023/10/31/greensite/

THERMISCHE SPEICHERFÄHIGKEIT

Betonoase Lichtenberg



Steckbrief

Architektur

Gruber + Popp Architekten, Berlin

Bauherr

Bezirksamt Lichtenberg, Bildung, Kultur, Soziales und Sport, Abteilung Jugend und Gesundheit

Jahr

2018

Ort

Berlin

Projektbeteiligte

- › **Tragwerksplanung:** schlaich bergemann partner, Mike Schlaich, Berlin
- › **Haustechnik:** Ingenieurbüro Lober, Berlin
- › **Prüfingenieur:** Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, Berlin
- › **Außenanlagen:** Landschaftsarchitekten Franz Beusch, Potsdam/capatti staubach (Wettbewerb), Berlin
- › **Kunst am Bau:** 333 gatjens plavec saric, Berlin

Konstruktionsmerkmale

einschalige Sichtbetonwände aus Infralichtbeton, die Passivhausstandard erreichen

Besonderheiten

Infralichtbeton erstmals an einem öffentlichen Gebäude

Der Jugendclub „Betonoase“ behielt seinen Namen trotz des Umzugs von seinem alten Standort und dem damit verbundenen Neubau. Aber der Name passt heute wohl besser denn je.

In Berlin-Lichtenberg, umgeben von zehn- bis zwanzigeschossigen Wohnhochhäusern, entstand unter der Leitung von Gruber + Popp Architekten ein neues, einstöckiges Gebäude. Ihr Entwurf setzte sich in einem Gutachterverfahren des Bezirks Lichtenberg durch, basierend auf den Leitgedanken von Doris Gruber und Bernhard Popp: „Trennen und Verbinden“. Das L-förmige Gebäude vereint zwei autarke Nutzungen – einen Jugendtreff und ein Familienzentrum – unter einem Dach, jeweils mit separaten Eingängen und Außenflächen. Ein gemeinsamer Garten verbindet die Terrassen beider Einrichtungen, während die Eingangsbereiche im Inneren zu einem großen Foyer verschmelzen. Die Spiel-, Arbeits- und Aufenthaltsräume sind fließend organisiert, mit einem stufenweisen Übergang von öffentlichen zu halböffentlichen und privaten Bereichen.



Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

Das Besondere an der Betonoase ist die Verwendung von Infraleichtbeton, einem innovativen Baustoff, der erstmals in einem öffentlichen Gebäude zum Einsatz kam. Dieser junge Baustoff erforderte eine „Zustimmung im Einzelfall“, die in enger Zusammenarbeit mit schlaich bergemann partner erzielt wurde. Infraleichtbeton, intensiv erforscht von Mike Schlaich an der TU Berlin, vereint Leichtigkeit mit Tragfähigkeit durch einen hohen Luftanteil in den eingeschlossenen Kammern. Diese Struktur gewährleistet eine hervorragende Dämmung und ein ausgeglichenes Raumklima, unabhängig von der Jahreszeit. Mit den 50 cm starken Außenwänden erreicht die Betonoase so ohne weitere Dämmung einen Passivhausstandard.

Infraleichtbeton nutzt Blähton oder Blähglas statt Schotter und Kies, was die Konstruktion vereinfacht und nachhaltig gestaltet.

„Infraleichtbeton birgt großes Nachhaltigkeitspotenzial. Im Vergleich zu mehrschichtigen Wänden mit vorgeklebter Wärmedämmung verwenden wir nur einen Werkstoff“, erklärt Mike Schlaich die Vorteile. Die erstmalige Verwendung in einem öffentlichen Gebäude sieht er als Vorbild. Auch die 32 cm starken Vordächer wurden in Infraleichtbeton ausgeführt, was Bernhard Popp als Beitrag zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz hervorhebt. Ästhetisch überzeugt der Baustoff durch ein dezentes Sprenkelmuster und eine haptisch warme Oberfläche. Der geschüttete Beton zeigt steinbruchartige Lagen, die dem Gebäude Charakter verleihen.



Mehr Infos:

www.beton.org/betonbau/architektur/objektdatenbank/objekt-details/betonoase/

INFRALEICHTBETON

Wohnhaus m17

Die Magazinstraße, gelegen zwischen Alexanderplatz und Schillingstraße, zwischen Plattenbauten und Kino International sowie zwischen Karl-Marx-Allee und einem reinen Wohnquartier, ist ein Überbleibsel der historischen Stadt. Hier stehen sich gründerzeitliche Gebäude und Wohnplattenbauten unvermittelt gegenüber, verdreht im Raster der Planungen einer sozialistischen Hauptstadt. In diesem Kontext fungiert die m17 als Adapter und Stadtreparatur zugleich. Sie ist ein Punkthaus am Blockrand und ein Wohngebäude mit einem gewerblichen Erdgeschoss. Das Wohnhaus MAGAZIN 17, oder kurz m17, greift die Straßenflucht und die Lochfassade des steinernen Berlins aus der Gründerzeit auf und bildet mit ihrer radikal modernen Schauseite ein Gegenüber zu den inzwischen denkmalgeschützten Plattenbauten. Dieser Bau ist der Versuch, die Stadt in ihren Gegebenheiten weiterzuentwickeln, anstatt sie zu negieren.

Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

Leichtbeton ist das zentrale Material der steinernen Fassade des m17. Diese Bauweise folgt dem Prinzip: Eine Wand, ein Material. Die 60 cm starken Leichtbetonaußenwände dämmen und tragen zugleich, ohne dass zusätzliche Verkleidungen oder vorgehängte Fassaden nötig sind. Die massive Fassade fungiert sowohl als Raster und Relief wie auch als Wärmedämmung. Große Holzfenster bieten Licht, Wärme und Sichtbarkeit und tragen zu geringen Energiekosten im Winter bei, während die Speichereigenschaft des Massivbaus ein angenehmes Raumklima in den Übergangsjahreszeiten gewährleistet.

Die Grundrisse des m17 folgen einer städtebaulichen Logik: Die Wohnzimmer sind zur modernen Schauseite hin ausgerichtet, während kleinere Zimmer entlang der traditionellen Lochfassaden angeordnet sind. Diese Ausrichtung ermöglicht eine optimale Nutzung von natürlichem Licht und solaren Einträgen, wodurch die Energiekosten niedrig gehalten werden können. Der Leichtbeton als tragendes und dämmendes Material schafft eine einheitliche, massive Struktur, die sowohl ästhetisch als auch funktional überzeugt.

Insgesamt trägt die m17 durch ihre innovative Verwendung von Leichtbeton und ihre durchdachte architektonische Gestaltung zur nachhaltigen Stadtentwicklung bei. Sie ist ein Beispiel dafür, wie historische und moderne Elemente miteinander in Einklang gebracht werden können, um ein harmonisches und energieeffizientes Wohnumfeld zu schaffen.



Mehr Infos:

www.zanderroth.de/de/projekte/m17/info

BEST PRACTICE

Steckbrief

Architektur

zanderroth, Berlin

Bauherr

Baugemeinschaft Magazinstraße GmbH & Co.
KG, Berlin

Jahr

2022

Ort

Berlin

Projektbeteiligte

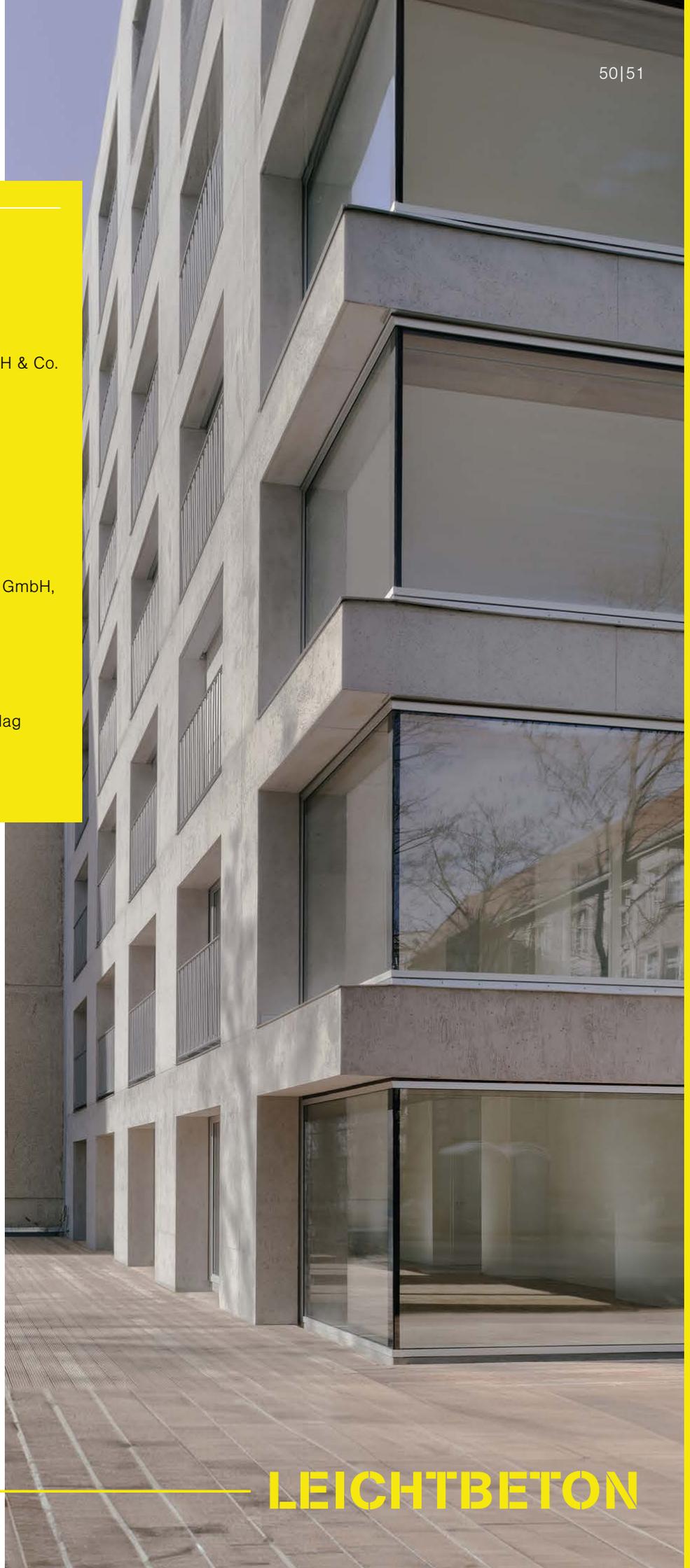
- › **Projektentwicklung:** SmartHoming GmbH,
Berlin
- › **Landschaft:** friedburg & Co., Berlin

Konstruktionsmerkmale

350 m³ Leichtbeton C12/13,
Rohdichteklasse 1,2 mit Blähtonzuschlag

Auszeichnungen

Architekturpreis Berlin 2023



LEICHTBETON

Rhein garten Konstanz



Steckbrief

Architektur

BRAUN + MÜLLER ARCHITEKTEN BDA, Konstanz

Bauherr

Baggergesellschaft Immenstaad,
Meichle + Mohr GmbH & Co. KG

Jahr

2023

Ort

Konstanz

Projektbeteiligte

- › **Generalunternehmer:** ARGE Ed. Züblin AG, Singen/Kurt Motz Baubetriebsgesellschaft, Illertissen
- › **Statik:** Fischer+Leisering Ingenieurgesellschaft mbH, Konstanz
- › **Landschaftsarchitekt:** Krause Landschaftsarchitekten, Freiburg
- › **Planung Haustechnik:** Greiner Engineering, Konstanz
- › **Bauphysik:** GSA Körner GmbH, Reichenau
- › **Brandschutz-Fachplanung:** mhd Brandschutz, Konstanz

Konstruktionsmerkmale

Innovatives haustechnisches Konzept, das Wärmeenergie aus Abwasser gewinnt, Aktivierung der Geschossdecken zum Heizen und Kühlen.

Das Bürogebäude des Betonbauunternehmers Meichle + Mohr liegt in bester Lage direkt am Rhein in Konstanz.

Der Entwurf zielt darauf ab, die vielfältigen Möglichkeiten des Baustoffs Beton zu demonstrieren und an einem dynamischen Verkehrsknotenpunkt zu bestehen. Das Bauvolumen besteht aus zwei siebengeschossigen, versetzt angeordneten Türmen, die um 90° gegeneinander gedreht sind und ab dem fünften Stockwerk durch eine dreigeschossige Brücke verbunden werden. Diese Anordnung schafft eine imposante Torsituation mit Sicht und Durchgang zum Seerhein. Dazwischen liegt ein Platz, der in eine Freitreppe zur Uferpromenade mündet und durch quadratische Pflanzbecken aus Cortenstahl sowie ein vorgelagertes Baudenkmal – eine ehemalige Wirtschaft, heute umgenutzt zur Fahrradgarage – klar definierte stadträumliche Situationen entstehen lässt.

Zwei innere Baukerne, die sich von der gemeinsamen Tiefgarage bis aufs Dach erstrecken, ermöglichen stützenfreie Räume mit Sichtbeton und raumhohen Fenstern, die einen typischen Loftcharakter erzeugen. Die Büroflächen der Obergeschosse werden von Büronutzern geteilt, während das Erdgeschoss mit Bistro, Fitnesscenter und Kunstgalerie für die Öffentlichkeit zugänglich ist.

Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

Die präzise Sichtbetonkonstruktion des Gebäudes erzeugt einen kraftvollen Ausdruck und ist eine Hommage an den einstigen Industriestandort. Dieser Gedanke durchzieht die gesamte Planung, einschließlich der Erhaltung der alten, patinierten Uferbefestigungen und Grenzmauern sowie der Raumgestaltung im Inneren. Beschriftungen an Treppenhäusern, Liftanlagen und Toiletten sind direkt auf die Betonoberflächen gedruckt, während die Geländer in den Treppenhäusern als kantige Edelstahlkonstruktionen ohne hölzernen Handlauf ausgeführt sind. Die Fassadengestaltung folgt einem strengen Raster aus quadratischen Fenstern und erzeugt eine konstruktive Ästhetik. Diese Sichtbetonfassade wirkt jedoch nicht wuchtig, sondern als filigranes, liches Skelett mit feiner Anmutung.

Ein innovatives Energiekonzept nutzt Heizenergie aus einem Abwasserkanal und verteilt diese via Betonkernaktivierung in den Geschossdecken, die im Sommer auch kühlen können, sodass auf eine Klimaanlage verzichtet werden konnte.

Durch schmalere Fensterrahmen in den oberen Stockwerken wird das Gebäude optisch leichter und die Brückenzone als eigenständiges Bauteil betont. An der Fassade kommen großformatige Formteile aus Glasfaserbeton zum Einsatz. Der Rest des Baus besteht aus Ortbeton, was die gestalterische Präzision und die technische Qualität des Gebäudes unterstreicht.



Mehr Infos:

www.beton.org/betonbau/architektur/objektdatenbank/objekt-details/rheingarten-konstanz/



BAUTEILAKTIVIERUNG

Alte Stadt gärtnerei

Im Rahmen des Modellvorhabens „effizient bauen – leistungsfähig wohnen“ realisierte Fink + Jocher auf dem Gelände der ehemaligen Stadtgärtnerei Neu-Ulm ein bemerkenswertes Betonhaus. Hinter breiten Laubengängen und massiven Stützen entstanden 31 öffentlich geförderte Wohnungen sowie Gemeinschaftseinrichtungen zu erschwinglichen Preisen und mit hoher energetischer Effizienz.

Geleitet von Prof. Dietrich Fink, wurde das Projekt im Rahmen einer Initiative des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr entwickelt, um zeitgemäße Wohnformen und Bauweisen zu fördern, die ohne zusätzliche Kostensteigerungen realisiert werden können.

Die Architektur des sechsgeschossigen „Betonhauses“ besticht durch ein klares, funktionales Design. Zwei-Zimmer-Wohnungen befinden sich im Zentrum, während die äußeren Bereiche mit Drei- und Vier-Zimmer-Wohnungen belegt sind. Gemeinschaftsräume, eine Dachterrasse und ein Garten stehen den Bewohnern zur Verfügung, zugänglich über Laubengänge zur Straße hin, die wie erweiterte Gehwege gestaltet sind und Platz für Fahrräder und Sitzgelegenheiten bieten.



Mehr Infos:

www.dbz.de/artikel/dbz_Modellvorhaben_Alte_Stadtgaertnerei_Neu-Ulm-3711922.html

Steckbrief

Architektur

Fink + Jocher Gesellschaft von Architekten und Stadtplanern mbH, München
arc-studio carnevale architekten, Ulm

Bauherr

NUWOG Wohnungsgesellschaft der Stadt Neu-Ulm GmbH

Jahr

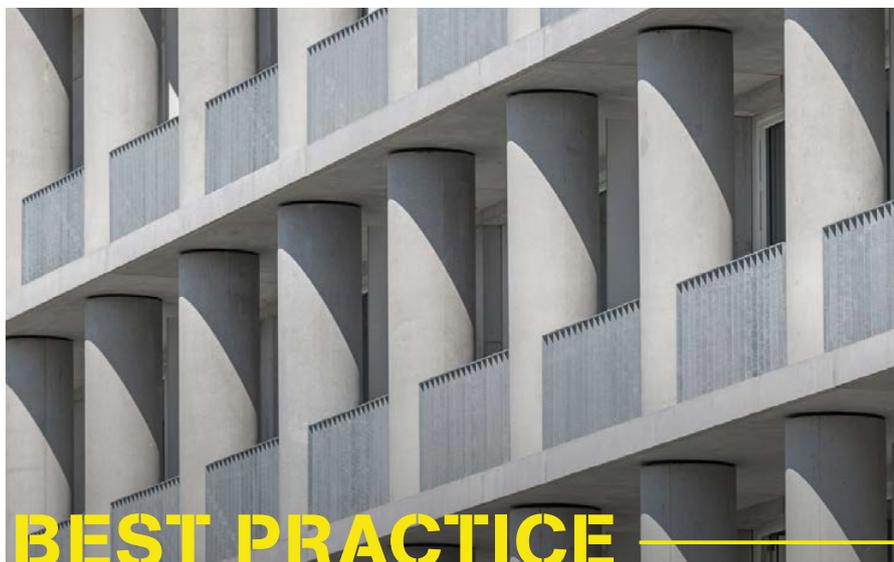
2020

Ort

Neu-Ulm

Projektbeteiligte

- › **Tragwerksplanung:** Röder Ingenieure, Ingenieurbüro für Tragwerksplanung, Neu-Ulm
- › **Landschaftsarchitektur:** terra.nova Landschaftsarchitektur, München
- › **Klimaengineering:** Transsolar Energietechnik GmbH, München
- › **Brandschutzplanung:** Sachverständigenbüro Arnhold, Weimar
- › **HLS, Elektroplanung:** Rennert Ingenieuratelier GmbH, Bamberg



BEST PRACTICE

Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

Der Baukörper wurde in strenger Schottenbauweise errichtet, die die Vorteile des seriellen Bauens optimal nutzt. Jede Etage und jeder Wohnungstyp sind identisch aufgebaut, was erhebliche Kostenersparnisse ermöglichte. Tragende Innenwände bestehen aus Beton, nichttragende Wände wurden in Trockenbauweise ausgeführt.

Dass bei diesem Gebäude Fertigteile zum Einsatz kamen, lässt sich schon an dem Fugenbild der Fassade ablesen. Bei den Geschossdecken wurde mit Halbfertigteilen gearbeitet. Hier diente eine 4 cm dicke Elementdecke als verlorene Schalung, die vor Ort mit Beton aufgegossen wurde. Stützen und Balkonplatten wurden als Fertigelemente geliefert. Die Außenwände sind als Betonsandwichfertigteile mit 18 cm starker Kerndämmung hergestellt und erfüllen den

KfW-40-Standard. Die auskragenden Balkonplatten und massive Stützen halten die Hitze fern und nutzen im Winter die Sonnenwärme.

Die Betondecken speichern nächtliche Kühle, die durch natürliche Belüftung in die Wohnungen gelangt. Kompakte Plattenheizkörper in Fensternähe wärmen die Frischluft vor, wobei Rücklaufleitungen im Estrich ein Viertel der Wärme über den Fußboden abgeben, für behagliche Strahlungswärme.

Durch diese intelligente Planung und effiziente Nutzung von Beton als Baustoff entstand ein nachhaltiges und wirtschaftliches Wohnprojekt, das die Maßstäbe für leistbares Wohnen und hohe Lebensqualität setzt.



THERMISCHE SPEICHERFÄHIGKEIT

ENERGIESPAREND BAUEN. MIT BETON.

Klimaeffizient. Ressourcenschonend. Energiesparend.



Weitblick 1.7

Der Innovationspark Augsburg ist ein Zentrum für Start-ups und Technologieunternehmen, das auf dem Gelände eines ehemaligen Schlachthofs entwickelt wurde. Es bietet moderne Arbeitsumgebungen, Förderung von Innovationen und eine nachhaltige Infrastruktur, die darauf ausgerichtet ist, kreativen Austausch und unternehmerisches Wachstum zu unterstützen.

Das Gebäude „Weitblick 1.7“ ist einer der Bausteine, die Arbeits- und Wissenswelten verbinden. Neben offenen Arbeitsbereichen bietet es Gastronomie, Nahversorgung im Erdgeschoss, ein Konferenzzentrum auf dem Dach, eine Kita und zahlreiche digitale Smart-Features für umfassenden Komfort.

Die kubische Form des Gebäudes an den Grundstücksgrenzen vermittelt Kraft und Stabilität, wirkt jedoch durch horizontale Fassadenlamellen leicht und luftig. Der Innenhof öffnet sich zum Quartier, wird zum zentralen Treffpunkt und fördert die Vernetzung mit dem Stadtgefüge durch gezielte Durchwegungen zu anderen Institutionen.

Ein Alleinstellungsmerkmal liegt im ganzheitlichen Innovationsansatz, der dynamische Architektur und hohe Nachhaltigkeit mit soziokultureller Nutzungsmischung vereint und schließlich auch mit einer LEED-Platinum-Zertifizierung belohnt wurde. Eine Mieter-App für smarte Gebäudefunktionen und ein Luftreinigungskonzept, das die Gesundheit fördert, kompletieren das Konzept.

Steckbrief

Architektur

Sehw Architektur

Bauherr

Weitblick 1.7 GmbH & Co. KG

Jahr

2021

Ort

Augsburg

Projektbeteiligte

- › **Bauleistung Heizung, Klima & Lüftung:**
SHL Technik Joanni + Heisler
- › **Fachplanung Tragwerksplanung:**
Sailer Stepan und Partner GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen VBI
- › **Landschaftsarchitekt:**
Landschaftsarchitekten Kübler

Auszeichnungen

LEED Platinum



Mehr Infos:

www.heinze.de/architekturobjekt/weitblick/13078952/

BEST PRACTICE

Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

Das Gebäude wurde als „Nearly-zero Carbon“-Konzept ausgeführt. Es vereint das „Low-Tech-Prinzip“ zur Reduktion haustechnischer Komponenten und kombiniert dieses mit Regenwassernutzung und einem innovativen Solarstrom-Speicherkonzept mit Photovoltaik auf dem Dach.

Die Stahlbetonskelettbauweise mit Stützenraster und massiven Treppenhaus- und Nebenraumkernen bietet Wirtschaftlichkeit, Flexibilität und langfristige Anpassungsmöglichkeiten. Die Innenwände sind in Leichtbauweise oder im Selbstausbau der Mieter realisiert. Die Wahl der Oberflächen richtete sich nach Langlebigkeit und einem geringen Wartungsaufwand der Materialien.

Arbeitsräume bieten flexible Nutzungsbedingungen und lassen sich von kleinen Einheiten bis zu 3.000 m² Gesamtfläche horizontal oder vertikal zusammenschalten. Kommunikationszonen an den Treppenhäusern fördern Begegnungen und bieten Rückzugsorte. Ergänzt durch einen externen Konferenzbereich sowie Gastronomie, Nahversorgung und eine Kindertagesstätte im Erdgeschoss schafft der Nutzungsmix einen hohen Mehrwert für Nutzer und Quartier.



Steckbrief

Architektur

kbnk Architekten GmbH

Bauherr

Richard Ditting GmbH & Co. KG

Jahr

2020

Ort

Hamburg

Projektbeteiligte

- › **Statik:** KFP Ingenieure Part GmbH, Buxtehude
- › **Haustechnik:** TE Ingenieurgesellschaft Torsten Erdmann mbH, Hamburg
- › **Brandschutz:** Ingenieurbüro T. Wackermann, Hamburg
- › **Freiraumplanung:** Landschafts.Architektur Birgit Hammer, Berlin

Zertifikate

QNG, NaWoh

Pergolen viertel 3B

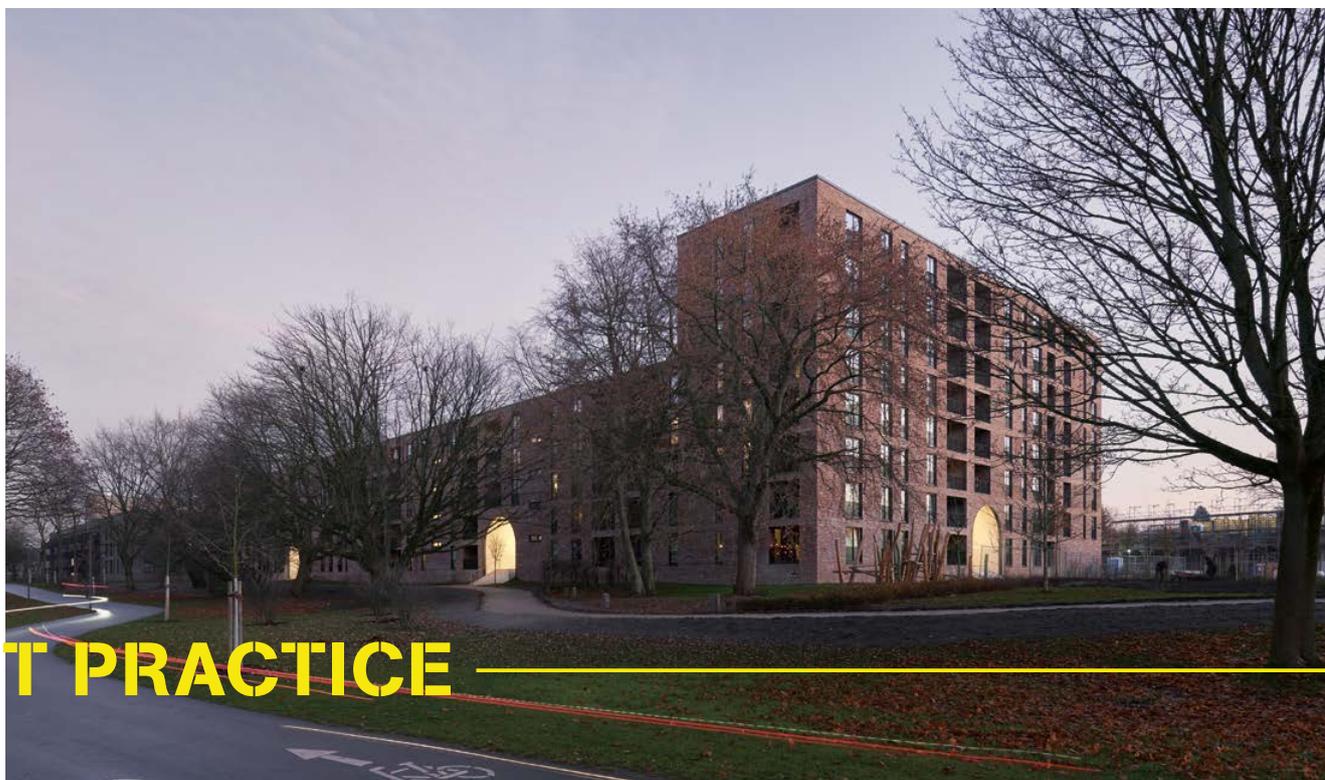
Im Hamburger Stadtteil Winterhude/Alsterdorf entstand das Neubaugebiet „Pergolenviertel“, das sich durch hohe Wohnqualität und Nachhaltigkeit auszeichnet. Dieses Quartier umfasst mehrere Baufelder und bietet vielfältige Wohn- und Sozialangebote für eine breite Zielgruppe, bestehend aus Jung und Alt, Singles, Familien sowie Baugemeinschaften. Ein zentrales soziales Anliegen ist die generationsübergreifende Mischung der Bewohner, die ein integratives und lebendiges Gemeinschaftsleben fördert.

Das Baufeld 3B im Pergolenviertel bietet Wohnungen mit 1 bis 5 Zimmern, die teilweise gefördert und barrierefrei sind, sowie Gewerbeeinheiten, ein Café und Gemeinschaftsräume. Diese Einrichtungen fördern die soziale Interaktion und bieten Platz für Veranstaltungen und Zusammenkünfte. Zudem umfasst das Baufeld eine Gästewohnung und ein innovatives Mobilitätskonzept. Es beinhaltet Ladestationen für Elektroautos, Car-Sharing-Stellplätze und umfangreiche Abstellmöglichkeiten für Fahrräder, inklusive eines „Bike-Repair-Cafés“ für Reparaturdienste.



Mehr Infos:

www.kbnk.de/projekt/ pergolenviertel-bf-3b



BEST PRACTICE



Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

Die Architektur des Pergolen Viertels folgt dem Leitfaden „Einheit in der Vielfalt“. Die Fassaden sind aus hochwertigem Backstein mit Ziermauerwerkselementen gestaltet und zeigen eine Farbentwicklung von grauem Backstein im Norden zu rötlichen Tönen im Süden. Diese Gestaltung unterstreicht das Prinzip der architektonischen Vielfalt und Integration. Ein markanter Riegel im Süden des Gebäudes und strukturierte Fassadenbänder prägen die Baukörper und verleihen dem Quartier ein einheitliches Erscheinungsbild. So fügt sich der Stahlbetonbau durch seine vorgesetzte Ziegelfassade in die Umgebung und die Baugeschichte Hamburgs ein.

Das Gebäude erfüllt den KfW-Effizienzhaus-Standard 55. Die hierfür nötigen Dämmstoffe wurden mit dem „Blauen Engel“ ausgezeichnet. Insgesamt liegt ein besonderer Fokus auf der nachhaltigen Bauweise, die durch den Einsatz umweltfreundlicher Materialien und den Erhalt alter Baumbestände sowie die Integration von Grünflächen die Lebensqualität der Bewohner erhöht.

Das Pergolen Viertel demonstriert, wie moderne Stadtplanung und der Einsatz von Beton zusammen mit weiteren nachhaltigen und innovativen Konzepten für Mobilität und Gemeinschaftsleben einen wichtigen Beitrag zur Steigerung von Lebensqualität und Umweltbewusstsein leisten können.



ENERGIESPAREND BAUEN. MIT BETON.

Klimaeffizient. Ressourcenschonend. Energiesparend.

Steckbrief

Architektur

ingenhoven architects

Bauherr

CENTRUM Development

Jahr

2020

Ort

Düsseldorf

Projektbeteiligte

- › **Projektmanagement:** AIP Bauregie, Düsseldorf
- › **Tragwerksplanung:** Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft, Düsseldorf
- › **Phytotechnologie/Spezielle Bauwerksbegrünung:** Prof. Dr. Karl-Heinz Strauch, Beuth Hochschule für Technik, Berlin
- › **Beratung für Vegetationsökologie:** Prof. Dr. Reif, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg

Zertifikate

DGNB Platin



Kö-Bogen II

Der Kö-Bogen II in Düsseldorf, ein 600 Millionen Euro teures Investorenprojekt, umfasst 24.000 m² Ladenfläche, 5.500 m² Bürofläche und 450 Stellplätze in einer Tiefgarage unter dem Gustav-Gründgens-Platz. Das Areal zeichnet sich durch seine innovative Architektur aus, die unter anderem eine begrünte Gebäudehülle beinhaltet. Diese grünen Fassaden, die den Hofgarten mit den Baumreihen entlang der Königsallee verbinden, tragen zur Verbesserung des Stadtklimas bei. Die Vegetation hilft, Hitzeinseln zu reduzieren, indem sie Sonnenstrahlen absorbiert und Kohlendioxid in Sauerstoff umwandelt, was zur Abkühlung der Umgebungsluft beiträgt.

Die Idee, Architektur mit Klimaschutz zu verbinden, ist nicht neu. Projekte wie Joseph Beuys' „Stadtverwaltung statt Stadtverwaltung“ und der Bosco Verticale von Stefano Boeri zeigen, dass Urban Gardening in dicht bebauten Städten eine sinnvolle Ergänzung zu traditionellen Grünflächen ist. Diese grünen Fassaden bieten auch Lebensraum für Insekten und Vögel, fördern die Biodiversität und haben zudem eine lärmämpfende Wirkung.

Baustoffe, Konstruktion und die Rolle des Betons

Die Gebäudehülle des Kö-Bogen II ist mit heimischen Hainbuchen bepflanzt, die sich als besonders resilient gegenüber urbanen Bedingungen erwiesen haben. Diese Pflanzenart benötigt im Winter kein Wasser und ist weniger anfällig für Brände als andere Arten. Die Integration der Vegetation erfolgt durch innovative Konstruktionsmethoden, bei denen Pflanzkübel über die Fassade hinausragen, um die Sichtbarkeit der Pflanzen von der Shadowstraße aus zu maximieren.



BEST PRACTICE



Die Konstruktion der Gebäudehülle basiert auf einem robusten System, das aus Stahl und Beton besteht und den notwendigen Halt für die Pflanzen und die dazugehörige Bewässerungstechnik bietet. Die Verwendung von Beton ermöglicht es, eine stabile und langlebige Basis zu schaffen, die sowohl die Last der Pflanzen als auch die zusätzlichen strukturellen Anforderungen durch das begrünte Dach und die Fassaden tragen kann.

Trotz der sorgfältigen Planung erfordert die Pflege der grünen Fassaden regelmäßige Wartung. Laufstege und Befahranlagen zwischen den Pflanzen ermöglichen es, die Vegetation effizient zu pflegen und zu bewässern, was entscheidend für den langfristigen Erfolg des Projekts ist. Insgesamt zeigt das Projekt Kö-Bogen II, wie moderne Architektur und nachhaltige Stadtplanung durch den Einsatz von Beton und innovativen Begrünungstechniken zusammengeführt werden können, um ökologische und ästhetische Ziele zu erreichen.



Mehr Infos:

www.detail.de/de_de/autos-zu-hainbuchen-ingenhoven-fk



DGNB PLATIN

Literatur

S. 01

[1] Nachhaltig Bauen. Mit Beton., 2023, www.betonshop.de/media/wysiwyg/PDF/Nachhaltig-bauen-mit-Beton-2023.pdf

S. 06

[1] DIN EN ISO 10456: Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte

S. 10–11

[1] www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_German.pdf

[2] www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-heisse-tage#wie-ist-die-entwicklung-zu-bewerten

[3] <https://klimadashboard.de/auswirkungen/temperatur>

S. 12

[1] Zementmerkblatt B14, 2022-12 (korr.), IZB

S. 19

[1] www.alpine-space.eu/project/coolalps/

S. 20–21

[1] www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/energiepfahl

[2] www.iwb.uni-stuttgart.de/forschung/werkstoffe-und-konstruktion/speicherstadt-hamburg/

[3] www.construyo.de/ratgeber/bauplanung/solarbeton

S. 31

[1] www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#endenergieverbrauch-der-privaten-haushalte

S. 36–37

[1] www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende.html

[2] www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/07/20240705-klimaneutrale-stromerzeugung-kraftwerkssicherheitsgesetz.html

[3] www.liebherr.com/de/deu/magazin/max-boegl/naturstromspeicher.html

[4] www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/schwerkraftspeicher-wie-aus-kraenen-und-beton-eine-batterie-wird/

S. 40–41

[1] Investitionskürzung im Bundeshaushalt wäre fatale Entscheidung für deutsche Infrastruktur – Gemeinsamer Notruf für den Brückenbau. Gemeinsame Pressemitteilung von 13 Verbänden, Berlin/Bonn, 20.06.2024, z. B. unter www.vbi.de/presse/news/investitionskuerzung-im-bundeshaushalt-waere-fatale-entscheidung-fuer-deutsche-infrastruktur/

[2] de.statista.com/statistik/daten/studie/200201/umfrage/gesamte-staulaenge-auf-autobahnen-in-deutschland, abgerufen am 13.08.24

[3] de.statista.com/statistik/daten/studie/921374/umfrage/puenktlichkeit-der-fernverkehrszuege-der-deutschen-bahn, abgerufen am 13.08.2024

[4] Infrastrukturdialog der Bundesregierung. Ergebnispapier der Arbeitsgruppe 4 „Vernetzung der Verkehrsträger im Güterverkehr“, bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Infrastrukturplanung-Investitionen/Infrastrukturdialog/infrastrukturdialog.html, abgerufen am 08.08.2024

[5] Infrastrukturdialog der Bundesregierung. Ergebnispapier der Arbeitsgruppe 5 „Vernetzung der Verkehrsträger im Personenverkehr“, bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Infrastrukturplanung-Investitionen/Infrastrukturdialog/infrastrukturdialog.html, abgerufen am 08.08.2024

[6] Nachhaltig und sicher. Verkehrsflächen aus Beton. update 62, 2023, www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Service/Update/BETO_update_62_DE_WebPDF-1.pdf

[7] Schladitz, F.; Schumann, A.; May, S.; Curbach, M.: Carbonbeton im Brückenbau. Jahresband Vereinigung der Straßen- und Verkehrsingenieure Sachsen, 2020, S. 34–38

Bildnachweise

S. 08–09

IZB
GEOLYTH (unten rechts)

S. 12–13

IZB

S. 21

Universität Stuttgart, IWB

S. 32–33

Bundesverband Geothermie

S. 40–41

AdobeStock Nr. 104181881

S. 46–47

Fischer Architekten

S. 48–49

Alexander Blumhoff, Berlin // Materialdetail schlaich
bergemann partner

S. 50–51

Simon Menges, Berlin

S. 52–53

Helmut Scham BFF

S. 54–55

Michael Heinrich Fotografie für Architekten

S. 56–57

Philipp Obkircher

S. 58–59

Piet Niemann

S. 60–61

ingenhoven architects/HGEsch

Impressum

Herausgeber:

InformationsZentrum Beton GmbH
Toulouser Allee 71
40476 Düsseldorf

Autoren:

Julian Biermann
Siegfried Fiedler
Manuel Mohr
Dirk Pagels
Albrecht Richter
Thomas Richter
Lena Weigelt

Gestaltung:

artismedia GmbH, Stuttgart

Visualisierungen:

emb grafika, Steinheim

Druck:

WAHL-DRUCK GmbH, Aalen

Diese Publikation wurde klimaneutral
auf Recyclingpapier mit FSC- und
„Blauer Engel“-Zertifizierung gedruckt.



InformationsZentrum Beton GmbH

Toulouser Allee 71
40476 Düsseldorf

Telefon: 0211 28048-1
Telefax: 0211 28048-320
izb@beton.org

www.beton.org

www.nachhaltig-bauen-mit-beton.de

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

Folgen Sie uns auch in den sozialen Medien:

www.beton.org/socialmedia



📍 izb_beton

🏢 InformationsZentrum Beton GmbH

📺 betonfilme