

Infraleichtbeton (engl.: *infra lightweight concrete ILC*) ist ein Leichtbeton mit einer Trockenrohddichte von unter  $800 \text{ kg/m}^3$ , der damit unterhalb des genormten Rohdichtebereichs von DIN EN 1991-1-1/NA und DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1, 2] liegt, wovon sich seine Bezeichnung ableitet. Weniger verbreitet sind die Begriffe Isolationsbeton oder Dämmbeton.

Genormte Leichtbetone mit einer Rohddichte von  $800 \text{ kg/m}^3$  bis  $2000 \text{ kg/m}^3$  sind im Zement-Merkblatt B 13 Leichtbeton [3] beschrieben. Die Geschichte des Leichtbetons ist so alt wie der Betonbau selbst. Schon die römischen Baumeister im 1. Jahrhundert verwendeten leichte Gesteinskörnungen, um die Rohddichte des *Opus Caementitium*, dem Vorläufer des heutigen Betons, für den Bau des Pantheons zu verringern. Bis in die 1960er Jahre wurde Leichtbeton vor allem eingesetzt, um das Gewicht von Bauteilen zu reduzieren.

Mit steigenden Anforderungen an den Energieverbrauch von Gebäuden gewann die im Vergleich zu Normalbeton niedrigere Wärmeleitfähigkeit von Leichtbeton an Bedeutung. Um die heute für Außenwände beheizter Gebäude geforderten Wärmedämmwerte ohne zusätzliche Wärmedämmung erreichen zu können, musste die Rohddichte des Leichtbetons und damit die Wärmeleitfähigkeit weiter verringert werden. Dies führte zur Entwicklung des Infraleichtbetons.

## ■ 1 Materialeigenschaften

Die wesentliche Eigenschaft von Infraleichtbeton ist die für Beton sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit. Mit Infraleichtbeton kann die tragende und wärmedämmende Gebäudehülle mit nur einem Material, monolithisch realisiert werden. Zusätzliche Putz- und Wärmedämmschichten können entfallen (Bild 1).

Die niedrige Wärmeleitfähigkeit wird durch Verwendung sehr leichter Gesteinskörnungen und den Eintrag von Luftporen in die Mörtelmatrix erreicht. Je geringer die Rohddichte des Infraleichtbetons ist, umso besser sind die Wärmedämmeigenschaften. Dabei verhalten sich Rohddichte und Wärmeleitfähigkeit annähernd proportional, d. h. die Verringerung der Rohddichte um 25 % führt zu einer ebenso großen Verringerung der Wärmeleitfähigkeit (Tafel 1).

Die Absenkung der Rohddichte führt auf der anderen Seite zu einer Reduktion der Betondruckfestigkeit und des E-Moduls. Die Herstellung von Infraleichtbeton mit einer Rohddichte  $< 600 \text{ kg/m}^3$  ist möglich [4, 5]. Die Druckfestigkeit des Betons liegt dann in der Größenordnung von 5 MPa.

Durch das sehr poröse Gefüge des Infraleichtbetons ist der Carbonatisierungswiderstand gering, wodurch die Bewehrung durch die Betondeckung allein nicht ausreichend



Bild: Informationszentrum Beton/Guido Erbring

Bild 1: Einfamilienhaus „Haus an der Klinge“ aus Infraleichtbeton in Würzburg

**Tafel 1: Materialeigenschaften von Infraleichtbeton (Größenordnung) [4]<sup>1)</sup>**

Rohdichte $\rho_{tr}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	ILC600 551 ... 600	ILC650 601 ... 650	ILC700 651 ... 700	ILC750 701 ... 750	ILC800 751 ... 800
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10,tr}$ [W/m·K]	0,141	0,153	0,166	0,178	0,193
mittlere erreichbare Druckfestigkeit [MPa]	5	7	9	11	13
Elastizitätsmodul [MPa]	2300	2700	3100	3500	3900

<sup>1)</sup> Die Eigenschaften von Infraleichtbeton sind im Rahmen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bzw. Zustimmung im Einzelfall zu ermitteln. Die aufgezeigten Kennwerte dienen einer ersten Orientierung. Je nach Ausgangsstoffen sind abweichende Werte möglich.

gegen Korrosion geschützt ist. Daher wird nicht korrodierende oder korrosionsgeschützte Bewehrung verwendet. Infrage kommen z. B. verzinkte Bewehrung, Edelstahl-, Carbon- oder Glasfaserstabbewehrung.

Infraleichtbeton ist nicht brennbar und kann gemäß den Festlegungen von [6] als nicht brennbar, Baustoffklasse A1, eingestuft werden (Gehalt an organischen Bestandteilen  $\leq 1$  M.-% bzw.  $\leq 1$  Vol.-%).

**■ 2 Zusammensetzung**

Für den Infraleichtbeton werden Gesteinskörnungen für Beton mit einer Kornrohichte  $< 600$  kg/m<sup>3</sup> verwendet. In der Regel kommen Blähton oder Blähglas zum Einsatz, ggf. sind im Einzelfall weitere leichte Gesteinskörnungen möglich.

Aufgrund der Zusammensetzung kann der Infraleichtbeton zur Entmischung neigen. Beim Infraleichtbeton muss durch die Optimierung von Sieblinie, Leimgehalt und Viskosität dies verhindert werden. Weiterhin ist bei der Abstimmung der Zusammensetzung die Wasseraufnahme der leichten Gesteinskörnung zu berücksichtigen.

Das Tragverhalten von Infraleichtbeton unterscheidet sich vom Normalbeton. Je nach Zusammensetzung, kann der Lastabtrag sowohl über die Zementsteinmatrix als auch über die leichte Gesteinskörnung erfolgen.

**■ 3 Regelwerk**

Infraleichtbeton besitzt eine Trockenrohichte von  $< 800$  kg/m<sup>3</sup>. Die Normen für Bemessung und Zusammensetzung von Beton und Stahlbeton [1, 2] gelten für Betone ab einer Trockenrohichte von 800 kg/m<sup>3</sup>. Bemessung, Herstellung und Verwendung von Infraleichtbeton sind damit normativ nicht geregelt (Bild 3).

Bei sicherheitsrelevanten Bauprodukten und Bauteilen, die nicht geregelt sind oder wesentlich von technischen Regeln abweichen, werden Herstellung und Verwendung in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ)/allgemeinen Bauartgenehmigungen (aBG) oder Zustimmungen im Einzelfall (ZiE)/vorhabenbezogenen Bauartgenehmigungen (vBG) geregelt. Diese sind beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) bzw. bei den obersten Landesbaubehörden zu beantragen. Produkteigenschaften müssen nachgewiesen werden. Die Bemessung und Konstruktion des Infraleichtbetons kann über zwei Ansätze erfolgen, entweder nach DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) [1] oder DIN EN 1520 [13]. In [4, 14] werden die Entwurfsgrundsätze für Infraleichtbeton aus den Bemessungsansätzen der DIN EN 1992 abgeleitet und über die Grenzen der DIN EN 1992 hinaus weitergeführt. [7] geht in einem zweiten Ansatz von den Bemessungsansätzen für haufwerksporige Betonfertigteile in DIN EN 1520 in Verbindung mit DIN 4213 aus.

In nicht tragender oder aussteifender Funktion, z. B. als Verfüllmaterial, kann Infraleichtbeton ohne allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen oder Zustimmungen im Einzelfall verwendet wer-



Bild: Informationszentrum Beton, A. Richter

Bild 2: Beispiele für leichte Gesteinskörnungen; Blähglas (links) und Blähton (rechts)

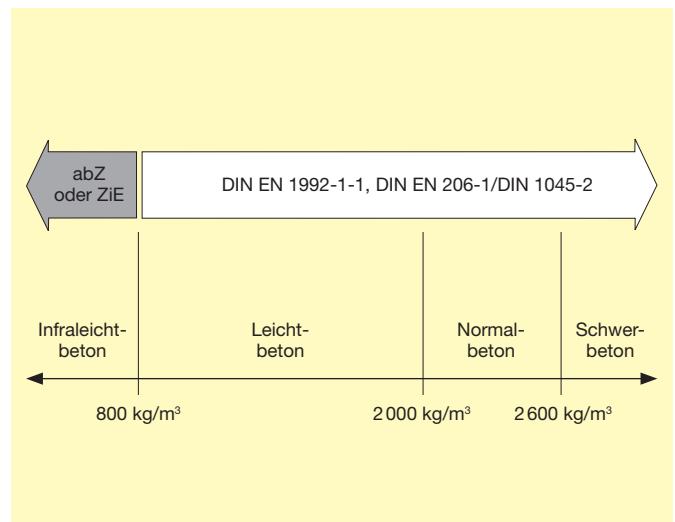


Bild 3: Unterscheidung von Beton nach der Rohdichte; genormter und nicht genormter Bereich der Rohdichte für Beton und Stahlbeton

den. Hier liegt es im Ermessen der Bauherrschaft und Planer, technische Nachweise zu fordern.

#### ■ 4 Planen mit Infraleichtbeton

Das wichtigste Argument für die Verwendung von Infraleichtbeton ist seine geringe Wärmeleitfähigkeit. Diese ermöglicht es, Außenwände monolithisch aus Beton herzustellen. Die wärmeschutztechnischen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) an die Gebäudehülle können mit Infraleichtbeton mit moderaten Wandstärken erfüllt werden (Tafel 2). Je nach geforderter Druckfestigkeit beträgt die Wärmeleitfähigkeit ca. zwischen 0,14 W/(m·K) und 0,20 W/(m·K), womit der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) für Wohngebäude von 0,28 W/(m²·K) mit Wandstärken zwischen 55 cm bis 65 cm erreicht wird [8].

Der Lambdawert von Dämmstoffen wird üblicherweise an getrockneten Proben bei 10 °C bestimmt ( $\lambda_{10, tr}$ ). Unter Nutzungsbedingungen stellt sich im Bauteil eine bauübliche Materialfeuchte ein, durch die sich die Wärmeleitfähigkeit im Vergleich zur getrockneten Probe erhöht. Gemäß DIN EN ISO 10456 ist daher für die Planung ein erhöhter Lambdawert ( $\lambda_{Bem}$ ) zu verwenden. Alternativ dazu kann der Lambdawert von Infraleichtbeton bei 23 °C und einer sich bei 80 % Luftfeuchte einstellenden Materialfeuchte gemessen werden. Dieser Messwert ( $\lambda_{23/80}$ ) kann direkt zur Bemessung herangezogen werden.

Aufgrund des Zusammenhangs zwischen Rohdichte (Wärmeleitfähigkeit) und Druckfestigkeit eignet sich Infraleichtbeton vor allem für mäßig auf Druck beanspruchte Wände. Normalbeton und Infraleichtbeton sind unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Materialeigenschaften gut kombinierbar. Geschossdecken aus Normalbeton können in Wände aus Infraleichtbeton eingebunden werden.

Dabei ist bei der Ausschreibung darauf zu achten, dass immer die zwei wichtigsten Parameter des Infraleichtbetons angegeben werden – die Druckfestigkeit zusammen mit der jeweiligen Rohdichte! Denn nur beide Kennwerte in Kombination definieren den Infraleichtbeton eindeutig.



Bild: Informationszentrum Beton, A. Richter

Bild 4: Beispiel für eine typische Oberflächenstruktur eines Infraleichtbetons

Beispielhaft kann z. B. ausgeschrieben werden: Infraleichtbeton mit einer mittleren Trockenrohddichte von 750 kg/m³ und einer charakteristischen Druckfestigkeit von 9 MPa.

Infraleichtbeton empfiehlt sich besonders für die Sichtbetonarchitektur. Durch die monolithische Bauweise lassen sich Außenwände, bei denen Beton sowohl innen als auch in der Fassade sichtbar bleiben soll, in einem Arbeitsgang herstellen. Zu beachten ist allerdings, dass sich Infraleichtbeton in Optik und Haptik vom üblichen Sichtbeton unterscheidet. Die Oberfläche von Infraleichtbeton ist in der Regel poren- und strukturreicher und hat dadurch ein lebendigeres Erscheinungsbild (Bild 4).

Zur Begrenzung der Wasseraufnahme wird eine Hydrophobierung der Außenfläche empfohlen, ggf. in Kombination mit einem Dachüberstand als zusätzlichem Schutz vor Schlagregenbeanspruchung. Der monolithische Wandbaustoff spielt seine Vorteile im einschichtigen Wandaufbau aus. Mit dem Wandaufbau erreicht man eine Entschärfung teilweise schwieriger Details. Infraleichtbeton ermöglicht somit einen Verzicht auf zusätzliche Wärmedämm- und Putzschichten [9].

Tafel 2: Wärmetechnische Eigenschaften von Infraleichtbeton [4] <sup>1)</sup>

Rohdichte $\rho_r$ [kg/m³]	ILC600	ILC650	ILC700	ILC750	ILC800
	551 ... 600	601 ... 650	651 ... 700	701 ... 750	751 ... 800
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10, tr}$ [W/m·K]	0,141	0,153	0,166	0,178	0,193
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{Bem}$ [W/m·K]	0,160	0,174	0,189	0,202	0,219
Wanddicke	Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert [W/m²·K]				
50 cm	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41
55 cm	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37
60 cm	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
65 cm	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32

<sup>1)</sup> Die Eigenschaften von Infraleichtbeton und Bauteilen aus Infraleichtbeton sind im Rahmen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung/allgemeinen Bauartgenehmigung bzw. Zustimmung im Einzelfall/vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung zu ermitteln. Die aufgezeigten Kennwerte dienen einer ersten Orientierung. Je nach Ausgangsstoffen sind abweichende Werte möglich.

Im Allgemeinen wird Infraleichtbeton als Transportbeton auf die Baustelle geliefert. Wenn es die Platzverhältnisse auf der Baustelle zulassen, kann die Herstellung alternativ mit mobilen Mischanlagen direkt auf der Baustelle erfolgen. Die Verfügbarkeit des Infraleichtbetons aus stationären oder mobilen Mischanlagen sollte frühzeitig geklärt werden.

## ■ 5 Ausführung

Eingebracht wird der Beton mit Schurre oder dem Krankübel. Dabei ist die Fallhöhe des Betons auf  $\leq 1$  m zu begrenzen. Ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen wird eine Verarbeitungslufttemperatur von  $+5$  °C bis  $+25$  °C empfohlen.

Das Pumpen von Infraleichtbeton ist schwierig zu realisieren [18]. Der beim Pumpen auftretende Druck kann das Wasser bzw. den Zementleim in das Gefüge der leichten Gesteinskörnung pressen und verändert somit die Konsistenz und die Verarbeitbarkeit des Infraleichtbetons.

Durch die geringe Rohdichte ist der auf die Schalung wirkende Betondruck deutlich geringer als bei Normalbeton.

Die Konsistenz von Infraleichtbeton wird in der Regel sehr weich bis fließfähig eingestellt, so dass er gut zu verdichten ist. Es ist gewissenhaft darauf zu achten, dass die Schalung dicht ist, um ein Auslaufen von Zementleim beim Einbringen und Verdichten des Betons zu verhindern. Angemessene Verdichtungsarten sind bei sehr weichen Betonen leichtes Rütteln oder Stochern. Bei zu starkem Verdichten kann es zur Entmischung und zur unerwünschten Erhöhung der Rohdichte kommen.

Durch die niedrige Wärmeleitfähigkeit des Infraleichtbetons fließt die bei der Zementhydratation freiwerdende Wärme langsam ab. Die Betonoberfläche muss daher besonders gut vor zu schneller Abkühlung oder Überhitzung geschützt werden. Andernfalls können Temperaturdifferenzen zwischen Bauteilkern und -oberfläche zu Spannungsrisen führen.

Unabhängig von der Festigkeitsentwicklung des Betons und der Umgebungstemperatur sind längere Nachbehandlungsdauern als in DIN EN 13670/DIN 1045-3 [10] angegeben zu empfeh-

len. Gute Erfahrungen gibt es beim Ausschalen nach vier bis sechs Tagen [4].

Das Belassen in der Schalung stellt grundsätzlich eine gute Nachbehandlungsart dar. Allerdings kann sich dies nachteilig auf die Farbtongleichmäßigkeit bei Sichtbetonoberflächen auswirken und sollte bei der Herstellung der Sichtbetonprobefläche mit geprüft werden.

## ■ 6 Nachhaltigkeit und Ökobilanz

Die Nachhaltigkeit von Infraleichtbeton ergibt sich aus der Möglichkeit, monolithische Wände ohne zusätzliche Wärmedämm- und Putzschichten herzustellen. Neben der Wärmedämmung übernimmt der Infraleichtbeton wärmespeichernde Funktionen, z. B. beim sommerlichen Wärmeschutz.

Die Ökobilanz eines Betons wird im Wesentlichen durch die Art und Menge des verwendeten Zements bestimmt. Zur Verringerung der Umweltwirkungen ist es sinnvoll, klinkereffiziente Zementen (z. B. CEM II- bzw. CEM III-Zementen bei vergleichbarer technischer Leistungsfähigkeit und regionaler Verfügbarkeit) einzusetzen. Beim Zementgehalt unterscheidet sich Infraleichtbeton nicht wesentlich von Normalbeton. Allerdings tragen die im Infraleichtbeton eingesetzten Gesteinskörnungen Blähglas und Blähton, die in einem thermischen Prozess hergestellt werden, deutlich zum Ergebnis der Ökobilanz bei.

Derzeit existieren für Infraleichtbetone noch keine Umwelt-Produktdeklarationen (EPD) beim Institut für Bauen und Umwelt [11] oder Ökobilanzdatensätze in der Ökobaudat [12]. Jedoch enthält die Ökobaudat Datensätze für die gängigsten Ausgangsstoffe von Infraleichtbeton. Ist die Zusammensetzung bekannt, lassen sich die Umweltwirkungen für die Herstellung von Infraleichtbeton abschätzen (Tafel 3).

Die Recarbonatisierung während der Nutzungsphase (Modul B) – darunter ist die Wiederaufnahme bei der Zementherstellung freigesetzten  $\text{CO}_2$  durch Absorption von  $\text{CO}_2$  aus der Luft durch den Zementstein zu verstehen – trägt zur Verringerung des Global Warming Potentials (GWP) des Infraleichtbetons bei.

**Tafel 3: Anhaltswerte für Treibhausgasemission und Primärenergieverbrauch für die Herstellung (Modul A1-A3) von Zement, verschiedenen Gesteinskörnungen und Infraleichtbeton**

		Zement	Gesteinskörnung	
			Blähton	Blähglas
<b>je 1 t Material [14]</b>				
Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg $\text{CO}_2$ -Äq./t	553 <sup>3)</sup>	332	275
Primärenergieinhalt (PEI) <sup>1)</sup>	MJ/t	2 400	5 800	6 360
<b>je 1 m<sup>3</sup> Infraleichtbeton<sup>2)</sup></b>				
Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	kg $\text{CO}_2$ -Äq./m <sup>3</sup>	180	115	75
Primärenergieinhalt (PEI) <sup>1)</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	750	2 030	1 735

<sup>1)</sup> Summe aus „Total erneuerbare Primärenergie“ (PERT) und „Total nicht erneuerbare Primärenergie“ (PENRT)

<sup>2)</sup> Näherungswerte für typische Volumenanteile von Zement und Gesteinskörnung in Infraleichtbetonen

<sup>3)</sup> GWP bei Nutzung eines durchschnittlichen Zements in Deutschland. Durch den Einsatz klinkereffizienter Zemente (z. B. CEM II- oder CEM III-Zemente) können die Umweltwirkungen deutlich vermindert werden.



Bild 5: Blick in eine renaturierte Lias-Grube (Liapor GmbH & Co. KG)

Blähton und Blähglas sind ungiftig und schadstofffrei und sind nach der DIN EN 13055-1 [15] genormte Leichtbaustoffe und mit dem Blauen Engel ausgezeichnet. Lagerstätten von Ton werden nach Nutzungsende renaturiert und der Bevölkerung für Naherholung zurückgegeben (Bild 5) oder stehen dem Naturschutz zur Verfügung [16]. Des Weiteren besteht Blähglas aus 100 % recyceltem Glas.

## ■ 7 Recycling

Monolithischer Infraleichtbeton lässt sich sortenrein zurückbauen. Je weniger Fremdbestandteile das Rückbaumaterial enthält, desto einfacher ist der Recyclingprozess bzw. desto hochwertiger sind die Produkte, die daraus hergestellt werden können. Zu vermeidende Störstoffe sind z. B. sulfathaltige Produkte wie Gips.

## ■ 8 Literatur

- [1] DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1 NA: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- [2] DIN EN 206-1 und DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [3] Zement-Merkblatt B 13 Leichtbeton. Hrsg.: Verein Deutscher Zementwerke e. V. (VDZ), Düsseldorf
- [4] Lösch, C.; Rieseberg, P.: Infraleichtbeton. Entwurf | Konstruktion | Bau. Hrsg.: Schlaich, M., Leibinger, R., Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2018
- [5] Callsen, B.; Thienel, K.-Chr.: Besondere Aspekte bei der Entwicklung und Ausführung eines hochwärmedämmenden Hochleistungs-Leichtbetons mit sehr niedriger Betonrohddichte. In: beton 4/2017, S.128 f.
- [6] Entscheidung 96/603/EG der Kommission vom 4.10.1996 zur Festlegung eines Verzeichnisses von Produkten, die in die Kategorie A „Kein Beitrag zum Brand“ einzustufen sind. Fassung vom 12.6.2003
- [7] Thienel, K.-Chr.; Haller, T.; Beuntner, N.: Lightweight Concrete – From Basics to Innovations. In: Materials 2020, 13(5), 1120

- [8] Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze (GEG). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 37 vom 13. 8. 2020 geändert durch Artikel 18a des Gesetzes vom 20.07.2022. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022, Teil 1, S. 1237
- [9] Nagler, F.: Endbericht für das Forschungsvorhaben „Einfach Bauen“, Technische Universität München, Lehrstuhl für Entwerfen und Konstruieren, 2018
- [10] DIN EN 13670: Ausführung von Tragwerken aus Beton; in Verbindung mit DIN 1045-3: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670
- [11] Institut Bauen und Umwelt e.V.; <https://ibu-epd.com/>
- [12] Ökobaudat; Deutsches Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), <https://www.oekobaudat.de/>
- [13] DIN EN 1520: Vorgefertigte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung
- [14] Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D.: Beton-Kalender 2021, Schwerpunkte: Fertigteile; Integrale Bauwerke – Teil 2, Kapitel X Infraleichtbeton (ILC), Schlaich, M.; Hückler, A.; Lösch, C., Verlag Ernst & Sohn, 2020, S. 907 ff.
- [15] DIN EN 13055-1:2002-08: Leichte Gesteinskörnungen – Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel; Deutsche Fassung EN 13055-1:2002
- [16] Nachhaltigkeitsbericht 2015, Bundesverband Leichtbeton e.V.
- [17] DIN 4213: Anwendung von vorgefertigten Bauteilen aus haufwerksporigem Leichtbeton mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung in Bauwerken
- [18] Haller, T.; Beuntner, N.; Gutsch, H.; Thienel, K.-C.: Challenges on pumping infra-lightweight concrete based on highly porous aggregates. Journal of Building Engineering 65 (2023), 105761

## ■ 9 Weiterführende Informationen

In der Beton-web.akademie kann kostenfrei ein Video-Podcast zum Thema „Infraleichtbeton – monolithisch und energieeffizient bauen“ abgerufen werden:



Der Planungsatlas Hochbau des Informations-Zentrums Beton enthält u. a. konstruktiv und bauphysikalisch optimierte Details von Bauteilen aus Infraleichtbeton und ermöglicht die Berechnung und Minimierung von Wärmebrücken (Eingabe des Begriffs Infraleichtbeton in die Suchfunktion):



## Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

### Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf

[www.beton.org](http://www.beton.org)

### Kontakt und Beratung vor Ort

**Büro Berlin**, Kochstraße 6–7, 10969 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, [berlin@beton.org](mailto:berlin@beton.org)

**Büro Hannover**, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, [hannover@beton.org](mailto:hannover@beton.org)

**Büro Beckum**, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, [beckum@beton.org](mailto:beckum@beton.org)

**Büro Ostfildern**, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, [ostfildern@beton.org](mailto:ostfildern@beton.org)

### Verfasser

Dipl.-Ing. (FH) Albrecht Richter, Dr.-Ing. Thomas Richter, InformationsZentrum Beton GmbH