

Hauptcharakteristik des Leichtbetons ist sein im Vergleich zum Normalbeton geringeres Gewicht infolge von meist porigen Leichtzuschlägen sowie Lufteinschlüssen und dadurch bedingt eine reduzierte Wärmeleitfähigkeit. Die Geschichte des Leichtbetons beginnt schon vor etwa 2000 Jahren, als die römischen Baumeister die Kuppel des Pantheons (Bild 1) in Rom in Opus Caementitium ausführten. Dabei setzten sie römischen Beton mit nach oben abnehmender Rohdichte von 1 750 bis 1 350 kg/m³ ein [1].

Unterschiedliche Leichtbetonarten

Verglichen mit einem gefügedichten (Normal-)Beton aus dichten Gesteinskörnungen und dichtem Zementstein gibt es mehrere Lösungen für Leichtbeton (s. Bild 2):

- Gefügedichter Leichtbeton mit Kornporosität
- Porenleichtbeton
- Haufwerksporiger Leichtbeton mit dichter oder poröser Gesteinskörnung
- Porenbeton

■ 1 Gefügedichter Leichtbeton mit Kornporosität (auch Konstruktionsleichtbeton)

Rohdichte

Dieser Leichtbeton ist in DIN EN 1992-1-1 und NA [2] und DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 [3] geregelt; seine Mischungszusammensetzung entspricht der von Normalbeton, jedoch werden leichte Gesteinskörnungen mit geringer Rohdichte verwendet. Die Hohlräume zwischen ihnen werden, wie bei Normalbeton, mit Zementleim vollständig gefüllt. Je nach Auswahl der Gesteinskörnung liegt die Trockenrohichte dieses Leichtbetons zwischen 800 und 2000 kg/m³, also in einem breiten Band. Das macht die Festlegung von Rohdichteklassen erforderlich, die u. a. für die Berechnung des Eigengewichts von Bedeutung sind (Tafel 1).

Leichte Gesteinskörnungen

Gefügedichter Leichtbeton ist aufgrund der erreichbaren Festigkeit und Dauerhaftigkeit für Stahl- und Spannbetonbauwerke aller Expositionsclassen (außer bei XM) bis hin zu Brücken und Off-Shore-Bauwerken geeignet. Für die ver-

schiedenen Anwendungen werden unterschiedliche leichte Gesteinskörnungen eingesetzt, die in DIN EN 13055 geregelt sind. Zur Anwendung kommen üblicherweise Blähton, Blähglas und Blähschiefer sowie Naturbims.

Blähton und Blähschiefer

Die Rohstoffe dafür werden aus natürlichen Vorkommen gewonnen und in Drehrohröfen gesintert. Dabei verbrennen feinstverteilte organische Partikel bei ca. 1200 °C und blähen die Körnchen auf die mehrfache Größe auf. Die Besonderheit des Brennprozesses führt zur Bildung einer Sinterhaut, die dem Korn eine hohe Festigkeit gibt, wie sie für den späteren gefügedichten Leichtbeton gebraucht wird. Das hat zur Folge, dass Betone mit hohen Festigkeiten eine höhere Rohdichte haben als solche mit geringerer Festigkeit. Blähton und Blähschiefer werden in der Regel bis 16 mm Größtkorn hergestellt.

Die Sinterhaut hat eine weitere Eigenschaft, die für einen gefügedichten Beton wichtig ist. Verglichen mit offenporiger leichter Gesteinskörnung vermindert sie das Saugen von Wasser und Zementleim. Trotzdem darf dieser Effekt beim Lagern der Gesteinskörnung, bei der Erstprüfung des Leichtbetons sowie beim Pumpen des Leichtbetons nicht vernachlässigt werden.

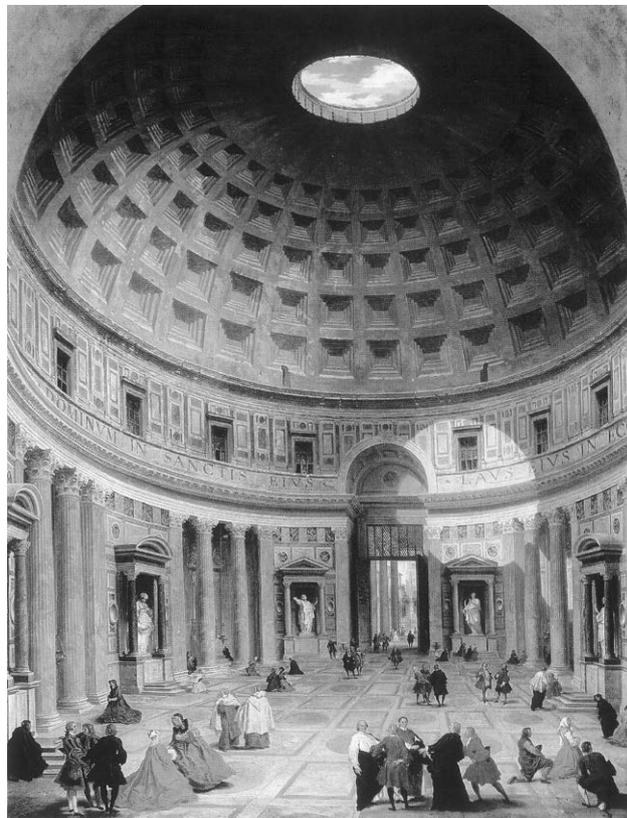


Bild 1: Leichtbeton in der Antike
Das Pantheon in Rom wurde aus Opus Caementitium mit leichter Gesteinskörnung hergestellt.

Tafel 1: Rohdichteklassen

Rohdichte- klasse	Rohdichtebereich	charakteristischer Wert zur Lastermittlung	
		unbewehrt	bewehrt
[kg/m ³]			
D1,0	≥ 800 und ≤ 1000	1050	1150
D1,2	> 1 000 und ≤ 1200	1250	1350
D1,4	> 1 200 und ≤ 1400	1450	1550
D1,6	> 1 400 und ≤ 1600	1650	1750
D1,8	> 1 600 und ≤ 1800	1850	1950
D2,0	> 1 800 und ≤ 2000	2050	2150

Blähglas

Blähglas wird durch Aufschäumen von geschmolzenem Altglas erzeugt. Das Altglas wird nach Farbe sortiert, gebrochen, fein gemahlen und gemischt. Im Blähofen wird das Rohgranulat bei 750 bis 900 °C gesintert und aufgeschäumt. Blähglas hat hervorragende Wärmedämmwerte ($\lambda = 0,07 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$).

Naturbims

Der *Naturbims* des Neuwieder Beckens ist vor ca. 12 900 Jahren bei einem riesigen Vulkanausbruch entstanden. Er ist ein natürliches poriges Granulat. Das einzelne Naturbimskorn besteht bis zu 85 % aus Luft in Form fein verteilter Poren und hat deshalb ein geringes Gewicht. Naturbims wird im Allgemeinen unmittelbar unter der Mutterbodenschicht gewonnen und umweltschonend abgebaut. Diese Stellen können rekultiviert werden. Da der Blähprozess von der Natur im Zuge des Vulkanausbruchs verursacht worden ist, ist der Energiebedarf zur Produktion von Leichtbeton-Baustoffen aus Naturbims gering.

Festigkeit

Je nach Gesteinskörnungsart und Zementleim- bzw. Zementsteinqualität kann dieser Leichtbeton Festigkeiten erreichen, wie sie vom Normalbeton bekannt sind (Tafel 2). Das Tragverhalten des Zweistoff-Systems Gesteinskörnung/Zementstein wird beim gefügedichten Leichtbeton jedoch anders erklärt als beim gefügedichten Normalbeton. Das ist eine Folge der geringeren Festigkeit bzw. des niedrigeren Elastizitätsmoduls der leichten Gesteinskörnungen. Während beim Normalbeton die Festigkeit und der Elastizitätsmodul der Gesteinskörnung weit über den entsprechenden Werten des Zementsteins liegen, sind beim gefügedichten Leichtbeton diese Werte enger beieinander; u.U. ist der Zementstein sogar der festere Partner. Mit zunehmender Belastung tragen die leichten Gesteinskörnungen zunächst mit; schließlich wirken sie für die Zementsteinlamellen nur noch aussteifend – das gilt vor allem für die leichten und großen Körner. An den Zementstein werden daher höhere Anforderungen gestellt als bei einem gleichfesten Normalbeton.

Als Folge dieser Eigenschaften der Gesteinskörnung gilt das Wasserzementwert-Gesetz beim gefügedichten Leichtbeton nur mit Einschränkungen; Erstprüfungen sind Voraussetzung einer Mischungsberechnung. Hier gilt also die Regel: Ein leicht-

ter, gefügedichter Leichtbeton kann nur geringe Festigkeiten erreichen; für hohe Druckfestigkeiten benötigt man leichte Gesteinskörnungen mit hohen Kornrohdichten.

Die Umrechnungsfaktoren Trocken-/Nasslagerung müssen im Einzelfall ermittelt werden. In den Erläuterungen [4] wird zur Prüfung von Leichtbeton die Lagerung in der Klimakammer empfohlen. Alle leichten Gesteinskörnungen sind beständig gegen Säuren, Laugen und organische Lösungsmittel sowie Frost.

Wärmeleitfähigkeit

Die Norm-Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit liegen im Bereich oberhalb von $0,44 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (für die niedrigste Rohdichteklasse, Tafel 3). Je nach Anbieter sind am Markt jedoch bessere Werte erzielbar, siehe hierzu auch Infra-Leichtbeton.

Mischungsberechnung

Bei der erstmaligen Verwendung einer leichten Gesteinskörnung ist dessen Mitwirkung an der Festigkeit des daraus hergestellten Leichtbetons zunächst nicht bekannt. Die Kornfestigkeit ist vom jeweiligen Hersteller der leichten Gesteinskörnung nach DIN EN 13055-1 anzugeben. Wegen des Wasserausverhaltens dieser Gesteinskörnung gilt das Wasserzementwert-Gesetz nicht in der bekannten Form. Es sind deshalb Eignungsversuche erforderlich. Zur Festlegung der zu erreichenden Trockenrohdichte und der dazu benötigten Druckfestigkeit (inkl. Zementfestigkeitsklasse) ist es zweckmäßig, auf Richtwerte des Herstellers der leichten Gesteinskörnung zurückzugreifen. Die Mindest-Zementmenge und der Wasserzementwert hängen von den zu wählenden Expositionsklassen ab. Die Sieblinie entspricht der von Normalbeton. Die Korngruppen sind wegen ihrer unterschiedlichen Rohdichte nach Volumen zu dosieren. Bei hohen Festigkeitsklassen kann es sinnvoll sein, Natursand einzusetzen. Dadurch steigt allerdings die Rohdichte.

Leichte trockene Gesteinskörnungen saugen Wasser auf. Das kann zum Ansteifen des Leichtbetons um bis zu einer ganzen Konsistenzklasse und mehr führen. Deshalb ist es wichtig, vor dem Mischen festzustellen, ob die Gesteinskörnung feucht oder trocken vorliegt. Gegebenenfalls ist bei der Wasserdosierung ein Vorhaltemaß für Saugwasser zu berücksichtigen. Die Wassermenge gibt der Hersteller der leichten Gesteinskörnung

Tafel 2: Druckfestigkeitsklassen für Leichtbeton

Druckfestigkeitsklasse	$f_{ck,cyl}^{1)}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}^{2)}$ [N/mm ²]	Betonart
LC8/9	8	9	Leichtbeton
LC12/13	12	13	
LC16/18	16	18	
LC20/22	20	22	
LC25/28	25	28	
LC30/33	30	33	
LC35/38	35	38	
LC40/44	40	44	
LC45/50	45	50	
LC50/55	50	55	
LC55/60	55	60	Hochfester Leichtbeton
LC60/66	60	66	
LC70/77 ³⁾	70	77	
LC80/88 ³⁾	80	88	

¹⁾ $f_{ck,cyl}$: charakteristische Festigkeit von Zylindern, Durchmesser 150 mm, Länge 300 mm, Alter 28 Tage

²⁾ $f_{ck,cube}$: charakteristische Festigkeit von Würfeln, Kantenlänge 150 mm, Alter 28 Tage

³⁾ Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall erforderlich

Tafel 3: Wärmeleitfähigkeit (Bemessungswerte nach DIN 4108-4)

Rohdichteklasse	Rohdichtebereich [kg/m ³]	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_R^{1)}$ [W/(m·K)]
D1,0	≤ 900	0,44
	≤ 1 000	0,49
D1,2	≤ 1 100	0,55
	≤ 1 200	0,62
D1,4	≤ 1 300	0,70
	≤ 1 400	0,79
D1,6	≤ 1 500	0,89
	≤ 1 600	1,0
D1,8	≤ 1 800	1,15
D2,0	≤ 2 000	1,35

¹⁾ Werte gelten nur für Gesteinskörnungen mit porigem Gefüge ohne Quarzsandzusatz.

i.d.R. mit dem w_{60} -Wert an. Dieser entspricht der Wassermenge, die die trockene Gesteinskörnung in 60 Minuten aufsaugt. Die Konsistenz des Leichtbetons bei Brückenkappen ist plastisch einzustellen (F2). Im Hochbau ist ein weicherer Leichtbeton (F3 und höher) die Regel. Wenn der Rohdichteunterschied zwischen leichter Gesteinskörnung und Mörtelmatrix zu groß wird, neigt dieser Beton zum Entmischen. Dies passiert i.d.R. nur, wenn man leichte Gesteinskörnung mit sehr niedriger Kornrohichte und Natursand verwendet oder sehr leichte Leichtbetone herstellt, wie etwa den Infra-Leichtbeton. Falls ein Leichtbeton zur Entmischung neigt, ist das mit Betonzusatzmitteln sehr gut in den Griff zu bekommen.

Leichtbeton kann auch als selbstverdichtender Leichtbeton (SVLB) ausgeführt werden [5].

Dauerhaftigkeit

Durch die Wahl der Expositionsclassen werden die für die Dauerhaftigkeit maßgebenden Faktoren wie w/z-Wert, Mindestzementgehalt und andere vorgegeben.

Anders als bei Normalbeton sind den Expositionsclassen bei Leichtbeton keine Mindestdruckfestigkeitsclassen zugeordnet, da sie nicht direkt mit dem w/z-Wert des Leichtbetons korrelieren.

Verglichen mit Normalbeton zeichnet sich Leichtbeton durch einen besseren Verbund zwischen Zementstein und Korn aus. Das beim Mischen, Verarbeiten und anschließendem Erhärten

von leichten Gesteinskörnern aufgenommene Wasser steht dem Beton über Monate zum Nacherhärten zur Verfügung. Zusätzlich können die C-S-H-Phasen in die porösen leichten Gesteinskörner hineinwachsen und verbessern damit zusätzlich den Verbund zwischen Korn und Zementstein. Durch diese Verbundwirkung wird der Mörtel sehr dicht und erreicht eine dem Normalbeton gleichwertige Dauerhaftigkeit.

Durch eine sehr gute Nachbehandlung muss ein Feuchtigkeitsgefälle und ein Temperaturgefälle zur Oberfläche verhindert werden.

Verwendung

Das wichtigste Argument für die Verwendung von gefügedichtem Leichtbeton ist seine Rohdichte, also sein Gewicht. Konstruktive Bauteile erlauben, je nach verwendeter Festigkeitsclass, Gewichtersparnisse von 400 bis 1 200 kg/m³ Beton. Das ist sowohl im Hoch- als auch im Brückenbau häufig ein gewichtiges Argument. Der verglichen mit Normalbeton deutlich niedrigere Elastizitätsmodul dieses Leichtbetons macht seinen Einsatz bei Off-Shore-Bauwerken sinnvoll.

Für den Elastizitätsmodul darf der jeweilige Mittelwert der Sekantenmoduln E_{cm} für Leichtbeton abgeschätzt werden, indem die Werte aus Tabelle 3.1 (aus DIN EN 1992-1-1) für normal dichten Beton mit dem Beiwert $\eta_2 = (\rho / 2200)^2$ multipliziert werden. Wobei ρ die ofentrockene Dichte nach DIN EN 206-1, Kapitel 4 angibt. Dies gilt nicht für autoklavierten oder normal nachbehandelten Porenbeton und für Leichtbeton mit einem offenen Gefüge.

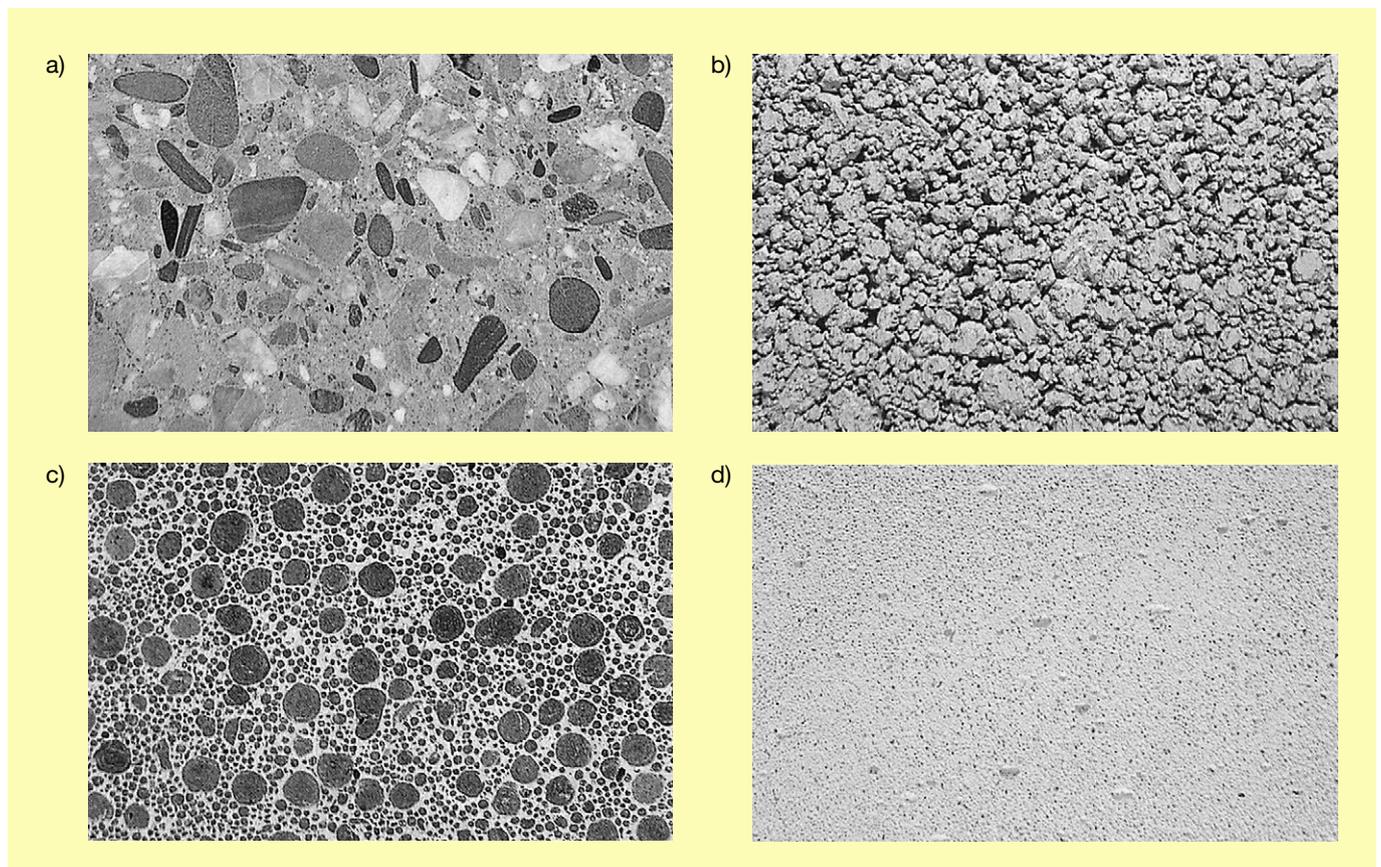


Bild 2: Beton und Leichtbeton

a) Normalbeton mit geschlossenem Gefüge, Kiessand als Gesteinskörnung, b) Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge, Luftporen im Betongefüge und in der leichten Gesteinskörnung, c) Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge, Luftporen in der leichten Gesteinskörnung, d) Porenbeton, Luftporen als Luftporen

Werden genaue Daten benötigt, wenn z.B. die Verformungen maßgebend sind, sollten Versuche zur Festlegung der Werte von E_{cm} nach ISO 6784 durchgeführt werden.

Für Bemessungszwecke, bei denen die Wärmedehnung nicht maßgebend ist, darf die Wärmedehnzahl mit $8 \cdot 10^{-6}/K$ angenommen werden. Der Unterschied der Wärmedehnzahl zwischen Stahl und Leichtbeton muss bei der Bemessung nicht berücksichtigt werden.

■ 2 Porenleichtbeton (auch Schaumbeton)

Dieser Beton kann auf der Baustelle hergestellt werden. In einem Schaumgerät wird aus einem Schaumbildner und Wasser Schaum erzeugt, der einem Mörtel oder Beton zugemischt wird. Alternativ können erhöhte Luftgehalte auch im Werk durch höhere Dosierung von LP-Bildnern oder Schaumbildnern während des (verlängerten) Mischprozesses erreicht werden. Je nach Verwendungszweck des Porenleichtbetons werden dichte oder porige Zuschläge eingesetzt.

Porenleichtbeton wird in fließfähiger Konsistenz hergestellt und u. a. für wärmedämmende Bauteile, für leichte Ausgleichsschichten, für Verfüllungen von Hohlräumen aller Art bis hin zu Stollen und Tanks oder für Trag- und Sauberkeitsschichten eingesetzt. Die Rohdichte kann zwischen 400 und 2000 kg/m^3 variiert werden; die dazugehörigen 28-Tage-Festigkeiten steigen von etwa 1 auf etwa 25 N/mm^2 .

Die bauaufsichtlich eingeführten Regelwerke, u. a. DIN EN 206/ DIN 1045-2, erfassen Porenleichtbeton nicht. Er gilt daher für bauaufsichtlich relevante Anwendungen als nicht geregelt. Nicht nur die verwendeten Schaumbildner, sondern auch der Porenleichtbeton selbst oder die Bauteile aus Porenleichtbeton brauchen für eine Verwendung in bauaufsichtlich relevanten Anwendungsbereichen (z. B. tragende Bauteile) eine bauaufsichtliche Zulassung.

Eine Abgrenzung zwischen normativ geregelten, gefügedichten (LP-)Betonen und Porenleichtbetonen kann über den Luftporengehalt erfolgen. Dabei werden in der Literatur aber unterschiedliche Werte genannt. Wegen des deutlich abnehmenden Karbonatisierungswiderstandes bei hohen Luftgehalten sollte bei Porenleichtbeton ein Korrosionsschutz für die Bewehrung vorgesehen werden.

■ 3 Haufwerksporiger Leichtbeton

Bei diesem Leichtbeton wird die Gesteinskörnung so ausgewählt, dass möglichst viel Hohlraum zwischen den Körnern entsteht. Die Zementleimenge ist so zu dosieren, dass die Zuschläge nur umhüllt und punktweise verkittet werden. Es entsteht ein Beton mit Haufwerksporigkeit, auch Einkornbeton genannt.

Haufwerksporiger Leichtbeton mit poriger Gesteinskörnung

Einkornbeton mit poriger Gesteinskörnung wird vor allem wegen seiner guten Wärmedämmfähigkeit eingesetzt. Die üblichen Verwendungsformen sind Fertigteile nach DIN EN 1520 und DIN 4213 und Mauersteine (DIN EN 771-3, DIN 20000-403).

Weitere Anwendungsgebiete sind Wandplatten für leichte Trennwände (DIN 18148 und 18162) und Stahlbetondielen für Dach- und Deckenplatten (DIN EN 1520 und DIN 4213).

Die leichten Gesteinskörnungen müssen DIN EN 13055-1 entsprechen. Es kommen vor allem Blähton, Blähschiefer und Naturbims in Frage. Zumischungen von Gesteinskörnungen mit dichtem Gefüge sind zulässig.

Rohdichte/Wärmeleitfähigkeit

Verfeinerungen bei der Aufbereitung bzw. Herstellung der Gesteinskörnung und Loch- bzw. Kammeranordnung erlauben es inzwischen, Leichtbetonmauersteine mit einer Steinrohichte von 350 kg/m^3 herzustellen. Zusammen mit Dünnbettmörteln und neuentwickelten Leichtmörteln und optimierter Steingestaltung werden damit Wärmeleitfähigkeitszahlen von Holz ($\geq 0,13 W/(m \cdot K)$) erreicht und sogar unterboten, nämlich 0,07 $W/(m \cdot K)$ für bestimmte Produkte mit bauaufsichtlicher Zulassung. Demzufolge ist die Rohdichte sowie die Erzielung bzw. Einhaltung einer angestrebten Rohdichteklasse bei diesem Leichtbeton eine wichtige Kenngröße.

Festigkeit

Die Festigkeit von haufwerksporigem Leichtbeton liegt im Bereich von ca. 2 bis ca. 20 N/mm^2 und ist, wie beim gefügedichten Leichtbeton, abhängig von der Rohdichte und der Kornfestigkeit der verwendeten Gesteinskörnung. Mit Betonfestigkeiten dieser Größe lassen sich tragende Wände im Geschossbau errichten, bei denen die Wärmedämmung und Dauerhaftigkeit im Vordergrund stehen.

Einbruchhemmung mit Mauerwerk aus Leichtbeton

Im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtungsweise werden in der Praxis auch Anforderungen an die Montage und die Beschaffenheit des Befestigungsuntergrunds gestellt. Dies soll gewährleisten, dass das einbruchhemmende Bauelement seine im Prüfstand nachgewiesenen Leistungseigenschaften auch in der praktischen Anwendung erreicht. Im Nationalen Anhang zur DIN EN 1627 sind in Abhängigkeit der jeweiligen Widerstandsklasse geeignete Wandaufbauten benannt und speziell für Massivwände weiterführende Angaben zur Wand-

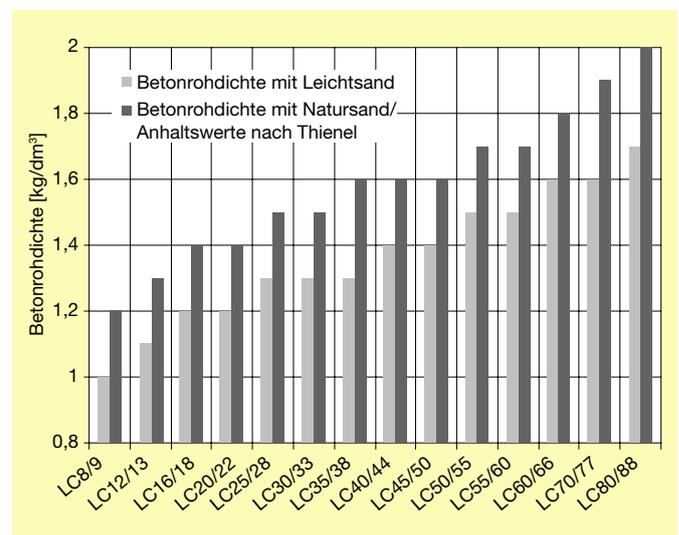


Bild 3: Zusammenhang zwischen Betonrohichte und Betonfestigkeitsklasse nach Thienel [4]

dicke, Druckfestigkeits- und Rohdichteklasse der Steine sowie Vorgaben zur Mörtelgruppe aufgeführt.

Untersuchungen [9] haben ergeben, dass sich monolithisches Mauerwerk aus Leichtbeton- oder Betonsteinen in der Wanddicke ≥ 365 mm (verputzt mit Leichtunterputz Typ I oder Typ II), Druckfestigkeitsklasse der Steine ≥ 2 und Rohdichteklasse der Steine $\geq 0,40$ zur Montage einbruchhemmender Bauelemente bei Einbau im mittleren Drittel der Laibung der Widerstandsklasse RC 2 eignet.

■ 4 Porenbeton

Porenbeton ist die Bezeichnung für werksgefertigten Porenbeton (DIN EN 771-4 und DIN 20000-404).

Dieser Porenbeton hat eine überwiegend geschlossenzellige Struktur mit Poren von 0,5 bis 1,5 mm Größe. Er wird unbewehrt, z.B. für Mauersteine, oder bewehrt, z.B. für Wandtafeln und Deckenplatten, hergestellt. Seine wichtigsten Ausgangsstoffe sind feingemahlener Quarzsand, Branntkalk und/oder Zement, Wasser und ein Porosierungsmittel, z.B. Aluminiumpulver oder -paste. Ist Bewehrung notwendig, besteht diese aus korrosionsgeschützten Betonstahlmatten.

Das Rohstoffgemisch wird in Formen gegossen. Durch Reaktion des Porosierungsmittels mit Kalk und Wasser entsteht Wasserstoff, der Porenbildung bewirkt. Nach dem Ansteifen kann der Rohblock mit Stahldrähten geschnitten werden. Es folgt eine Dampfhärtung von 6 bis 12 Stunden in Autoklaven (Härtekesseln) bei 190 °C und einem Druck von 12 bar. Danach sind die Bauteile einsatzbereit. Sie bieten dem Verwender eine gute Kombination von Rohdichte (250 bis 1 000 kg/m³), Festigkeit (2 bis 8 N/mm²) und Wärmeleitfähigkeit (ab 0,07 W/(m·K)).

■ 5 Planen mit Leichtbeton

Für den Einsatz von Konstruktionsleichtbeton sind im Allgemeinen das geringere Gewicht und auch die geringere Wärmeleitfähigkeit ausschlaggebend.

Die Festlegung der Expositionsklassen erfolgt entsprechend der Vorgehensweise bei Normalbeton. Da die Dauerhaftigkeit von der Zementsteinmatrix abhängig ist, gelten bezüglich Wasserelementwert und Mindestzementgehalt die gleichen Grenzwerte der Betonzusammensetzung wie beim Normalbeton. Allerdings kann bei gefügedichtem Leichtbeton nicht in gleicher Weise von der Druckfestigkeit auf die Dauerhaftigkeit geschlossen werden wie bei Normalbeton.

Bei der Auswahl der Rohdichteklasse ist zu beachten, dass eine geringe Rohdichte auch zu einer geringeren Festigkeit führt. Hohe Festigkeiten können also nur mit den höheren Rohdichten erreicht werden.

Den Zusammenhang zwischen Betonrohddichte und Betonfestigkeitsklasse erläutert Bild 3.

■ 6 Üblicher Betoneinsatz auch mit Leichtbeton

Pumpbeton

Leichtbeton lässt sich grundsätzlich pumpen. Allerdings hängt vom Pumpdruck sowie vom Mörtel- und Feinanteilgehalt das Einsickern von Anmachwasser in die leichte Gesteinskörnung ab. Damit verbunden ist die Veränderung der Konsistenz. Eine feinteilreiche Mischung mit fließfähiger Konsistenz ist hilfreich. Erstprüfungen unter Einbeziehung der Pumpe sind notwendig.

Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (WU-Beton)

Die Wasserundurchlässigkeit des Betons wird durch die Porosität des Zementsteins und damit durch den w/z-Wert bestimmt. Bei gefügedichtem Leichtbeton gelten die gleichen Kriterien wie für Normalbeton; allerdings wird üblicherweise bei Leichtbeton ein geringerer w/z-Wert von etwa 0,50 eingesetzt. (Normalbeton: $w/z \leq 0,55$ bzw. $\leq 0,60$).

Sichtbeton

Die Oberfläche eines Betons wird durch die Zementsteinmatrix bestimmt. Also kann Sichtbeton auch mit gefügedichtem Leichtbeton hergestellt werden. Je geringer allerdings die Rohdichte wird, desto sorgfältiger muss man mit dem Frischbeton umgehen. Eine gute Verdichtung ist eine Grundvoraussetzung für eine gute Sichtbeton-Oberfläche. Die Rüttelabstände müssen beim Leichtbeton verringert werden, da die poröse Gesteinskörnung die Rüttelenergie puffert. Ein Entmischen ist i.d.R. nicht zu erwarten, es sei denn, es liegen sehr leichte Betonrohddichten (< 800 kg/m³) vor, siehe hierzu den Abschnitt Mischungsberechnung. Dann wird die Betonoberfläche nicht ganz so geschlossen aussehen wie bei einem Normalbeton. Etwas anders sieht es bei bearbeiteten Oberflächen aus; dann werden die leichten Gesteinskörner sichtbar.

Somit gelten im Merkblatt Sichtbeton [6] die Angaben zur Porosität der Oberfläche nicht beim Einsatz von Leichtbeton.

■ 7 Ökologie und Recycling

Die deutsche Leichtbeton-Industrie verfügt über eine stark regionale Prägung. Die produzierenden und verarbeitenden Werke sind unweit der Rohstoffflächen angesiedelt, in denen die Primärrohstoffe für Leichtbeton zu finden sind. Dies hält die Transportwege kurz [7]. Die leichten Gesteinskörnungen sind vom Institut für Bauen und Umwelt (IBU) mit entsprechenden Umwelt-Produktdeklarationen (EPD) ausgestattet.

Die leichten Gesteinskörnungen sind ökologische Bauprodukte aus mineralischen Rohstoffen: umweltverträglich und schadstofffrei, leicht und druckfest, nicht brennbar sowie frostbeständig.

Der Leichtbeton ist voll recycelbar und wird teilweise (nach Zerkleinerung und Siebung) der Produktion wieder zugeführt.

Durch umfassende Renaturierungsmaßnahmen wird der Umwelt ein Großteil ihrer natürlichen Schönheit zurückgegeben. Die renaturierten Bereiche bieten Raum für heimische Flora und Fauna und sind der Bevölkerung als Naherholungsgebiet zugänglich.

■ 8 Brandschutz

Dank seiner mineralischen Bestandteile gehört Leichtbeton der Baustoffklasse A1, „nicht brennbar“ an. Der Feuerwiderstand von Bauteilen wird in Deutschland im Wesentlichen nach den Normen DIN EN 1363, DIN EN 1364 und 1365 geprüft und nach DIN EN 13501-2 klassifiziert [8]. Weitere Klassifizierungen findet man in den verschiedenen Teilen der DIN 4102 und Bemessungsansätze im Eurocode.

Die bauaufsichtlichen Anforderungen bezüglich des Brandschutzes sind in den Musterbauordnungen (MBO) bzw. in den Landesbauordnungen definiert und werden durch Verordnungen, Verwaltungsvorschriften und Richtlinien ergänzt.

Leichtbetonbaustoffe sind nichtbrennbar. Übliche Bauteilstärken erfüllen nicht nur nichttragend, sondern meistens auch tragend die Anforderung, feuerbeständig zu sein. Sie erreichen die höchsten Feuerwiderstandsdauern. Detaillierte Regelungen enthält DIN 4102-4.

Die Unempfindlichkeit gegen Löschwasser ermöglicht auch in den meisten Fällen eine Instandsetzung und Weiternutzung des Gebäudes.

Erdbebensicheres Bauen mit Leichtbeton ist i.d.R. mit seiner gesamten Vielfalt realisierbar.

■ 9 Stichworte

Leichtbeton

Beton unterhalb einer Trockenrohddichte von 2000 kg/m^3 , wobei der Bereich von 800 bis 2000 kg/m^3 nach [2] und [3] genormt sind. Normalbeton hat eine Trockenrohddichte von 2000 bis 2600 kg/m^3 .

Gefügedichter Leichtbeton

Leichtbeton mit einem geschlossenen Gefüge. Die geringere Rohddichte wird ausschließlich über die Kornporosität der Gesteinskörnung erreicht.

Haufwerksporiger Leichtbeton

Zwischen den einzelnen Gesteinskörnern gibt es Hohlräume, die Gesteinskörner sind nur punktuell miteinander verklebt. Die Gesteinskörnung weist also keine gleichmäßige Sieblinie aus. Häufig wird hierbei Einkornbeton verwendet. Die Gesteinskörnung kann porig oder gefügedicht sein.

Infra-Leichtbeton

Infra-Leichtbeton ist ein Leichtbeton unterhalb von 800 kg/m^3 und damit außerhalb des genormten Rohdichtebereichs nach [2] und [3]. Dabei bildet das Leichtbetonbauteil ein monolithisches Bauteil und erreicht Dicken im Bereich von 50 cm und mehr. Aufgrund der Rohddichte sind solche Betone nicht normativ



Bild: © Brígida González, Stuttgart

Bild 4: Wohnhaus E20, Steimle Architekten, Stuttgart

abgedeckt und bedürfen einer Zustimmung im Einzelfall oder einer Zulassung. Teilweise wird ein Bemessungsansatz über die DIN EN 1520 verfolgt.

Die Begriffe Isolations- oder Dämmbeton sind gebräuchlich für Leichtbetone im unteren genormten Rohdichtebereich beim Einsatz als monolithischer Wandbaustoff.

Leichte Gesteinskörnungen

sind grobe Körnungen oder Leichtsande mit Rohdichten von nicht mehr als 2000 kg/m^3 oder Schüttdichten von nicht mehr als 1200 kg/m^3 . Diese können aus natürlichen Rohstoffen gewonnen werden oder industriell hergestellt werden.

Wasserzementwert

auch w/z-Wert. Das Massenverhältnis von Wassergehalt (w) und Zementgehalt (z). Die Größe des Wasserzementwerts ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Porosität im Zementstein und damit für die Dauerhaftigkeit und Festigkeit von Beton.

Wasser

Anders als beim Normalbeton setzt sich das Zugabewasser aus dem wirksamen Wasser und dem zusätzlichen Wasser für das Wasseraugverhalten der leichten Gesteinskörnung zusammen.

Das Wasseraugen beschleunigt das Ansteifen des Frischbetons und muss entsprechen zum Wasser des w/z-Werts zusätzlich zugegeben werden, um die gewünschte Konsistenzklasse zu erhalten.

Die Geschwindigkeit und die aufnehmbare Wassermenge unterscheiden sich je nach leichter Gesteinskörnungsart und sollte vom Hersteller erfragt werden bzw. durch Versuche ermittelt werden.

Zement

Mineralisches Bindemittel, das durch Brennen der Ausgangsstoffe Kalkstein, Sand und Ton oder Mischungen aus diesen Stoffen bei der Sintergrenze von etwa $1450 \text{ }^\circ\text{C}$ gebrannt wird. Zement ist der eigentliche „Klebstoff“ des Betons.

■ 10 Literatur

- [1] Lamprecht, Heinz-Otto: Opus Caementitium – Die Bautechnik der Römer. Verlag Bau + Technik, 5. Auflage, Düsseldorf 1996
- [2] DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1 NA: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- [3] DIN EN 206-1 und DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [4] Heft 526 Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Erläuterungen zu DIN EN 206-1, DIN 1045 Teile 2 bis 4 und DIN EN 12620, 2011
- [5] Müller, Harald und Haist, Michael: Selbstverdichtender Leichtbeton. Betonwerk + Fertigteiltechnik 12/2004
- [6] Merkblatt Sichtbeton, Fassung 2015: Deutscher Beton- und Bautechnikverein E. V. und Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- [7] Nachhaltigkeitsbericht 2015, Bundesverband Leichtbeton e.V.
- [8] Brandschutz mit Leichtbeton – nichtbrennbar, feuerbeständig, hohe Feuerwiderstandsklasse 2017, Bundesverband Leichtbeton e.V.
- [9] Einbruchhemmung mit Mauerwerk aus Leichtbeton – Sonderdruck Mauerwerk 24 (2020), Heft 1, Bundesverband Leichtbeton e.V.

■ 11 Internet

- | | |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| www.beton.org | Internetportal der Zement- und Betonindustrie; Möglichkeit zum Download von Zementmerkblättern, Fachinformationen, Hinweise auf Veranstaltungen |
| www.betonshop.de | Bezugsmöglichkeit für Betonliteratur, u.a. auch für das Merkblatt-Sichtbeton [6] |
| www.leichtbeton.de | Bundesverband Leichtbeton e. V. |

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf

www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin, Kochstraße 6–7, 10969 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@beton.org

Büro Hannover, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, hannover@beton.org

Büro Beckum, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, beckum@beton.org

Büro Ostfildern, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, ostfildern@beton.org

Verfasser

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