

Mike Schlaich
Mohamed El Zareef

Infraleichtbeton

(erscheint in Beton- und Stahlbetonbau 04/08)

Als Infraleichtbeton bezeichnen wir Beton, dessen spezifisches Gewicht unterhalb der von der Norm angegebenen Werte für gefügedichten Leichtbeton, also unterhalb 800 kg/m^3 , liegt. Die mit dem geringen Gewicht einhergehenden guten Wärmedämmeigenschaften erlauben es, monolithische Sichtbetonbauten ohne weitere Wärmedämmung – energiesparend und nachhaltig - zu errichten. Ein an der Technischen Universität Berlin entwickelter Infraleichtbeton und ein damit gebautes Wohnhaus werden hier vorgestellt.

Infra-Lightweight Concrete

Fair faced concrete not only has high visual qualities. Monolithic concrete structures are also particularly durable, and the fact that no plastering or cladding is required leads to cost savings and makes buildings more sustainable because they are easier to recycle. However, due to the high thermal conductivity of normal concrete, fair faced concrete without insulation causes prohibitive heating cost in cold countries. Infra-lightweight concrete with a dry bulk density of less than 800 kg/m^3 and the corresponding advantageous thermal properties promises to overcome this problem while maintaining the advantages.

At the Technische Universität in Berlin such Infra-lightweight concrete was developed and with it a single family house using glass fibre bars as reinforcement was built to prove its practicality. This paper describes this new concrete mix and its properties. It elaborates on the structural implications when working with infra-lightweight concrete and design and construction of the house will be presented.

1 Einleitung

Sichtbeton hat nicht nur hohen architektonischen Wert. Monolithische Tragwerke aus Beton sind auch besonders dauerhaft, und der Wegfall von Putz- und Verkleidungsarbeiten führt neben Kosteneinsparungen, wegen der damit leichteren Wiederverwertbarkeit, zu nachhaltigen Bauten.

Leider ist die Wärmeleitfähigkeit von Normalbeton (NB) aber so groß, dass in Deutschland spätestens seit der Ölkrise der Siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts reine Sichtbetonbauten praktisch verschwunden sind. Wer mit Sichtbeton bauen will, muss Außenwände aufwändig zweischalig ausbilden und in Kauf nehmen, dass die dazu nötige Innendämmung praktisch nicht zu inspizieren ist. Oder man begnügt sich mit Sichtbeton auf einer Seite der

Wand und arbeitet dann auf anderen mit konventioneller Wärmedämmung.

Immer wieder haben sich deshalb Bauingenieure und Architekten die Aufgabe gestellt, Betone herzustellen, deren Wärmeleitfähigkeit so gering ist, dass wieder reine Sichtbetonbauten möglich sind. Schon in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde im Rahmen eines vom BMFT geförderten Vorhabens wärmedämmender „Schaumbeton“ mit Trockenrohddichten unter 1000 kg/m^3 hinsichtlich seiner Baustoffeigenschaften ausführlich untersucht. Das geringe Gewicht wurde dabei durch Untermischen von vorgefertigten Proteinschäumen erreicht [1]. Vor allem Risse infolge starker Schwindverkürzungen verhinderten, dass es nicht zu mehr als einem Versuchsbau aus Fertigteilen kam.

In der Schweiz und in Deutschland wurden in den letzten Jahren aber einige monolithische Sichtbetonbauten aus wärmedämmendem Leichtbeton hergestellt. Hierbei wurden ausschließlich Leichtbetone mit Rohddichten über 1000 kg/m^3 verwendet [2,3,4]. Erwähnenswert ist ein Wohnhaus in Chur in der Schweiz, wo der Architekt Patrick Gartmann Blähglas und Blähton als leichte Gesteinskörnungen für wärmedämmenden Leichtbeton eingesetzt hat und damit immerhin eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,32 \text{ W/mK}$ bei einer Festigkeit entsprechend eines LC 8/9 erreichte. Angeregt von diesem Haus und aufbauend auf Erkenntnissen von Prof. Christian Thienel [5] von der Universität der Bundeswehr in München, wo sehr leichte Blähtonrezepturen u. a. für den Schiffsbau entwickelt werden, haben die Fachgebiete „Entwerfen und Konstruieren - Massivbau“ und „Baustoffe und Baustoffprüfung“ der Technischen Universität Berlin im Sommer 2006 gemeinsam begonnen, eine Rezeptur für besonders leichten und besonders wärmedämmenden Infraleichtbeton zu entwickeln [6].

Warum der Begriff Infraleichtbeton (ILB)? Die DIN 1045-1 ordnet Leichtbeton, Normalbeton und Schwerbeton entsprechend ihrer Rohdichte ein und bezeichnet gefügedichte Leichtbetone als Betone mit einer Trockenrohddichte von $800 - 2000 \text{ kg/m}^3$. Mit der lateinischen Präposition „infra“, die „unterhalb“ bedeutet, bezeichnen wir einen besonders leichten Beton, dessen Trockenrohddichte unterhalb der 800 kg/m^3 -Grenze liegt. Allerdings sind in diesem Zusammenhang weniger das niedrige Gewicht, sondern vielmehr die damit einhergehenden, vom hohen Luftporengehalt herrührenden, guten thermischen Eigenschaften von Belang.

Das Ergebnis der Arbeiten an der TU Berlin ist eine Rezeptur bei der nur Wasser, Zement, Blähton als leichter Gesteinskörnung und Luftporenbildner zum Einsatz kommen. Der Beton erreicht Festigkeiten, die denen eines Leichtbetons LC 8/9 nahe kommen. Die wichtigsten Ziele, nämlich eine geschlossene sichtbetontypische Oberfläche, eine Trockenrohichte von $\rho_{tr} < 800 \text{ kg/m}^3$ und eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_{tr,10} < 0,2 \text{ W/mK}$ werden im Labor mittlerweile problemlos erreicht.

Abschnitt wird die konstruktive Durchbildung beim Bauen mit Infraleichtbeton angesprochen.

2 Herstellung

Eine neue Betonrezeptur zu entwickeln ist eine spannende Aufgabe. Allerdings wurde im ersten Eifer des Mischens mit zu vielen Zusätzen experimentiert, weswegen sich die ersten Proben stark entmischten (Bild 3, linke Photos).

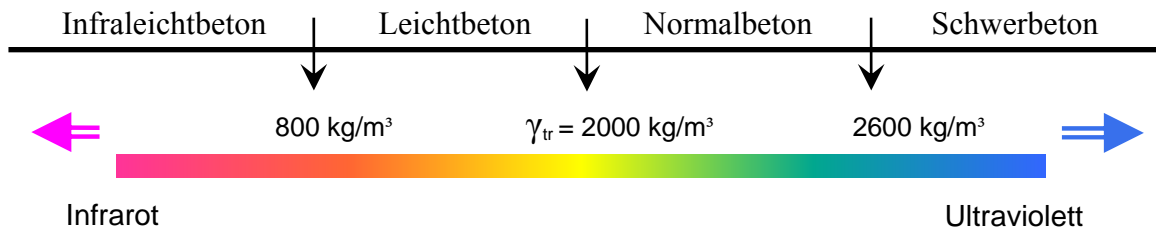


Bild 1. Klassifizierung der Betone nach DIN und Vergleich mit dem Farbspektrum

Fig. 1. classification of concrete according to the German codes

In Berlin wurde ein Einfamilienhaus mit Außenwänden aus diesem Beton errichtet und damit gezeigt, dass sich der Werkstoff in der Praxis behaupten kann. Interessant war dabei vor allem, die konstruktiven und bauphysikalischen Details den Eigenschaften des Werkstoffes anzupassen und teilweise anders als sonst im Stahlbetonbau üblich auszuführen. Zur Reduzierung der unvermeidbaren Schwindrisse wurde Bewehrung aus Glasfaserstäben verwendet, die sowohl das Korrosionsproblem löst als auch Wärmebrücken vermeidet. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Infraleichtbeton gut wärmegeämmte Sichtbetonbauten ermöglicht, und dass er das Potential besitzt, beim Bauen der Zukunft eine nicht zu vernachlässigende Rolle zu spielen.

Das lag vor allem an zu großen Mengen von Verflüssiger in Kombination mit Luftporenbildner. Erst die Reduktion auf wenige wichtige Komponenten führte zu einer stabilen Mischung. Die Rezeptur ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Am durchgesägten Probekörper (Bild 3, rechts) lässt sich die gleichmäßige Verteilung der Blähtonkügelchen erkennen.

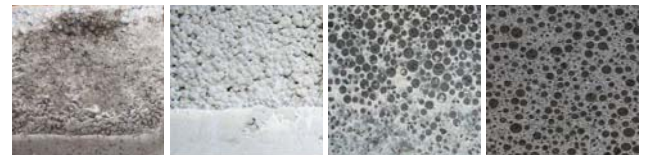


Bild 3. Probekörper (10 x 10 x 10 cm) zur Entwicklung der Betonmischung

Fig. 3. samples of concrete mix

Tabelle 1. Betonmischung (mit trockener leichter Gesteinskörnung; Vornässung nötig)

Table 1. concrete mix (with dry aggregates)

Zement CEM III-A 32,5	330	kg/m ³	108	L/m ³
Leichtsand 0/2	200	kg/m ³	158	L/m ³
Liapor 1/4	25	kg/m ³	30	L/m ³
Liapor 2/9	170	kg/m ³	315	L/m ³
Wasser	165	kg/m ³	165	L/m ³
Luftporenbildner	2,0	kg/m ³	2,0	L/m ³

Das Ziel der Gewichtsreduktion zur Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften wird auf Wegen erreicht, die man normalerweise nicht beschreitet, weil sie auch zu einer unerwünschten Reduktion der Festigkeit führen. Für das Anwendungsgebiet des Infraleichtbetons reichen aber geringe Festigkeiten aus, weil diese immer noch deutlich über denen von Mauerwerk liegen. Mit folgenden „Fehlern“ schafft man Infraleichtbeton:



Bild 2. Fertiges Haus mit Infraleichtbetonaußenwänden

Fig. 2. finished house with infra-lightweight concrete walls

Im Folgenden werden die Baustoffeigenschaften und die bisher gewonnenen Erkenntnisse zu Herstellung und Verarbeitung des Infraleichtbetons beschrieben. Im letzten

- leichte Gesteinskörnung wie Blähton oder Blähglas, die einen hohen Luftporenanteil aber leider vergleichsweise geringe Festigkeit haben.
- viel Luftporenbildner, dessen Maximum dann erreicht ist, wenn die Betonoberflächen zu porig werden.
- hoher Wasseranteil, der nicht vollständig gebunden wird, im Laufe der Zeit verdunstet und die Trockenrohddichte reduziert. Damit wird auch ein hohes Ausbreitmaß erreicht, was die Fließfähigkeit verbessert und die Porigkeit der Oberflächen reduziert.
- geringer Zementgehalt, was sich nicht nur positiv auf die Trockenrohddichte, sondern auch auf die Temperaturentwicklung während des Abbindens und damit auf das Frühschwindverhalten auswirkt. Wenig Zement bedeutet auch Einsparung von Primärenergie.

3 Werkstoffeigenschaften, Bauphysik

Außerdem wurde zur Minimierung des „early age shrinkage“ ein CEM III-A 32,5 verwendet. Die Verwendung von CEM I führte im Inneren der Probekörper wegen der guten Eigendämmung des Werkstoffes nämlich zu Abbinde Temperaturen von bis zu 90°C. Außerdem wird der Beton bei Verwendung von CEM III heller, was im Sommer zu weniger Aufheizung der Oberfläche, und damit zu geringerer Rissbildung führt.

Trotzdem wurde eine mittlere 28-Tagefestigkeit von 7 N/mm² erreicht, die sich nach 56 Tagen noch auf 8 N/mm² erhöht (Bild 4).

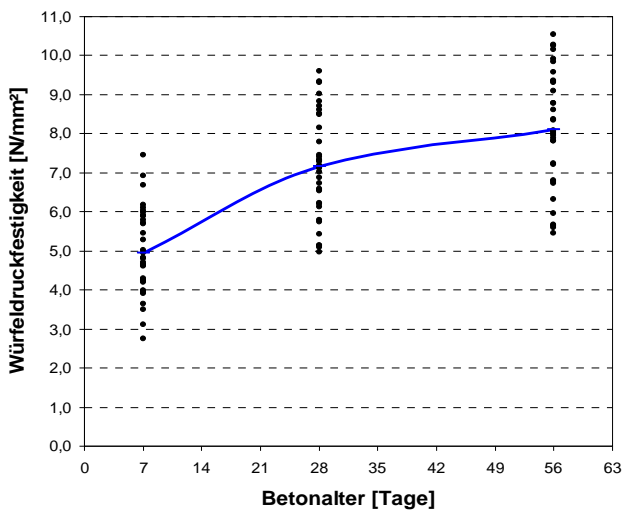


Bild 4. Festigkeitsentwicklung des Infraleichtbetons
Fig. 4. development of infra-lightweight concrete compression strength

Der Elastizitätsmodul liegt mit $E_{lc} = 4000 \text{ N/mm}^2$ im für Leichtbetone typisch niedrigen Bereich (vgl. E_{lc} nach DIN 1045-1, Tabellen 9 und 10). Die in den Versuchen ermittelte Biegezugfestigkeit liegt bei $f_{lc,fl} = 0,95 \text{ N/mm}^2$. Spaltzugfestigkeitsversuche (Bild 5) ergaben Werte von $f_{lc,sp} = 0,55 \text{ N/mm}^2$ (nach DIN 1045-1, Tabelle 9 und 10) ergäbe sich $f_{icm} = 0,66 \text{ N/mm}^2$. Die Ergebnisse der verschiedenen Versuche sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

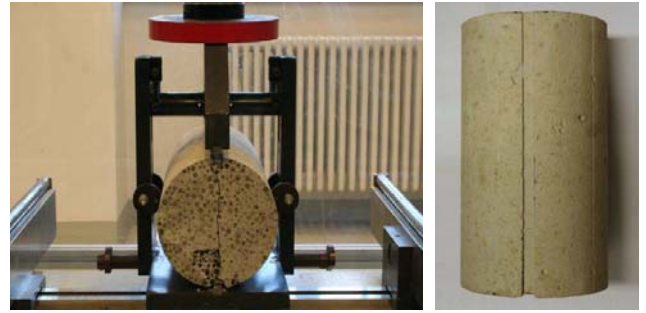


Bild 5. Spaltzugfestigkeitsversuch mit Druckstellen im Probekörper

Fig. 5. splitting tensile strength test

Tabelle 3. Eigenschaften des Infraleichtbetons

Table 3. Properties of infra-lightweight concrete

Würfeldruckfestigkeit, $f_{lck,cube}$	7,00	N/mm ²
Biegezugfestigkeit, $f_{lc,fl}$	0,95	N/mm ²
Spaltzugfestigkeit, $f_{lc,sp}$	0,55	N/mm ²
Berechnete Spaltzugfestigkeit, f_{icm} (DIN 1045-1)	0,66	N/mm ²
Elastizitätsmodul, E_{lc}	4000	N/mm ²
Wärmeleitfähigkeit, $\lambda_{tr,10}$	0,181	W/(mK)
Wärmedurchgangskoeffizient, U ($t_{wall}=50\text{cm}$)	0,341	W/(m ² K)
Feuchtrohdichte	1,00	g/cm ³
Trockenrohddichte	0,76	g/cm ³

Zur Ermittlung der übertragbaren Verbundspannung wurden Auszugsversuche mit Bewehrungsstäben aus Glasfasern und Stahl jeweils mit Durchmesser $d = 12 \text{ mm}$ durchgeführt. Die maximale Verbundspannung für Infraleichtbeton mit Bewehrung aus Glasfaserstäben mit eingefrästen Kerben erreicht 0,87 N/mm² bei 0,703 mm Schlupf. Für konventionelle Stahlbewehrung erhöht sich der Wert leicht auf 1,04 N/mm² bei 0,169 mm Schlupf. In beiden Fällen versagt der Infraleichtbeton im Bereich der Kerben bzw. Rippen, wo der Beton auf Druck beansprucht wird. Die Anzahl der Rippen der Stahlbewehrung ist rund 25% höher als die Anzahl der Kerben in den Glasfaserstäben. Diese höhere Stützfläche erklärt die höhere Verbundspannung.



Bild 6. Auszugversuch

Fig. 6. pull-out test

Bei einem für die Studierenden der TU Berlin durchgeführten Traglastversuch an einem mittig belasteten einfachen Balken hat sich deshalb das Versagen auf sehr unübliche Weise angekündigt. In der oben eingelegten konstruktiven Bewehrung aus Glasfaserstäben konnte sich die nötige Verbundspannung nicht aufbauen, weshalb sich die Stäbe nicht mit dem Beton verkürzten sondern einfach nach außen gedrückt wurden. Der Bruch kündigte sich also durch an der Stirnseite des Balkens heraustretende Druckbewehrung (im Bild 7 erkennbar an den 2 Abplatzungen links oben) an.



Bild 7. Balkenversuch aus Infraleichtbeton
Fig. 7. infra-lightweight concrete beam with pushed-out upper reinforcement layer

Besonders auffällig sind die vergleichsweise hohen Werte für Schwinden und Kriechen, die genauso wie der niedrige E-Modul bei der Projektierung zu berücksichtigen sind. Erste Versuche zeigen, dass mit einem Endschwindmaß von 0,9 mm/m zu rechnen ist, wobei rund 70 % des Schwindens in den ersten 3 Wochen stattfinden (Bild 8). Danach scheint sich der Beton wie Normalbeton zu verhalten. Der Einfluss der Austrocknung und der Probekörperform auf das Schwinden muss hier noch weiter untersucht werden. Auch erste Kriechversuche zeigen, dass sich die anfangs stark zunehmenden Verformungen nach rund 50 Tagen deutlich verlangsamen. Die Verläufe sind in Bild 9 für eine Belastung entsprechend 30 % und 50 % der charakteristischen Druckfestigkeit dargestellt. Belastungsbeginn war nach 28 Tagen.

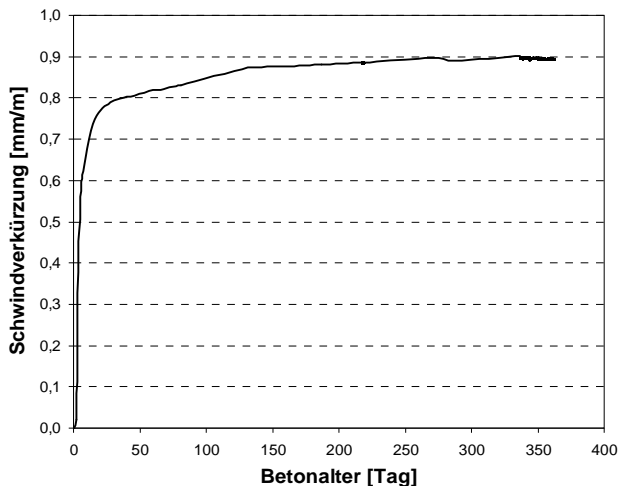


Bild 8. Schwinden des Infraleichtbetons
Fig. 8. shrinkage of infra-lightweight concrete

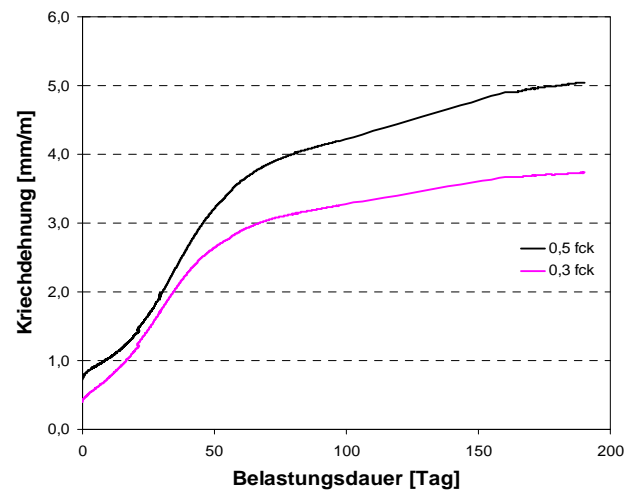


Bild 9. Kriechen des Infraleichtbetons
Fig. 9. creep of infra-lightweight concrete

Mit großer Spannung wurden natürlich die Ergebnisse der Versuche zur Wärmedämmfähigkeit erwartet. Ein Wärmedurchlasswiderstand-Versuch an Proben Abmessungen von 50 x 50 x 5 cm im Labor der MPA-Berlin ergab für die Wärmeleitfähigkeit Werte von $\lambda_{tr,10} = 0,181 \text{ W/mK}$. Die Wärmeleitfähigkeit ist von der Probenmitteltemperatur abhängig. Dieser Zusammenhang ist in Bild 10 dargestellt.

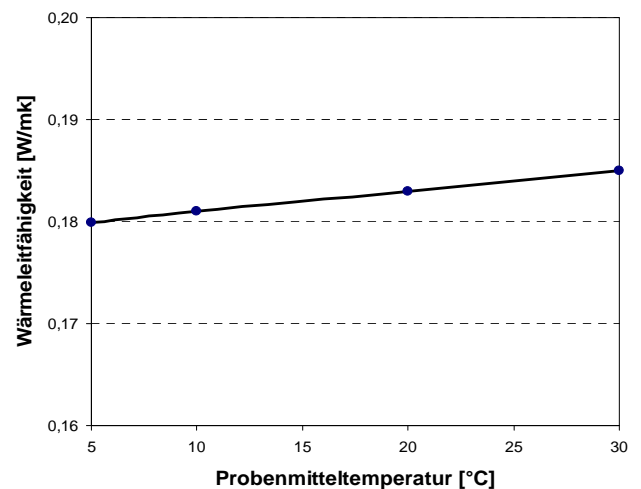


Bild 10. Wärmeleitfähigkeit
Fig. 10. heat conductivity

Damit ergibt sich für eine Wand der Stärke $S = 0,5 \text{ m}$ ein theoretischer Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert ohne Feuchtezuschlag!) von

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}} = \frac{1}{0,04 + 2,76 + 0,13} = 0,341 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ und $1/\alpha_a = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ sind der innere bzw. äußere Wärmeübergangswiderstand nach DIN 4108 Teil 4.

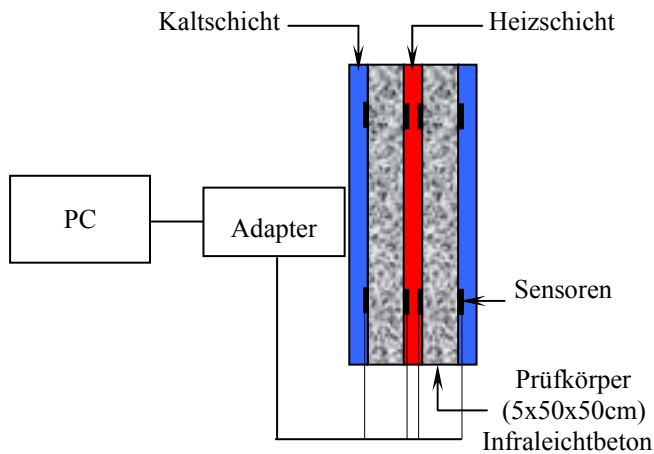


Bild 11. Schema des Wärmedurchlasswiderstand-Versuches

Fig. 11. layout of heat-transfer resistance test

Zu guter letzt wurde auch ein sogenannter CIF-Test durchgeführt, bei dem neben kapillarem Saugen vor allem die Abwitterung bei Frost-Tauwechselln untersucht wird. Nach achtundzwanzig Frost-Tauwechselln nach DIN CEN/TS 12390 Teil 9 ergab sich eine Abwitterung von nur 340 g/m². Der hohe Luftporengehalt des Infraleichtbeton wirkt sich hier vorteilhaft aus. Oberflächenschäden bzw. Abplatzungen in strengen Wintern sind bei diesem Werkstoff daher nicht zu erwarten.

4 Verarbeitung und Bau

Die Umsetzung der im Labor erreichten Ergebnisse auf der Baustelle ist kein leichtes Unterfangen. Die Mischung erwies sich aber als erstaunlich stabil. Im Werk wurde das Ausbreitmaß bewusst etwas zu gering eingestellt und dann auf der Baustelle durch Zugabe geringer Wassermengen auf den gewünschten Wert gebracht (Bild 12 oben).

Besonders schwierig war es, eine brauchbare Oberflächenqualität zu erreichen. Vorab waren verschiedene Schaltafeltypen und Schalöl/Trennmittel untersucht worden. Für den Bau des hier beschriebenen Sichtbetonhauses wurden schließlich einfache Betoplantafeln, ohne jedes Trennmittel und für jede Betonage neu, verwendet. Es empfiehlt sich auf jeden Fall auf der Baustelle eine Probewand zu erstellen, um damit den Einfluss der klimatischen Bedingungen vor Ort, den Anfahrtsweg der Mischfahrzeuge etc. zu erfassen und um das Einbringen und Verdichten üben zu können. Auch hier wurde eine innere Kellerwand als Probewand deklariert.

Nachdem schon Leichtbeton mit Blähton allgemein als schwierig zu pumpen gilt, wurde bei diesem Projekt der Beton von vorn herein mit einem Betonkübel eingebracht. Um die Fallhöhe zu minimieren, wurde am Kübel ein Hosenrohr angebracht. Die 50 cm starken Außenwände wurden in jeweils geschoßhohen Abschnitten und in Lagen von rund 50 cm betoniert. Verdichtet wurde mit konventionellen Rüttlern im Abstand von rund fünf Rüttlerdurchmessern. Es ließen sich aber keine eindeutig optimalen Rüttelzeiten und Abstände erkennen. Die hier gewählte Rezeptur zeigte sich erstaunlich unabhängig von der Variation dieser Parameter. Erst sehr langes Rütteln

führte zu Entmischungserscheinungen. Grundsätzlich wurden die Abschnitte aber einige Zentimeter zu hoch betoniert und dieser Überstand nach dem Verdichten dann abgeschöpft.

Ausgeschalt wurde nach einer Mindeststandzeit von 7 Tagen. Zur Nachbehandlung wurden die Wände mit Kunststoffplanen abgedeckt. Von Vorteil war hier sicher, dass der Rohbau im milden Winter 2006/2007 erstellt wurde, weil so einerseits die Abbinde Temperaturen begrenzt wurden und andererseits selten weit unter dem Gefrierpunkt nachbehandelt werden musste.

Zur Reduktion der Lunkerbildung wurde eine Konsistenz eingestellt, die mit einem W/Z-Wert = 0,5 und einem Ausbreitmaß von ca. 60 cm recht flüssig und damit leicht verdichtbar war. Trotzdem traten diesem ersten Einsatz von Infraleichtbeton stellenweise recht starke Lunker auf. Außerdem blieb gelegentlich der Zementleim an der Schalung kleben, was lokal zu rauen Stellen führte. Leichte Betonkosmetik mit einem Mörtel aus CEM III-A und Blähglaszuschlägen sowie anschließende Hydrophobierung haben aber mit vergleichbar niedrigem Aufwand zu einer interessanten, lebendigen und gleichzeitig glatten Betonoberfläche geführt.



Bild 12. Ausbreitmaß und Einbringen mit Kübel

Fig. 12. slump-test and casting with tube

5 Konstruktive Durchbildung

Die großen Schwind- und Kriechwerte des Infralichtbetons erfordern ein möglichst zwängungsfreies Tragwerk und Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten. Während an den unbewehrten Probekörpern im Labor schon nach kurzer Zeit wenige vergleichsweise große Schwindrisse auftraten, werden in den Wänden des Hauses die Risse durch die Glasfaserstabbewehrung (innen und außen $d = 8 \text{ mm}$ $a = 15 \text{ cm}$ horizontal und vertikal) gut verteilt. Bisher sind alle Rissbreiten deutlich unter $0,1 \text{ mm}$ geblieben, und solche Risse können durch die Hydrophobierung der Außenflächen mit einem silanbasierten Präparat problemlos überbrückt werden: bei Regen zeichnen sie sich keine Risse ab.

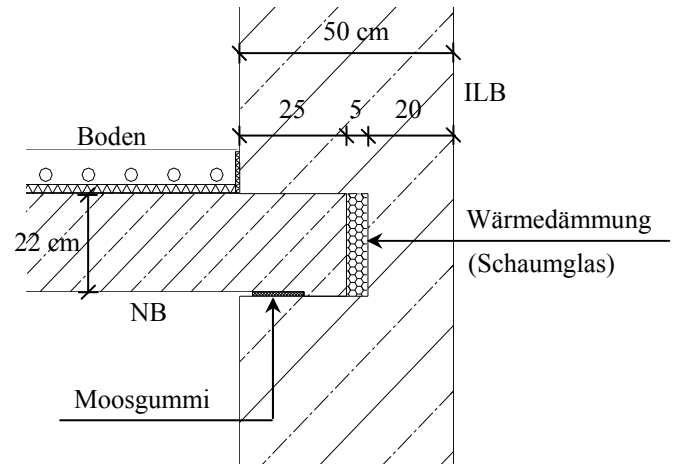


Bild 13. größte Rissbreite nach einem Jahr
Fig. 13. maximum crack width after one year



Bild 14: Anschluss der Decke aus Normalbeton and die Außenwand aus Infralichtbeton mit vertikalen Glasfaserstäben
Fig. 14. connection of deck slab to wall of infra-lightweight concrete with vertical glass-fibre bars

Der niedrige E-Modul in Verbindung mit Kriechen und Schwinden muss bei der Untersuchung von Relativverformungen berücksichtigt werden. „Weiche“ Außenwände aus Infralichtbeton verkürzen sich unter Umständen deutlich mehr als ein „harter“ Gebäudekern aus Normalbeton.

Die geringe Festigkeit des Werkstoffes erfordert zudem, dass Wände wie Mauerwerkswände ausgebildet werden. In eine Wand aus Infralichtbeton kann keine Normalbetondecke eingespannt werden! Entsprechend sind die konstruktiven Details des hier vorgestellten Einfamilienhauses ausgebildet.

Das in Bild 14 gezeigte Detail verdeutlicht auch, dass am Deckenanschluss zusätzliche Wärmedämmung notwendig ist, weil dort die Breite der Wand aus Infralichtbeton reduziert ist. Die Stirnseiten der Decken wurden deshalb mit Schaumglas-Paneelen isoliert. Auch am Anschluss der Pfosten-Riegel Fassade wurden solche Paneele in die Wand integriert, um die Wärmebrücken zu reduzieren (Bild 15).

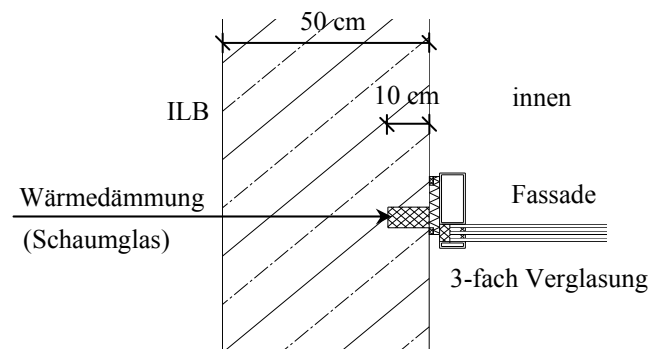


Bild 15: Anschluss Wand – Fassade (Horizontalschnitt)
Fig. 15. wall-facade joint (horizontal cross-section)

Für das Dach mit einer Flachdecke aus Normalbeton (C20/25) wurde – aus Zeitgründen und im Gegensatz zum Vorschlag in Bild 16 – ein konventioneller Warmdachaufbau gewählt. Nur die über die Fassade herausragende Front ist durch eine vorgesetzte Attika aus Infralichtbeton gedämmt. Sie ist über Steckbügel aus konventioneller Bewehrung in die Dachdecke

eingebunden. Unter der Auskragung sind Außenjalousien als Sonnen- und Lichtschutz untergebracht.

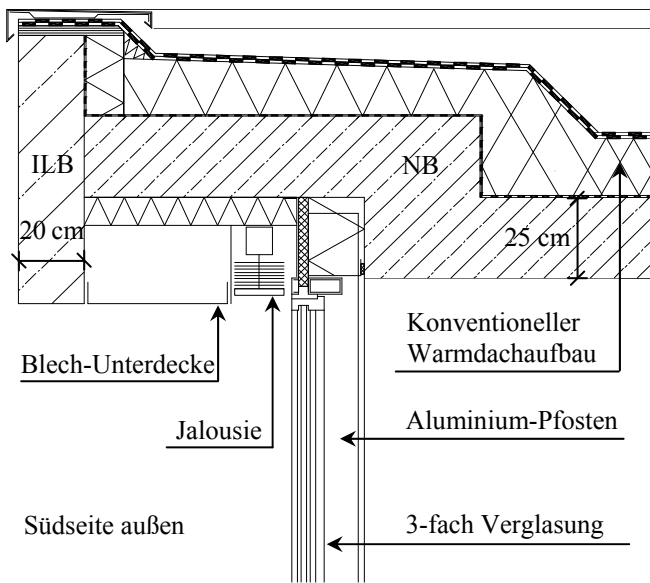


Bild 16. Anschluss Attika- Dach
Fig. 16. connection Roof-Attic

Im Gegensatz zur Fassade sind die kleinen Fenster der Badbereiche der Nordseite einfach in die entsprechenden Aussparungen der Wände gestellt. Zusammen mit innen angebrachten hinterlüfteten Holzpaneelen wird dennoch genügend Wärmedämmung erreicht.

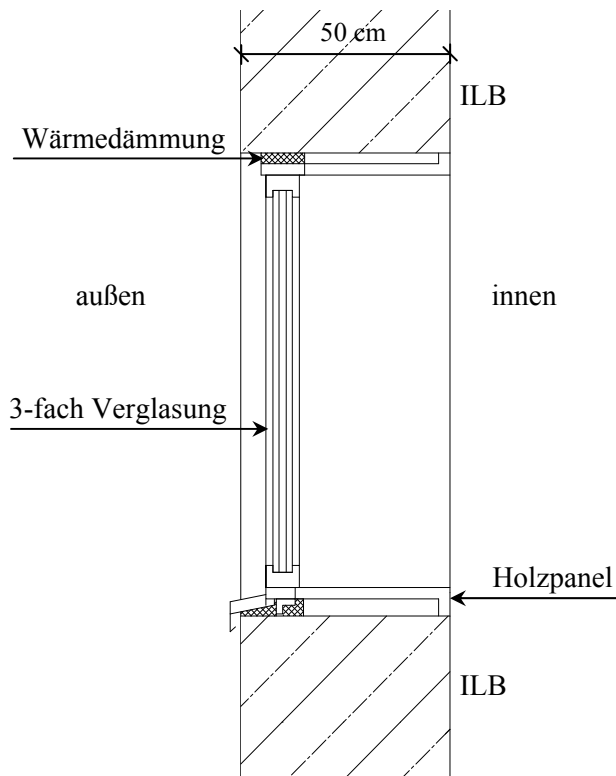


Bild 17. Fenster Nordfassade
Fig. 17. window north façade

6 Ausblick

Infraleichtbeton hat nicht die Festigkeit, um für Massivdecken eingesetzt zu werden. Ein möglicher Aufbau eines Wohnhauses aus Stahlbeton könnte also so aussehen, wie es in Bild 18 dargestellt. Infraleichtbeton für die Außenwände, gut wärmedämmende Leichtbetone für die Dachdecke und höherfeste Betone mit guter Wärmespeicherkapazität für die Innendecken und -wände könnten das Tragwerk bilden.

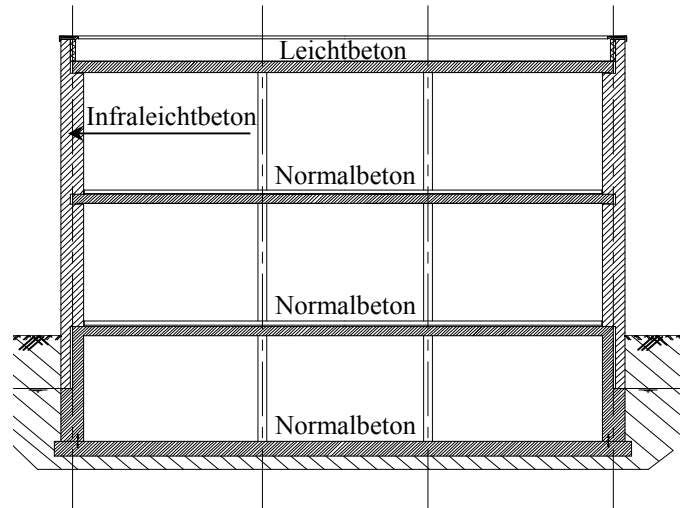


Bild 18. Aufbau eines Sichtbetonhauses aus Infraleichtbetonaußenwänden

Fig. 18. layout of fair faced concrete house with walls of infra-lightweight concrete



Bild 19. Nordseite des Hauses im Bau

Fig. 19. north façade during construction

Natürlich sind nach nur einem Jahr der Beschäftigung mit Infraleichtbeton noch viele Fragen zu klären. Themen wie konstruktive Durchbildung, Dauerhaftigkeit und Langzeitverhaltens sowie Fragen zur Bewehrung von Infraleichtbeton werden am Fachgebiet Massivbau der TU Berlin nun im Rahmen der Forschung und im Zuge einer Dissertation weiter verfolgt. Dabei geht es auch darum herauszufinden, welche maximalen Festigkeiten mit Infraleichtbeton erreicht werden können, ohne die

günstigen Wärmedämmeigenschaften zu verlieren bzw. welche minimalen λ -Werte mit dem für die Dachdecke nötigen Leichtbeton erreicht werden können.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen die Grenzen von Infraleichtbeton aber auch sein großes Potential für das Bauen mit Sichtbeton.

7 Beteiligte

Rezeptur Infraleichtbeton:

Die Autoren mit Paul Osselmann und Karsten Schubert (TU Berlin) und Maik Dostmann (Liapor).

Rohbau:

Architekt: Clemens Bonnen, Amanda Schlaich, Berlin

Bauingenieur: Mike Schlaich, Lars Werner, Berlin

Baufirma: Kasimir Bau, Berlin

Betonwerk: Lichtner Beton, Berlin

Glasfaserbewehrung: Schöck, Baden Baden

Prüfingenieur: Hartmut Kalleja, Berlin

Literatur:

- [1] Widman, Horst; Enoekl, Viktor: Schaumbeton – Baustoffeigenschaften Herstellung, BFT, Heft 6, 1991.
- [2] Filipaj, Patrick: Architektonisches Potential von Dämmbeton, vdf, Zürich, 2006
- [3] Faust, Thorsten: Leichtbeton im konstruktiven Ingenieurbau, Ernst & Sohn, 2003.
- [4] Baus, Ursula: Sichtbeton, DVA, 2007.
- [5] Thienel, Karl-Christian; Peck, Martin: Die Renaissance leichter Betone in der Architektur. DETAIL Heft 5, S. 522 – 534, 2007.
- [6] Schlaich, Mike; Hillemeier, Bernd; Schubert, Karsten: Infraleichtbeton – Potenzial für den Sichtbetonbau, Proceedings 51. BetonTage, Ulm, Februar 2007.