

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 92 (1974)
Heft: 40: GEP - A³E²PL - Generalversammlungen in Lugano, 16. bis 19. Oktober

Artikel: Glasfaserbeton mit Cemfil: Bericht über eine Fachtagung in der Forschungs- und Beratungsstelle der Portland-Zementwerke Heidelberg AG vom 19. Juni 1974 in Leimen
Autor: Brux, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72485>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

der einheimischen Industrie. Wenn eine derartige Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse auch nicht immer möglich ist, so schaffen doch solche Forschungsarbeiten die besten Voraussetzungen für den raschen und problemlosen praktischen Einsatz erfolgreicher neuer Energietechniken.

Die Erfahrungen mit dem Bau und der Inbetriebnahme der ersten Kernkraftwerke in der Schweiz belegen die Richtigkeit dieser Aussage. Die Schwierigkeiten in dieser Hinsicht und die Verzögerungen in der Fertigstellung solcher Anlagen, soweit sie überhaupt auftraten, waren im Vergleich mit manchen andern Staaten wesentlich geringer. Zu diesem Erfolg trugen die Fachleute bei, die seinerzeit schon an schweizerischen Anstrengungen zur Entwicklung einer eigenen Reaktortechnik mitgewirkt hatten und nun in den Elektrizitätsunternehmen, in der beteiligten Industrie, in den beigezogenen Ingenieurunternehmungen und in den Sicherheitsbehörden des Bundes häufig in leitenden Stellungen tätig sind.

Die Qualität der Ausbildung und der Dienstleistungen, die von einem Zentrum, wie dem EIR erwartet werden, hängt somit davon ab, ob seine Mitarbeiter in zukunftsweisenden, vom neuesten Stand des Wissens ausgehenden Forschungsprogrammen mitwirken können. Das Studium von Forschungsberichten anderer Wissenschaftler gehört sicher zu den wichtigsten Aufgaben der Mitarbeiter eines Zentrums, wie des EIR. Mit dieser Tätigkeit allein vermag man jedoch nicht erstklassige Experten heranzuziehen und am Institut zu behalten.

Welche Forschung kann und sollte an einem Zentrum wie dem EIR gepflegt werden? Zwischen der reinen Grundlagenforschung, die vor allem an den Hochschulen beheimatet ist, und der wirtschaftlich orientierten Industrieforschung liegt ein breiter Bereich angewandter Forschung, bei dem sich die Thematik an Problemen der Praxis in mittel- bis langfristiger Sicht orientiert. Das EIR sollte weder die Hochschulen, noch die Industrie konkurrenzieren. Deshalb befasst sich sein Forschungsprogramm mit der Bearbeitung einer Aus-

wahl von Fragen aus diesem Zwischenbereich. Die Selektion hängt auch wesentlich von den Einrichtungen ab, die für die Durchführung der verschiedenen Projekte erforderlich sind. Teure Anlagen, wie sie besonders in der Kerntechnik für die Untersuchung des Materialverhaltens in den charakteristischen starken Strahlungsfeldern erforderlich sind, können nicht kurzfristig aufgebaut und dann nach Abschluss eines Projektes wieder abgestossen werden. Ein rationeller Mitteleinsatz verlangt deshalb ein gewisses Mass an Einheitlichkeit und Kontinuität in den Zielsetzungen des Forschungsprogramms. Die Forschungsleistungen des EIR können deshalb nicht einfach mit der wissenschaftlichen Produktivität von Hochschulinstituten und privater Forschungszentren, die auf Gebieten mit wesentlich geringeren Anforderungen an Forschungseinrichtungen tätig sind, verglichen werden. Signifikanter in dieser Hinsicht ist wohl, dass das Institut als geschätzter Partner eine Zusammenarbeit mit verschiedenen wissenschaftlich und technisch sehr angesehenen Forschungszentren und Industrieunternehmen des Auslandes aufbauen konnte.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, dass das Eidg. Institut für Reaktorforschung heute und in der Zukunft vielfältige zentrale Aufgaben bei der Entwicklung wirtschaftlicher und umweltfreundlicher Techniken zur Erschliessung neuer Energiequellen und bei der praktischen Verwendung der Kernenergie zu erfüllen hat. Wie alle andern modernen Industriestaaten benötigt unser Land eine derartige gut ausgebaute Stätte der Forschung, Ausbildung und Dienstleistung, um vorausschauend und rationell die schwierigen Probleme der Sicherung einer ausreichenden Energieversorgung lösen zu können. Deshalb gebührt den Persönlichkeiten aus dem Kreise der Hochschulen und der Industrie, welche die Initiative zur Schaffung dieser Anlagen ergriffen haben, und dem eidgenössischen Parlament, das die erforderlichen beträchtlichen Mittel für seinen Bau und seinen Betrieb bewilligt haben, Dank und Anerkennung.

Glasfaserbeton mit Cemfil

Bericht über eine Fachtagung in der Forschungs- und Beratungsstelle der Portland-Zementwerke Heidelberg AG vom 19. Juni 1974 in Leimen

DK 666.98

In vielen technischen Sparten ist bisher ein hoher Rationalisierungsgrad erreicht worden, und der Bedarf von immer Neuem wird bereits in Frage gestellt. Im Bauwesen ist es jedoch anders; dort sind noch nicht so grosse Rationalisierungsgrade wie in der Konsumgüterindustrie erreicht worden – wohl auch nicht erreichbar. Der Werkstoff Beton wurde trotz seiner vorteilhaften Eigenschaften erst durch den Verbund mit

Stahl zum Baustoff unseres Jahrhunderts; er wird in fast allen Baubereichen angewandt. Trotz dieser grossen Erfolge herrscht ein starker Substitutionswettbewerb. Zum Erhalten seiner Marktstellung und zum Erschliessen neuer Anwendungsgebiete wurde nach Möglichkeiten gesucht, die Zug- und Schlagfestigkeit von Beton zu erhöhen und so auch das Gewicht der Bauteile zu verringern. Die Zugfestigkeit beträgt bei Normal-

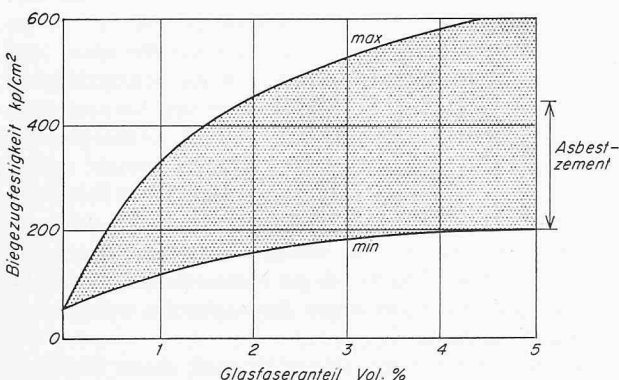


Bild 1. Biegezugfestigkeit in Abhängigkeit vom Faseranteil des Glasfaserbetons (GFB) und Vergleich zu Asbest

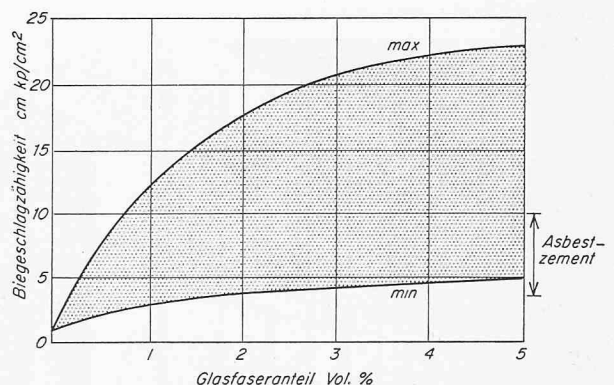


Bild 2. Biegeschlagzähigkeit in Abhängigkeit vom Faseranteil des Glasfaserbetons (GFB) und Vergleich zu Asbest

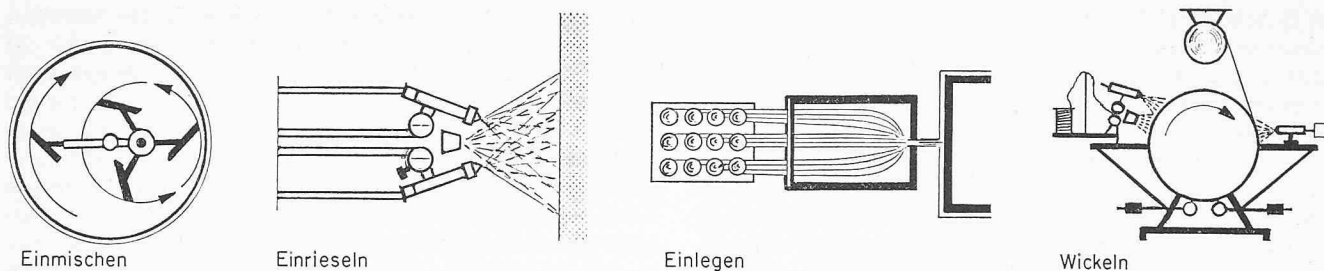


Bild 3. Herstellverfahren für Glasfaserbetone (GFB)

beton nur etwa 1/6 der Druckfestigkeit. Zum Erreichen der genannten Ziele muss sich der Beton zwangsläufig mit zugfesteren Werkstoffen vereinen. Faserbewehrter Beton stellt hier einen neuen Weg dar. Obwohl der preiswerteste nicht brennbare Klebstoff (Zement) beibehalten wird, konnten so die Stoffeigenschaften wesentlich verbessert werden. Ausserdem lässt sich durch neue hochwertige Zusatzmittel die Betonverarbeitbarkeit entscheidend verändern (Fließbeton [1]) und der Kostenaufwand verringern. Bestrebungen, mit Hilfe von Faserzusätzen die Eigenschaften des Betons zu verbessern, sind nicht neu. Sie reichen bis ins vergangene Jahrhundert. Ein erster Schritt, dünnwandige und hochwertige Bauteile herzustellen, war der Ferro-Zement, der im Bootsbau in den USA und England angewandt wird. Seit der Erfindung des Hatschek-Verfahrens (1900–1903) hat sich die Asbestfaser in zementgebundenen Werkstoffen in fast allen Baugebieten einen Marktanteil gesichert. Namhafte Wissenschaftler aus der Zementindustrie [2 und 3] und der Forschung [4 bis 6] haben sich in jüngster Zeit in Vorträgen und Veröffentlichungen mit dem Stand der Technik und Technologie faserbewehrten Betons auseinandergesetzt und wertvolle Erkenntnisse vermittelt. Auf dem Deutschen Betontag 1973 in Berlin war der Faserbeton Schwerpunktthema [7], ebenso auf der vorjährigen Rheologentagung [8]. Damals sagte man voraus, dass durch Glasfasern verstärkter Beton mit Zement als Bindemittel in einigen Jahren verschiedene Anwendungsbereiche in der Bautechnik – auch für tragende Bauteile und vor allem bei Flächentragwerken – erobern könnte.

Seit längerer Zeit arbeiten Forschungsgruppen der Portland-Zementwerke Heidelberg AG, Leimen, und der Pilkington Brothers Ltd., St. Helens, England, an der Entwicklung des Verbundbaustoffes Glasfaserbeton (GFB). Letzterer ist es als grösstem Glashersteller Englands erstmals gelungen, eine zementverträgliche Glasfaser zu entwickeln. Sie wird unter der Handelsbezeichnung *Cemfil* weltweit an etwa 65 im Lizenzverbund arbeitende Unternehmen vertrieben. Die Heidelberger

Tabelle 1. Einteilung des Glasfaserbetons (GFB) nach Rohdichte, Faseranordnung und Herstellverfahren

Rohdichte kg/m ³	Dämmstoff	200 bis 700
	leichter GFB	700 bis 1300
	schwerer GFB	1300 bis 2300
Faseranordnung	eindimensional	
	zweidimensional	
	dreidimensional	
Herstellverfahren	Einmischen	
	Einrieseln	
	Einlegen	
	Eintauchen	

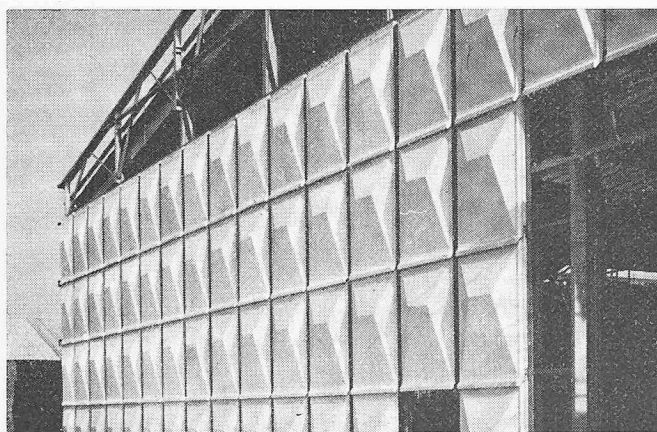
Portland-Zementwerke haben in den vergangenen Jahren Voraussetzungen für die Anwendung von Glasfasern in zementgebundenen Bauteilen geschaffen [2]. Nach Prof. Dr.-Ing. A. Meyer, dem Leiter der Forschungs- und Beratungsstelle der Portland-Zementwerke Heidelberg AG in Leimen, ist die *Cemfil- und GFB-Technologie* für die praktische Anwendung für zunächst nichttragende Bauteile schon genügend ausgereift. Es liegen heute viele Untersuchungsergebnisse und umfangreiche Erfahrungen in der praktischen Herstellung von Glasfaserbeton-Erzeugnissen und deren Anwendung vor. Von Heidelberg aus wird nun die Zusammenarbeit mit namhaften Unternehmen – vorrangig der Beton- und Fertigteilindustrie – in Deutschland, in der Schweiz und in Österreich angestrebt, um in die Weiterentwicklung vermehrt die Praxis miteinzuschliessen und Fehlschläge durch ungenügende Kenntnisse in der Technologie oder eine nicht sinnvolle Produktanwendung möglichst auszuschliessen.

Eigenschaften des Glasfaserbetons

Der Verbundwerkstoff Glasfaserbeton (GFB) besteht aus der Zement-Matrix und den Verstärkungsfasern und zeichnet sich durch hohe Zug- und Biegezugfestigkeit (Bild 1), hohe Schlagzähigkeit (Bild 2), grosse Bruchdehnung, geringe Reissneigung und Nichtbrennbarkeit aus. Durch den Verbund dieser beiden Werkstoffe lässt sich Glasfaserbeton mit verschiedenen Rohdichten herstellen, ebenso auch GFB mit gezielten Eigenschaften. Dabei können Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit gleich gross werden oder die Schlagzähigkeit den 20fachen Wert von Normalbeton erreichen. Versucht man gleich grosse Platten aus Normen-Zement, Asbestzement, Spanholz und Glasfaserbeton mit einem Fallgewicht durchzubrecheln, so verhalten sich die dafür erforderlichen Fallhöhen wie 1:5:6:45 (35 Längsrisse) wobei sich nur beim GFB der Bruch vorher ankündigt. Die Schlagzähigkeit und Bruchdehnung erreichen 5 bis 12 % (0,3 % bei Normalbeton); die Stahlbewehrung lässt sich dabei wegen des Auftretens weniger und nur kleiner Risse besser ausnutzen.

Voraussetzung für die Dauerhaftigkeit dieses Verbundsystems ist eine ausreichende mechanische und chemische Verträglichkeit beider Materialien. Der Haftverbund zwischen Glasfaser und Zementmatrix entsteht durch die Hydratations-

Bild 4. Fertigungshalle mit einer Aussenwandverkleidung aus vorgefertigten Glasfaserbeton-Fassadenplatten



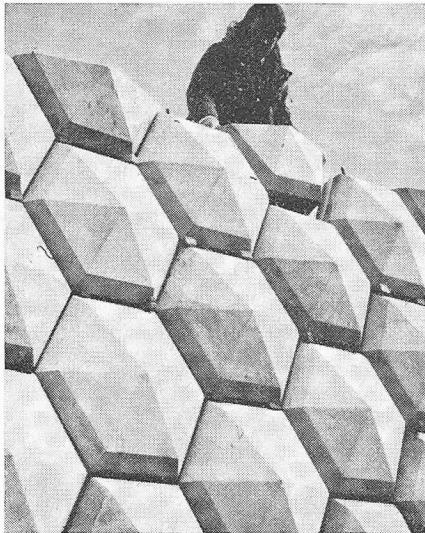


Bild 5, links. Verlorene Schalung aus vorgefertigten Glasfaserbetonteilen

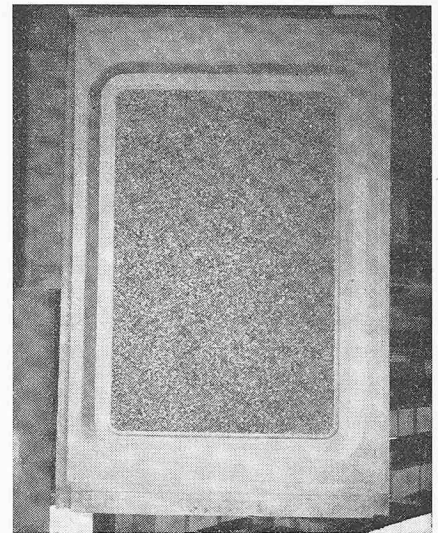


Bild 6, rechts. Vorgefertigte Fassadenplatte aus Glasfaserbeton mit Waschbeton-Vorsatzspiegel (80 kg), ausgeschalt nach 24 Stunden

produkte des Zements. Diese Hydratationsprodukte wachsen auf die Glasfasern auf. Da dieser Kontakt nur punkt- oder streckenweise hergestellt wird, erhält der Glasfaserbeton seine hohe Schlagzähigkeit. Die Ausnutzung der Faserzugfestigkeit wird durch diesen Verbund sichergestellt. Die Haftfestigkeit nimmt mit dem Alter zu. Die Schlagzähigkeit nimmt nach etwa fünf Jahren um 20 bis 30% ab. Die chemische Verträglichkeit ist durch die Verwendung der alkalibeständigen Cemfil-Faser gegeben.

Glasfaserbeton wird nach der Rohdichte, der Faseranordnung und dem Herstellverfahren (Bild 3) eingeteilt (Tab. 1). Beim Einmischen werden Glasfasern mit einer Länge bis 20mm verwendet. Dieser Glasfaserbeton mit einer annähernd dreidimensionalen Faserverteilung kann durch Pressen, Schleudern, Injizieren oder Extrudieren verformt werden. Das Einrieseln von geschnittener Glasseide bis 50mm Länge führt zu einer zweidimensionalen Verteilung der Glasfasern. Die Weiterverarbeitung kann durch Pressen, Saugen oder Schleudern geschehen, wobei allenfalls das Überschusswasser aus dem Glasfaserbeton entfernt werden kann. Das Einlegen, für das Glasfaserbündel, Gewebe, Matten oder Vliese verwendet werden, geschieht im Handauflegeverfahren, durch Ziehen oder Wickeln, ein- und zweidimensional. Das Eintauchen dient schliesslich der Herstellung von Dämmplatten mit niedriger Rohdichte. Die so hergestellten Glasfaserbetone haben unterschiedliche Eigenschaften (Tabelle 2). Einen Einblick in das Kostengefüge im Vergleich zu anderen Werkstoffen gibt Tab. 3.

Zusammensetzung, Herstellung und Verarbeitung

Glasfaserbeton mit Cemfil lässt sich sowohl nach Verfahren der Betonwaren- und -fertigteileindustrie (Zwangsmischer) als auch nach solchen aus dem Bereich der glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK) herstellen (Bild 3; Tab. 1, unten) und verarbeiten. Die beiden gebräuchlichsten Einbauarten für Cemfil-Fasern sind das Einmischen und das Einrieseln oder das Misch- und Spritzverfahren. Beim letzten ist der Wirkungsgrad hinsichtlich der Verteilung grösser als beim Mischen.

Glasfaserbeton ist ein mit Glasfasern bewehrter Normalbeton, der in der Regel aus normalem Portlandzement, Wasser, soweit erforderlich Zusatzmitteln und -stoffen, sowie Feinsand oder Kiessand als Zuschlag besteht. Hinzu kommt die Cemfil-Glasfaser, die je nach Verwendungszweck entweder als unendlicher Strang (Roving; 1mm² Querschnitt = 12000 Glasfasern von 12 bis 14 µ Durchmesser; 150 kp/mm²) oder als geschnittene Ware verwendet wird. Der Roving wird beispielsweise für das Einrieseln oder Spritzen (Zerkleinern des Stranges

in der Spritzdüse) und die geschnittene Faser für das Einmischen benötigt. Der Glasfaserbeton mit Cemfil kann in allen gebräuchlichen Konsistenzen – von fließfähig bis steif – hergestellt werden und ist damit den Erfordernissen der verschiedenen Verarbeitungsarten leicht anzupassen. Darüber hinaus ist es möglich, den Glasfaserbeton mit Cemfil auch als Leichtbeton herzustellen. Beim Verwenden als Isolierstoff können nach dem derzeitigen Stand der Technik Rohdichten bis zu 200 kg/m³ erreicht werden.

Aus der grossen Zahl von Herstellungsmöglichkeiten von Cemfil-Glasfaserbetonerzeugnissen sind das Giessen, Spritzen, Schleudern, Wickeln, Einlegen, Ziehen (Herstellen von ebenen

Tabelle 2. Eigenschaften von Glasfaserbeton

Lfd. Nr.	Herstell-Verfahren	Roh-dichte kg/m ³	Glas-faser Vol. %	Druck-festigk kp/cm ²	Biege-zugfest kp/cm ²	Biege-schlagz cm kp/cm ²	E-Modul kp/cm ²	Bruch-dehng. %
1	Einmischen	1200	1,5	150	100	2,0	50000	5
2		1700	1,5	350	160	2,5	120000	6
3	Einrieseln	1200	2,0	150	140	3,0	60000	8
4		1900	2,0	600	220	6,5	200000	9
5	Einlegen	2000	4,5	700	650	24	240000	13

Bild 7. Faltwerk aus Glasfaserbeton (GFB) mit 10 m Spannweite und nur 12 mm Wanddicke – wasserdicht

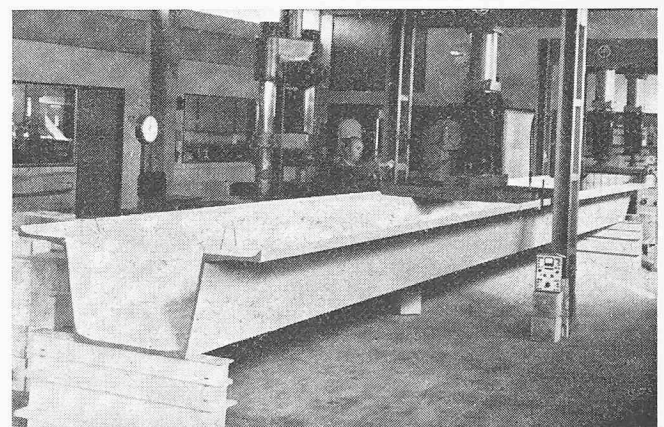


Tabelle 3. Preisvergleich zwischen Glasfaserbewehrung (Cemfil) mit anderen Betonbestandteilen (Preisstand: Anfang 1974)

Werkstoff	Bindemittel kg/m ³	Preis DM/m ³
Beton	350	60
Feinbeton	700	90
Zementinjektion	1400	130
Polyesterbeton gemagert	1000 300	4000 1200
Cemfil-Glasfasern	1 Vol.-% 2 Vol.-%	175 350
Asbest	10 Vol.-%	250
E-Glas	1 Vol.-%	90

oder geformten Teilen im Fließband), Extrudieren und das nachträgliche Verformen von noch «grünen» Glasfaserbetonfilzen zu nennen. Das Einlegen von Cemfil-Strängen im Profilziehverfahren – bekannt aus der Kunststoffindustrie – und damit Einbetten in die Zement-Matrix ergibt den grössten Wirkungsgrad hinsichtlich Ausnutzung der Glasfaser oder Verbessern der Betoneigenschaften. Aufwendige Verfahrensschritte, wie beispielsweise Entwässern durch Vakuumbehandlung [9] oder Pressen, sind in der Regel nicht erforderlich. Alle bisher üblichen Verfahren der Schnellerhärtung (z. B. Warmbehandlung) können in gleicher Weise wie beim Normalbeton angewandt werden. Die mögliche Anpassungsfähigkeit des Glasfaserbetons mit Cemfil, bezogen auf Konsistenz, Rohdichte, Festigkeit und Schlagzähigkeit, die einfache Formbarkeit und der gute Zusammenhalt der noch frischen Glasfaserbetonmassen erlauben auch das Herstellen stark geformter oder sehr dünner Bauteile. Glasfaserbeton mit Cemfil kann auch zusammen mit herkömmlicher Stahlbewehrung verwendet werden.

Anwendungen

Glasfaserbeton mit Cemfil bietet dem Konstrukteur neue Möglichkeiten und ist verhältnismässig einfach herzustellen. Er zeichnet sich durch günstige Materialeigenschaften und Wirtschaftlichkeit aus. Er wird deshalb auch in Bereiche vordringen, die bisher Kunststoffen, Holz und Stahl vorbehalten waren, zumal Glasfaserbeton nicht brennbar ist. Bei folgenden Anwendungsmöglichkeiten und Erzeugnissen bietet sich aufgrund des derzeitigen Erkenntnisstandes Glasfaserbeton mit Cemfil für die Fertigung besonders an:

- faserbewehrter Putz und Spritzputze und -beton (Tunnel, Schacht- und Bergbau für vorläufigen oder endgültigen Ausbau),
- Vorsatzschichten für Spannbeton, Stahlbeton, Sicht- und Weissbeton,
- Feuerschutzschichten als Vorsatzbeton und Platten, Fließmörtel für Instandsetzungen, Estriche und Montagefussböden,
- verlorene Schalung, wie Röhrenkörper, Platten (Bild 5) und Verdrängungskörper,
- leichte Fassadenplatten für Vorhangfassaden mit und ohne Dämmschichten (Bilder 5 und 6), Sandwichplatten – mit Styropor ohne Kleber haftend – für Decken und Wände,
- Dachsteine und Dachplatten,
- Faltwerke (Bild 7) und Schalen – auch in mehrschichtiger Bauweise,
- Aussen-, Innen- und Montagewände,
- Raumzellen, Nasszellen, Garagen,
- Fenster, Türen, Ornamentsteine,
- Öltanks, Silos, Schwimmbecken, Kläranlagen,
- Tübbings für den Tunnel- und Schachtausbau,
- Rohre für Lüftung, Ver- und Entsorgung, Kanäle,

- Maste, Pfähle, Paletten,
- Leichtbeton im Feuerungsbau, Verkehrsflächen,
- Boote und Schiffe.

Es wird jedoch werkstoffgerechtes Konstruieren vorausgesetzt, d. h. möglichst dünnwandige Konstruktionen, da der Werkstoff Cemfil noch teuer ist (vgl. Tabelle 3). Cemfil-Glasfaserbeton ist wasserdicht; deshalb die Anwendung im Boots- und Schiffsbau sowie für Bedachungen. Faltwerke daraus (Bild 8) benötigen keine zusätzliche Dachhaut oder Abdichtung.

Während der Fachtagung wurden Filme über Herstellungsverfahren und ausgeführte Bauteile gezeigt und in der Forschungsstelle Leimen einige Cemfil-Glasfaserbetonerzeugnisse vorgeführt, so u. a. gegossene mehrzügige Lüftungskanäle und Platten verschiedenster Art sowie im Spritzverfahren hergestellte verlorene Schalungskörper für Stützmauern (Bild 5) als Anwendung aus dem Strassenbau, Fassadenelemente in Sandwichbauweise mit Dämmschicht und Strukturoberfläche, leichte Fassadenelemente ohne Dämmschicht und mit vorge-setztem Waschbetonspiegel (Bild 6), die nur 80 kg wiegen und wobei durch Anfahren von Kraftfahrzeugen keine oder leicht zu behebbende Beschädigungen auftreten; ähnliche Vorteile ergeben sich beim Verwenden von Glasfaserbeton-Kanälen für Be- und Entlüftung in Parkhäusern und Tiefgaragen. Bemerkenswert war ein 10 m weit gespanntes Faltwerk mit nur 12 mm Wanddicke (Bild 7).

Für diese Anwendungen des anorganischen, nicht brennbaren, wartungsfreien neuen Werkstoffes liegen nun Erfahrungen von über fünf Jahren vor, auch sind entsprechende Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren praxisreif entwickelt, so dass mit der Fertigung hochwertiger, dünnwandiger Erzeugnisse auch in der Schweiz begonnen werden kann. Zum Vermeiden von Rückschlägen wird die alkalibeständige Cemfil-Glasfaser jedoch für die nächsten Jahre nur an Lizenzunternehmen abgegeben werden, die dann aber durch Informationsreisen nach England und anderen Ländern, Treffen zum technischen Gedankenaustausch, Auswertung von zur Verfügung gestellten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, einzuleitende Zulassungen besonderer Bauteile und Bauweisen mit Cemfil sowie an Institute vergebene Forschungsaufträge umfassend an der Cemfil- und Heidelberger GFB-Technologie teilhaben.

G. B.

Literatur

- [1] Justus Bonzel, Eberhard Siebel: Fließbeton und seine Anwendungsmöglichkeiten. «Beton», 1974, Nr. 1, S. 20–63, 13 B, 3 T, 4 Qu.
- [2] Adolf Meyer: Glasfaserbeton. «Betonwerk & Fertigteil-Technik», 1973, Nr. 9, S. 625–631, 14 B.
- [3] Gerd Wischers: Faserbewehrter Beton. «Beton», 1974, Nr. 3, S. 95–99, und Nr. 4, S. 137–141, 24 B, 1 T.
- [4] Gallus Rehm: GFK-Stäbe als Bewehrung. «Betonwerk & Fertigteil-Technik», 1973, Nr. 9, S. 631–634, 6 B.
- [4a] Gallus Rehm: Faserbewehrte Betone – Welche Probleme ergeben sich? «Betonwerk & Fertigteil-Technik», 1973, Nr. 9, S. 638–641, 19 Qu.
- [4b] Karl Komlos: Faserbewehrter Beton. «Tiefbau», 1973, Nr. 4, S. 369–396, 36 B, 28 T, 48 Qu.
- [5] W. Zerna: Stahlfaserbeton. «Betonwerk & Fertigteil-Technik», 1973, Nr. 9, S. 634–637, 6 B.
- [6] Karl Komlos: Concrete reinforced with steel micro-reinforcement. Structural mechanics in reactor Technology, Vortrag, 24. September 1972, Berlin.
- [7] Faserbewehrter Beton. «Schweiz. Bauzeitung», 92 (1974), H. 3, S. 42–44, 5 B, 3 T, 5 Qu.
- [8] Karl Komlos: Über die Verformungseigenschaften des faserbewehrten Betons im einachsigen Zug. Vortrag für die Deutsche Rheologen-Tagung 1973, Berlin.
- [9] G. Brux: Vacuum-Concrete-Verfahren und Anwendungsgebiete. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1966.