

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 60-61 (1992-1993)
Heft: 9

Artikel: Glasfaserbeton
Autor: Hermann, Kurt
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153772>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

CEMENTBULLETIN

SEPTEMBER 1992

JAHRGANG 60

NUMMER 9

Glasfaserbeton

Herstellung, Eigenschaften und Anwendungen von glasfaserverstärktem Beton.

Neben Stahl- und Kunststofffasern [1, 2] haben auch Glasfasern eine gewisse Bedeutung als Bewehrung von Beton. Ihr Einsatz beschränkt sich aber weitgehend auf die Vorfabrikation und ist viel schwieriger als die Verwendung von Kunststoff- und Stahlfasern. Wie wir sehen werden, ist die Herstellung dünner grossflächiger Teile – beispielsweise Fassadenelemente – eine der Hauptanwendungen glasfaserverstärkter Betone. Einen groben Vergleich zwischen wichtigen physikalischen Eigenschaften von glasfaserverstärktem und unverstärktem Beton ermöglicht *Tabelle 1* [3].

Herstellung und Eigenschaften von Glasfasern

Die hohe Alkalität der zementgebundenen Matrix bereitete anfänglich grosse Schwierigkeiten bei der Entwicklung von beständigen glasfaserverstärkten Betonen und Mörteln. Die bei Kunststoffen häufig verwendeten E-Fasern sind nämlich in der stark alkalischen zementgebundenen Matrix nicht stabil. Ein Durchbruch wurde erst möglich, als in den 70er Jahren die AR-Fasern auf den Markt kamen [4]. Diese Fasern, auf deren Anwendung wir uns hier beschränken wollen, sind unter basischen Bedingungen weitgehend stabil, wenn bei der Herstellung des Betons bestimmte Vorkehrungen getroffen werden.

Glasfasern werden hauptsächlich als Endlosstränge, sogenannte «Rovings», geliefert. Daneben sind aber auch Kurzfasern von 6, 12, 18 und 24 mm Länge sowie Gewebe und Vliese auf dem Markt. Kurzfasern werden oft aus Rovings geschnitten, was die Herstellung

2 beliebiger Faserlängen ermöglicht. Fasern, die länger als 50 mm sind, wirken sich negativ auf die Betonfestigkeit aus, denn sie können Schlaufen bilden und sind nur schwierig einzubringen; optimal sollen Längen um 35 mm sein [5].

Glasfasern werden aus der Schmelze gezogen. Mehrere hundert der entstehenden Filamente werden zu einem Spinnfaden zusammengefasst, und 10 bis 40 Spinnfäden ergeben ein Roving von etwa 1 mm Durchmesser. (Angaben über wichtige physikalische Eigenschaften von Glasfasern enthält *Tabelle 1* im «Cementbulletin» über Kunststoffaserbeton [2].)

Eine wesentliche Eigenschaft der Einzelfilamente besteht darin, dass sie in der Länge nicht aufgespalten werden können: Mit ihrem Durchmesser von 12 bis 20 μm (0,012 bis 0,020 mm) sind sie nicht gesundheitsschädlich, denn lungengängig sind nur Fasern mit einem Durchmesser von maximal 3 μm [4]. Diese kritische Grösse wird durch Asbestfasern (Durchmesser 0,1 μm und kleiner) deutlich unterschritten.

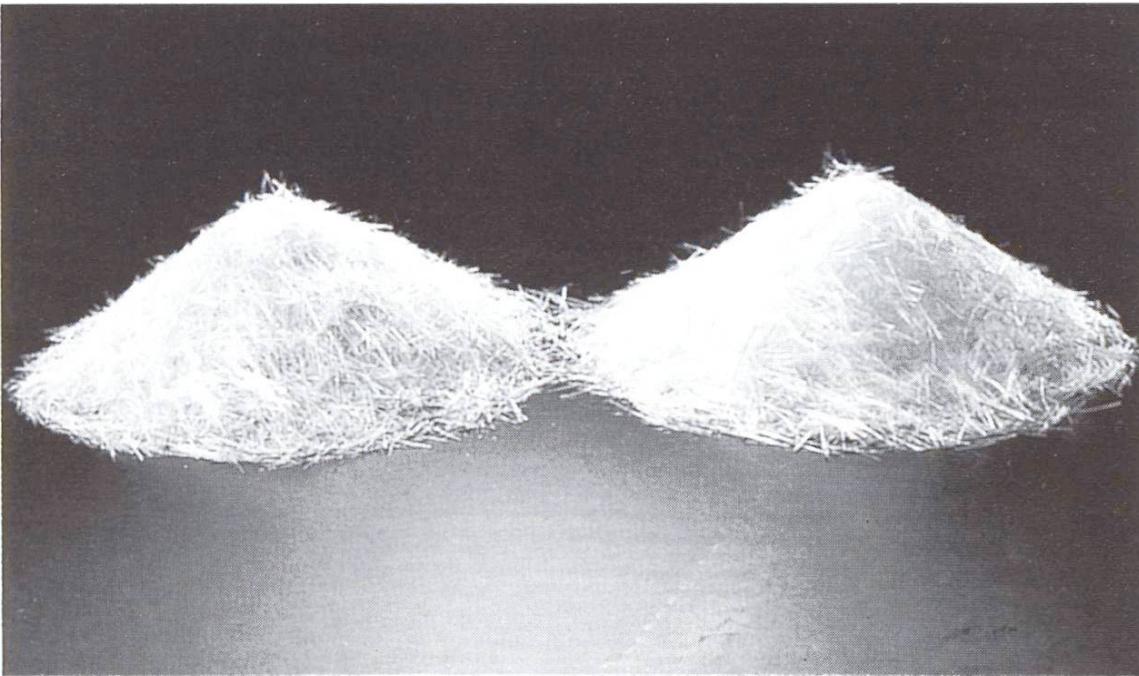
Herstellung von Glasfaserbeton

Wie bei den anderen Faserbetonarten ist auch bei Glasfaserbetonen die Matrix für die Eigenschaften von entscheidender Bedeutung. Das Grösstkorn des Zuschlags sollte 4 mm nicht übersteigen; der optimale Bereich liegt zwischen 1 und 2 mm. Wir haben es also nach SIA-Norm 162 mit Mörteln zu tun, obwohl meistens von Betonen gesprochen wird. Bewährt haben sich ein hoher Zementanteil von 600 bis 800 kg/m^3 (50 bis 100 % der Zuschlagmenge) sowie die Beigabe von Luftporenbildnern zur Verbesserung des Frostwiderstandes und der Verarbeitbarkeit. Auch Betonverflüssiger haben einen günstigen Einfluss auf die Eigenschaften der Produkte. Der W/Z-Wert sollte zwischen 0,35 und 0,50 liegen [5, 6].

Seit einigen Jahren ist man dazu übergegangen, den Portlandzement in Glasfaserbeton teilweise durch weniger alkalische Zusätze

<i>Eigenschaft</i>	<i>Veränderung gegenüber Nullbeton</i>
Bruchfestigkeit	+ 1000 %
Schlagwiderstand	+ 1000 %
Anreissfestigkeit	+ 50 bis 300 %
Durchbiegung	+ 100 bis 1 000 %
Dehnfähigkeit	+ 1000 bis 10 000 %
Druckfestigkeit	+ 200 bis 800 %
Biegezugfestigkeit	+ 50 bis 300 %
Zugfestigkeit	+ 300 bis 800 %

Tab. 1. Ungefähre Verbesserung der Eigenschaften von Glasfaserbeton im Vergleich zu Nullbeton [3].



Glasfasern, die sich beim Einmischen in die Matrix nicht vereinzeln (links) bzw. in die Einzelfilamente zerfallen (rechts).
(Fotos: StahlTon AG)

(zum Beispiel Flugasche oder gemahlene Hochofenschlacke) zu ersetzen, die Calciumhydroxid in der Matrix binden. Kunststoffdispersionen wie Polyacrylate scheinen das Langzeitverhalten von Glasfaserbeton ebenfalls zu verbessern [4, 6].

Glasfaserbeton eignet sich sowohl für die manuelle als auch für die industrielle Herstellung von Bauteilen. Das Einbringen der Fasern in die zementgebundene Matrix erfolgt durch Einmischen, Einspritzen, Eindrücken, Einlegen oder Eintauchen. Am stärksten verbreitet sind das Einmischen und das Einspritzen, bei denen sich nur Kurzfasern verwenden lassen. Auf die weiteren Verfahren, bei denen auch Gewebe und Vliese eingesetzt werden, wird hier nicht eingegangen. Homogene dreidimensionale Faserverteilungen, die bei dünnen Bauteilen in eine weitgehend zweidimensionale Faserverteilung übergehen, resultieren beim direkten *Einmischen* von Kurzfasern bis 25 mm Länge. Glasfasern sind empfindlich gegenüber mechanischen Beanspruchungen. Sie sollten deshalb erst am Ende des Mischvorgangs zum Feinbeton oder Mörtel gegeben und nicht länger als 30 Sekunden gemischt werden.

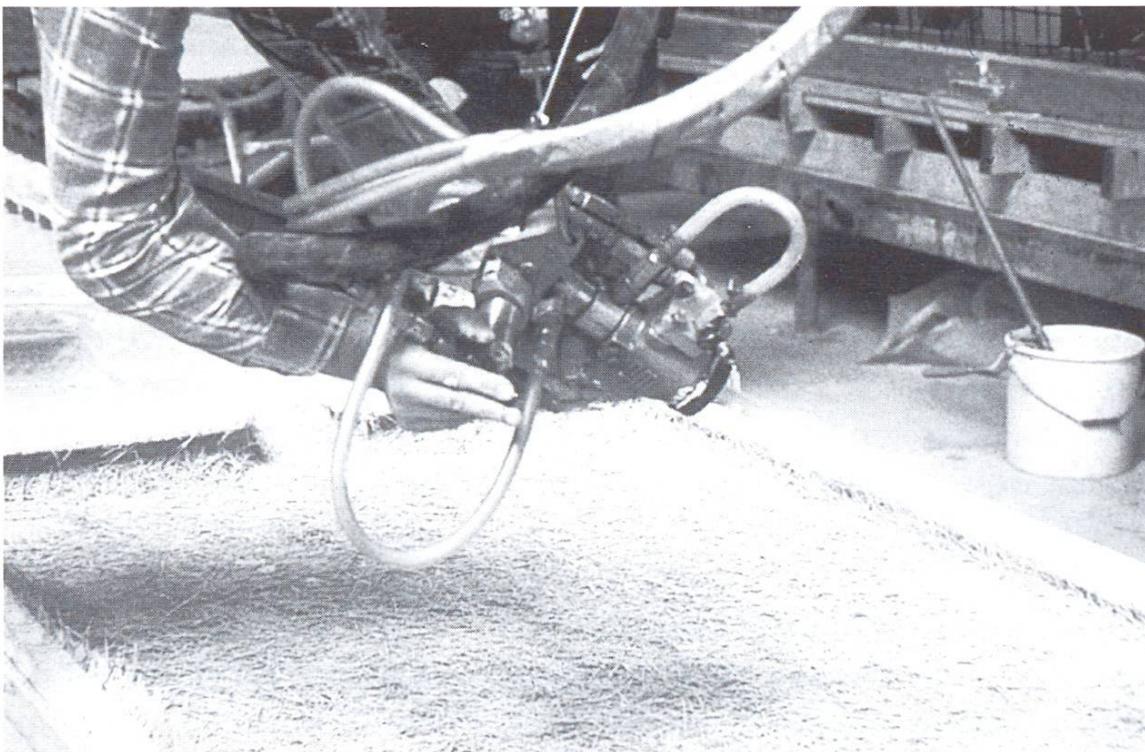
Als Mischaggregate haben sich Zwangsmischer mit gummibeschichteten Mischwerkzeugen zum Schutz der Fasern bewährt. Ein so hergestellter Beton, der in der Regel zwischen 0,4 und 3 Volumenprozent Fasern enthält, lässt sich wie Frischbeton fördern, pumpen, einbauen und verdichten. Allerdings machen die Fasern die Mischung steifer, denn sie müssen nicht nur benetzt werden, sie entziehen der Mischung zudem Wasser [6–8].

Beim *Einspritzen* werden mittels eines Schneidwerks aus Rovings Fasern bestimmter Länge geschnitten, die in den Matrixstrahl einge-

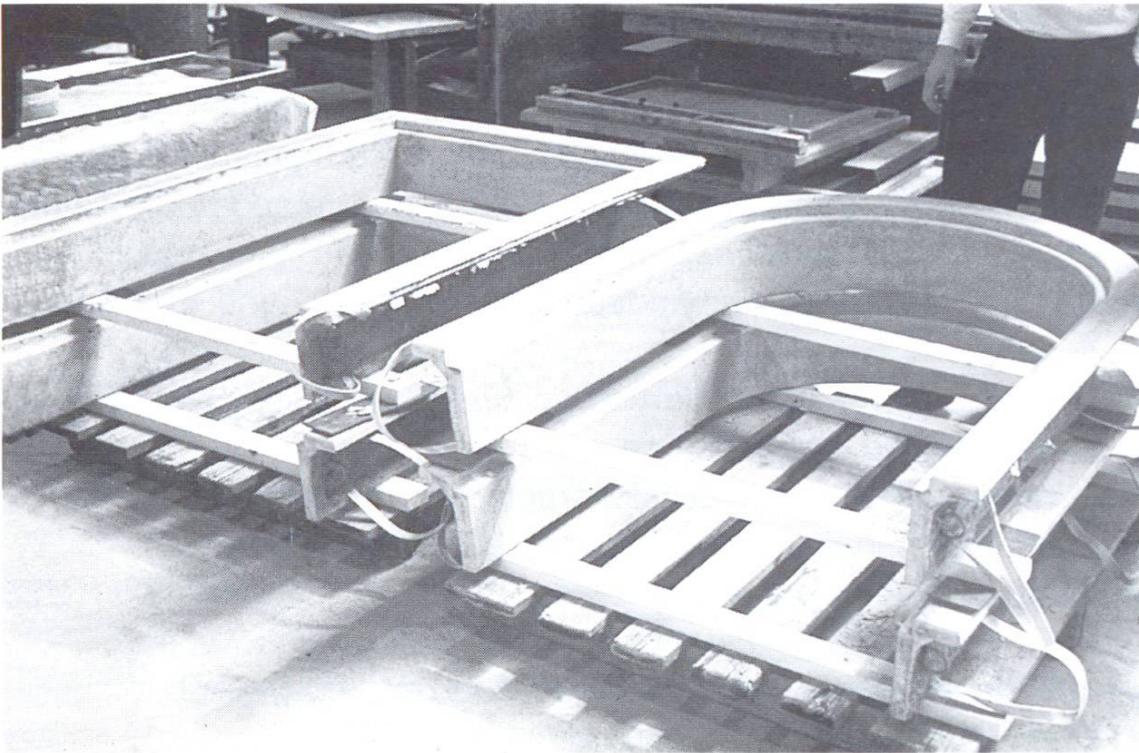
4 blasen werden, bevor dieser schichtweise auf der Unterlage bzw. Schalfläche aufgetragen wird. Beim Verdichten durch Walzen, Rütteln oder Pressen wird dort auch der Verbund zwischen Matrix und Fasern verbessert. Bis zu 6 Volumenprozent Glasfasern, die bis zu 50 mm lang sein können, lassen sich auf diese Weise in die Betonmatrix einbauen [6, 7]. Damit bei den immer dünnwandigen Glasfaserbetonteilen keine Festigkeitsverluste auftreten, ist eine gute Nachbehandlung unumgänglich [5].

Eigenschaften von Glasfaserbeton

Die Hydratationsprodukte des Zements wachsen in die Zwischenräume zwischen den glatten Glasspinnfäden und vermitteln dadurch eine ausreichende Haftung zwischen Fasern und Matrix. Die Fasern erhöhen die Zähigkeit der Matrix, indem sie das Öffnen von Rissen bremsen, Risse überbrücken und Rissufer miteinander verdübeln [8]. Die Langzeitbeständigkeit von Bauteilen aus Glasfaserbeton hängt unter anderem von den Umgebungsbedingungen ab. Wenn keine Feuchtigkeitsbelastung vorlag, blieben Biegezugfestigkeiten, Schlagzähigkeiten und Bruchdehnungen während Jahrzehnten unverändert. Bei Teilen, die teilweise oder dauernd in feuchter Umgebung waren, wurde dagegen eine Verschlechterung der genannten physikalischen Eigenschaften festgestellt, und die ursprünglich hohe Duktilität nahm mehr oder weniger stark ab. Mit der Einführung von weniger stark alkalischen Matrices – ein Teil des Portlandzements wird durch puzzolanische Stoffe ersetzt – sind diese nachteiligen Folgen aber weitgehend behoben worden [4].



Verarbeitung von Glasfaserbeton nach dem Spritzverfahren.



Normbetonteile sind neben Fassadenelementen die wohl wichtigste Anwendung von Glasfaserbeton in der Schweiz.

Typische Kennwerte für Glasfaserbetone – ermittelt nach 28 Tagen – sind [7]:

- Biegezugfestigkeit 25 N/mm^2
- Zugfestigkeit 12 N/mm^2
- Druckfestigkeit 50 N/mm^2
- Bruchdehnung $0,8 \%$.

Glasfaserbetone verfügen über eine ausreichende Frostbeständigkeit [8] und ein gutes Brandverhalten, das heisst sie sind nicht brennbar (Brandkennziffer VI.3 [9]).

Anwendungen von Glasfaserbeton

Die Hauptvorteile von Glasfaserbetonen bzw. Glasfasermörteln gegenüber konventionellen Betonen bzw. Mörteln bestehen in der Beschränkung der Rissbreiten im jungen und erhärteten Beton sowie der hohen Schlagzähigkeit, Bruchdehnung, Zug- und Biegezugfestigkeit. Die Anwendungen sind jedoch wegen des relativ hohen Faserpreises [10] auf dünnwandige Bauteile und Fälle beschränkt, in denen unverstärkter Beton die gestellten Anforderungen nicht erfüllen kann [7]. Beinahe alle Produkte, für die früher Asbestzement verwendet wurde, können auch mit Glasfaserbeton hergestellt werden [5].

Die Bedeutung des Werkstoffs lässt sich daraus ersehen, dass ihn gegenwärtig mehr als 300 Produzenten in etwa 40 Ländern einset-

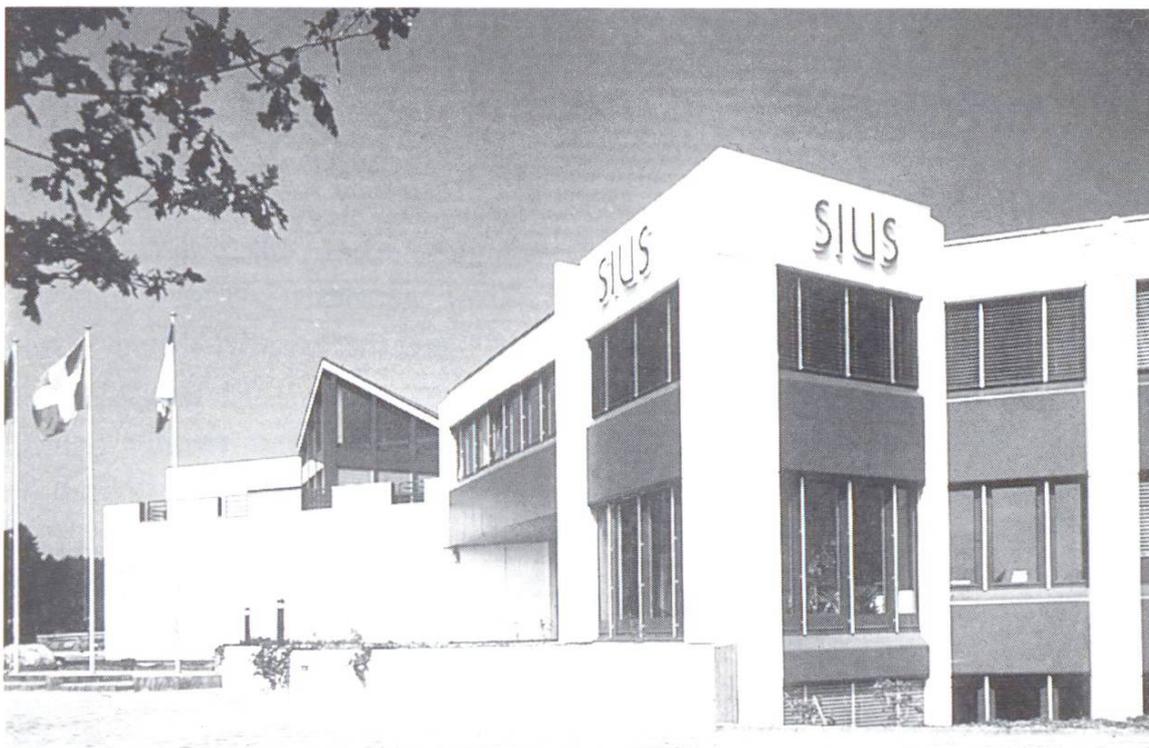
6 zen. Die produzierten Bauteile lassen sich in zwei Gruppen unterteilen [9]:

- Bauteile, bei denen die Tragsicherheit für die Funktion wesentlich ist. Sie sind während der gesamten Nutzungsdauer äusseren Einwirkungen ausgesetzt und würden beim Versagen Menschen und Umwelt gefährden. Beispiele hierfür sind Dacheindeckungen (Wellplatten) sowie Gebäudefassaden (Platten- und Elementfassaden).
- Bauteile, deren Tragsicherheit sekundär ist, beispielsweise Fensterbänke und Pflanzentröge.

Alle Anwendungen von Glasfaserbetonen aufzuzählen, würde zu weit führen. Deshalb nur noch einige weitere Beispiele [7]:

- dünnwandige Bauteile wie Platten, Schalen, Falwerke und Rohre mit beschränkter Zugbeanspruchung
- integrierte Schalungen für Wände, Stützen und Decken mit beliebigen Oberflächenstrukturen
- dynamisch beanspruchte Konstruktionen wie Maschinenfundamente oder Meeresbauten (Ausnützung der grossen Zähigkeit des Glasfaserbetons)
- Ummantelungen und Auskleidungen von Kunststoff- und Stahlrohren sowie Ummantelungen von Stahlkonstruktionen zur Erhöhung des Brandschutzes.

Eine interessante Anwendung von Glasfaserbeton ist die Herstellung grossflächiger, dünnwandiger Fassadenelemente nach dem sogenannten «Stud-Frame-Verfahren», das auch eine beträchtliche



Gebäude mit «Stud-Frame»-Fassadenelementen.

Anwendung	Stahl- fasern	Kunststoff- fasern	Glas- fasern
Fahrbahnen	++	+	
Brückenbeläge	++		
Industriefussböden			
stark beansprucht	+++		
wenig beansprucht	+	++	
Estriche (Unterlagsböden)		++	
Schutzbeton (Böschungen, auf Isolationen usw.)		++	
Ramm- und Bohrpfähle	++	+	
Leichte, dünne grossflächige Teile			
Fassadenplatten		+	+++
Schalen		+	+++
Faltwerke			++
Vorfabrizierte dünnwandige Fertigteile	+	+	+++
Explosionsgefährdete Bauteile	++	+	++
Feuerfeste Betonteile	+	++	+
Betonteile in aggressiven Medien		+	
Rohre	+		+
Spritzbeton			
Tunnel- und Stollenauskleidungen	+++	+	
Reprofilierungen	+	+	
Verputze, Überzüge		++	+
Schutzmörtel	+	++	
Reparaturmörtel	+	+	+
Ersatz von Asbestfasern		++	+++

Tab. 2. Beispiele für die Anwendung von Fasern (+ = mögliche Anwendung, ++ = wichtige Anwendung, +++ = sehr wichtige Anwendung).

Gewichtsreduktion mit sich bringt: Mit dem Spritzverfahren werden bis zu 20 m² grosse Betonschalen produziert, die über Stahlrahmen mit dem Gebäude verbunden werden. Derartige Platten sind wegen der hohen Duktilität des Materials besonders in Erdbebengebieten stark verbreitet [7].

In glasfaserverstärkten, kunststoffmodifizierten Zementmörteln, die für Instandsetzungsarbeiten bei Beton und zur Abdichtung von Bauwerken eingesetzt werden, verbessern die Fasern die Standfestigkeit beim Arbeiten an senkrechten Flächen und über Kopf. Derartige Mörtel weisen weniger Schrumpf- und Schwindrisse als herkömmlicher Mörtel auf.

Stahl-, Kunststoff- oder Glasfasern?

Nachdem Faserbetone zusammenfassend [10] und in Einzelartikeln über Stahlfaserbeton [1], Kunststofffaserbeton [2] und Glasfaserbeton im «Cementbulletin» behandelt worden sind, erhebt sich die

8 Frage, welche Faserart sich für eine bestimmte Anwendung am besten eignet. Die Beantwortung dieser Frage fällt nicht leicht, denn viele Faktoren sind dabei zu berücksichtigen. Ein Versuch soll trotzdem gemacht werden, und zwar in Form einer tabellarischen Zusammenstellung (*Tabelle 2*).

Eine derartige Tabelle kann selbstverständlich nur grobe Hinweise geben. Unerfahrene Anwender sollten sich bei Faserherstellern bzw. deren Vertretungen informieren.

Kurt Hermann

Literatur

- [1] *Hermann, K.*, «Stahlfaserbeton», *Cementbulletin* **60** [7] (1992).
- [2] *Hermann, K.*, «Kunststoffaserbeton», *Cementbulletin* **60** [8] (1992).
- [3] *Schrader, E.K.*, «Fibre Reinforced Concrete», *International Commission on Large Dams Bulletin* **40a** (1988).
- [4] *Meyer, A.*, «Konstruktions- und Bemessungsregeln für Glasfaserbeton», *Betonwerk und Fertigteil-Technik* **56** [12], 49–53 (1990).
- [5] *Pachov, U.*, «Eigenschaften von Glasfaserbeton», Referat Nr. III, Darmstädter Massivbau-Seminar, Band 3 (1990).
- [6] *Halm, J.*, «Ausgangsstoffe, Herstellverfahren und Eigenschaften von Glasfaserbeton», Unterlagen zum Wildegger Kurs Nr. 23, «Faserbeton», vom 27. Februar 1992.
- [7] *Meyer, A.*, «Glasfaserbeton – Baustoff mit Zukunft», *Beton* **41** [6], 277–281 (1991).
- [8] *Weigler, H.*, und *Sieghart, K.*, «Beton: Arten – Herstellung – Eigenschaften», Verlag Ernst & Sohn, Berlin (1989), Seiten 483–506.
- [9] *Curiger, P.*, «Bemessung von Glasfaserbetonbauteilen», Unterlagen zum Wildegger Kurs Nr. 23, «Faserbeton», vom 27. Februar 1992.
- [10] *Meyer, B.*, «Faserbeton», *Cementbulletin* **59** [22] (1991).

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE

Postfach
Lindenstrasse 10

5103 Wildegg

Telefon 064 57 72 72
Telefax 064 53 16 27