Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 58-59 (1990-1991)
Heft: 22

Artikel: Faserbeton
Autor: Meyer, Bruno
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153761

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: 09.07.2025

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

CEMENTBULLETIN

OKTOBER 1991 JAHRGANG 59 NUMMER 22

Faserbeton

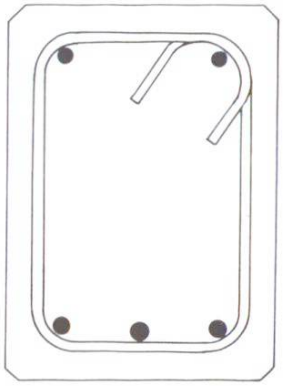
Unterschied zu bewehrtem Beton. Eigenschaften im Überblick.

Faserbeton ist ein Baustoff, der aus Zuschlag und aus faserbewehrtem Zementstein besteht. Als Verbundwerkstoff weist er höhere Werte für Zugfestigkeit, Verformbarkeit und Schlagfestigkeit auf. Er wird nach den Regeln der Betontechnologie hergestellt und im Betonbau oder für industriell gefertigte Produkte verwendet. Je nach Faserart und Verfahrenstechnik erhält man verschiedene Werkstoffe, die hier im Überblick erläutert seien.

Unterschied zu bewehrtem Beton

Beton kann man auffassen als System aus den zwei Stoffen Zuschlag und Zementstein. Der Zementstein umhüllt die Körner des Zuschlags. Er ist zusammenhängend und wird deshalb als Matrix bezeichnet. Im frischen Zustand wird er Zementleim genannt. Er besteht aus Zement, Wasser und eventuellen Zusätzen, die zwecks Verbesserung der Verarbeitbarkeit und der Festbetoneigenschaften der Mischung beigegeben werden. Der Zuschlag ist in der Regel ein Kiessand, dessen Feinstanteile beim Durchmischen zu einem Teil der Matrix werden können.

Sowohl Zuschlag wie auch Zementstein haben im Vergleich zur Druckfestigkeit nur eine geringe Zugfestigkeit. Sie sind spröde, d.h., sie versagen ohne vorherige plastische Verformung. Entsprechend gering sind ihre Bruchdehnung, Zähigkeit und Schlagfestigkeit. Dasselbe gilt für den resultierenden Baustoff Beton. Wo dies ein technischer Nachteil ist, kann man mit geeigneten Bewehrungen arbeiten. Bewehrt man den Zementstein, so verwendet man Fasern mit einem



Bewehrter Beton Querschnitt 1:10	**Faserbeton** Ausschnitt 1:1
Bewehrung des Betons mit Betonstahl in Form von Stäben (ø 6–32 mm, teils bearbeitet) oder Netzen und evtl. mit Spannstahl	Bewehrung des Zementsteins mit Fasern, ø 0,01–1 mm – kurz (geschnitten) oder – lang (unendlich)
Verteilung des Beton- bzw. Spannstahls – gemäss Kraftverlauf – vorab bei Zug und Schub – selten bei Druck – wo Risse im Beton erwartet werden	Verteilung der Fasern – homogen (d.h. gleichmässig) – dreidimensional ausgerichtet (je nach Verfahren auch nur zwei- oder eindimensional)
Nachweis der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit mit Hilfe von Beton und Bewehrung	Fasern gelten im Sinne von Norm SIA 162 nicht als Bewehrung. Nachweis der Tragsicherheit an unbewehrtem Beton
Anordnung mit separatem Bewehrungsplan	Anordnung mit Dosierungsvorschrift im Schalungsplan

Abb. 1 Unterschied von bewehrtem Beton und Faserbeton. Im Betonbau versteht man unter Bewehrung nur Beton- und Spannstahl [1]. Beim gegenwärtigen Stand der Technik scheint es unwahrscheinlich, dass im Konstruktionsbeton die tragenden Zug- und Schubkräfte mit Fasern aufgenommen werden können.

Durchmesser von der Dicke des Zementsteins und erhält Faserbeton. Bewehrt man Beton, so handelt es sich um eine andere Grössenordnung. Man verwendet Betonstahl, dessen Stabdurchmesser in etwa dem Korndurchmesser des Zuschlags entspricht, und erhält Stahlbeton. Die Unterschiede sind in Abb. 1 dargestellt. Hergestellt werden kann Faserbeton auch mit Leicht- oder Schwerzuschlag.

Fasermaterial und Dosierung:

Die zementgebundene Matrix, wie sie beim Baustoff Beton vorliegt, hat die Vorteile hoher Druckfestigkeit und Dauerhaftigkeit sowie einfacher und preisgünstiger Herstellung. Infolge Schwindens bei Austrocknen und Karbonatisieren neigt sie aber zur Rissbildung. Damit nun eine Faserbewehrung wirksam wird, müssen die Fasern

hochfest, gut haftend, ausreichend lang und zementverträglich (alkalibeständig) sein. Sie sollten einen kleinen Durchmesser haben, duktil sein und einen grösseren E-Modul aufweisen als die Matrix.
Als Fasermaterialien für Beton wurden bisher Glas, Stahl, Kunststoff und Kohlenstoff verwendet. Sie haben sehr unterschiedliche Eigenschaften und müssen deshalb zweckentsprechend ausgesucht werden (siehe z.B. in [2]). Das wohl bekannteste Fasermaterial ist Asbest, wie es im Faserzement verwendet wurde. Faserzement ist die Bezeichnung für eine Matrix ohne Zuschlag, gilt also nicht als Faserbeton. Er wird heute hauptsächlich mit organischen Fasern aus Kunststoff und Cellulose fabriziert.
Die Fasern werden als Kurz- oder Langfasern hergestellt und verarbeitet. Kurzfasern sind abgelängt (z.B. zerhackt, geschnitten, gebündelt), während Langfasern unendlich lang sind (z.B. auf Spulen). Für einen Faserbeton, der mit üblicher Mischtechnik hergestellt wird, sind nur Kurzfasern geeignet. Massgebend für die Kraftübertragung zwischen Matrix und Faser ist eine ausreichende Haftlänge. Daraus ergibt sich die *kritische Faserlänge* als jene Grösse, bei der die Zugfestigkeit der Faser erreicht wird, bevor die Faser aus der Matrix herausgezogen wird. Übliche Kurzfasern aus Kunststoff oder Stahl erreichen diese Länge nicht. In diesen Fällen werden also die Fasern nicht bis zum Bruch beansprucht, sondern langsam aus der Matrix herausgezogen.
Der Fasergehalt wird in Vol.-% angegeben. Man bezieht dabei das Faservolumen auf das gesamte Betonvolumen, d.h. auf Matrix plus Zuschlag. Bei Dosiervergleichen ist deshalb auch das Verhältnis Zuschlag/Matrix zu beachten. Einen Anhaltspunkt gibt z.B. die Rohdichte. Sie steigt mit zunehmendem Anteil an Zuschlag. Als *kritischen Fasergehalt* bezeichnet man jenen minimalen Anteil in Vol.-%, der bei Zugbeanspruchung noch ausreicht, damit die Zugkräfte nach dem Reissen der Matrix von den Fasern übernommen werden. (Der Begriff der Mindestbewehrung im Stahlbeton). Bei Kurzfasern nimmt der kritische Fasergehalt zu, wenn die Fasern kürzer sind als die kritische Faserlänge und wenn sie mehrdimensional verteilt sind.
Die Dosierungen unterscheiden sich je nach Fasermaterial. Abb. 2 zeigt die zugehörigen Arbeitsbereiche für Glas, Stahl, Kunststoff und Naturfaser. Die meisten Betoneigenschaften werden mit steigendem Fasergehalt verbessert. Die maximale Dosierung hängt von der Verfahrenstechnik ab, d.h. von der Bedingung, dass sich die Fasern gut einmischen lassen und dass der Frischbeton noch vollständig verdichtet werden kann.
Aufschlussreich für technische Anwendungen von Faserbeton ist auch die Wirtschaftlichkeit. Obwohl Preise je nach Marktlage stark schwanken, geben bereits die approximativen Materialkosten einen

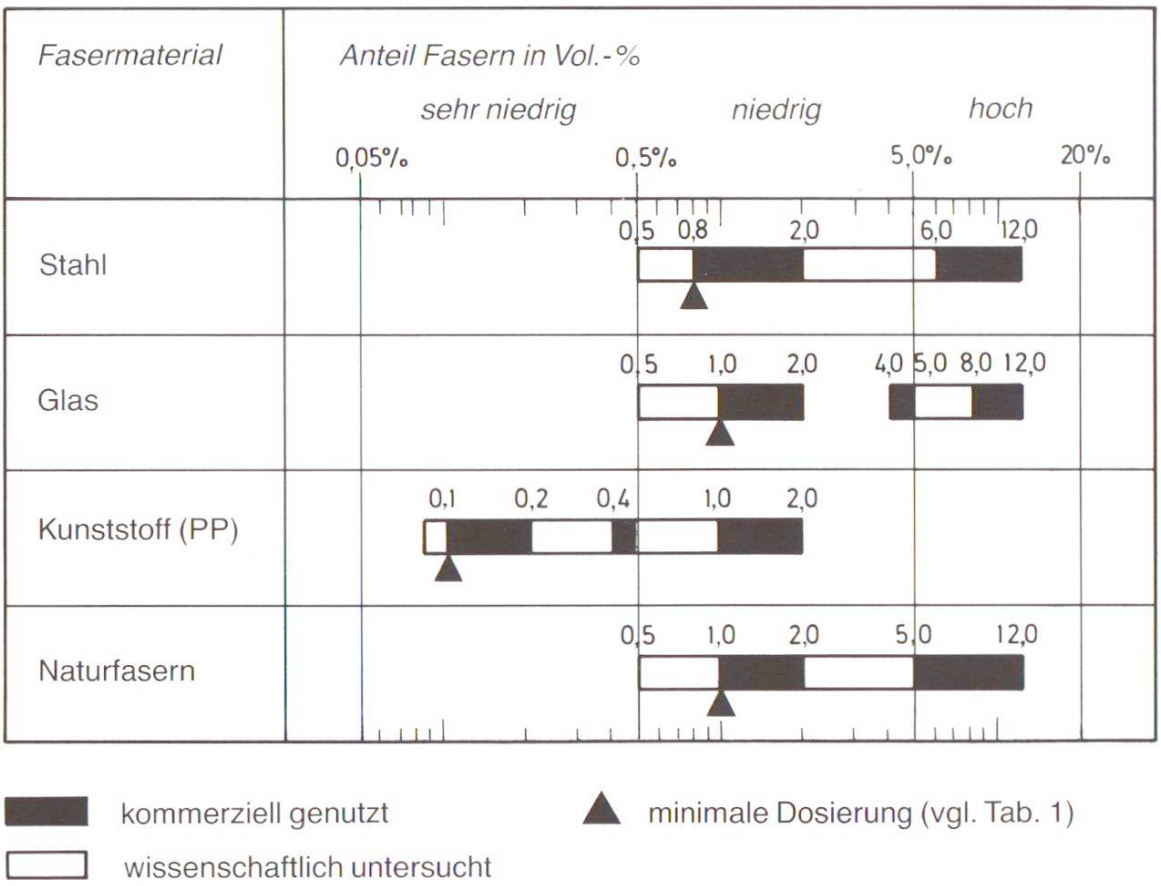


Abb. 2 Technische Arbeitsbereiche mit verschiedenen Fasern, gemessen am Gehalt im fertigen Produkt (in Vol.-%). Darstellung im logarithmischen Massstab gemäss [3].

Anhaltspunkt zur Beurteilung der Faserarten. Tab. 1 zeigt die Grössenordnungen. Die Faserbewehrung ist oft um ein Vielfaches teurer als die Matrix (Zement und Wasser kosten bei 300 kg PC/m^3 etwa Fr. 40.–/m^3 Beton). Fasern werden also nur angeordnet, wo es keine günstigeren technischen Möglichkeiten gibt.

Mechanische Eigenschaften von Faserbeton

Jene Eigenschaften von Faserbeton, die primär von der zementgebundenen Matrix abhängen, zeigen nur geringe Abweichungen gegenüber Nullbeton. Dies gilt vorab für die Druckfestigkeit, aber auch für Schwinden und Kriechen, E-Modul, Wasserdichtigkeit, Temperaturdehnung und Wärmeleitfähigkeit. Ein wesentlich anderes Verhalten zeigt Faserbeton bei Beanspruchung auf Bruch.
Bei Druck sind Bruchspannung und -dehnung etwas höher als bei Nullbeton. Bei zentrischem Zug kann die Bruchspannung je nach Fasergehalt etwa auf das Dreifache ansteigen, sofern der kritische Fasergehalt eingehalten ist. Technisch entscheidend ist aber die grössere Bruchdehnung. Sie steigt von 0,2‰ (unbewehrt) auf 4–8‰ (faserbewehrt) an, vgl. [2]. Dadurch ergibt sich ein duktiles Bruchverhalten, d.h. es zeigen sich grosse Verformungen, bevor es zum Bruch kommt, was besonders bei Biegung vorteilhaft ist. Weil eine

5 **Tab. 1 Kostenvergleich für verschiedene Fasern bei minimaler Dosierung**

Fasermaterial	ϱ kg/m³	*minimale Dosierung in Beton* Vol.-%	kg/m³	*Einheitspreis* Fr./kg	*Kosten je m³ Beton* Fr.
Stahl	7860	0,8	63	2.–	126.–
Glas	2700	1,0	27	9.–	243.–
Kunststoff (PP)	910	0,1	1	16.–	16.–
Naturfasern	1030	1,0	10	4.–	40.–

Die Preise sind marktabhängig. Sie dienen hier nur als Grössenordnung zum Vergleich der einzelnen Faserarten. Nicht aufgeführt sind Fasern aus Kohlenstoff, sie sind erheblich teurer.

grosse Bruchdehnung auch eine höhere Bruchenergie benötigt, sind Faserbetone besonders zäh. Selbst wenn die Bewehrung den kritischen Fasergehalt nicht erreicht und die Zugfestigkeit der Matrix kaum erhöht wird, kann die Zähigkeit bereits vervielfacht werden. Entsprechend höher ist die Schlagfestigkeit.
Technisch genutzt wird dieses veränderte Bruchverhalten auch im Mikrobereich, indem man Faserbewehrung als Mittel gegen Rissbildung und -ausbreitung anwendet. Bei der Betonherstellung ist der junge Beton mit Zugspannungen infolge von Schwinden, Austrocknen und Temperaturdifferenzen beansprucht. Gleichzeitig entwickelt er eine Zugfestigkeit. Wenn in diesen ersten Stunden die Spannungszunahme grösser ist als die Festigkeitszunahme, wird die Matrix reissen. Der E-Modul des Betons ist dann aber noch so gering, dass auch Fasern mit einem kleinen E-Modul die Rissbreiten bereits beschränken können. Man beachte aber, dass das Schwinden mit Fasern nicht zu verhindern ist.

Herstellung und Anwendungsmöglichkeiten

Je nach Produkt, Fasermaterial und Dosierung werden sehr verschiedene Verfahren angewendet [2]. Man unterscheidet: Einmischen, Einrieseln, Einspritzen, Einlegen, Eintauchen, Eindrücken, Wickeln. In der Praxis spricht man deshalb von Glasfaserbeton, Stahlfaserbeton und von Beton, der mit Kunststoffasern verstärkt ist. Eine Besonderheit ist zudem der Stahlfaserspritzbeton. Weil es sich um einen zementgebundenen Baustoff handelt, sind in allen Fällen die Regeln der Betontechnik unverändert gültig (gleichmässige Qualität von Ausgangsmaterial und Herstellung, gute Verarbeitbarkeit und Nachbehandlung). Faserbewehrung ist kein Mittel, um eine dieser Regeln zu umgehen. Für Baustellen von Bedeutung ist das

Einmischen. Die übrigen Verfahren werden bei stationärer Produktion in der Baustoffindustrie angewendet.

Beim Einmischen gibt man Kurzfasern in das Trockengemisch oder in die frisch angemachte Mischung. In der Regel sind weiche Mischungen nötig, um eine homogene Verteilung der Fasern zu erreichen. Die Mischung wird aber etwas steifer, weil auch die Fasern benetzt werden müssen. Deshalb braucht es Erfahrung beim Mischungsentwurf und im Umgang mit dem Mischer. Es ist möglich, einen Bauteil auch nur lokal mit Fasern zu bewehren.

Faserbeton hat überall dort eine Anwendungsmöglichkeit, wo seine besonderen mechanischen Eigenschaften von Vorteil sind. Dies ist der Fall bei Konstruktionsbeton (Beschränken der Schwindrisse), bei Betonbelägen (Bemessen auf Biegezug), bei Bodenbelägen (Unterlags- und Industriefussböden), bei Verputzen, in der Vorfabrikation (Herstellen dünnwandiger Elemente oder verlorener Schalungen, Vermeiden von Kantenschäden), im Tunnelbau (Bewehrung von Spritzbetonschichten), bei Rohren und Rohrverkleidungen, bei Stahlkonstruktionen (Verkleidungen als Brandschutz) und bei dynamisch beanspruchten Bauteilen (Maschinenfundamente). Faserbewehrung ist eine zusätzliche Betonkomponente, deren Mehraufwand sich dort auszahlt, wo entsprechende Anforderungen gestellt werden.

Bruno Meyer

Literatur

[1] Um Beton in Deutschland gemäss DIN 1045 herzustellen, werden Fasern aus Gründen der bauaufsichtlichen Zulassung als Zusatzstoffe betrachtet.

[2] *Meyer, A.* (1979): Faserbeton. In: Zement-Taschenbuch, 47. Ausg., Wiesbaden-Berlin: Bauverlag, S. 453–477

[3] *Zollo, R.F.* (1985): Glass, Natural and Synthetic Fiber Uses in Fibrous Concrete. Seminar on Design with FRC. ACI Fall Convention. P. 148–161

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