

Kunststoffaserbeton

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **60-61 (1992-1993)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153771>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

CEMENTBULLETIN

AUGUST 1992

JAHRGANG 60

NUMMER 8

Kunststofffaserbeton

Herstellungsverfahren, Eigenschaften und Anwendungen von kunststofffaserverstärktem Beton.

Nachdem im «Cementbulletin» bereits über die Faserverstärkung von Beton im allgemeinen [1] und über Stahlfaserbeton im besonderen [2] berichtet worden ist, wenden wir uns jetzt dem Kunststofffaserbeton zu. Ein Blick auf die physikalischen Unterschiede zwischen Kunststoff- und Stahlfasern (*Tabelle 1*) lässt vermuten, dass sich auch die Anwendungen dieser Fasertypen beträchtlich unterscheiden. Dies trifft zu.

Kunststofffaserbeton wird vor allem dann eingesetzt, wenn die Bildung von Schwindrissen möglichst weitgehend unterbunden werden soll sowie eine bessere Frühstand- und eine erhöhte Schlagfestigkeit im Vergleich zu unbewehrtem Beton gefordert werden.

Eigenschaften von Kunststoffasern

Damit Kunststoffasern überhaupt als Bewehrung in Beton oder Mörtel eingesetzt werden können, müssen sie alkalibeständig sein. Polyester- und Polyarylamidfasern, die diese Bedingung nur ungenügend erfüllen, sind deshalb von vornherein nur beschränkt verwendbar und werden nicht besprochen.

Polypropylenfasern nehmen unter den für die Verstärkung von Beton und Mörtel eingesetzten Kunststoffasern eine dominierende Stellung ein. Ein Grund dafür ist neben der guten Alkalibeständigkeit sicher ihr niedriger Preis. Sie werden hauptsächlich als sogenannte «Fibrillate» eingesetzt, die bei mechanischer Beanspruchung in einzelne Fasern zerfallen. Diese geben einen guten Verbund mit der Betonmatrix, besser als glatte extrudierte Fasern (Filamente) [3,4].



Fibrillierte Polypropylenfasern in Lieferform (unten links) sowie zwei unterschiedlichen Stadien der Vereinzelung.

(Fotos: T. Steiner)

Polyacrylnitrilfasern mit nierenförmigem Querschnitt und fein strukturierter Oberfläche wurden ursprünglich Anfang der 80er Jahre als Asbestersatz im Faserzementsektor entwickelt. Etwas später folgten neue Fasertypen mit Durchmessern zwischen 13 und $104\ \mu\text{m}$ ($0,013$ bzw. $0,104\ \text{mm}$) und Längen zwischen 20 und $60\ \text{mm}$. Für die Bewehrung von Beton und Mörtel scheinen sich Fasern mit Durchmessern ab $50\ \mu\text{m}$ und 6 bis $24\ \text{mm}$ Länge am besten zu bewähren. Mit 16 bis $19\ \text{kN/mm}^2$ ist ihr Elastizitätsmodul etwa die Hälfte von demjenigen von Mörtel und Beton, während die Bruchdehnung (10%) wesentlich grösser als diejenige von Stahlfasern (3 – 4%) ist [3, 5].

Polyvinylalkoholfasern weisen dank eines speziellen Herstellungsprozesses günstige Verformungs- und Festigkeitseigenschaften und eine starke Bindung im Beton auf. Wie Polyacrylnitrilfasern werden sie zusammen mit anderen Fasern in der Industrie für die Herstellung von Asbestersatzprodukten eingesetzt [3, 6].

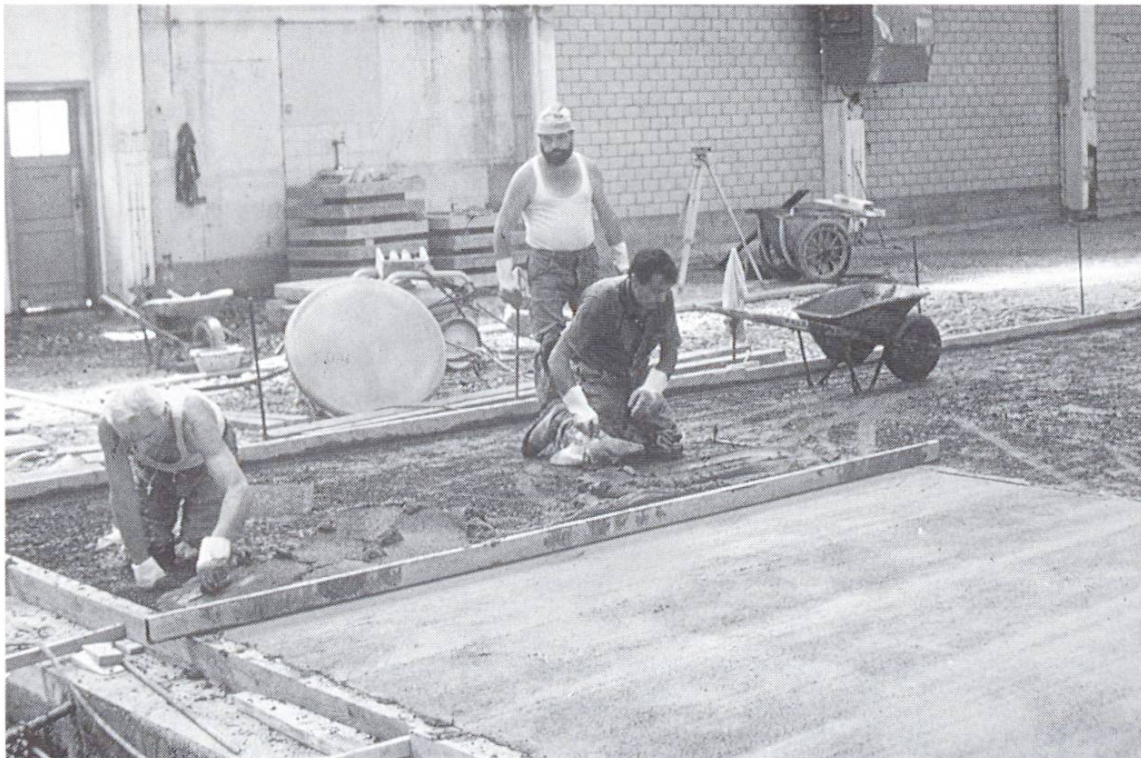
Eigenschaften von Kunststoffaserbeton

Eine wichtige Eigenschaft von Kunststoffasern – wie auch von Stahlfasern – ist die Fähigkeit, die Öffnung von Rissen unter Zugbeanspruchung zu hemmen oder bei grösseren Dehnungen die Entstehung vieler kleiner, nicht bruchwirksamer Risse zu ermöglichen. Beispielsweise genügen bereits $0,1$ Volumenprozent ($1\ \text{kg/m}^3$) homogen verteilter Polypropylenfasern, um in gewissen Grenzen die Bildung von Schwindrissen zu verhindern; Stahlbewehrung, die lediglich gegen Schwindrisse eingesetzt wird und oft ein Korrosionsrisiko darstellt, ist durch sie ersetzbar. Druck-, Zug- und Biegezugfestigkeiten werden jedoch nur in beschränktem Mass erhöht. Statisch nachgewiesene Zugkräfte müssen deshalb auch in kunststoffaserverwehrttem Beton von Bewehrungsstahl übernommen werden [7].

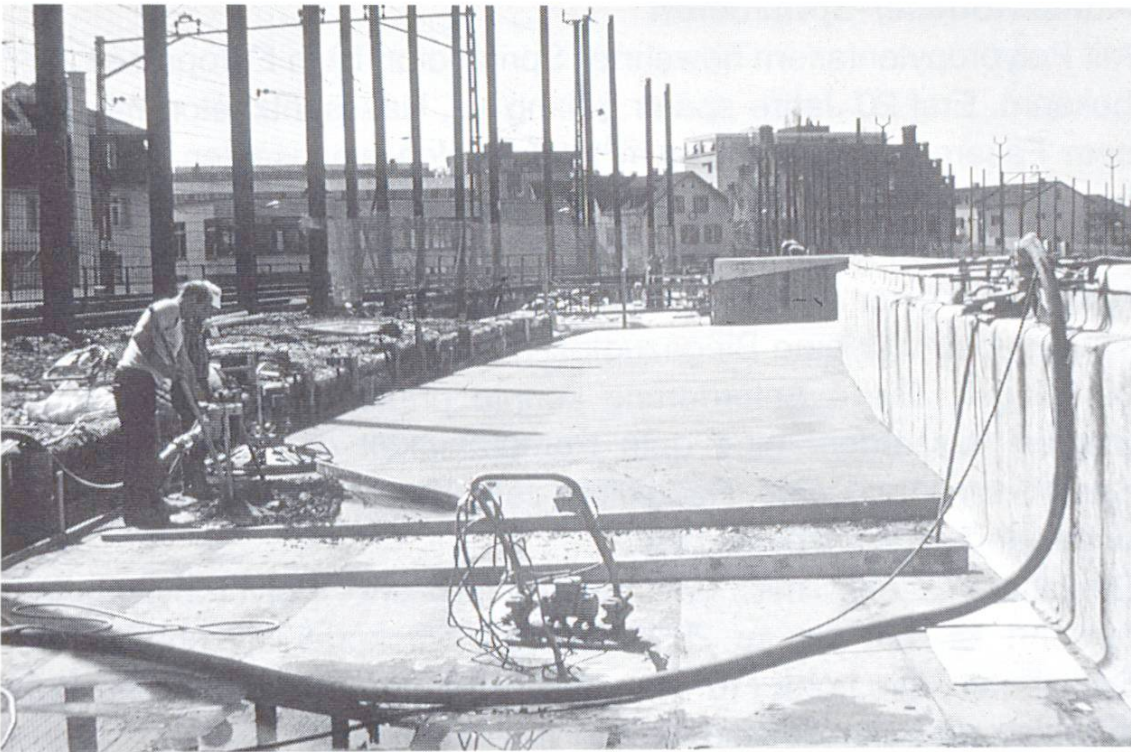
3 Fibrillierte Polypropylenfasern in Mengen von 1 kg/m^3 (0,1 Volumenprozent) wirken als dreidimensionale Bewehrung, die im jungen Beton Zwängspannungen aufnehmen kann [7, 8, 9]. Diese Zwängspannungen entstehen aus mehreren Gründen. So wird dem jungen, erhärtenden Beton an der Schalung und durch Verdunstung an freien Oberflächen Wasser entzogen. Die Folge davon sind unterschiedliche Schwindmasse über den Querschnitt, was zu Eigenspannungen in der Matrix führt. Die freie Schwindverkürzung wird zudem durch die Schalung sowie eine gegebenenfalls vorhandene Bewehrung behindert. Spannungen treten auch infolge der während des Abbindens inhomogenen Temperaturverteilung auf.

Wenn im kritischen Zeitraum (die ersten 10 Std.) diese Eigenspannungen die noch kleine Betonzugfestigkeit übersteigen, bilden sich an den Schwachstellen Frühschwindrisse. Polypropylenfasern (und auch andere Kunststofffasern) sind in dieser Phase noch steifer als die Betonmatrix. Sie wirken als Bewehrung, wobei sie die Ausbreitung von Rissen weitgehend unterbinden; die Zugfestigkeit der Matrix bleibt erhalten.

Durch die Einbettung in die Matrix sind Fasern, die sich nicht in unmittelbarer Nähe der Oberfläche befinden, gut gegen möglicherweise schädliche Umwelteinflüsse wie Oxidationsmittel oder UV-Strahlung geschützt. Umfangreiche Untersuchungen des Korrosionsverhaltens von Stahl-, Kunststoff- und Glasfasern ergaben für Polypropylenfasern die beste Korrosionsbeständigkeit [10].



Leicht beanspruchte Industrieböden sind ein bedeutender Anwendungsbereich von kunststofffaserverstärktem Beton.



Kunststoffaserverstärkter Beton kann als Abdeckung von verletzungsanfälligen Abdichtungsfolien dienen.

Die Tatsache, dass Polypropylenfasern bei hohen Temperaturen abgebaut werden, lässt sich sogar ins Positive drehen: Durch das bei Temperaturen über 600 °C gebildete feine Netz von Hohlräumen kann in feuerfestem Beton Feuchtigkeit entweichen, ohne dass ein Druck aufgebaut wird, der zu Abplatzungen führen würde [8].

Herstellung von Kunststoffaserbeton

Damit ein Kunststoffaserbeton die an ihn gestellten Anforderungen erfüllt, müssen die Zusammensetzung, die Verarbeitung und die Nachbehandlung des Betons möglichst gut sein. Kunststoffasern können teilweise direkt in den Betonmischer gegeben werden, andere müssen vorher vereinzelt werden. Vorteilhaft ist es, die Fasern zusammen mit dem Zuschlag vorzumischen und erst dann Zement und Wasser beizugeben [11].

Günstige Auswirkungen hat erwartungsgemäss ein niedriger W/Z-Wert (0,40 bis 0,50). Die Verwendung von Betonverflüssigern oder Fließmitteln wird sehr empfohlen, sie dürfen dem Beton aber erst am Schluss beigegeben werden. Sie verbessern die Verarbeitbarkeit des Betons, die auf keinen Fall durch Zugabe von Wasser realisiert werden darf.

Für mit Polyacrylnitrilfasern verstärkten Beton bevorzugen die Hersteller [12] folgende Fasermengen:

- 2–5 kg/m³ für die Verhinderung von Fröhschwindrissen
- 5–10 kg/m³ für die Verhinderung von Schwindrissen
- 10–25 kg/m³ für die Verbesserung der Schlagfestigkeit.

Material	Dichte g/cm^3	Typische Durchmesser μm	Zugfestigkeit kN/mm^2	E-Modul kN/mm^2	Bruchdehnung %	Haftung im Zementstein	Beständigkeit im Zementstein
Kunststoff	Polypropylen fadenförmig fibrilliert	> 4	0,4–0,7	1–8	20	schlecht	gut
		> 4	0,5–0,75	5–18	5–15	gut	gut
	Polyvinylalkohol	≥ 12	1,6	30	6	gut	gut
	Polyacrylnitril	13–104	0,85–0,95	16,5–90	10	gut	gut
	Polyarylamide	10	2,8–3,6	65–130	2–4	schlecht	bedingt beständig
Stahlfasern	7,85	150–1000	0,3–2,5	200–210	3–4	mässig	beständig
Glasfasern	E-Glas	8–15	2–3,5	175	2–3,5	gut	schlecht
	Soda-Zirkonglas	10–15	1,8–3,0	75	2–3	gut	weitgehend beständig
Asbest	2,6	0,02–20	1–4,5	160	2–3	sehr gut	sehr gut
Matrix	Zementstein	2,0	$\leq 0,008^1)$	7–28	0,03–0,06		
	Mörtel	2,3	$\leq 0,006^1)$	20–45	0,015		
	Beton	2,6	$\leq 0,004^1)$	20–45	0,01		

¹⁾ grobe Anhaltswerte

Tab. 1: Eigenschaften ausgewählter Fasern (nach [3]).



Skulptur am Schauspielhaus
Zürich aus Kunstsandstein
(kunststoffaserverstärktem
Feinbeton).

Anwendungen von Kunststoffaserbeton

Polypropylenfasern (0,1 bis 0,3 Volumenprozent) wurden in den Jahren 1974 bis 1990 in zahlreichen Anwendungen eingesetzt [7, 8]. Dazu gehören beispielsweise Boden- und Fundamentplatten, Strassen- und Rennbahnbeläge, Estriche (Unterlagsböden), Stützmauern, See- und Hafenbauten, Schwimmbäder sowie Beton in Kontakt mit aggressiven Medien. In vorfabrizierten schlanken Teilen (Fassadenelemente [13], Schächte, Blumen- und Brunnenröge usw.) wirkt sich vor allem der Ersatz der Schwindbewehrung durch Fasern positiv aus. Dank der vergleichsweise grossen Frühstandfestigkeit von kunststoffaserverstärktem Mörtel schliesslich kann bei schiefen Flächen oft auf Stützdrahtnetze verzichtet werden. Bis zu 4 cm dicke Isolationsschichten lassen sich mit normalen Mörtelspritzmaschinen in einem Arbeitsgang auf Isolationen (Dachpappe) aufbringen.

Schadhafte Sandsteinteile an Bauten können durch Kunstsandsteinteile ersetzt werden, die aus einem speziellen Zementmörtel mit 1 kg Polypropylenfasern/m³ gegossen werden. Nach dem Erhitzen wird die Zementsteinschicht an der Oberfläche abgestrahlt. Das rissfreie Produkt weist eine dem Sandstein ähnliche Oberfläche auf und ist billiger als originalbehauener Sandstein [9]. Realisiert wurden auch Betonplastiken mit 0,4 % Polypropylenfasern [14].

Ähnlich gelagert wie bei Polypropylenfasern sind auch die Anwendungen von Polyacrylnitrilfasern. Beispiele für ihren Einsatz sind Brückenkappen, mehrschalige Fassadenelemente und Bodenplatten.

7 Kunststoffaser-Spritzbeton

Mit Polypropylenfasern bewehrter Spritzbeton ist in Europa seit 1968 bekannt. Erst 20 Jahre später gelang es, Nassspritzbeton mit grossem Fasergehalt (etwa 6 kg/m^3) erfolgreich einzusetzen, und zwar bei der Auskleidung eines Tunnels in Alberta (Kanada). Verwendet wurden 38 mm lange Fasern. Die 5 cm dicke faserbewehrte Schicht wurde mit einer 2,5 cm dicken unverstärkten Schicht abgedeckt. Vorgegeben war eine Biegezugfestigkeit von $2,64 \text{ N/mm}^2$ nach sieben Tagen. Diese Anforderung konnte erfüllt werden. Beobachtet wurden ausserdem eine gute Pumpfähigkeit des faserbewehrten Spritzbetons und eine Reduktion des Rückpralls im Vergleich zu unbewehrtem Spritzbeton [15].

Spritzbeton, der mit 0,1 Volumenprozent Polypropylenfasern bewehrt ist, hat bis zu 25 % weniger Rückprall als unbewehrter Spritzbeton. Die hohe Frühstandfestigkeit erlaubt zudem, ganz oder teilweise auf Schnellbindemittel zu verzichten [8].

Eine interessante Anwendung von mit Kunststoffasern verstärktem, flugaschereichem Nassspritzbeton wurde kürzlich beschrieben [16]: Um das Auswaschen von sauren und anderen aggressiven Substanzen sowie Schwermetallen und weiteren umweltgefährdenden Substanzen aus Halden mit Bergbauabfällen zu verhindern, sollten diese mit einer Spritzbetonschicht abgedeckt werden. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf einen zähen Spritzbeton mit einem niedrigen Risspotential. Die wichtigsten Befunde sind:

- Die Verarbeitung des Nassspritzbetons (Flussskies mit Grösstkorn 10 mm sowie viel Natursand, Superverflüssiger) ist mit den üblichen Ausrüstungen problemlos möglich, wenn der Wassergehalt mindestens 150 kg/m^3 beträgt.
- Die höchsten Werte für die Biegezugfestigkeit wurden bei einem nominalen Gehalt an Bindemittel von 420 kg/m^3 (60 oder 75 % Flugasche, Rest Portlandzement) sowie 6 kg fibrillierten Polypropylenfasern/ m^3 erzielt.
- Noch nicht gelöst ist das Auftreten einiger Risse nach siebenmonatiger Exposition.

Trotz der im letzten Punkt aufgeführten Unzulänglichkeiten glauben die Autoren, dass sich das beschriebene Verfahren in Zukunft bewähren wird.

Kurt Hermann

8 Literatur

- [1] Meyer, B., «Faserbeton», *Cementbulletin* **59** [22] (1991).
- [2] Hermann, K., «Stahlfaserbeton», *Cementbulletin* **60** [7] (1992).
- [3] Weigler, H., und Sieghart, K., «Beton: Arten – Herstellung – Eigenschaften», Verlag Ernst & Sohn, Berlin (1989), Seiten 483–506.
- [4] Knoblauch, H. (Herausg.), «Baustoffkenntnis», Werner-Verlag, Düsseldorf, 11. Auflage, S. 328/29 (1987).
- [5] Hähne, H., König, G., und Wörner, J.-D., «Verhalten, Bemessung und Anwendung von Polyacrylnitril-Faserbeton», Vortrag, gehalten an der FRC Conference an der University of Wales, Cardiff, am 18. September 1989.
- [6] Bentur, A., und Mindness, S., «Fibre reinforced cementitious composites», Elsevier Applied Science, London (1990), Seiten 309–377.
- [7] Steiner, T., «Kunststofffasern als Schwindbewehrung im Beton», Referat Nr. XX, Darmstädter Massivbau-Seminar, Band 3 (1990).
- [8] Steiner, T., «Der mit Kunststofffasern bewehrte Beton», Broschüre der Fortatech AG, 2. Auflage (1991).
- [9] Koldewitz, W., «Anwendung von Kunststoff-Faserbeton», *Beton* **29** [6], 203–206 (1979).
- [10] Naaman, A. E., und Kosa, K., «Das Korrosionsverhalten von Faserbeton und Sifcon», Referat Nr. VIII B, Darmstädter Massivbau-Seminar, Band 3 (1990).
- [11] Bielak, E., «Herstellung von Faserbeton», Referat Nr. XIV, Darmstädter Massivbau-Seminar, Band 3 (1990).
- [12] «Die Verarbeitung von Kurzschnitt-Fasern», Technische Information Dolanit der Hoechst AG (1990).
- [13] Meyer, B., «Gewerbe- und Verwaltungsbau in Vorfabrikation», *Cementbulletin* **59** [18] (1991).
- [14] Trüb, U., «Betonmenschen», *Cementbulletin* **50** [12] (1982).
- [15] Richardson, B.W., «High-volume polypropylene reinforcement for shotcrete», *Concrete Construction* **35** [1], 33–35 (1990).
- [16] Morgan, D. R., McAskill, N., Carette, G. G., und Malhotra, V.M., «Evaluation of Polypropylene Fibre Reinforced High-Volume Fly Ash Shotcrete», *ACI Materials Journal* **89** [2], 169–177 (1992).