

# Kunststoffasern als Bewehrung gegen Schwindrisse im Beton

Autor(en): **Steiner, Toni**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **55 (1987)**

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42751>

## **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.

## Kunststoffasern als Bewehrung gegen Schwindrisse im Beton

Reduced Shrinkage Cracking Using Fibre Reinforced Concrete

Armature de fibres en plastique contre les fissures de retrait dans le béton

**Toni STEINER**  
Dipl. Bauing. ETH  
Forta-Faser AG  
Romanshorn, Schweiz



Toni Steiner, geboren 1935, diplomierte 1960 als Bauingenieur an der ETH Zürich. Er arbeitete während 18 Jahren in verschiedenen Bauunternehmungen im In- und Ausland, meist in Wasserbau und Betonarbeiten. Seit 1984 beschäftigt sich Toni Steiner mit Betontechnologie, speziell mit Schwindproblemen und der Verwendung von Kunststoffasern im Beton.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Bewehrung von Beton mit Kunststoffasern gibt dem Ingenieur die Möglichkeit, die Dauerhaftigkeit des Betons in bestimmten Fällen wesentlich zu verbessern. Der Ersatz von Schwindbewehrung aus Stahl durch nicht verrottbare Kunststoffasern wird von der praktischen und wirtschaftlichen Seite her beleuchtet.

### SUMMARY

The reinforcement of concrete with plastic fibres allows the engineer to enhance durability of concrete in certain cases. The replacement of steel reinforcement by plastic fibres is discussed from practical and economical viewpoint.

### RÉSUMÉ

Le renforcement du béton avec des fibres en plastique donne à l'ingénieur la possibilité d'améliorer considérablement la durabilité du béton. La substitution de l'armature en acier par des fibres qui ne corrodent pas est présentée du point de vue pratique et économique.



## 1. DAS PROBLEM

**Bewehrungsstahl in Oberflächennähe eines der Witterung ausgesetzten Betons ist immer eine potentielle Gefahr für diesen Beton!** Den Beweis für diesen Grundsatz liefern die Schäden, welche den Baustoff Stahlbeton in gewissen Kreisen in der letzten Zeit in Misskredit gebracht haben. Es ist keineswegs bewiesen, dass korrodierender Stahl in einer Betonbaute einzig auf unsorgfältig ausgeführte Arbeit zurückzuführen ist. Auch das Argument der fehlenden Ueberdeckung trifft längst nicht in allen Fällen zu.

Zahlreiche Untersuchungen haben ergeben, dass der Beton zwischen der Oberfläche und der Bewehrung eine Anreicherung der Feinbestandteile (Sand, Zement und Hohlräume, die ehemals mit Wasser gefüllt waren) aufweist. Das Grobkorn wurde durch die Bewehrung von den Feinbestandteilen getrennt, da es durch die Behinderung weniger rasch in die engen Räume fließen kann. Beim Verdichten des Betons kommt es auch vor, dass der Vibrator die Bewehrung berührt und diese in Schwingung bringt. Dadurch werden die Grobbestandteile vom Stahl wegbeefördert, zurück bleibt ein mehr oder weniger dicker Mantel von Feinbestandteilen. Eine Anreicherung von Sand, Wasser und Zement bedeutet immer ein höheres Schwindmass, eine Vielzahl von kleineren und grösseren Rissen ist die Folge. Diese Risse sind meist in der ersten Phase, durch die Zementleimhaut, die sich längs der Schalung gebildet hat, verdeckt, oder sie sind so klein, dass man sie nicht sehen kann.

Nach Abwitterung der Oberflächenhaut, einige Jahre später, sind diese jedoch offen. Durch Kapillarität gelangt dann Feuchtigkeit in den Bereich der Bewehrung, die bekannten Vorgänge setzen die Korrosion in Gang, und das Zerstörungswerk beginnt (Stichworte: Saurer Regen, Salz, Karbonatisation).

Aus diesen Ueberlegungen können folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Damit sich der Beton in Oberflächennähe nicht entmischt, darf die Bewehrung nicht zu engmaschig sein.
2. Die effektive Ueberdeckung muss grösser sein als der Durchmesser des grössten Kornes der Zuschlagstoffe.
3. Die Schwindriss- oder Rissverteilungsbewehrung, die ja immer in Oberflächennähe ist, ist durch andere Mittel zu ersetzen.
4. Der Beton muss so eingebracht werden, dass sein optimaler Kornaufbau in den äussersten Schichten auch nach der Verdichtung, nach dem Vibrieren, erhalten bleibt.

Die ersten beiden Punkte dieser Aufzählung leuchten sofort ein und bedeuten nichts Neues, auf die Punkte 3 und 4 soll im folgenden näher eingegangen werden.

## 2. KUNSTSTOFFASERN ALS BEWEHRUNG GEGEN SCHWINDRISSE IM BETON

Spätestens seit dem Mittelalter ist bekannt, dass die Präsenz von Fasern (Tierhaare, Stroh etc.) in kalkgebundenen Medien eine starke Rissbehinderung bewirken. Dasselbe gilt in den verschiedenen Lehmbauweisen. Heute wissen wir, dass auch in zementgebundenen Mörteln und im Beton durch Beigabe von Fasern eine nicht unbedeutende Riss-



behinderung entsteht [1]. Lange Zeit konnte diese Erkenntnis nicht im grösseren Rahmen angewandt werden, da das gleichmässige Verteilen, die garantierte Präsenz der Fasern in jedem  $\text{cm}^3$ , durch Mischen in den üblichen Mischanlagen nicht möglich war. Erst als man, Ende der 60iger Jahre, dazu überging, anstelle von monofilen Fasern sogenannte Fibrillen zu verwenden, die sich durch die innere Reibung des Mischgutes während des Mischprozesses öffneten, gelang es, dieser Technologie im grösseren Stil zum Durchbruch zu verhelfen. Heute sind Produkte auf dem Markt, die sich in jedem normalen Mischer mit etwas verlängerter Mischzeit gleichmässig im Mischgut verteilen.

Zur Verhinderung von Schwindrissen sind 0.1 Volumenprozent Polypropylenfasern, sofern sie homogen verteilt sind, absolut genügend. Dabei wird in Kauf genommen, dass die Druck-, Zug- und Biegezugfestigkeit nur sehr wenig erhöht wird, so wenig, dass sie der Statiker nicht berücksichtigen darf.

Alle statisch nachgewiesenen Zugkräfte sind auch im kunststofffaserbewehrten Beton mit Bewehrungsstahl aufzunehmen. Eine sauber durchgezogene Randbewehrung ist nach wie vor notwendig. Die Kunststofffasern übernehmen jedoch die internen Zwängsspannungen infolge Schwindens, Austrocknens und lokaler Temperaturdifferenzen. Sie verteilen im Frühstadium des Betons, dann, wenn die Eigenfestigkeit geringer ist als die internen Spannungen, die Inhomogenitäten, die Schwachstellen in kleineren "Einheiten" im Raum.

Die Ausnützung dieser Eigenschaft erlaubt uns heute, diejenige Stahlbewehrung, die einzig gegen Schwindrisse vorgesehen ist, durch inerte, unverrottbare Kunststofffasern zu ersetzen.

Die Tatsache, dass jeder Bewehrungsstahl, der nicht in Oberflächennähe eines der Witterung ausgesetzten Betons eingebracht wird, nicht rosten und dadurch die Bauten schädigen kann, ist nun als Herausforderung an den Ingenieur zu verstehen.

Bei jeder Bewehrung in Oberflächennähe hat sich der Ingenieur zu überlegen, brauche ich sie aus statischen Gründen; wenn ja, so schütze ich sie durch guten, homogenen Beton. Wenn nein, so ersetze ich die feingliedrige Schwindbewehrung aus Stahl durch ein dreidimensionales Skelett aus Kunststofffasern. Speziell in dünnen Querschnitten, wo Stahlbewehrung das Einbringen des Betons stark behindert, ihn entmischt, ist die Verwendung von Faserbeton besonders vorteilhaft.

### 3. HERSTELLUNG DES MIT P.P.FASERN VERSTAERKTEN BETONS

<u>Betonmischung:</u>	Kornabstufung, Zementgehalt und Wasserdosierung sind unverändert von ihren Normmischungen zu übernehmen.
<u>Forta-Fibre Fasern:</u>	1 kg Forta-Fibre Fasern auf 1 $\text{m}^3$ Fertigbeton
<u>Betonzusatzmittel:</u>	Alle Betonzusatzmittel (Plastifizierungsmittel, Verflüssiger, Luftporenbildner, Frostschutz etc.) können wie im normalen Beton verwendet werden.
<u>Mischzeit:</u>	Die minimale Mischzeit von Faserbeton beträgt 2 Minuten, die Faserbündel müssen geöffnet sein.



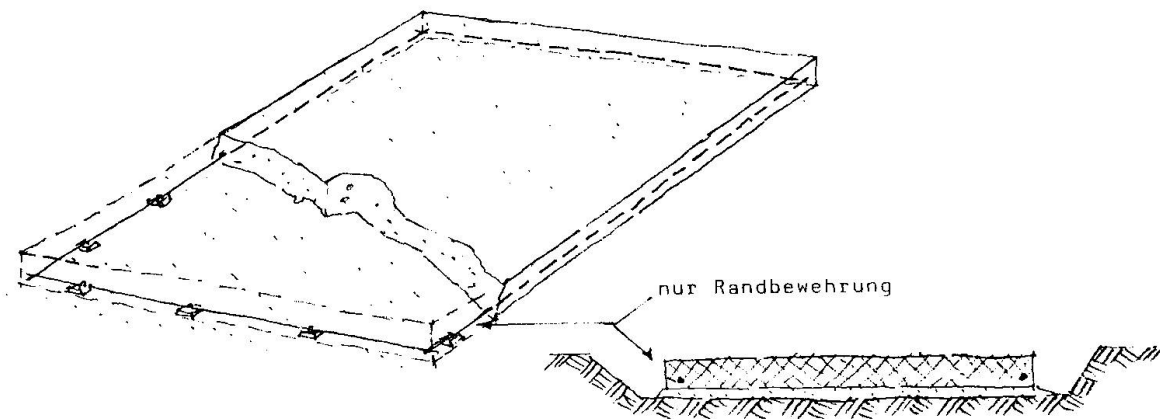
- Zugabe der Fasern: Fasern entweder direkt durch die Reinigungsöffnung nach der Zementzugabe in den Mischer geben oder, was meist einfacher ist, zusammen mit Kies oder Sand in den Waagebehälter schütten.
- Empfehlung: Eine Trockenmischzeit von ca. 30 Sekunden von Kies, Sand, Zement oder Fasern verbessert die Qualität und Verarbeitbarkeit des Betons. Bei Fließbeton ist dies unerlässlich.
- Faserzugabe in Fahrmischer: Es besteht die Möglichkeit, die Forta-Fibre Fasern im Fahrmischer beizumischen. Dabei gilt die Faustregel: Anzahl  $m^3$  im Fahrmischer ist gleich Anzahl Minuten Mischzeit.
- Verstopfung bei Umschlaggerät und Krankübel: Hier ist es ratsam, den innern Reibungswiderstand mit einem Plastifizierungsmittel zu korrigieren, damit sich bei leichter mechanischer Einflussnahme (z.B. Vibrator) der Beton gut umschlagen lässt (Kombimittel: Ligninsulfonate mit Naphtalinen oder Melaminen, Feststoffanteil 35-45 %, Dosierung 0.2-0.5 % des Zementgewichtes).
- Kosten: (zusätzlich zum Anschaffungspreis der Fasern) Kosten für Magazinieren, Faserzugabe manuell, verlängerte Mischzeit. In der Schweiz können diese Kosten mit Fr. 3.-- bis Fr. 5.--/ $m^3$  abgedeckt werden.

#### 4. PRAKTISCHE ANWENDUNGEN 1974 BIS 1987

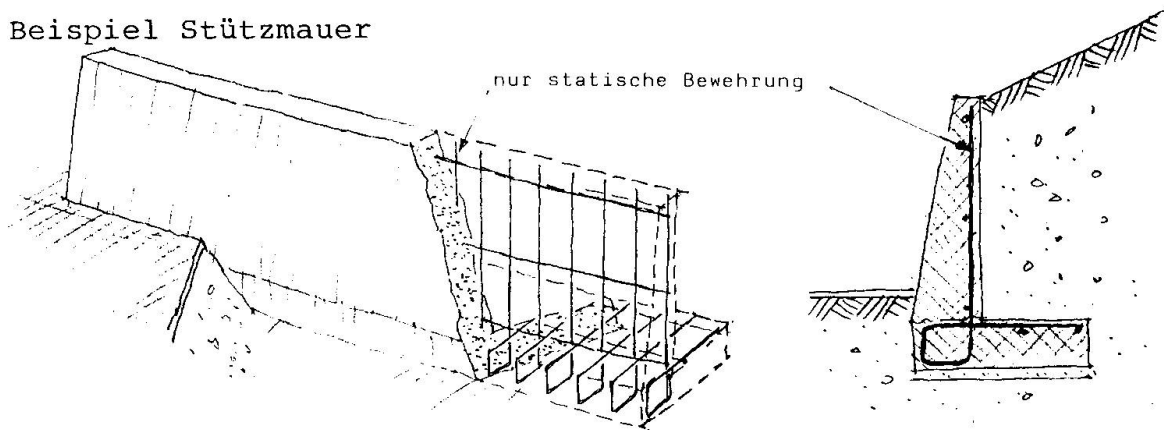
##### 4.1 Ortsbeton

Bodenplatten, Betonstrassen, Schutzbeton auf Böschungen, Isolationen und Abdichtungen, Gefällbeton, Auffangwannen, Ortsbetonkanäle, Stützmauern, Fundamentplatten, Schwimmbäder, Maschinenfundationen, See- und Hafenbauten, Beton in Kontakt mit aggressiven Medien, Beton über Bodenheizungen, Estriche (Unterlagsböden), Ueberzüge.

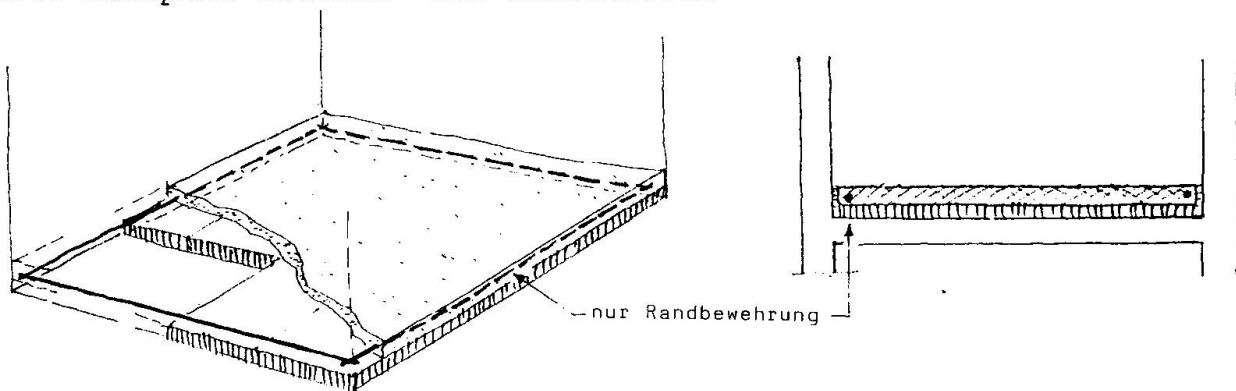
##### 4.1.1 Beispiel Bodenplatte



#### 4.1.2 Beispiel Stützmauer



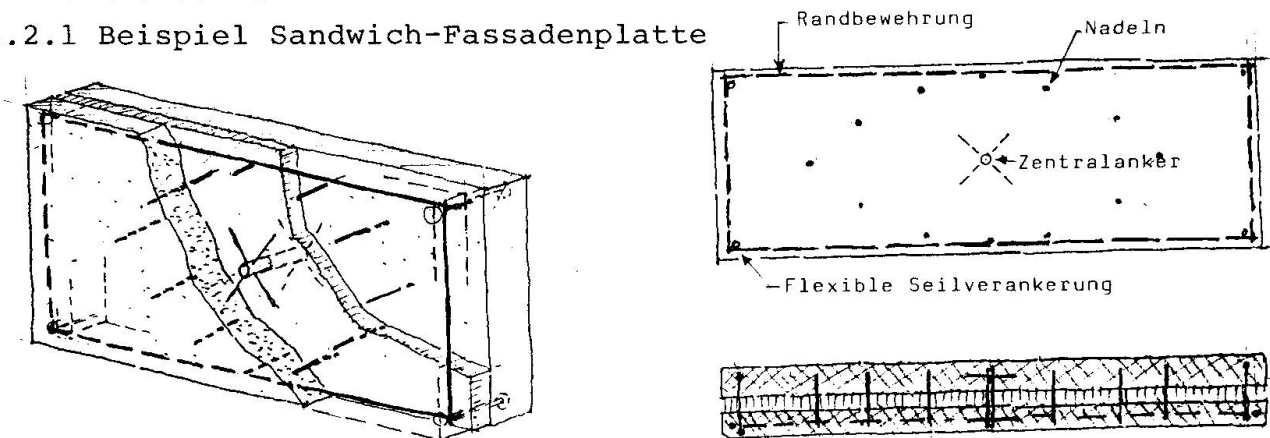
#### 4.1.3 Beispiel Gefälls- und Schutzbeton



### 4.2 Vorfabrikation

Fassadenelemente, speziell in Sandwichbauweise, Treppen, Brüstungen, Liftschächte, Trafo- und Stromverteilhäuschen, Blumentröge, Brunnen-tröge, Gartenmobiliar aus Beton, Skulpturen, Restaurationen in Kunstsandstein.

#### 4.2.1 Beispiel Sandwich-Fassadenplatte



### 4.3 Diverses

Gunmit, Spritzbeton, Verputz, feuerfester Beton

## 5. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

In Europa und Amerika sind verschiedene fibrillierte Fasern europä-



ischer und amerikanischer Provenienz auf dem Markt. Die Preise für diejenigen, die eine homogene Mischbarkeit und eine gute Verarbeitbarkeit garantieren, bewegen sich um US\$ 16 pro kg. Die harte Konkurrenz wird diese Preise noch nach unten korrigieren. Unter der Annahme, dass eine fertig verlegte Stahlbewehrung, unter Berücksichtigung von Verschnitt, Ueberlappung, zusätzlichen Distanzkörben, Distanzhaltern usw. auf US\$ 1.60 pro kg kommt, gilt die Faustregel, dass bei Substitution von 10 kg Stahl pro m<sup>3</sup> Beton Preisgleichheit mit dem Faserbeton besteht. Mit andern Worten, wenn es gelingt, pro m<sup>3</sup> Beton mehr als 10 kg Schwindrissbewehrung aus Stahl durch mit Polypropylenfasern verstärkten Beton zu ersetzen, wird die Baute billiger, die Qualitätsverbesserung und die Arbeitserleichterung ist dann gratis.

#### 6. KONTROLLIERBARKEIT

Ein nicht zu unterschätzender Faktor im heutigen Baugeschehen ist die sofortige Kontrollierbarkeit. Faserbeton ist jederzeit kontrollierbar, bereits beim Einbringen sehen die Aufsichtsorgane, ob der Beton gut gemischt ist, ob genügend Fasern drin sind und dass er sich nicht entmischt. Die Verarbeitung erfordert keine speziellen Vorkehrungen und ist einfach zu überwachen.

#### 7. SCHLUSSWORT

Ein grosser Förderer des kunststoffaserbewehrten Betons hat im Jahre 1976 an der Internationalen Erfindermesse in Genf die Goldmedaille erhalten. Sicher zu recht, zahlreich sind heute die sinnvollen, wirtschaftlichen Verwendungen dieser Technologie. Die Verwendung von Kunststoffasern im Beton ist bestimmt eine echte Innovation, ein echter Fortschritt im Bestreben, unsere Bauten aus Beton für uns alle wirtschaftlich in bester Qualität herzustellen.

#### 8. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Staatliche Prüfanstalt EMPA "Untersuchungen der Frühschwindrissbewehrung durch Forta-Fibre Kunststoffasermierung"
- Prof. R.F. Zollo "Collated Fibrillated Poylpropylene Fibres in FRC", American Concrete Institute, 17. Sept. 1980
  - L. Vironnaud "The Early Stages of Concrete", National Research Council of Canada, Ottawa 1962
  - Rud. Enzler, Bauingenieur "Neue Erkenntnisse in der Betontechnologie, März 1977
  - Schweiz. Bauzeitung "Kunststoff-Fasermierung von Beton", Nr. 44 vom 30. Okt. 1975
  - T. Steiner, Bauingenieur "Forta-Fibre, Die Kunststoffaser für resistenten Beton", Romanshorn, 26. März 1985