

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93 (1975)
Heft: 44

Artikel: Kunststoff-Faserarmierung von Beton
Autor: Enzler, Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72860>

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: 19.02.2026

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

chendes Abbauen der Gebirgsspannungen ermöglicht, währenddessen der Kunststoff noch immer tragfähig bleibt und hohe Festigkeit aufweist.

Betriebliche Vorteile

Neben seinen günstigen Eigenschaften als Werkstoff und seiner Wirksamkeit im Sinne der NÖTM hat der Kunststoff-Verbundverbau auch bedeutende betriebliche Vorteile. Einer der wichtigsten liegt im Herstellungsverfahren. Weil der Kunststoff-Verbundverbau gleichzeitig als Sicherungs- und Stützmaßnahme, als Isolierung, unter Umständen als Endausbau und als Innenauskleidung wirken kann, ergibt sich die Zusammenlegung von den entsprechenden drei oder vier Arbeitsstellen in eine einzige. Diese umfasst den Bereich des Vortriebes und beschränkt sich auf den Einsatz eines Verarbeitungsgerätes mit einer Mannschaft von ungefähr drei Mann. Diese Einheit kann sehr raumsparend und mobil sein, so dass die Behinderung anderer Betriebsvorgänge unbedeutend wird. Auch die beachtliche Kürze der Einsatzzeiten dieser Einheit trägt zu einem flüssigen Betriebsablauf bei.

Ausbesserung oder Reparatur bei ernsthaften Beschädigungen gestalten sich wegen der geringen Massen und deren guter Bearbeitbarkeit sehr einfach und kurz.

Da eine gute Bearbeitbarkeit des Werkstoffes mit mechanischen Mitteln vorliegt, lassen sich die Elemente des Kunststoff-Verbundverbauwerks leicht schneiden oder fräsen. Diese Eigenheit kommt auch einem Einsatz in Erkundungsstollen, die später auf ein Hauptprofil aufgefräst werden sollen, zugute.

In weitem Bereich ist eine Farbgebung möglich. Die Gestaltung der Oberfläche kann ebenfalls sehr weitgehend variiert werden. Verschiedene Relief-Muster oder glatte, matte oder schaumartige Oberflächenausbildungen sind möglich. Darüberhinaus kann die Oberfläche leicht gewaschen werden. Sie kann aber auch durch weiteres Überschichten oder durch Farbauftrag überdeckt werden.

Wegen der geringen zur Verwendung gelangenden Massen nimmt der Kunststoff-Verbundverbau auch wenig Raum

ein, was sich nicht zuletzt in der Ersparnis an Ausbruch äußert. Besonders bei Auffahrung durch Fräsen erscheint dies von grossem Wert.

Schluss

Die aufgegriffene Entwicklung hat bisher ermutigende Fortschritte erbracht. Der Prozess der Herstellung ist soweit gediehen, dass an die industrielle Anwendung gegangen werden kann. Da sich noch wegen der Neuheit dieses Ausbausystems in Fragen der statischen Wirksamkeit eine gewisse Zurückhaltung gezeigt hat, ist man bestrebt, Versuchseinsätze in grosstechnischer Form auszuführen. Von Seiten der bisherigen Kenntnisse aus der NÖTM, aus der Wirksamkeit von Ankerungen und Beschichtungen sowie aus den Werkstoffqualitäten scheinen derzeit nur wenig negative Argumente zu bestehen. Es sind auch bereits einige grosstechnische Anwendungen in Form von Verdübelungen im Sohlebereich von Hohlräumen und von Beschichtungen an Firsten und Ulmen erfolgt.

Literaturverzeichnis

- [1] L. v. Rabcewicz: Die Neue Österreichische Tunnelbauweise. «Der Bauingenieur» 40 (1965), H. 8, S. 289–301.
- [2] E. Rotter: Verbund-Verbau. Vortrag, GDMB, Pyrmont, 20.4.1968; nicht im Druck.
- [3] E. Rotter: Vergleich der konventionellen Gebirgssicherung mit dem Kunststoff-Verbundverbau und Vorschläge. Unveröffentlichter Bericht, Gebirgssicherung Gesellschaft mbH, Salzburg, 22 Seiten (1973).
- [4] H. Habenicht: A Study of the Influence of Shock Waves on the Stability of Rock-Bolt Anchorage. Thesis (M.S.), University of Missouri at Rolla, 1965.
- [5] F. Pacher: Erste gutachtliche Äusserung zur Anwendung des «Kunststoff-Verbundverbauwerks» im Hohlraumbau. Bei Gebirgssicherung Gesellschaft mbH, Salzburg, 14 S., (1974).

Adresse der Verfasser: Baurat h.c. Dipl.-Ing., Dr. techn. E. Rotter und Dipl.-Ing., Dr. mont. H. Habenicht, Gebirgssicherung GmbH, Salzburg, Bergerbräuofstrasse 27, Österreich.

Kunststoff-Faserarmierung von Beton

Von Rudolf Enzler, Lichtensteig

DK 691.328:691.175

Entwicklung

Weltweit befassen sich Unternehmungen seit Jahren mit faserverstärkten Werkstoffen. Asbestzement dürfte unter diesen Produkten wohl der bekannteste Werkstoff sein. Auch die Betonindustrie sucht seit Jahrzehnten eine anwendungsgerechte und werkstoffverbessernde Faserarmierung. Bereits im Jahre 1928 hat ein französischer Bauingenieur ein Patent für faserarmierten Beton eingereicht. Seine Versuche scheiterten an der Möglichkeit, die Fasern mit einfachen Mitteln homogen über den gesamten Betonquerschnitt einzubringen.

Wie der Fachpresse zu entnehmen ist, sind in jüngster Zeit vermehrt Bestrebungen festzustellen, mit Faserarmierung der Betonindustrie neue Impulse zu verleihen, sei es in Form verbesserter Werkstoffe oder preislich günstiger Produkte. In etlichen Industriestandorten sind Entwicklungsgruppen auf der Suche nach anwendbaren Faserarmierungen. In der Schweiz haben sich die Shell (Switzerland) Chemie, Zürich, und die Arheimer AG Forta-Seilwerke, St. Gallen, zusammengeschlossen.

In mehrjährigen Versuchen mit den verschiedensten Fasern entwickelte sich das Forta-Ferro-System, eine Polypropylenfaserarmierung in Netzstruktur. Dieses Faserarmierungssystem wird den verschiedensten Zuschlagstoffen und Mischsystemen gerecht, ist einfach einzubringen und wird der Betonindustrie Vorteile bringen.

Fibrilierte Polypropylenfaser

Die für die Betonarmierung verwendeten Filmfasern sind ein vollsynthetisches Produkt aus der Gruppe der Polyolefine, gewonnen durch Polymerisation des Kohlenwasserstoffgases Propylen. Die Chemiefaser Polypropylen eignet sich gut zum Beimischen im Beton. Die Faser verhält sich im Beton chemisch neutral, ist korrosionsfest und verrottungssicher. Gegen die zerstörende Wirkung ionischer Strahlen ist sie UV-stabi-

Bild 1



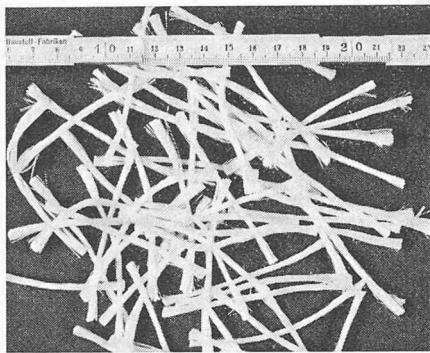
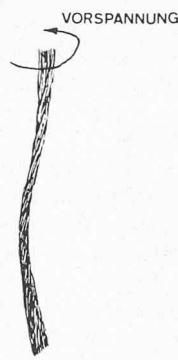


Bild 2



Forta-Ferro wird strukturell in Netzform hergestellt. Diese Struktur übt durch den Verbund der einzelnen Fasern eine Federwirkung aus. Dank Eigensteifigkeit dieser Federn verursachen sie eine physikalische Gegenkraft zur statisch wirkenden Anziehungskraft. Durch eine gezielte Versuchsserie wurde die gewünschte Eigensteifigkeit ermittelt, welche die Anziehungs Kraft ausschaltet, die Öffnungszeit gewährleistet und die optimale Verteilungsbereitschaft trotzdem sichert. Durch den gegenseitigen Abstossungseffekt aller Fasern zeigen die Fasern praktisch in jedem Mischgut eine optimale Verteilungsbereitschaft. Mit der Steifigkeitswahl der Federn lässt sich die Öffnungszeit der Fasern steuern.

Anwendungsgrundlagen für Kunststoff-Faserarmierung

Die Kunststoffarmierung kann in nächster Zukunft die herkömmliche Stahlarmierung in tragender Funktion noch nicht ersetzen. Die Kunststoffarmierung ersetzt jedoch in vielen Fällen die konstruktive Armierung. Je nach Anwendungsbereich und Einsatzform ist auch eine Kombination mit Stahl möglich. Nicht selten lassen sich dadurch Kosteneinsparungen bis zu 30 % der herkömmlichen Stahlarmierung erzielen. Oft werden mit gleichen Grundkosten rationellere Arbeitsabläufe erreicht, die Einsparungen im Zeitaufwand bringen. Für Spezialkonstruktionen können kleine Mehrkosten entstehen, denen aber durchwegs eine Qualitätssteigerung gegenübersteht.

Jede Beton- oder Stahlbetonkonstruktion erfährt kleinere oder grössere Längenänderungen, die durch Biegung oder infolge temperaturbedingter Einflüsse konstruktiv bedingt sind. Dies zwingt den Bauingenieur zu unverhältnismässig massiven Armierungen. Konstruktive Temperaturarmierungen sollten sehr kleine Durchmesser und kleinste Maschenweiten aufweisen. Auf diesem Gebiet kann der Stahlhandel dem Bauingenieur keine befriedigende Armierung anbieten. Diese Forderung nach möglichst fein verteilter Armierung erfüllt gerade die Kunststoff-Faserarmierung in zuverlässiger Form.

Am Beispiel eines Biegeversuches, mit Längenänderung in der Zugzone, soll die Wirkungsweise der Faserarmierung ergänzend erläutert werden. In der Theorie nimmt man eine gleichmässige Rissbildungverteilung an (Bild 4). Aus konstruktiven Gründen (Überdeckung der Baustähle) kann der Stahl nicht in die Zone der grössten Spannung gelegt werden (Bild 5). Daher wird mit einer gerissenen Randzone gerechnet.

Unterschiedliche Betonzugfestigkeiten ergeben vielfach Sammelrissbilder. Diese Sammelrisse zeigen grössere Rissbreiten und sind daher häufig ein Ärgernis (Bild 6). Oft stellen sie auch eine Gefahr dar (Korrosion der Armierung, Frostschäden). Die Kunststoff-Faserarmierung erhöht die Weiterreissfestigkeit des Betons. Die erforderliche Längenänderung wird durch die optimale Feinrissverteilung erreicht (Bild 7). Stahlbewehrter Beton kann eine Längenänderung von rund 0,04 mm, bezogen auf 33 cm Messstrecke, ohne sichtbare Rissbildung aufnehmen. Kunststoff-Faserarmierter Beton nimmt eine Längenänderung bis zu 0,22 mm, bezogen auf eine Messstrecke von 33 cm, ohne sichtbare Rissbildung auf. Diese *elastische* Eigenschaft gestattet nutzbringende Anwendung bei verschiedensten Baukonstruktionen. Durch die elastische Armierung wird eine Konservierung der natürlichen Zugfestigkeit des Betons erreicht. Der Konservierungseffekt und die erhöhte Weiterreissfestigkeit ergeben auf verschiedenen Anwendungsbereichen erhebliche Vorteile.

Prüfungsergebnis einer tragenden Betonplatte 300/100/10 cm

Eine normalarmierte Stahlbetonplatte mit 7,56 kg Stahlbewehrung hat die gleiche Tragkraft wie eine mit Stahl und Kunststoff armierte Betonplatte mit 4,14 kg Stahlbewehrung und 720 g Forta-Ferro. Die Forta-Ferro-Platte mit reduzierter Stahlbewehrung zeigt jedoch eine 5,5fache grössere Elastizität.

lisiert, was nach Einbringung im Beton allerdings von untergeordneter Bedeutung ist. Sie wird als einfaches Zuschlagsmittel direkt dem Mischgut beigegeben. Dank seiner Struktur kann die Faserarmierung mit jedem herkömmlichen Mischsystem – ohne Zusatzinstallation – in normalen Mischzeiten homogen eingebbracht werden. Die Fasern verändern das Bild des Betons in den Sichtflächen nicht. Auch die Verarbeitbarkeit des Mischgutes wird nicht entscheidend verändert. Alle bisher üblichen Fertigungsarbeiten sind möglich.

Die Netzstruktur-Polypropylen-Filmfaser

Die Netzstrukturfaser (Bild 1) wird vor der Zugabe zum Werkstoff in einer bestimmten Drehvorspannung (Bild 2) gehalten. Diese Vorspannung wird als Öffnungskonstante bezeichnet. Mit Hilfe dieser Konstante wird die sogenannte Verteilungszeit gesteuert. Die ersten zwei Phasen sind massgebend für die Verteilungszeit. In der ersten Phase erfolgt die mechanische Verteilung sowie die Faseröffnung. Die zweite Phase bedeutet die Blockzeit, in welcher sich die optimale Verteilung der Faser im Beton vollzieht. Wird die Blockzeit gemäss Phase 3 überschritten, ist eine Verschlechterung der Faserverteilung festzustellen (Bild 3).

Um diesen Gesetzmäßigkeiten zu genügen, ist Forta-Ferro in einer Typenauswahl erhältlich, die den jeweiligen Ansprüchen bezüglich Öffnungszeit/Blockzeit gerecht wird. Die Produkte der Typenreihe sind vom Nichtfachmann kaum zu unterscheiden. Ein Vorversuch für das herzustellende Produkt ermöglicht die Typenwahl. Diese wird beeinflusst durch:

- die Art der zu verwendenden Zuschlagstoffe
- das Mischersystem
- die Produktionsform und -Anlage.

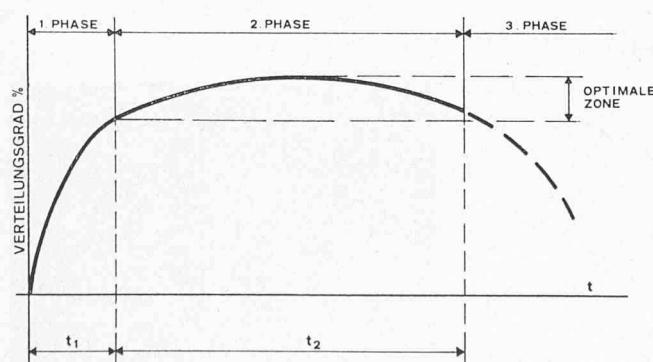


Bild 3



Bild 4

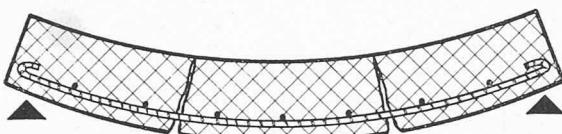


Bild 6

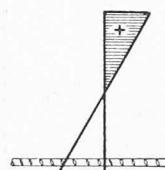


Bild 5

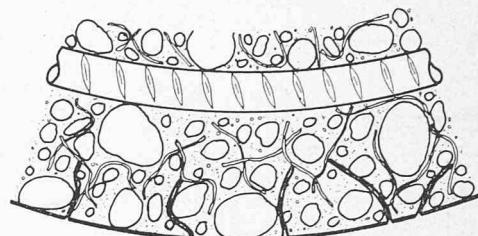


Bild 7

Praktische Anwendungsgebiete der Kunststoff-Faserarmierung

Nachfolgende Zusammenstellung dient als Orientierung, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Zementwarenfabrikation

Kleinartikel mit Transportarmierung; Röhrenfabrikation; Blumentröge; Außenstufen; Gartenwegplatten.

Leichtbetonindustrie

Fassadenverkleidungsplatten; Isolationsplatten.

Betonfertigelementindustrie

Wechseltemperaturbelastete Elemente; Beton- und Rammfähle; Bauteile mit Transportarmierung.

Ortsbetonkonstruktionen

Betonstrassen und Bodenplatten; vibrationsbelastete Konstruktionen; Maschinenfundamente; Bauteile mit Frostgefährdung; Stützmauern.

Asbestindustrie

Asbestersatz- oder Zusatzfaser.

Anwendungskriterien in Kurzform

Für konstruktive Armierung; für elastischen Beton; für optimale Frostbeständigkeit; für Transportarmierung.

Adresse des Verfassers: Rudolf Enzler, Ing.-Tech. HTL, ATS, 9620 Lichtensteig.

Talsperrenbau in der Deutschen Demokratischen Republik

Von Andreas Wackernagel, Basel¹⁾

DK 627.81

Das Heft 6/1974 der wissenschaftlichen Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar vermittelt einen Einblick in die grossen Anstrengungen der Deutschen Demokratischen Republik auf dem Gebiete des Wasserbaus.

Infolge verhältnismässig geringer Niederschlagsmengen und somit beschränkten Wasserdargebots in der DDR, ist zur Sicherstellung genügender und ständiger Wasserversorgung für Industrie und Landwirtschaft, der Wasserbau von erheblicher Bedeutung.

Im Jahre 1964 wurde das Spezialbaukombinat (SBK) als volkseigener Betrieb (VEB) mit Sitz in Weimar gegründet. Die ersten zehn Jahre des Bestehens haben gezeigt, dass dieses Kombinat in der Volkswirtschaft nicht mehr entbehrt werden kann. Während anfänglich die Bauleistungen des Kombinates annähernd zur Hälfte in der Erstellung von Fernleitungen bestanden, erfolgt heute der grösste Kapazitätseinsatz im Talsperrenbau.

Die Speicherbecken dienen in erster Linie der Wasserversorgung, ferner dem Hochwasserschutz, der Schifffahrt und der Stromerzeugung. Neuerdings sind Pumpspeicherwerke erstellt worden. Diese werden zur Spitzendeckung der thermischen Kraftwerke verwendet. Diese Kraftwerke wurden mit Braunkohle und neuerdings mit Atomkraft betrieben.

Von den Pumpspeicherwerken ist zu nennen, das bereits in den Jahren 1936 bis 1942 erstellte Pumpspeicherwerk Hohenwarte I mit der Talsperre Hohenwarte an der Saale. Die elektrische Leistung des Kraftwerkes beträgt 45,5 MW. Die Speicherturbine hat eine Leistungsaufnahme von 16,3 MW. In den Jahren 1956 bis 1963 wurde das Pumpspeicherwerk

Hohenwarte II mit einer Leistung von 320 MW erstellt. Im Bau befindet sich das Pumpspeicherwerk Markersbach im Kreis Schwarzenburg, dessen Kavernenzentrale mit 6 Pumpenräumen eine Leistung von 1050 MW erreichen wird. Es wird dem internationalen Verbundsystem, welches die Energiesysteme der Sowjetunion, Tschechoslowakei, Deutsche Demokratische Republik, Polen, Rumänien und Ungarn verbindet, angeschlossen, um in Havarifällen kurzfristig gegenseitige Unterstützung zu geben (Bilder 1 und 2).

Die 3. Fachtagung Talsperrenbau, die im Oktober 1974 in Weimar durchgeführt wurde, war folgenden Themen gewidmet:

- Neue Verfahren zur Rationalisierung der Bauvorbereitung
- Künstliche Dichtungselemente im Staudammbau

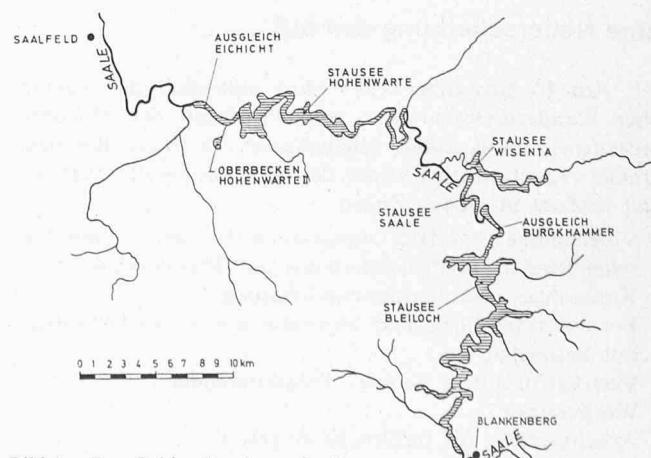


Bild 1. Das Gebiet der oberen Saale.