

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Band: 81 (1989)
Heft: 1-3

Artikel: Stahlfaserbeton : ein neuer Werkstoff setzt sich durch
Autor: Brux, Gunther
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940451>

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: 15.10.2024

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

- [2] BUS (1979–1982): Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz. – Bundesamt für Umweltschutz (BUS), Eidg. Dept. des Innern, Bern.
- [3] Jacky, W. (1936): Die Bauarbeiten am Etzelwerk. – «Schweiz. Bau- und Tiefbau» 1936 (34–36).
- [4] Kienholz, H. (1977): Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte 1:10000 von Grindelwald mit einem Beitrag von Walter Schwarz. – Geographica bernensia G4.
- [5] Ziegler, A. (1981): Verlandungen beim Etzelwerk. – Mitt. Versuchsanst. Wasserbau, Hydrol. u. Glaziol. 53, 215–222.

Verdankung:

Dieser Beitrag behandelt einen Teilaspekt einer Dissertation. Diese wurde geleitet von Prof. Dr. C. Schindler und Prof. Dr. D. Vischer, denen der Verfasser hier nochmals für die Unterstützung und Beratung danken möchte. Den heutigen Arbeitgebern, Dr. J. F. Schneider und Dr. F. Matousek, CH-5400 Baden, dankt der Verfasser für die grosszügige Förderung der Arbeit.

Die Faltkarte Gewässersohlenqualifizierung und Kartierung der Schlammquellen im Einzugsgebiet der Minster ist vor Seite 9 eingheftet.

Adresse der Verfasser: Meinrad Ammann, Spyrstrasse 23, CH-8044 Zürich.

Stahlfaserbeton

Ein neuer Werkstoff setzt sich durch

Gunther Brux

Die Anwendung von Stahlfaserbeton hat in den letzten Jahren merklich zugenommen. Neben technischen wurden auch wirtschaftliche Vorteile erzielt. Stahlfaserbeton wird vorwiegend für Betonflächen und -auskleidungen, als Spritz- und Pumpbeton im Stollen-, Tunnel- und Wasserbau verwendet. Bemessungsansätze für Stahlfaserbeton wurden entwickelt [1].

Stahlfaserbeton hat ein günstigeres Formänderungsverhalten als Normalbeton, der bei höheren Festigkeiten spröde ist, denn durch Zugabe von Stahlfasern in die zementgebundene Matrix wird der Beton zu einem zähen, duktilen Werkstoff. Schwind-, Temperatur- und andere Risse werden vermieden und grosse Dehnungen in viele kleine und daher unsichtbare Risse aufgeteilt. Stahlfaserbeton hat eine grössere Bruchdehnung und kann sich deshalb bis zum endgültigen Bruch weiter verformen, so dass ein Versagen des Bauteils nicht schlagartig eintritt. Dieses Arbeitsvermögen ist vom Anteil Stahlfasern, ihren Verbundeigenschaften und der Stahlgüte abhängig. Stahlfaserbeton darf sich beim Bereiten und Einbau nicht entmischen oder zum Bluten neigen. Durch einen niedrigen Wasser/Zement-Wert (ggf. Zugabe von Fliessmitteln zur besseren Verarbeitung) erzielt man günstige mechanische Eigenschaften der Matrix und durch eine ausreichend lange Nachbehandlung den guten Verbund mit den Fasern.

Die Stahlfasern im Bereich der Bauteiloberfläche rosten unter Einfluss der Witterung; dies führt jedoch erfahrungsgemäss nicht zu Betonabplatzungen, da die Korrosion wegen guter Betonhaftung nicht tiefer wirken kann [2, 3]; soll das Rosten aus ästhetischen Gründen vermieden werden, trägt man die Deckschicht ohne Fasern auf.

Hinsichtlich der Bruchdehnung haben die Stahlfaserarten unterschiedliches Verhalten. Bei Fasern mit rauher Oberfläche verformt sich der Beton bis zum Auftreten des ersten Makrorisses plastisch, was im Tunnel- und Stollenbau und bei Industrieböden wegen des Korrosionsschutzes und der Wasserdichtigkeit vorteilhaft ist. Glatte Fasern mit ausgeprägten Endverankerungen ergeben ein ausgezeichnetes Arbeitsvermögen des Betons zur Aufnahme oder Umwand-

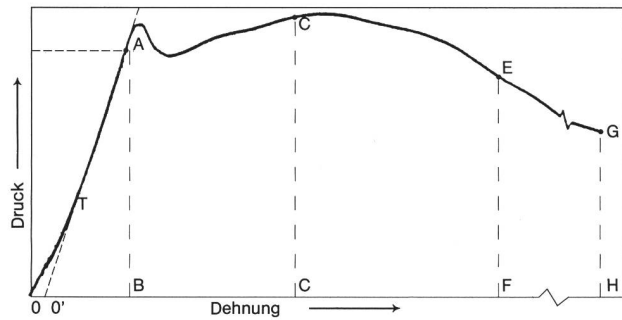


Bild 1. Spannungsdehnungsverhalten von Stahlfaserbeton zum Bestimmen seiner Biegezugfestigkeit nach ASTM C 1018 (USA).

lung von Energie aus Aufpralllasten [4], Explosionsdrücken (KKW) und Erdbebenerregung. Stahlfaserbeton ist wegen seines günstigen Verformungsverhaltens und seiner geringen Rissneigung feuerbeständiger als Normalbeton und wird deshalb zum Ummanteln tragender Bauteile [5] verwendet. Weitere Anwendungen sind Fertigteile, die sich früher ausschalen und mit geringeren Abmessungen, also leichter ausführen lassen, die Sicherung von Hängen, Böschungen und Baugruben [6], was in kürzerer Zeit und mit geringeren Mengen an Beton und Bewehrung möglich ist, und die Instandsetzung von Tosbecken (Tarbela/Pakistan) und Klärbecken [7], wobei man die geringe Rissneigung und hohe Verschleissfestigkeit des Stahlfaserbetons nutzt. Die meisten Stahlfasern werden zum Herstellen von Industrieböden verarbeitet. Im Tunnel-, Stollen- und Bergbau verwendet man Stahlfaserspritzbeton [8, 9] bei Ausbesserungen [10] und Verstärkungen sowie zusammen mit Gitterträgern und/oder Felsankern in Spritzbetonbauweise (NATM) für die Tunnelaussenschale [11] oder einschaligen Ausbau, Stahlfaserpumpbeton im Extrudierverfahren für die Tunnelinnenschale [12] oder bei einschaligem Ausbau und Stahlfaserbeton-Tübbing beim Schildvortrieb bei zwei- und einschaligem Ausbau.

Bis heute verfügen nur zwei Länder über Normen zum Bestimmen der Eigenschaften von Stahlfaserbeton mit verformungsgesteuerten Versuchen. In den USA beschränkt man sich nach der ASTM C 1018 auf die Druckfestigkeit, wogegen man in Japan nach den JSCE-SF 3 und -SF 5 die von der Fasergeometrie (Länge/Durchmesser) abhängige Druck- und Biegezugfestigkeit – wie auch in den Niederlanden entsprechend der CUR-Empfehlung Nr. 10 – prüft und so eine Bemessung ermöglicht, die die wirklichen Eigenschaften des Stahlfaserbetons berücksichtigt.

Literatur

- [1] Stahlfaserbeton – Ein Werkstoff setzt sich durch. 9. Juni 1988, Haus der Technik, Essen.
- [2] Zerna, W. u. a.: Korrosionsuntersuchungen an Stahlfaserbeton. «Beton» 29 (1979) Nr. 10, S. 353–354.
- [3] Brux, G.; Linder, R.; Ruffert, G.: Spritzbeton – Spritzmörtel – Spritzputz; Herstellung, Prüfung und Ausführung. Verlagsges. Rudolf Müller, D-5000 Köln 41 (Braunsfeld).
- [4] Stangenberg, F.: Stahlfaserbeton als hervorragender Baustoff für stossbeanspruchte Bauteile. «Bauingenieur» 61 (1986) Nr. 8, S. 339–345.
- [5] Roik, K. u. a.: Verbundstützen mit Stahlfaserbeton – Brandverhalten. «Bauingenieur» 62 (1987) Nr. 4, S. 179–182.
- [6] Stocker, K. u. a.: Fasernassspritzbeton und Einsatzmöglichkeiten. «Tiefbau» 25 (1983) Nr. 9, S. 526–530.
- [7] Hahlhege, R. u. a.: Einsatz von Stahlfaserspritzbeton bei der Sanierung von Wasserbauten. «Unser Betrieb» 36 (1986) Nr. 4, S. 338–340.
- [8] Schilling, K.: Anwendung von Stahlfaserspritzbeton. SIA-Dokumentation 11 (1982) Band 56, S. 35–41.
- [9] Hahlhege, R. u. a.: Stahlfaserspritzbeton im Tunnelbau. Qualität und Dauerhaftigkeit. «Beton» 38 (1988) Nr. 2, S. 62–65.

- [10] Nusser, H. u. a.: Stahlfaserspritzbeton zur Behebung von Mängeln der Betondeckung der Bewehrung. «Beton- und Stahlbetonbau» 82 (1987) Nr. 12, S. 331–333.
- [11] Grandziel, M.: Bergsicherung und Auskleidung von Stollen mit Stahlfaserspritzbeton. «Beton- und Stahlbetonbau» 81 (1986) Nr. 8, S. 205–207.
- [12] Braach, O.: Extrudierbetonbauweise im Tunnelbau. Verfahren und Ausführungsbeispiele für Stahlfaserpumpbeton. «Beton» 38 (1988) Nr. 3, S. 95–98.

Kies ist unser wichtigster Bodenschatz

Franz Auf der Maur

Etwa 30 Millionen Kubikmeter Kies werden jedes Jahr in der Schweiz aus dem Boden geholt, pro Kopf eine Lastwagenladung. Damit ist dieser Rohstoff der Bauindustrie unser wichtigster Bodenschatz. Allerdings sind die leicht zugänglichen Kiesvorkommen bald erschöpft.

Für den Bau der Gotthardautobahn im Nordtessin wurde der Kies aus dem Kanton Zürich herangeführt. Noch gehören solche langen Transportwege für ein Massengut wie Kies zur Ausnahme. Aus Kostengründen sollten nämlich Ort des Abbaues und Ort des Verbrauchs nicht weiter als etwa 50 km auseinanderliegen. Aber was will man? Ohne Kies gibt's nun einmal keinen Beton, keine Strassenfundationen, keine Dammschüttungen. Und nun kommt die Kunde, dass ums Jahr 2000 oder kurz danach – der genaue Zeitpunkt hängt von der Entwicklung der Baukonjunktur ab – die leicht zugänglichen Kiesvorkommen erschöpft sein werden. Noch vor kurzer Zeit galten unsere Kieslagerstätten als schier unerschöpflich. Weite Teile des Mittellandes sind von Schotterterrassen bedeckt. Wer sich in der Landschaft umschaut, bemerkt fast auf Schritt und Tritt grössere oder kleinere Kiesgruben. Etliche befinden sich noch in Betrieb, andere sind bereits aufgelassen, wie der Fachmann sagt.

Geschenk der Gletscher

Im Quartär, dem jüngsten Zeitabschnitt der Erdgeschichte, hat die Schweiz mehrere Eiszeiten erlebt. Gletscher aus den Alpen stiessen weit ins Mittelland vor und brachten riesige Mengen an Gesteinsmaterial mit. Schmelzwasserströme beförderten diese Alpensteine weiter, rundeten sie zu Geröllern und lagerten sie schliesslich als Schotter ab. Der Nut-



Kies ist unser wichtigster Bodenschatz – doch die nutzbaren Schotterfluren sind bald abgebaut, und was die Flüsse an frischem Gesteinsmaterial herantragen, deckt nur einen geringen Teil des Bedarfs.

(Bild: F. Auf der Maur)

zen dieses «Gletschergeschenks» für unsere Volkswirtschaft kann kaum hoch genug eingeschätzt werden. Lange Jahrzehnte liessen sich die benötigten Kiesmengen gewissermassen in Selbstbedienung abbauen. Doch wie gesagt: Mit dieser Herrlichkeit soll es bald ein Ende haben. Geht man freilich von den insgesamt vorhandenen Kieslagerstätten aus, würden die Reserven noch lange reichen. Es sind Nutzungskonflikte vielfältiger Art, die den Kiesabbau erschweren oder gar verunmöglichen. Die fünf wichtigsten seien hier kurz erläutert.

1. *Wald ist gesetzlich geschützt.* Zwar besteht grundsätzlich die Möglichkeit, Wald zu roden, um Kies zu gewinnen. Das Verfahren erweist sich aber als kompliziert; ausserdem wird eine Ersatzaufforstung verlangt.
2. *Siedlungen und Verkehrswege nehmen immer mehr Land in Anspruch.* Häufig sind ausgerechnet die ergiebigsten Kiesgebiete des Mittellandes überbaut und fallen daher für die Kiesausbeutung ausser Betracht.
3. *Grundwasser besitzt Vorrang.* Schotter sind als Lockergesteine ideale Grundwasserträger. Im Nutzungskonflikt zwischen Kiesabbau und Grundwasserentnahme hat man sich in der Schweiz für das Wasser entschieden. Das Argument: Während Kies, einmal dem Boden entnommen, sich nicht erneuert, gehört das Grundwasser zu jenen Rohstoffen, die sich ständig regenerieren.
4. *Naturschutz, Umweltschutz und Landschaftsschutz gewinnen an Bedeutung.* Aus diesem Grund muss jeder, der eine Kiesgrube eröffnen möchte, mit Opposition und Einsprachen rechnen. Auch die Auflagen der Behörden sind strenger geworden und beschränken die Kiesentnahme zusehends.
5. *Kiesabbau schränkt – zumindest vorübergehend – die landwirtschaftliche Nutzung ein.* Unter dem besten Ackerboden liegen häufig ergiebige Kiesvorkommen. Entscheidet man sich für den Abbau, resultiert ein Ertragsausfall für die Landwirtschaft. Im Hinblick auf eine Selbstversorgung in Krisenzeiten ist dies unerwünscht. Allerdings lassen sich alte Kiesgruben rekultivieren (wieder mit Humus bedecken), so dass der Ertragsausfall bloss vorübergehend bleibt.

«Naturbeton» Nagelfluh

Insgesamt also für die Kiesbranche recht düstere Aussichten. Da das Warten auf Nachschub durch eine neue Eiszeit wohl nicht in Frage kommt, muss sie sich etwas einfallen lassen. Zum Glück gibt's den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung mit seinem Nationalen Forschungsprogramm Nr. 7 «Rohstoff- und Materialprobleme». Im Rahmen dieses Programms erhalten die Praktiker an der Kiesfront von den Naturwissenschaftlern wertvolle Hinweise. So schlagen die im Auftrag des Nationalfonds arbeitenden Forscher folgende Ersatzmaterialien vor:

- Moränen eiszeitlicher Gletscher im Mittelland enthalten, vor allem wenn sie mit Schotter verzahnt sind, oft einen nutzbaren Kiesanteil.
- Bergsturzmaterial, Gehängeschutt und Bachschutt in den Alpen und zum Teil auch im Jura zählen zu den bisher noch kaum erschlossenen Rohstoffreserven.
- Am Südrand des Mittellandes verläuft eine Zone von Nagelfluh. Dieses Gestein besteht aus gut gerundeten Geröllern, die durch sandigen Zement zusammengehalten werden; Nagelfluh ist also eine Art «Naturbeton».
- Festen Fels kann man ebenfalls zu «Kunst Kies» verarbeiten.

Adresse des Verfassers: Franz Auf der Maur, Garbenweg 8, CH-3027 Bern