Faserverbundwerkstoffe im Bauwesen: Schiffstege aus GFK am Zürichsee

Autor(en): **Noesberger, Raffael / Kurath, Josef**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **118 (2000)**

Heft 5

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-79873

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Raffael Noesberger, Josef Kurath, Zürich

Faserverbundwerkstoffe im Bauwesen

Schiffstege aus GFK am Zürichsee

Entlang des Mythenquais, zwischen Seepolizei und dem Hafen Enge, wurde in der Schweiz erstmals unter wirtschaftlichen Kriterien ein Schiffsteg aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) gebaut. Er ersetzt eine Stahlträgerkonstruktion aus dem Jahre 1949. Zwei weitere rund 50 m lange Stege befinden sich zurzeit im Bau.

Die Schiffsteganlage am Mythenquai besteht aus drei Schwimmstegen, die aus dem Jahre 1949 stammen. Es handelt sich um eine feuerverzinkte, schwimmende Stahlkonstruktion mit einem Holzbelag, als Verankerung dienen Haltepfähle. Eine Zustandskontrolle im November 1996 ergab, dass die Schwimmer und die Stahlkonstruktion aller drei Stege sanierungsbedürftig waren. Die Stadt Zürich als Eigentümerin entschloss sich deshalb, die Stege zu ersetzen.

Dank der Regulierung des Wasserspiegels im Zürichsee und der damit kleinen Spiegelschwankungen konnten die neuen Stege auf festen Pfählen fundiert werden. Dies bietet im Vergleich zu einer schwimmenden Anlage vor allem in Bezug auf geringere Unterhaltsarbeiten und längere Nutzungsdauer markante Vorteile.

Da sich der Vorschlag, mit GFK zu arbeiten, hinsichtlich der Gesamtkosten als der günstigste herausstellte, entschied sich die Eigentümerin für diese Variante. Der erste Steg wurde im letzten Frühling erstellt, die anderen zwei befinden sich derzeit im Bau.

Bauen mit Faserverbundwerkstoffen

Im Maschinen-, Schiffs- und Flugzeugbau werden Faserverbundwerkstoffe (FVW) heute schon häufig eingesetzt und sind nicht mehr wegzudenken. Im Bauwesen hingegen werden diese Materialien für tragende Bauteile erst vereinzelt im konstruktiven Ingenieurbau verwendet. Dafür sind verschiedene Gründe anzuführen:

- Die Materialkosten sind auch heute noch relativ hoch
- Es bestehen noch keine verbindlichen Anwendungsnormen im Bauwesen
- Derzeit sind nur standardisierte Stabprofile erhältlich, deren Querschnitt demjenigen von gewalzten Stahlprofilen entspricht. Dadurch können die vorzüglichen Materialeigenschaften aber nur ungenügend genutzt werden.

In der Bauwirtschaft werden heute tragende Bauteile in GFK vor allem als Formteile in chemisch stark belasteter Umgebung (Offshore, Kläranlagen usw.) eingesetzt. Kohlenfaserverstärkter Kunststoff (CFK) wird als nachträgliche Verstärkung von bestehenden Bauten eingesetzt. Insbesondere die Kombination von GFK und CFK ist für Tragkonstruktionen ein zukunftsweisender Baustoff, da die beiden Materialien bezüglich ihrer materialtechnologischen Stärken gezielt kombiniert werden können. So erhöhen teure Kohlefasern (z.B. aufgeklebte CFK-Lamellen) im GFK-Körper die Steifigkeit massiv, wodurch ein leichtes, hochbelastbares Bauteil entsteht. Das Einsatzgebiet dieses Baustoffs ist sehr vielseitig; die Anwendungsmöglichkeiten liegen vor allem im Leichtkonstruktionsbau, wie z.B. Fussgängerbrücken, Perrondächer, Stege, tragende Böden oder Fassaden. Die Materialeigenschaften können bei der Herstellung zudem anwenderorientiert beeinflusst werden, wodurch ein optimaler Materialeinsatz möglich wird. Der Konstrukteur besitzt auch bei der Form- und Farbgebung von FVW grosse Freiheiten, womit ihm im gestalterischen wie konstruktiven Bereich ganz neue Möglichkeiten eröffnet werden. Da Bauwerke aus FVW nur geringe bis gar keine Unterhaltsarbeiten benötigen, gegen die meisten Chemikalien resistent und zudem nicht korrosionsanfällig sind, fallen während der Nutzungsdauer nur geringe Kosten an, was sich auf die Gesamtwirtschaftlichkeit äusserst positiv auswirkt. Ein weiterer Vorzug von FVW ist die wesentlich bessere Nachhaltigkeit als diejenige von Stahl oder Aluminium, da für die Herstellung bedeutend weniger Energie benötigt wird. Auch die Entsorgung ist problemlos; sie geschieht heute hauptsächlich durch Verbrennung unter Nutzung der Verbrennungsenergie. GFK weist folgende Merkmale auf:

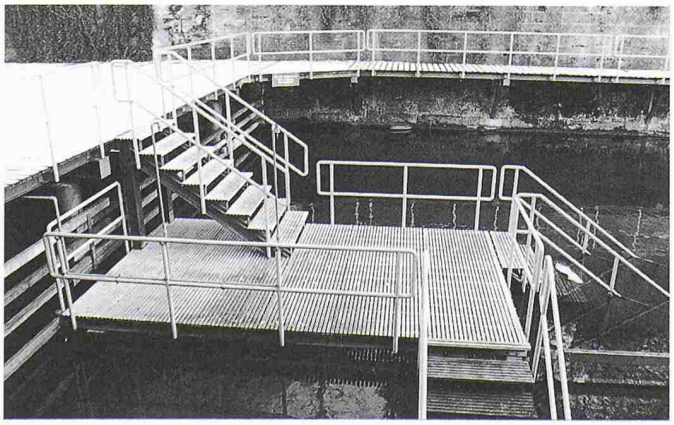
- die mechanischen Eigenschaften sind stark richtungsabhängig
- unter Nutzspannungen tritt fast keine Ermüdung auf
- grosse Elastizität (längs wie Beton, quer wie Holz längs)
- praktisch rein linear-elastisches Verhalten
- elektrisch nicht leitend
- geringes Gewicht
- sehr gutes Brandverhalten
- Festigkeit längs in etwa gleich wie bei normalem Baustahl.

CFK zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

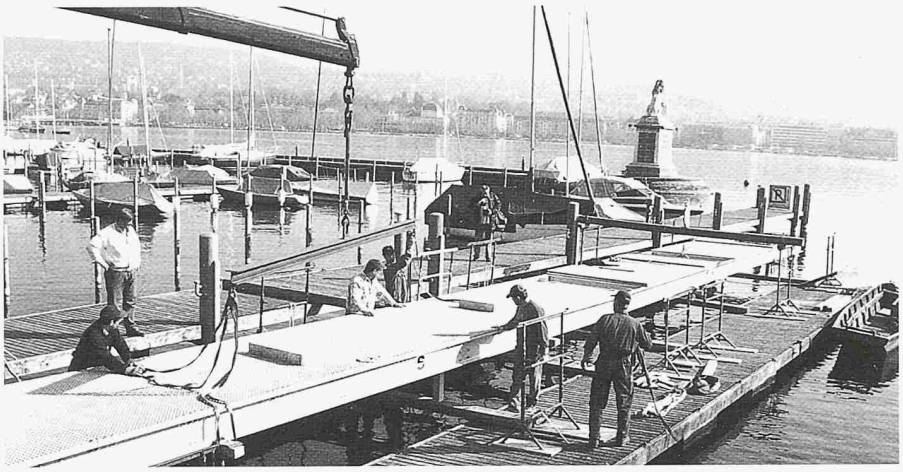
- sehr hohe Festigkeit (längs wie normaler Baustahl, quer nicht belastbar)
- fast keine Ermüdung
- Elastizität wie Stahl
- Temperaturausdehnungskoeffizient entgegengesetzt zu Stahl oder Beton, elektrisch leitend.

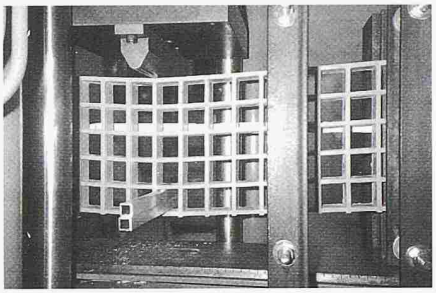
Im Vergleich zu Stahl ist GFK relativ teuer, doch sind die Materialkosten bei einem Bauwerk nur ein Aspekt unter vielen. So bietet GFK, insbesondere in Bezug auf die Dauerhaftigkeit und die anfallenden Unterhaltsarbeiten, gegenüber anderen Materialien einen gewichtigen Vorteil. Je nach Konstruktion können sich die Verarbeitbarkeit und das Handling von GFK-Bauteilen auf der Baustelle wesentlich einfacher als bei anderen Werkstoffen gestalten. Die Mehrkosten, die durch das Material entstehen, können dadurch mehr als kompensiert werden.

Bei Schiffstegen wird damit gerechnet, dass ein Holzbelag etwa alle acht bis



1
GFK-Gitterrost als Belag in der Badanstalt Schanzengraben (Zürich) nach zehnjährigem Einsatz noch in bestem Zustand (Steg liegt oft unter Wasser)





2
GFK-Gitterrost in Prüfmaschine

3
Momentaufnahme vor der Montage

zehn Jahre vollständig ausgewechselt werden muss. Das gleiche gilt für die Bordlatten. Wählt man für diese Elemente (Belag und Bordlatten) einen geeigneten Kunststoff, halten sie um ein Mehrfaches länger. Bereits 1990 wurden in der Männer-Badeanstalt Schanzengraben in Zürich GFK-Roste als Belag eingebaut. Diese sind auch heute noch in einem tadellosen Zustand.

Das Kleben und das Schrauben von Faserverbundwerkstoffen wird im Flugzeug- und Schiffbau seit Jahrzehnten erforscht und schon seit langem erfolgreich eingesetzt.

Konstruktion und Montage des GFK-Stegs

Der 60 m lange und 2 m breite Steg gründet auf 22 paarweise angeordneten Stahl-Rammpfählen. Das Tragsystem wurde als Trägerrost konzipiert, der aus zwei seitlichen Längsträgern (U-Profil), deren Steifigkeit mit aufgeklebten CFK-Lamellen erhöht wurde, besteht. Die Querträger (jeweils zwei U-Profile) stützen im Abstand von einem Meter den Belag. Die Verbindungen wurden mehrheitlich geleimt ausgeführt. Diejenigen Verbindungen, deren Versagen zum Kollaps des Stegs führen würden, erfuhren eine zusätzliche Verschraubung. Diese Sicherheitsmassnahme wurde lediglich ergriffen, weil schon kleinste Fehler beim Kleben zu grossen Festigkeitseinbussen führen können und weil im Bauwesen zurzeit noch nicht genug Know-how vorhanden ist. Als Belag dient ein Gitterrost, der zugleich auch als Windverband wirkt.

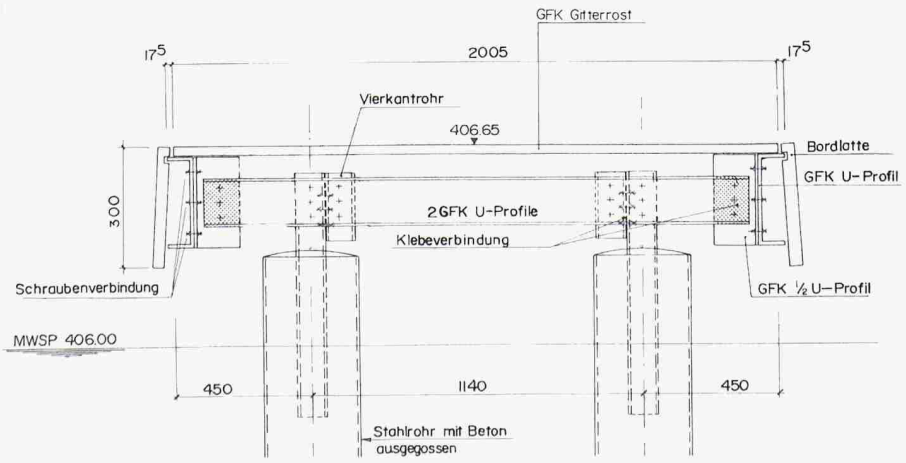
Die Montage erfolgte in Elementbauweise. Die fünf Stegelemente von jeweils 12 m Länge wurden vorgängig inklusive Gitterrost im Werk gefertigt und mit einem Lastwagen auf die Baustelle transportiert. Dank des geringen Gewichts konnten sie problemlos mit dem Lastwagenkran versetzt werden.

Versuche an der Zürcher Hochschule Winterthur

Das Trag- und Verformungsverhalten des Gitterrosts wurde an der Zürcher Hochschule Winterthur (ZHW) untersucht. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass der beim Schiffsteg als Windverband dienende GFK-Gitterrost die zu erwartenden Kräfte aufnehmen kann und auch eine genügende Steifigkeit besitzt. Ebenfalls wurde der Einfluss einer auf der Zugseite schlaff aufgeklebten CFK-Lamelle auf das Trag- und Verformungsverhalten eines Doppel-T-Profils aus GFK getestet. Auch bei diesen Versuchen wurden die berechneten Werte erreicht. Die meisten Messwerte überschritten die im Voraus berechneten Werte bei weitem.

Neben der Prüfung des GFK-Gitterrostes wurden - wiederum im Hinblick auf praktische Anwendungen - weitere Versuche durchgeführt. Auch hier liessen sich die Zielvorgaben problemlos erreichen. Die ZHW wird auch in Zukunft zusammen mit privaten Firmen auf diesem Gebiet Forschungs- und Entwicklungsarbeiten betreiben.

4
Querschnitt durch GFK-Schiffsteg



Adresse der Verfasser:
Raffael Noesberger, dipl. Ing. HTL, Assistent an der Zürcher Hochschule Winterthur (ZHW), *Josef Kurath*, dipl. Ing. ETH/SIA, Staubli, Kurath & Partner AG, Bachmattstr. 53, 8048 Zürich

Literatur

Puck A.: Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten. Carl Hanser Verlag, München und Wien, 1996

Flemming M., Ziegmann G., Roth S.: Faserverbundbauweisen - Halbzeuge und Bauweisen. Springer Verlag 1996

Verein Deutscher Ingenieure: Dimensionieren von Bauteilen aus GFK. VDI-Richtlinie, 1970

Am Bau Beteiligte:

Bauträgerschaft:
Seepolizei der Stadt Zürich, Tiefbauamt der Stadt Zürich
Projektierung und Bauleitung:
Staubli, Kurath & Partner AG, Ingenieurbüro, Zürich/Zug
Ausführung:
W. Stäubli Ing. AG, Zürich
Lieferung GFK-Profile:
Maag Technic AG, Dübendorf
Versuche:
Zürcher Hochschule Winterthur, Studiengang Bauingenieurwesen