

Leichte Brücken

Autor(en): **Rooden, Clementine van**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **132 (2006)**

Heft 44: **Kunststoffe**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-108003>

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.

Leichte Brücken

Ingenieure sehen sich mit stets wachsenden Herausforderungen konfrontiert – grosse Brückenspannweiten, schwierige topografische sowie geotechnische Verhältnisse oder aggressivere Umwelteinflüsse. Von der Materialtechnologie werden unweigerlich entsprechende Fortschritte verlangt. Immer leichter und tragfähiger müssen Elemente von Konstruktionen werden. Auch in der Schweiz sollen Pilotprojekte im Brückenbau die Förderung von neuen Materialien unterstützen.

Europaweit sind in absehbarer Zeit tausende von Brücken herkömmlicher Bauweise durch Neubauten zu ersetzen. Witterung, Frost und Streusalz haben ihnen derart zugesetzt, dass sie erneuert werden müssen. Darunter sind auch viele Brücken, die dem heutigen Verkehr nicht gewachsen sind und neu dimensioniert werden müssen. Mit den herkömmlichen Materialien stossen die Ingenieure auf immer wiederkehrende, ähnliche Probleme. So ist das Material Holz wegen seiner Pilzanfälligkeit oder Inhomogenität oft eine ungeeignete Wahl. Auch Beton hat ungünstige Eigenschaften, vor allem sein grosses spezifisches Gewicht. Die Bewehrungskorrosion, durch die Empfindlichkeit des Betons gegenüber Wasser und Tausalz verursacht, ist ein weiterer Nachteil. Stahl ist zwar weder ein natürliches Material, noch gilt es in der Baubranche als Schwergewicht, doch es rostet und weist eine starke Leitfähigkeit auf. Hingegen haben Faserverbundwerkstoffe (FVK) – bestehend aus Glasfasern (GFK) oder Kohlefasern (CFK) und einer Kunststoffmatrix – in Bezug auf den Unterhaltsaufwand und die mechanischen Eigenschaften ausgezeichnete Werte. Die Wartung kann gering und kostengünstig gehalten werden, und die Festigkeit ist etwa so hoch wie bei Stahl (Zugfestigkeit in Faserrichtung: 200–3000 N/mm², je nach Fasergehalt). GFK-Brücken zeichnen sich durch hohe Lebensdauer aus, sie rosten oder modern nicht und erfordern nur minimale Instandhaltung. Tragkonstruktionen aus FVK können punkto Tragfähigkeit ohne weiteres mit Beton- oder Stahlbrücken konkurrenzieren.

Faserverbundwerkstoffe im Brückenbau

Heute sind die Einsatzbereiche von tragenden Kunststoffen in der Praxis nicht weit verbreitet. Es heben sich aber spezifische Bereiche hervor, in denen die einzelnen Vorteile des Materials den Einsatz rechtfertigen. Faserverbundwerkstoffe werden deshalb in den letzten Jah-



1

Die glasfaserverstärkte Geh- und Radwegbrücke bei Lleida in Spanien ist als Bogenbrücke konstruiert und hat eine Spannweite von 38 m (Bogenträger um 10° nach innen geneigt). Sie ist 3 m breit und als einfacher Balken gelagert. Diese Überbrückung einer Hochgeschwindigkeitsbahnstrecke und Strasse ist mit dem internationalen «Footbridge Award 2005» ausgezeichnet worden (Bild: Fiberline Composites, Dänemark)

2
Bei der Stahlbrücke Broadway in Portland, USA, wurde 2005 der Stahlrost der Fahrbahn durch GFK-Platten ersetzt. Damit konnte eine indirekte Nutzlasterhöhung erreicht werden (Bild: Martin Marietta Composites, USA)



ren vermehrt im Brückenbau eingesetzt. Am Beispiel einer Brücke, die bei Lleida in Spanien erstellt wurde, lassen sich die Vorzüge erläutern (Bild 1). Bei dieser GFK-Brücke kam der Vorteil der leichten Konstruktion zum Tragen. Das geringe Gewicht ermöglichte eine Vorfabrikation und anschliessend eine schnelle Montage vor Ort. So dauerte die Unterbrechung des Bahnverkehrs lediglich drei Stunden. Die Brücke mit einer Spannweite von 38m führt über die mit Strom betriebene Hochleistungsbahnstrecke Barcelona-Madrid. So bot die Isolierfähigkeit des Materials gegen Elektrizität in diesem Einsatzbereich einen zusätzlichen Vorteil.

Weitere, verbreitete Einsatzgebiete von Faserverbundwerkstoffen im Brückenbau sind Tragwerksverstärkungen, z.B. aufgeklebte CFK-Lamellen oder Betonkonstruktionen mit GFK- oder CFK-Bewehrungsstäben. Insbesondere sind Brückenfahrbahnplatten eine viel versprechende Anwendung von GFK. Die geringe Eigenlast ermöglicht eine indirekte Nutzlasterhöhung oder Verbreiterung bestehender Brücken durch einen Plattenersatz ohne Gewichtszunahme. Das weitgehend korrosionsbeständige Material erfordert keine Abdichtung und ermöglicht im Vergleich zu Beton oder Stahl einfachere Konstruktionsdetails mit reduziertem Unterhalt. Die schnelle Montage der leichten Platten trägt stets zu einer Minimierung von Verkehrsbehinderungen bei. Aufgrund dieser Vorteile wurden in den USA bereits mehr als 80 Brücken mit GFK-Fahrbahnplatten erstellt (Bild 2). Mehrheitlich wurden die Platten (GFK-Profil oder Sandwichbauteile) dabei auf bestehende oder neue Stahl-Hauptträger montiert.

Förderungsjahre für Kunststoffprofile

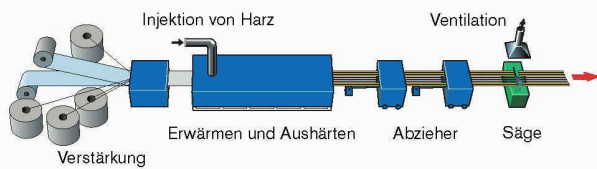
Auch in Europa haben sich nicht nur Tragwerksverstärkungen durchgesetzt. Mittlerweile gibt es erste Fussgänger- und Strassenbrücken aus GFK-Bauteilen. Im Oktober 2002 wurde im britischen Oxfordshire eine erste

Strassenbrücke aus verstärktem Kunststoff eingeweiht (Bild 7). Hinter dem Projekt steht jahrelange Forschung und viel Entwicklungsarbeit im Rahmen eines Förderungsprogramms der EU. Eine Planergruppe, bestehend aus Firmen verschiedener Länder (auch der Schweiz), lancierte dieses praktisch orientierte Förderungsprojekt. Das Konsortium initiierte das Projekt Asset (Advanced Structural Systems for Tomorrow's Infrastructure), mit dem Ziel, eine neue Technologie im Bereich des Brückenbaus zu fördern. Im Speziellen sollten dabei Kunststoffmaterialien und deren Anwendungspotenzial in Konstruktionen erforscht und weiterentwickelt werden. Es gelang den Projektpartnern, eine wettbewerbsfähige Alternative zu herkömmlichen Stahl- bzw. Betonbrücken zu entwickeln.

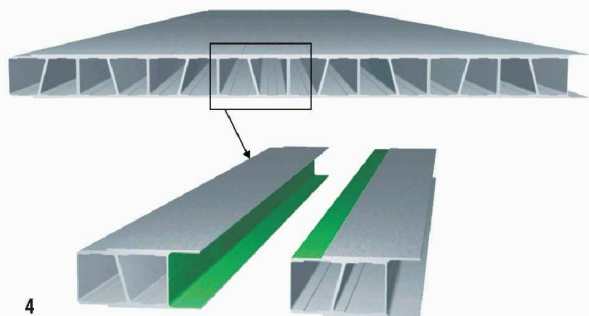
Die Brücke mit einer Spannweite von 10m ist vollständig aus GFK konstruiert. Nur die Konsolenköpfe zur Befestigung der Leitplanken sind aus Beton. Die gesamte Brücke ist somit sehr leicht und liess sich mit einem Mobilkran in einem Stück in nur 30 Minuten installieren. Die Brücke konnte im Werk vorfabriziert werden, was die Ausführungskosten vor Ort auf ein Minimum reduzierte. Für das Fahrdeck wurde ein äusserst leichtes und sehr tragfähiges Hohlprofil aus GFK entwickelt. Dieses Asset-Profil, benannt nach dem Namen des Forschungsprojektes, wird heute im Verhalten überwacht. Dies soll längerfristig Daten liefern, um die Weiterentwicklung voranzutreiben.

Materialgerechter Einsatz – hybride Konstruktion

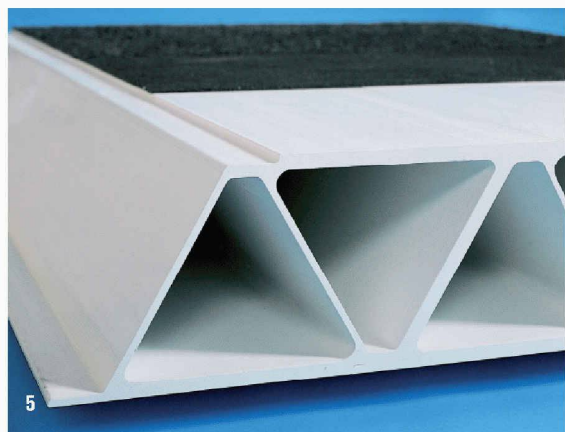
Faserverbundwerkstoffe weisen aber nicht nur Vorteile auf, sonst hätte sich das Material in der Baubranche längst auch in tragenden Bauteilen durchgesetzt. Ein reiner GFK-Träger (glasfaserverstärkter Kunststoff) ist weich, verursacht durch den kleinen Elastizitätsmodul des Materials. Grosse Verformungen sind die Konsequenz, was für Tragwerke ungünstig ist. Infolge dieser



3



4



5



6



3

Bei der Herstellung von GFK-Profilen im Strangziehverfahren werden Glasfasern (Verstärkung) in Strängen durch die Maschine gezogen. In einzelnen Stationen werden diese mit Harz injiziert, erwärmt, ausgehärtet und abgezogen. Die Säge schneidet das geformte Profil schliesslich auf die gewünschte Länge zu (Bild: Fiberline Composites, Dänemark)

4

DuraSpan-System (Bild: Martin Marietta Composites, USA)

5

Asset-System (Bild: Fiberline Composites, Dänemark)

6

Stahl-GFK-Verbundkonstruktion: Anschluss mit Kopfholzendübel (Bild: Martin Marietta Composites, USA)

7

Die vorfabrizierten GFK-Platten-Brücke West Mill in Oxfordshire, England, konnte in nur 30 Minuten installiert werden (Bild: Fiberline Composites, Dänemark)

8

Die Brücke M6 Occupation Bridge in England, mit einer Fahrbahnplatte aus GFK, dient seit 2006 als Überführung über eine Autobahn (Bild: Fiberline Composites, Dänemark)



ungünstigen Elastizitätsmoduli von GFK ($E = 14\,000 - 40\,000 \text{ N/mm}^2$) werden sich darum reine Kunststoffbauteile als Primärbiegeträger gegenüber Stahl nicht durchsetzen können. Umso mehr sollen materialgerechte Tragkonstruktionen den Einsatz von Faserverbundwerkstoffen rechtfertigen. Als Primärtragelemente, die eine reine Zugbeanspruchung aufweisen, in Hybridkonstruktionen wie beispielsweise GFK-Stahl-Verbundkonstruktionen oder aber als Sekundärtragelemente, etwa als Fahrbahnunterkonstruktion, finden Kunststoffelemente ihre Berechtigung.

Eine Möglichkeit für einen materialgerechten Einsatz bietet zum Beispiel die Brücke über den Sihlsee. Beim Steinbachviadukt über den Sihlsee, für den gegenwärtig ein Wettbewerb läuft, bestehen schwierige Baugrundverhältnisse. Die Setzungsempfindlichkeit des Bodens, der die Fundation tragen muss, ist gross. Ein geschickt gewähltes Tragwerk und ein leichtes Material sollen helfen, die Lasten auf die Fundationen zu reduzieren – womit sich hier der Einsatz von Kunststoff anbietet.

Ein bereits gebautes Beispiel für eine Brückenkonstruktion aus GFK ist die Brücke in Mount Pleasant, England (Bild 8). Hier wurde dem materialgerechten Einsatz in der Tragkonstruktion Rechnung getragen. Die Primärträger der Brücke sind aus Stahl und werden über zwei Felder mit je einer Spannweite von 25.7 m gespannt. Die Fahrbahn der 5.65 m breiten Brücke, mit einem Streifen für den motorisierten Verkehr und Fussgängerwegen auf beiden Seiten, wurde als tragende Sekundärkonstruktion mit GFK-Asset-Profilen ausgeführt. Damit wurde der Bauherr, im Gegensatz zur Brücke im britischen Oxfordshire, auch den kostenrelevanten Aspekten gerecht. Das Projekt wurde schliesslich nicht mit Fördergeldern unterstützt, sondern musste wirtschaftlich sein. Die Fahrbahn hält mit diesem Konzept der hybriden Tragstruktur den aggressiven Streusalzwassern

langfristig stand. Geschützt durch das Fahrbahndeck, sind die Hauptträger aus Stahl diesen gefährlichen Einwirkungen nicht ausgesetzt.

Die Asset-Profile wurden mit den Stahlträgern verklebt. Die Tragelemente wirken durch diesen materialgerechten Anschluss im Verbund. In die Bemessung konnte die Verbundwirkung jedoch mangels Erfahrung und infolge unzureichender Kenntnisse nicht einfließen. Diesem Mangel soll die Forschung entgegenwirken, sodass das Potenzial dieser neuen Technologie besser ausgeschöpft werden kann.

Forschung im Bereich Fahrbahnplattensysteme

Mehrere Fahrbahnplattensysteme aus Faserverbundwerkstoffen wurden bereits entwickelt. Es gibt im Wesentlichen zwei unterschiedliche Konstruktionsprinzipien. Die eine Konstruktionsart besteht aus grossformatigen Sandwichplatten, die in unterschiedlichen Stärken hergestellt werden können. Die andere Konstruktionsart besteht aus pultrudierten Profilen, hergestellt im Strangziehverfahren (Bild 3), die am Produktionsort zu grossformatigen Platten zusammengeklebt werden. Heute werden vor allem Platten aus pultrudierten Profilen verwendet. Das DuraSpan-System (Bild 4) hat sich in den USA durchgesetzt, in Europa wurde das ebenfalls pultrudierte Asset-System (Bild 5) entwickelt, mit dem auch die erwähnte Brücke in Oxfordshire gebaut wurde (Bild 7).

DuraSpan und Asset unterscheiden sich in erster Linie in der Faserarchitektur und in der Geometrie der Stege, welche die äusseren Paneele verbinden. Die grossformatigen Plattenelemente spannen normalerweise in Querrichtung über die Hauptträger auf die ganze Brückenbreite und werden während der Montage zusammengeklebt. Für die Verbindung mit den Hauptträgern kommen unterschiedliche Techniken zum Einsatz: Das DuraSpan-System verwendet Kopfbolzendübel, die in



9

9-10

Deutschlands erste GFK-Strassenbrücke im sächsischen Klipphausen. Für die neuartige Brückenkonstruktion sollen die Vorteile des modernen Verbundmaterials (GFK-Asset-Profile) genutzt werden (Bild: Fiberline Composites, Dänemark).



10

vorgängig ausgeschnittene Plattenöffnungen eingeschweisst werden. Die Hohlräume zwischen Trägerflanschen und Platten werden mit einem Polymermörtel ausgegossen (Bild 6). Die Platten der Brücke in Oxfordshire wurden hingegen auf FVK-Trägern aufgeklebt. Kleben ist eine materialgerechtere Verbindungstechnik für anisotrope Faserverbundwerkstoffe als Kopfbolzendübel. Die Kraftübertragung erfolgt gleichmässig und grossflächig und erlaubt eine volle statische Mitwirkung der Fahrbahnplatte in Brückenlängsrichtung. Da die Klebetechnik im Baubereich relativ neu ist, wurden das statische Verhalten und das Ermüdungsverhalten von geklebten Verbindungen zwischen GFK-Platten und Stahlträgern im Rahmen eines Forschungsprojektes des Bundesamtes für Strassen (Astra) in der Schweiz untersucht. Eine Doktorarbeit aus dem Composite Construction Laborator der ETH Lausanne liefert einen Ansatz, die Probleme, die geklebte Stahl-GFK-Verbundträger heute noch aufweisen, zu lösen. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit zeigen, dass Kleben eine verlässliche Verbindungstechnik zum Herstellen von Stahl-GFK-Verbundträgern ist. Versagen trat in den Versuchen immer zuerst im Brückendeck ein, nie in der Klebefuge. Ausserdem konnte festgestellt werden, dass die Steifigkeit und die Bruchlast im Vergleich zu einem einfachen Stahlträger durch das Aufkleben einer GFK-Fahrbahnplatte erheblich erhöht werden können. Auch das duktile Verhalten des hybriden Trägers und die günstigen Ermüdungseigenschaften zählen zu den positiven Resultaten der Untersuchung. Aus diesem Grund sollen nun im Rahmen eines Pilotprojektes in der Schweiz geklebte GFK-Fahrbahnplatten eingesetzt und in der Praxis auf ihr langfristiges Verhalten geprüft werden. Die Verbundwirkung zwischen Träger und Platte soll künftig in Bemessungen einfließen, sodass eine effiziente Tragwirkung berücksichtigt werden kann. Das Astra unterstützt die Auffassung, dass der Einsatz von Fahrbahnplatten

aus Faserverbundwerkstoffen anhand von Pilotprojekten zu prüfen und bei Erfolg weiter zu fördern ist. Das Astra möchte aus diesem Grund die Kantonsingenieure motivieren, für geeignete Objekte eine Pilotanwendung in Betracht zu ziehen.

Bescheidene Brücke trägt 40 Tonnen

In Deutschland konnte ein erstes Projekt mit materialgerechtem Einsatz bereits verwirklicht werden (Bilder 9 und 10). Auf den ersten Blick wirkt das über einen Bach in Klipphausen führende Bauwerk unscheinbar, aber unter dem schlichten Äusseren steckt eine der modernsten Brückenkonstruktionen Europas. Das Jahrhunderthochwasser 2002 beschädigte Bauten und Infrastruktur in Klipphausen stark. Mehrere Fussgängerbrücken wurden weggespült. Es mussten so schnell wie möglich Ersatzbrücken erstellt werden. Die Gemeinde beschloss, diese mit GFK-Konstruktionen ausführen zu lassen, da diese unter Berücksichtigung der langfristigen Unterhaltskosten preisgünstiger seien. Ausserdem war auch hier das geringe Gewicht ein Vorteil. Die 6,6 m lange und 6 m breite Strassenbrücke wurde mehrheitlich vorfabriziert und in zwei Segmenten angeliefert, die anschliessend zusammengeklebt wurden. Für die Befes-

tigung am Fundament wurden Schraubverbindungen eingesetzt, damit die Brücke bei drohendem Hochwasser schnell entfernt und das Wegschwemmen verhindert werden kann. In Pontresina im Engadin wird auf diese Weise eine Brücke vor Schmelzwasserströmen geschützt (vgl. tec21, 12/1998, S.8). Dort wird die Brücke, die als europäisches Pionierprojekt gilt und ebenfalls aus leichten GFK-Profilen konstruiert ist, jedes Frühjahr demontiert.

Förderung in der Schweiz

Brücken, worin tragende GFK-Profile als Fahrbahnplatten zum Einsatz kommen, wurden bis anhin in der Schweiz noch nicht verwirklicht. Doch die ersten Wettbewerbsprojekte mit leichten Fahrbahnkonstruktionen wurden bereits eingegeben. Das Potenzial der Faserverbundwerkstoffe in speziellen Einsatzgebieten wurde somit zumindest aus planerischer Sicht erkannt. Nun müssen sich die neu entwickelten Fahrbahnprofile auch in der Praxis bewähren. Denn neue Technologien sind vor allem dann sinnvoll, wenn sie konkrete Probleme lösen und in konkreten Projekten verwirklicht werden können.

vanrooden@tec21.ch

Alles wird kleiner. Auch Ihre Handyrechnung.

Jetzt können Sie in Ihrem Unternehmen gratis mobil telefonieren. Ohne Zeitbeschränkung und zusätzliche Kosten. Mit den neuen NATEL® business Tarifen von Swisscom Mobile. Weitere Informationen erhalten Sie in Ihrem Swisscom Shop, im Fachhandel, oder kontaktieren Sie unsere kostenlose KMU-Hotline 0800 88 99 11. www.swisscom-mobile.ch/kmu

swisscom mobile
Einfach verbunden.