Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 17

Artikel: Eyecatcher - fünfgeschossiges Gebäude mit GFK-Tragstruktur
Autor: Keller, Thomas / Künzle, Otto / Wyss, Urs
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79720

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: 13.07.2025

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

Thomas Keller, Lausanne, Otto Künzle, Urs Wyss, Zürich

Eyecatcher – fünfgeschossiges Gebäude mit GFK-Tragstruktur

Der Eyecatcher – das integrale Gebäude der Swissbau 1999 – soll die Vernetzung von Architektur und Technik zum Ausdruck bringen. Ein zentrales Element bildet dabei die Tragstruktur aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK), auf die im folgenden eingegangen wird. Weltweit erstmals wurde mit dem Eyecatcher ein fünfgeschossiges Gebäude aus diesen Materialien errichtet (Bild 1).

Die Konzeption der Tragstruktur des Eyecatchers basiert auf Erfahrungen, die aus dem Bau der Fussgängerbrücke Pontresina – der ersten Brücke der Schweiz aus GFK – gewonnen werden konnten [1]. Während bei der Brücke Pontresina die geringe Eigenlast sowie die Korrosionsbeständigkeit für die Materialwahl ausschlaggebend waren, so war es beim Eyecatcher vor allem die geringe Wärmeleitfähigkeit.

GFK als Baumaterial

Die Primärtragstruktur des Eyecatchers ist aus denselben GFK-Profilen aufgebaut wie die Brücke Pontresina. Die Querschnittsformen sind dabei direkt dem Stahlbau entlehnt [2], die Profile selbst werden im Pultrusionsverfahren hergestellt. Die Kunststoffmatrix besteht aus Polyester und ist mittels Glasfasern aus E-Glas verstärkt. Die Fasern sind bündelweise vor allem in Profillängsrichtung angeordnet. Ergänzt werden sie durch komplexe Gewebematten, die eine Schubverstärkung sowie eine Verstärkung in Querrichtung bewirken. Das Verhalten des Materials ist jedoch durch eine starke Anisotropie geprägt – ähnlich dem Verhalten von Holz, einem natürlichen Faserverbundmaterial. Die vorzüglichen Materialeigenschaften in Profillängsrichtung überwiegen stark.

Die korrosionsbeständigen Baumaterialien weisen vergleichbare Festigkeiten auf wie Stahl, die Eigenlast beträgt jedoch nur ¼ deren von Stahl. Mit einer Wärmeleitfähigkeit von nur $\lambda = 0{,}2\text{–}0{,}3\ W/K \cdot m$ bilden GFK-Profile zudem keine Wärmebrücken – sie können somit direkt in die Fassadenebene integriert werden und diese durchdringen, wie dies beim Eyecatcher sehr schön gezeigt wird (Bild 2 und 3). Ein mehrschichtiger Fassadenaufbau kann dadurch entfallen, was einerseits der Architektur die verlorengegangenen Gestaltungs- und Konstruktionsmöglichkeiten des Bauhauses wieder eröffnet, andererseits sicherlich auch hinsichtlich Baukosten interessant sein dürfte.

Die Materialien sind heute recyclierbar, aber auch normal deponier- oder verbrennbar. Bei Verwendung von Glasfasern und Polyester beträgt der Energieverbauch zur Herstellung nur rund ¼ dessen von Stahl. Hinsichtlich Nachhaltigkeit können Faserverbundmaterialien trotz des Ausgangsmaterials Erdöl für die Kunststoffmatrix durchaus positiv beurteilt werden. Beim Einsatz als Tragstruktur wird die dem Ausgangsmaterial innewohnende Energie während mehrerer Jahrzehnte, bei Recycling ohne weiteres über 100 Jahre konserviert. Dies ist wohl die heute nachhaltigste Nutzung des Erdöls. In Zukunft ist zudem ohne weiteres eine synthetische Herstellung der Matrizes denkbar. Die Glasfasern, hauptsächlich aus Quarzmehl und Kalkstein hergestellt, sind umweltfreundlich und unerschöpflich gewinnbar.

Betreffend Alterungsverhalten bestehen im Einsatz von glasfaserverstärktem Polyester langjährige Erfahrungen. Erste Tragstrukturen wurden in der Schweiz bereits in den 50er Jahren durch Heinz Isler gebaut, ein Pionier nicht nur im Schalenbau, sondern ebenso im Kunststoffbau. Die Profile sind heute, korrekte Verarbeitung vorausgesetzt, alterungs- und korrosionsbeständig. Zur Erzielung einer optimalen Wetterbeständigkeit wird ein Oberflächenvlies eingezogen. Weitere Zusatzstoffe erhöhen zudem die UV-Beständigkeit. Eine leichte gelbliche Verfärbung kann aufgrund von UV-Einwirkung eintreten. Im Sinne einer Patina, wie auch bei andern Materialien akzeptiert, muss dies durchaus nicht negativ beurteilt werden, handelt es sich dabei doch nur um einen kosmetischen Effekt. Die Materialeigenschaften bleiben hinsichtlich Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit unbeeinflusst. Falls erwünscht, kann zudem die Oberfläche jederzeit problemlos mit einem Anstrich versehen werden.

Praktisch keine Kenntnisse liegen bis heute betreffend des Feuerwiderstands der GFK-Profile vor. Das Brandverhalten wird deshalb zur Zeit an der ETH mittels Brandversuchen abgeklärt. Verglichen mit Stahl beginnt der Festigkeits- und Steifigkeitsabfall viel früher, bereits bei 80–100 °C. Infolge der gegenüber Stahl rund 200-mal geringeren Wärmeleitfähigkeit erwärmen sich die GFK-Profile jedoch wesentlich langsamer.

Die Materialkosten für GFK-Profile liegen heute je nach bestellter Menge bei relativ hohen 8 bis 13 Franken pro Kilogramm. Fallen jedoch vorteilhafte Mate-

1
Eyecatcher mit GFK-Tragstruktur

rialeigenschaften wie geringes Gewicht bei hoher Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit verbunden mit praktischer Unterhaltsfreiheit oder geringe Wärmeleitung wirksam ins Gewicht, werden die hohen Materialkosten stark relativiert.

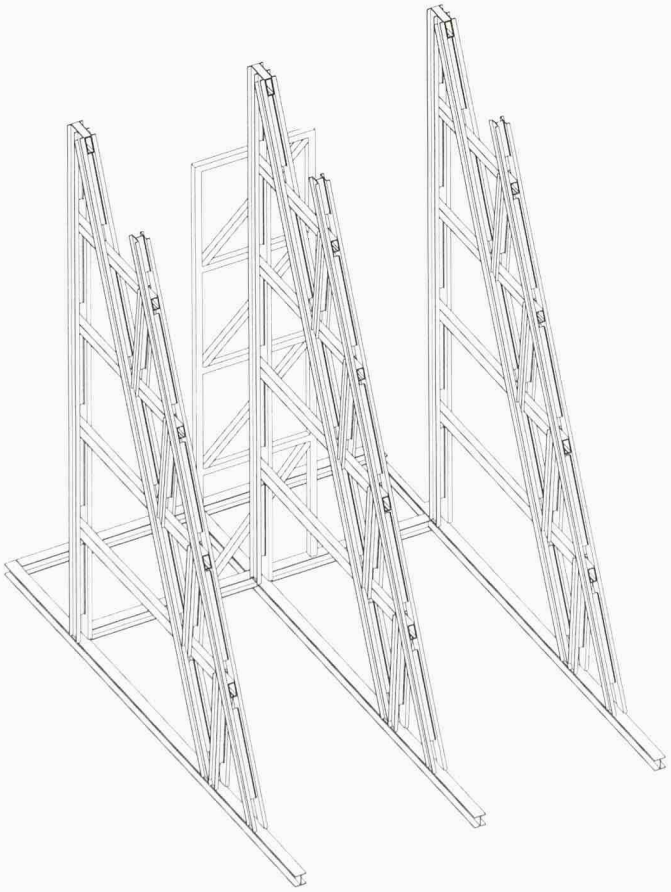
Konzept der GFK-Tragstruktur

Die Tragstruktur des rund 15 m hohen Eyecatchers besteht aus zwei statisch unabhängigen Teilen, dem südlichen Ausstellungsteil sowie einer nördlich liegenden fünfstöckigen Holzcontainer-Konstruktion mit der ganzen Erschliessung. Der südliche Teil gliedert sich in drei parallel angeordnete, fachwerkartig verstärkte GFK-Rahmen als Primärstruktur, in die verbindende Holzdecken sowie ein Holzfachwerk zwischen nördlichem und südlichem Teil eingebaut wurden (Bild 4). Die nördlichen Holzcontainer dürfen sich jedoch an den südlichen Teil anlehnen und Windkräfte in Nord-Süd-Richtung auf die GFK-Rahmen übertragen. Die Windkräfte in Ost-West-Richtung werden über die Seitenfassaden direkt auf die als Scheiben wirkenden Holzdecken abgetragen und über das Holzfachwerk abgeleitet. Auf die äusseren GFK-Rahmen ergeben sich infolge der vorhandenen Exzentrizität geringe Ablenkkräfte in Rahmenebene.

2
GFK-Profile in der Fassadenebene, Detail Aussenansicht

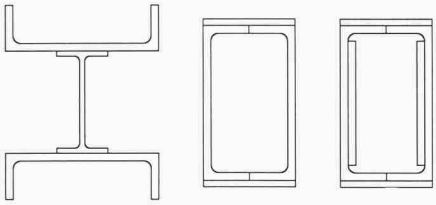
3
GFK-Profile in der Fassadenebene, Detail Innenansicht

Die Profilknoten der Rahmenstruktur wurden wegen der erforderlichen Demontierbarkeit nach der Erstnutzung als Swissbau-Ausstellungsobjekt verschraubt. Um die Anzahl der Schraubverbindungen zu minimieren, wurden die Rahmen – in Analogie zur traditionellen Zangenbauweise bei Holz – mehrschichtig konzipiert. Die horizontalen Deckenträger aus zusammengeklebten Kastenprofilen liegen in der Mittelebene und laufen über die ganzen Längen durch (Bild 5). Die über die gesamte Höhe von 14,50 m ebenfalls durchlaufenden Stützen aus]-Profilen sowie die Diagonalen verlaufen getrennt beidseits der Deckenträger. Im Bereich zwischen den Decken sind beide durch eingeklebte I-Profile gegen Ausknicken gesichert. Die Profilgrössen wurden durch die zulässigen Verformungen der Rahmen, also durch deren erforderliche Steifigkeiten bestimmt. Im Unterschied zur Brücke Pontresina wurden hier nicht die Schraubverbindungen in den Knoten mit ihren

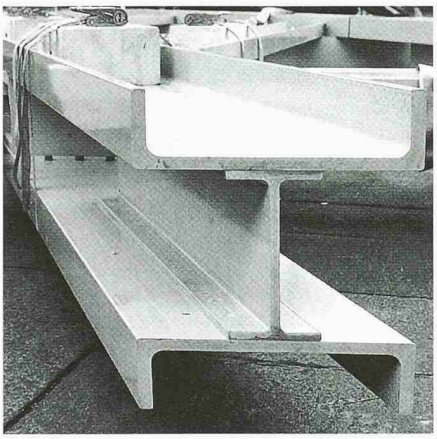


4
Tragstruktur mit den 3 GFK-Rahmen und rückwärtigem Holzfachwerk

5
Zangenbauweise der GFK-Struktur



6
Geklebte Grossquerschnitte: links Stützenquerschnitt, rechts Trägerquerschnitte unverstärkt sowie mit Schubverstärkungen in den Knotenbereichen



7
Geklebter Stützenquerschnitt

einzuhaltenden Grenzabständen massgebend.

Weil die zur Verfügung stehende Profilpalette hinsichtlich Querschnittsgrössen und -formen heute noch eingeschänkt ist, mussten die für den Eyecatcher aus Steifigkeitsgründen erforderlichen Grossquerschnitte aus einzelnen Standardprofilen zusammengesetzt werden (Bild 6 und 7). Das Zusammenfügen erfolgte mittels Kleben, einer gegenüber Schrauben oder Nieten viel materialgerechteren Verbindungstechnik, wie sich dies auch schon beim Bau der Brücke Pontresina gezeigt hatte. Die grossflächigen Klebestellen sowie ein entsprechendes Sicherheitskonzept erlaubten es, auf Sicherungsschrauben - wie noch bei der Brücke Pontresina eingesetzt - zu verzichten. Das Tragverhalten entsprechend zusammengeklebter Träger wurde in Grossversuchen zudem an der ETH geprüft.

ETH-Versuche an geklebten GFK-Trägern [3]

Insgesamt wurden sechs Träger in Vierpunkt-Biegeversuchen geprüft, je zwei Träger mit «Stützenquerschnitt», «Trägerquerschnitt unverstärkt» sowie «Trägerquerschnitt schubverstärkt» (Querschnitte, Bild 6). Die vier unverstärkten Träger wiesen Spannweiten von 5,70 m auf, die beiden verstärkten je 2,70 m (Bild 8). Bei den beiden jeweils identischen Trägern wurden unterschiedliche Zweikomponenten-Kleber auf Epoxidharzbasis eingesetzt.

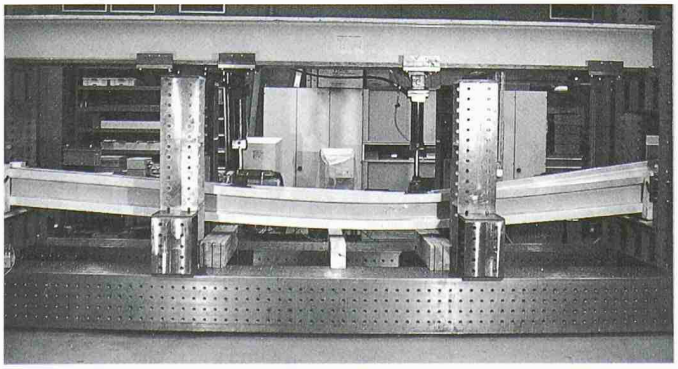
Die Last wurde zuerst auf 40% der berechneten Bruchlast gefahren und dann zwei Stunden belassen. Anschliessend wurde entlastet und dann bis zum Bruch wiederbelastet. Während der zwei Stunden Dauerlast zeigten sich keinerlei Kriechverformungen. Bei sämtlichen sechs Trägern erfolgte der Bruch nach linearem Verhalten in guter Übereinstimmung mit den berechneten Werten in den Profilen, also im Grundmaterial und nicht in der Klebeverbindung (Bild 9). Im statischen Verhalten zeigten die beiden Kleber keine Unterschiede. Die Kleberwahl erfolgte deshalb aufgrund der besseren Verarbeitbarkeit.

Herstellung und Montage

Die bestehende Ambivalenz der GFK-Tragstruktur - Verhalten und Bauweise wie Holz, Profilformen wie Stahl - äusserte sich auch beim Bau. Obwohl sich Holzbearbeitungsmaschinen zur Verarbeitung der Profile grundsätzlich besser eigneten, wurden die Rahmen des Eyecatchers durch einen Stahlbauer erstellt. Zudem musste sich dieser mit der ihm weitgehend unbekannten Klebetechnik vertraut machen, die Umgebungs- und Arbeitsbedingungen erfordert, wie sie in einem Stahlbaubetrieb nicht üblich sind. Anderseits wies die Verarbeitung durch den Stahlbauer zwei wesentliche Vorteile auf. Zum einen konnten die Klebeverbindungen der Profile im vorhandenen Lackier-Ofen in nur zwei Stunden bei 80 °C ausgehärtet werden. Die Dauer der Aushärtung hätte bei Raumtemperatur mehrere Tage betragen. Im weiteren erwies es sich als möglich, die Klebestellen - in Analogie zu Schweissverbindungen bei Stahl - mit Ultraschall zerstörungsfrei zu prüfen, ein wesentlicher Aspekt im Rahmen der Qualitätssicherung.

Nach erfolgter Vormontage im Werk wurden die geklebten Profile auf der Baustelle zu den drei Rahmen zusammengebaut. Die liegenden Rahmen von je nur rund 35 kN Eigenlast wurden anschliessend mit einem Pneukran versetzt (Bild 10) und problemlos in den vorbereiteten Stahlschuhen der Fundamente verankert. Der ganze Rohbau wurde in nur drei Tagen errichtet. Nach erfolgter Nutzung während der Swissbau wurde der Eyecatcher demontiert sowie am definitiven Standort (Dreispitz in Basel) wieder aufgebaut. Fortan wird er als Bürogebäude genutzt.

9
Bruch im Profil, Klebestelle intakt



8
Versuchsträger mit Stützenquerschnitt

10
Versetzen des dritten Rahmens mit dem Pneukran

Am Bau der GFK-Struktur Beteiligte

Architekt:
Artevetro Architekten AG, Liestal, Felix Knobel
Gestalter:
Tobler & Partner Basel, Ruedi Tobler
Projektierung GFK-Struktur:
ETH Zürich und Lausanne
Profile:
Fiberline A/S Dänemark, vertreten in der Schweiz durch Maagtechnic, Dübendorf
Kleber:
Sika AG, Zürich
Bau und Montage:
Jakem AG, Münchwilen

Literatur

[1]
Keller Th., Künzle O., Wyss U.: Fussgängerbrücke Pontresina in GFK - Schweizer Premiere und Weltneuheit. SI+A 12/98

[2]
Keller Th.: Struktur und Form - Zur Entstehung materialgerechter Strukturformen. SI+A 12/98

[3]
Keller Th., Künzle O., Grieder A., Van Rooden C.: Tests an geklebten GFK-Trägern für den Eyecatcher. Versuchsbericht HBT-ETH Zürich, erscheint 1999

Schlussfolgerungen

Der Bau des Eyecatchers stellt nach der Brücke Pontresina einen weiteren Schritt hin zu einer materialgerechteren Verbindungstechnik für Tragstrukturen aus Faserverbundbauteilen dar. Um diesen neuen vielversprechenden Baumaterialien zum Durchbruch zu verhelfen, muss jedoch eine gesamthafte, eigenständig materialgerechte Bauweise gefunden werden, wie sie auch für die traditionellen Baumaterialien besteht. Dadurch wird auch die heute bestehende Ambivalenz zwischen Holz- und Stahlbauweise überwunden werden. Der Bau des Eyecatchers gibt diesbezüglich wesentliche Impulse für die Forschung. In den Bereichen Formfindung, Klebetechnik, Alterungs- und Brandverhalten wurden an den ETH Lausanne und Zürich entsprechende Forschungsprojekte in Angriff genommen. Der grosse Forschungsbedarf will jedoch in keiner Weise besagen, dass diese innovativen Materialien nicht bereits heute sinnvoll und auch wirtschaftlich eingesetzt werden können.

Adresse der Verfasser:
Thomas Keller, dipl. Bauing. ETH, Prof. Dr. sc. techn., ETH Lausanne, ITB - Institute of Building Technology, Postfach 555, 1001 Lausanne, *Otto Künzle*, dipl. Bauing. ETH, Prof. Dr. sc. techn., *Urs Wyss*, dipl. Bauing. ETH, ETH Zürich, HBT - Institut für Hochbautechnik, Hönggerberg, 8093 Zürich