

Erste Schweizer Holz-UHFB-Verbundbaubrücke für Schwerlasten Neubau der Fruttlibrücke am Fuß der Rigi

■ ■ ■ von Edgar Kälin

Die Fruttlibrücke liegt im Straßenzug von Arth ins Rigigebiet, alle Holz- und Gütertransporte werden über diese wichtige Güterstraße abgewickelt. Im letzten Jahr wurde bei der periodischen Kontrolle festgestellt, dass eine Instandsetzung der alten Betonbrücke technisch nicht mehr sinnvoll ist. Gemeinsam mit dem Amt für Wald und Naturgefahren Schwyz ließ die Unterallmeind Korporation Arth zwei Ingenieurbüros Varianten für den Ersatz der 10 m langen Querung erarbeiten: Eine konventionelle Betonbrücke und eine Holz-UHFB-Verbundbaubrücke standen zur Wahl. Aufgrund der geringeren Kosten und der kürzeren Bauzeit entschied man sich für die Holz-UHFB-Verbundkonstruktion. Nach Vorbereitungsarbeiten an den vorhandenen Widerlagern wurde der gesamte Überbau innerhalb einer Woche errichtet, nach weiteren vier Tagen war die Brücke befahrbar.



1 Neues Brückenbauwerk nach Fertigstellung
© Ingenieurbüro Edgar Kälin AG

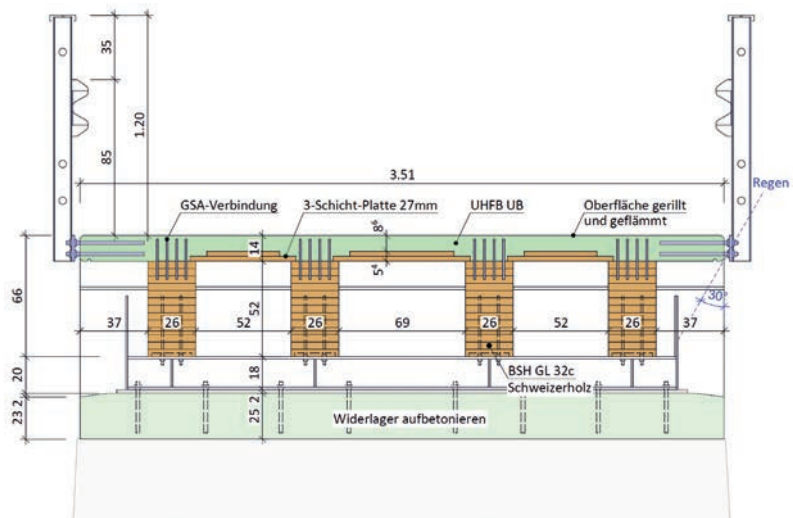
Die Hauptträger liegen bei den Widerlagern auf HEB-Profilen auf. Quer zu den Trägern eingeklebte Gewindestangen (GSA®-Technologie) leiten die Auflagerkräfte über direkten Stahlkontakt in die Widerlager.

Im insgesamt 66 cm hohen Querschnitt sind die Holzbalken an der Fahrspur ausgerichtet, was die leicht unregelmäßige Anordnung erklärt. Um das Holz vor Bewitterung zu schützen, kragt die Fahrbahn 370 mm über den äußersten Balken

aus. Dieser Überstand ist so gewählt, dass mit einem angenommenen Schlagregenkinkel von 30° keine direkte Bewitterung des Holzes stattfindet. Im Bereich der Widerlager ist das Holz zudem durch ein stehendes Stahlblech vor Spritzwasser geschützt. Der im Werk aufgetragene Feuchteschutzanstrich sorgte für den Schutz während der Bauphase. Diese Maßnahmen schirmen das Holz optimal ab und gewährleisten die gewünschte Lebensdauer.

1 Überbaukonstruktion

Auf die Widerlager wurden vier 52 cm hohe Brettschichtholz-(BSH)-Träger GL 32c aus Schweizer Holz versetzt, wobei an den äußersten Trägern bereits Schalungen für das Aufgießen der Brückenplatte aus UHFB Sorte UB vormontiert waren. Die Schalung zwischen den Holzträgern wurde durch aufeinandergelegte, je 27 mm dicke Drei-Schicht-Platten gebildet, die in der Brücke verbleiben. Der Querschnittsaufbau ist damit demjenigen der 2018 durch Emch+Berger erstellten Gletschersand-Brücke in Grindelwald nachempfunden. [1]



2 Querschnitt durch den Widerlagerbereich
© Ingenieurbüro Edgar Kälin AG

2 Verbundwirkung

Der Verbund zwischen den Holzträgern und der Brückenplatte wird mittels GSA®-HBV-Schubverbund sichergestellt. Die bereits im Werk eingebauten Schubverbinder reduzierten die der Witterung ausgesetzte »Baustellenzeit«.

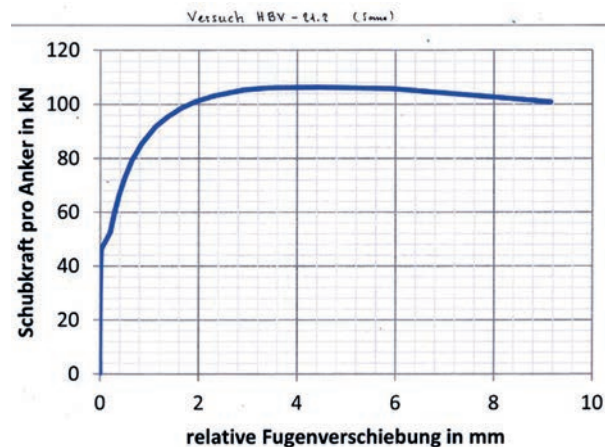
Zusammen mit der Fahrbahnplatte aus UHFB bilden die Holzträger den gesuchten Verbundträger. Das GSA®-HBV-Verbandsystem eignet sich aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit und Duktilität ideal für das Zusammenwirken mit dem hochfesten UHFB. Die GSA®-Technologie basiert auf ins Holz eingeklebten Gewindestangen, respektive beim HBV-System auf eingeklebtem Bewehrungsstahl. Die Verbindung ist so ausgelegt, dass im Bruchzustand die Bewehrungsstäbe duktil versagen. Damit bleiben die spröden Versagensmodi des Holzes oder des Klebstoffes ausgeklammert. Dank der großen Steifigkeit entsteht eine praktisch starre Verbindung mit hoher Bruchsicherheit. GSA®-HBV verteilt somit den Schubfluss zuverlässig auf alle eingesetzten Verbinder (Bild 4). Das effiziente Verbindungsmittel entspricht den hochwertigen Einzelwerkstoffen, was im Endeffekt ein vorteilhaftes Gesamtsystem ergibt. Die vor Ort gegossene UHFB-Platte mit einer Dicke von 8–14 cm und einem Gefälle von 5 % ist direkt befahrbar, dient als Abdichtung und dank der Auskragungen auch als Witterungsschutz für die Holzträger.

3 Vorteile von UHFB

UHFB steht für Ultra-Hochleistungs-, zementgebundener Faserverbund-Baustoff. Bauen mit UHFB ist in der Norm 2052 des Schweizer Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) geregelt. UHFB ist weder Stahl noch Beton, sondern ein neuartiger Baustoff mit einer eigenständigen Bauweise. Bild 5 zeigt den offensichtlichen, bildlichen Unterschied zwischen den beiden Baustoffen: UHFB besteht aus Zement, anderen Feinstoffen und harten Partikeln (Quarz) mit einer maximalen Größe von 1 mm. Die Packungsdichte jener Partikel ist derart optimiert, dass das daraus erzeugte Material keine Hohlräume (Poren) mehr aufweist. Dieser zementgebundene Baustoff wird durch schlanke Kurzfasern in hoher Dosierung verstärkt, wobei die Fasern aus Stahl, 15 mm lang und 0,20 mm dick sind und mindestens 3 % des Baustoffvolumens ausmachen. Die Wassermenge zur Abbindeung des Zements (Bindemittel) ist derart gering, dass beim Erhärtungsvorgang von UHFB das zugegebene Wasser vollständig für die Zementabbindeung verbraucht



3 Erscheinungsbild der Unterseite aus Holz
© Ingenieurbüro Edgar Kälin AG



4 GSA®-Technologie: Last-Verformungsdiagramm
© Neue Holzbau AG

wird. Da kein freies Wasser mehr vorhanden ist, kann auch kein Trocknungsvorgang stattfinden, wie er bei Mörtel und Beton üblich ist und zur Bildung von Kapillarporen führt.

Die im herkömmlichen Beton vorhandenen Kapillarporen sind untereinander verbunden und ermöglichen so einen Wassereintritt von außen in den Beton. Wasser ist die notwendige Voraussetzung für Korrosion der Bewehrungsstäbe aus Stahl oder chemische Reaktionen im Beton (Alkali-Aggregat-Reaktion), was die zwei am häufigsten auftretenden Schädigungsmechanismen des Stahlbetons sind. Im Gegensatz dazu weist UHFB, wie vorher ausgeführt, keine Kapillarporen auf, womit kein Wassereintritt erfolgen und somit auch keine Baustoffschädigung auftreten kann. Der Baustoff UHFB ist wasserdicht.



5 Vergleich von UHFB und Beton
© Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne



6 Ausführung der UHFB-Arbeiten am Überbau
© Ingenieurbüro Edgar Kälin AG



7 Abflämmen der aufstehenden Stahlfasern
© Ingenieurbüro Edgar Kälin AG

Diese Wasserdichtigkeit wurde durch viele Versuche nachgewiesen. Zudem haben Versuche gezeigt, dass UHFB sogar unter Zugspannungen wasserdicht bleibt: allesamt Eigenschaften, die gewährleisten, dass UHFB über eine sehr hohe Dauerhaftigkeit gegenüber klimatischen Einflüssen mit Wasser und Tausalzen verfügt. Bisherige Erfahrungen bei Anwendungen von UHFB auf Brücken, die in der Schweiz seit 15 Jahren ausgeführt werden, bestätigen deren sehr hohe Dauerhaftigkeit. Entsprechend wird für die Fruttlibrücke mit deutlich niedrigeren Instandhaltungskosten als bei einer konventionellen Betonbrücke gerechnet. Durch den Wegfall der bei einer Beton- oder Holzbrücke erforderlichen Versiegelungs- und Abdichtungsarbeiten sowie den Wegfall einer Verschleißschicht für die Fahrbahn entsteht eine sehr einfache Konstruktion mit äußerst günstigen Unterhaltskosten.

Um die Rutsicherheit der UHFB-Fahrbahn zu gewährleisten, wurden abschließend in die Oberfläche Rillen eingefräst. Die durch das Fräsen vermehrt aufragenden Stahlfasern wurden danach mit einer Gasflamme abgeflämt. Dies war eine Premiere, die zum gewünschten, einwandfreien Resultat geführt hat.

4 Nachhaltigkeit

Der Ressourcenverbrauch kann mit einer Holz-UHFB-Brücke minimal gehalten werden. Während bei der ausgeführten Variante für die Brückenplatte lediglich 4,50 m³ UHFB verbaut wurden, waren bei der konkurrierenden Variante 21 m³ Beton vorgesehen. Gleichzeitig ließ sich der Stahlverbrauch halbieren. Auch beim CO₂-Ausstoß hat die Holz-UHFB-Lösung Vorteile, wobei es hier schwierig ist, eine exakte Vergleichszahl der beiden Varianten zu nennen.

Entscheidend ist, mit welchem CO₂-Äquivalent der Stahl in einer Vergleichsrechnung eingesetzt wird. Betonstahl wird zu einem großen Teil aus recyceltem Sekundärmaterial mit entsprechend geringem CO₂-Äquivalent produziert. Die hochfesten Stahlfasern im UHFB hingegen werden hauptsächlich aus Primärmaterial hergestellt. Dieses Material ist aber eigentlich ein »Abfallprodukt«: Die Fasern bestehen aus demselben Werkstoff wie die Stahleinlagen bei Stahlgürtelreifen. Und es werden nur die letzten Abschnitte verwendet, die aufgrund der zu großen Krümmung nicht mehr für die Herstellung des Stahlgürtels gebraucht werden können. Diese Abschnitte müssten wieder eingeschmolzen werden, ließen sie sich nicht für den Einsatz im UHFB wiederverwenden.



8 Fruttlibridge im Straßenzug von Arth ins Rigigebiet
© Ingenieurbüro Edgar Kälin AG

Rechnet man die Stahlfasern als Primärmaterial, ergibt sich beim CO₂-Ausstoß ein leichter Vorteil für die ausgeführte Variante. Betrachtet man die Fasern hingegen als Sekundärmaterial, halbiert sich der CO₂-Ausstoß im Vergleich zur Betonvariante. Im verbauten Holz wird zusätzlich die Menge an CO₂, die bei der Zementproduktion für den UHFB ausgestoßen worden ist, dauerhaft gespeichert.

5 Schlussbemerkung

Die 10,45 m lange und 3,51 m breite Fruttlibridge ist schweizweit die erste Holz-UHFB-Verbundbaubrücke die mit 40-t-Lastwagen befahrbar ist und die eine geflämmte Oberfläche aufweist. Sie zeigt, dass diese Bauweise preislich mit einer konventionellen Betonkonstruktion konkurrieren kann, bei gleichzeitig großen Vorteilen bezüglich Bauzeit, Dauerhaftigkeit und Ökologie.

Autor:
Edgar Kälin Dipl.-Ing. ETH/SIA
Geschäftsführer
Ingenieurbüro Edgar Kälin AG,
Einsiedeln

Literatur

- [1] Berchtold, M.-A.; Hemmi, A.; Lauber, G.: Neubau der Gletschersandbrücke. Erste Schweizer Holz-UHFB-Verbundbaubrücke; in: *Brückenbau*, 12. Jg., H. 3, 2020, S. 6–13.
- [2] Kälin, E.: Erste Holz-UHFB-Verbundbrücke für Schwerlasten in der Schweiz; in: *espazium*, 10.06.2020.

Bauherrschaft

Unterallmeind Korporation Arth, Arth, Schweiz

Projekt

Ingenieurbüro Edgar Kälin AG, Einsiedeln, Schweiz
(in Zusammenarbeit mit)
Neue Holzbau AG, Lungern, Schweiz

UHFB-Beratung

Prof. Dr. Eugen Brühwiler, Lausanne, Schweiz

Bauleitung

HSK Ingenieure AG, Goldau, Schweiz

Bauausführung

Contratto AG, Goldau, Schweiz (Baumeister)
Strüby AG, Seewen, Schweiz (Holzbau)
Walo Bertschinger AG, Dietikon, Schweiz
(UHFB-Arbeiten)
Ciment Vigier SA, Péry, Schweiz (UHFB-Lieferant)
Amman und Coduri AG, Pfäffikon, Schweiz (Flämmen)
Kaufmann AG, Goldau, Schweiz (Geländer)



Ingenieurbüro Edgar Kälin AG

Ingenieure ETH/SIA



Neue Wege gehen

Der Holzsteg über den Sihlsee –
Die längste Holzbrücke der Welt

www.ingenieurkaelin.ch
www.holzsteg-sihlsee.ch