

Innovationen im Bau von Brücken im Wald

Holz-UHFB-Verbundbrücken eröffnen neue
Perspektiven für den nachhaltigen
und wirtschaftlichen Brückenbau im Wald.

Edgar Kälin

1. Ausgangslage

Das «naheliegende» Baumaterial Holz wird im Wald höchstens für den Bau untergeordneter Brücken verwendet. Beim Bau von Schwerlastbrücken oder von Brücken mit grösserer Spannweite fällt die Wahl hingegen meist auf Beton. Ästhetik, Nachhaltigkeit, aber auch Unterhalt im Betrieb sind untergeordnete Kriterien beim Variantenentscheid. Häufig werden die Brücken auch ungenügend geschützt.

Mit dem Baustoff UHFB (Ultra-Hochleistungs-Faser-verbund-Baustoff) steht heute ein Material zur Verfügung, welches sich ideal mit Holz verbinden lässt und den Bau dauerhafter und nachhaltiger Holzbrücken für Schwerlasten mit kleinen und grossen Spannweiten ermöglicht.

2. Holz und UHFB – ein neuer Stellenwert im Brückenbau

UHFB (geregelt nach SIA 2052) ist wie Beton ein zementgebundener Baustoff. UHFB und Beton haben aber komplett unterschiedliche Eigenschaften und Anwendungsgebiete. UHFB ist kein Beton! Beton weist immer Risse auf, während UHFB im Gebrauchszustand rissfrei bleibt.

UHFB besteht aus Zement, feinem Quarzsand mit einer maximalen Korngrösse von 1 mm und anderen Feinstoffen sowie Stahlfasern von 15 mm Länge und 0,2 mm Durchmesser. Aufgrund eines tiefen Wasser-Zement-Werts entstehen keine Kapillarporen. Die Karbonatisierung, die im Betonbau für viele Korrosionsschäden verantwortlich ist, ist beim UHFB kaum messbar [1]. Die Druckfestigkeit des im Brückenbau hauptsächlich verwendeten UHFB beträgt über 120 MPa und die Zugfestigkeit über 12 MPa. Diese Zugfestigkeit ist höher als die beim Abbinden auftretenden Schwindspannungen. Dadurch

ist UHFB wasserdicht – auch unter Zugspannungen! Die Abriebfestigkeit ist gegenüber Beton rund zehnmal höher [2].

Diese Eigenschaften gewährleisten eine hohe Dauerhaftigkeit gegenüber klimatischen Einflüssen und die hohe Festigkeit ermöglicht den Bau schlanker Bauteile.

Wie Andreas Müller im VSVI-Journal 2023 [3] festhält, hat Holz im Brückenbau in den letzten Jahren «wieder einen neuen Stellenwert erreicht». Nach der Renaissance der 1980er-Jahre und der Einführung quervorgespannter Fahrbahnplatten ist heute der Holz-UHFB-Verbund die logische Weiterentwicklung im Bau von Holzbrücken.

Anders als Holz-Beton-Verbundbrücken mit einer massiven Brückenplatte, die mit einer Abdichtung und einem Asphaltbelag geschützt werden muss,



Abb. 1 Vergleich UHFB und Beton.

(Bild: ASTRA-Dokumentation 82022)

ist eine Holz-UHFB-Verbundbrücke eine Leichtbaukonstruktion. Die im Verbund wirkende, schlanke UHFB-Platte führt zu einer signifikanten Erhöhung der Tragfähigkeit. Dank ihrer Wasserdichtigkeit schützt sie das Holztragwerk und sie ist aufgrund der hohen Abriebfestigkeit direkt befahrbar.

Die hohe Frost-Tausalz-Beständigkeit führt zusammen mit den nicht vorhandenen Kapillarporen dazu, dass der dem Wetter ausgesetzte UHFB, analog einer Betonwand in einem trockenen Raum, kaum Alterungsprozessen unterliegt. Man erhält eine Holz-UHFB-Gesamtkonstruktion, deren Nutzungsdauer kaum eingeschränkt ist.

3. Die Fruttli-Brücke und die Rigiaa-Brücke

Mit den beiden auf Verkehr mit 40-Tonnen-Lastwagen ausgelegten Brücken an der Rigi, der Fruttli- und Rigiaa-Brücke, ist eine neue Generation von Waldbrücken entstanden. Sie zeigen, dass moderne Holzbrücken heute Schwerlasten tragen, kostengünstig erstellt werden und zugleich höchste ökologische Anforderungen erfüllen können.

Im Jahr 2020 musste die alte Betonbrücke über den Rotenfluebach bei Rigi Fruttli ersetzt werden. Gemeinsam mit dem Amt für Wald und Naturgefahren Schwyz liess die Unterallmeind Korporation Arth zwei Ersatzvarianten prüfen – eine konventionelle, direkt befahrbare Betonplattenbrücke ohne Ab-

dichtung (!) und eine Holz-UHFB-Verbundkonstruktion. Ausschlaggebend für Letztere waren neben der Verwendung von Holz die geringeren Kosten, die kürzere Bauzeit, die höhere Dauerhaftigkeit und die deutlich bessere Ökobilanz.

Der 10,5 m lange Überbau der Fruttli-Brücke besteht aus vier 52 cm hohen Brettschichtholzträgern, die über HEB-Stahlprofile auf die bestehenden Widerlager aufgesetzt wurden. Auf die BSH-Träger wurde eine 8,6–14 cm starke UHFB-Platte vor Ort gegossen. Zur Minimierung des UHFB-Verbrauchs und als verlorene Schalung der Brückenplatte wurden in den Mittelfeldern 3-Schicht-Platten auf die Träger aufgelegt. Die Brückenplatte ist direkt befahrbar, wirkt als Abdichtung und schützt das Holz mit den seitlichen Auskragungen dauerhaft vor Witterung.

Die Verbindung zwischen Holz und UHFB erfolgt über das GSA®-HBV-System – eingeklebte Stahlstäbe, die den Schub kraftschlüssig übertragen. Damit wird ein steifer Verbund erzielt, bei dem das Holz die Zug- und der UHFB die Druckkräfte aufnehmen. Die Bauzeit für den gesamten Überbau betrug nur eine Woche, nach einer weiteren Woche betrug die Druckfestigkeit des UHFB bereits über 100 MPa und die Brücke konnte freigegeben werden.

Im Vergleich zur ursprünglich geplanten Betonbrücke konnten die Umweltauswirkungen (CO₂-Aus-

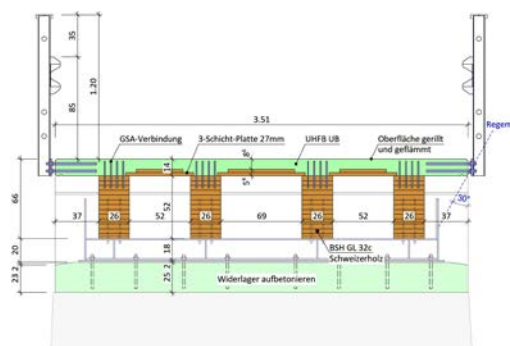


Abb. 2: Querschnitt der Fruttli-Brücke.

(Alle weiteren Bilder: Ingenieurbüro Edgar Kälin AG)



Abb. 3: Ansicht der Fruttli-Brücke kurz nach dem Bau.



Abb. 4: Fruttli-Brücke, die fertig gegossene Brückenplatte.

stoss und Ressourcenverbrauch) deutlich reduziert werden. Zusätzlich speichert das verbaute Holz dieselbe Menge CO_2 , die bei der UHFB-Herstellung freigesetzt wurde [4].

Nur wenige Hundert Meter talaufwärts entstand 2021 die Rigiaa-Brücke, ebenfalls als Holz-UHFB-Verbundkonstruktion. Mit 16m Spannweite, drei 1,28m hohen BSH-Trägern und einer analogen Brückenplatte weist sie eine ähnliche Konstruktion wie die Fruttli-Brücke auf.

Die äusseren Holzträger erhielten hier zusätzlich einen seitlichen Witterungsschutz aus sägerohren Brettern, die das Holz vor seitlichem Schlagregen schützen.

Während bei der Fruttli-Brücke zur Gewährleistung der Rutschsicherheit in die UHFB-Oberfläche Längsrillen eingefräst und die dadurch hervorste-
henden Stahlfasern abgeflämmt wurden, wurde bei der Rigiaa-Brücke ein zweischichtiger Aufbau der UHFB-Platte gewählt: Über einer Schicht aus kon-

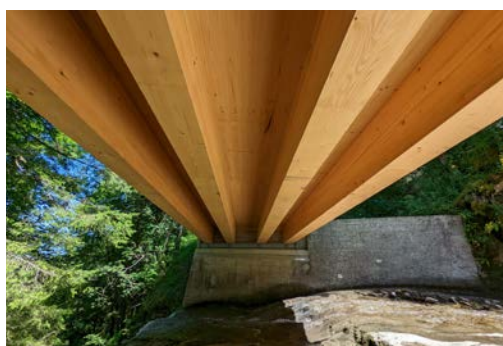


Abb. 5: Die Untersicht der Fruttli-Brücke, sichtbar sind in der Brücke verbleibenden 3-Schicht-Platten.

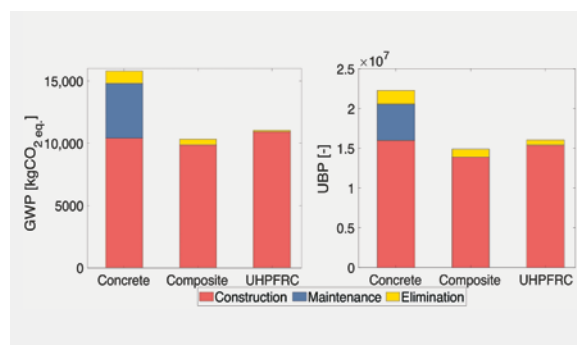


Abb. 6: Globales Erderwärmungspotenzial (GWP) und Ressourcenverbrauch (UBP), Vergleich der Fruttli-Brücke mit einer Beton- und einer reinen UHFB-Brücke [4].



Abb. 7: Transport der drei BSH-Träger der Rigiaa-Brücke. Die Schalung für die auskragende Brückenplatte ist bereits an den äusseren Trägern vormontiert.



Abb. 8: Ansicht der Rigiaa-Brücke.

ventionellem UHFB wurde eine 1,5 cm starke, befahrbare Schicht aus Splittmatrix-UHFB eingebracht.

4. Fazit und Ausblick

Die Fruttli- und die Rigiaa-Brücke sind weltweit die ersten Schwerlast-Brücken in Holz-UHFB-Verbundbauweise. Sie zeigen, dass Holzbrücken preislich mit konventionellen Konstruktionen konkurrieren können, bei grossen Vorteilen bezüglich Bauzeit, Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit.

Holzbrücken sind heute im Strassenverkehr kaum präsent. Die beiden Brücken haben sich aber gegen konventionelle Konstruktionen durchsetzen können. Sie sind beispielgebend für weitere, deutlich grössere Strassenbrücken und haben auch die «Machbarkeitsstudie Schwerlastbrücken in Holz» der Berner Fachhochschule direkt beeinflusst [5]. Dank des Einsatzes von Holz eignet sich die innovative Konstruktion insbesondere für den Bau von Waldbrücken.

Für kleinere Spannweiten oder bei geringeren Nutzlasten ist auch die Verwendung von Schnittholz anstelle von BSH-Trägern denkbar, was die Nachhaltigkeit weiter verbessert.

Wie Richard Dietrich in einem Artikel in der «Deutschen Bauzeitung» [6] festhält, ist «Beton kein Baustoff für Brücken». Mit Holz und UHFB gibt es

bessere Baustoffe für den Brückenbau – der Wald ist dazu prädestiniert, dieser Entwicklung zum Durchbruch zu verhelfen.

Edgar Kälin, dipl. Bauingenieur ETH/SIA, Ingenieurbüro Edgar Kälin AG, Einsiedeln.

Eine etwas ausführlicher bebilderte Version gibt es auf www.buendnerwald.ch.

[1] Andrade, Carmen; Torres, Julio (2013): LONG TERM CARBONATION OF UHPC

[2] Brühwiler, Eugen (2024): Bauwerke im und über dem Wasser erhalten mit der neuartigen UHFB-Technologie. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hrsg.): Erhaltung gestalten. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 21–26.

[3] Müller, Andreas (2023): In: VSVI Journal 2023. S. 6–13

[4] Bertola, Numa; Küpfer, Céla; Kälin, Edgar; Brühwiler, Eugen (2021): Assessment of the Environmental Impacts of Bridge Designs Involving UHPFRC

[5] Franke, Steffen; Franke, Bettina; Pfindel, Constantin; Gkesouli, Vasiliki; Sigrist, Christophe (2024): Machbarkeitsstudie zu Schwerlastbrücken in Holz für Schweizer National- und Kantonsstrassen. Berner Fachhochschule

[6] Dietrich, Richard J. (2016): Beton ist kein Baustoff für Brücken. In: Deutsche Bauzeitung