

Gletschersandbrücke: Brettschichtholz und Ultra-Hochleistungs-Faserbeton

Marc-André Berchtold
Emch+Berger AG
Bern, Schweiz



Armin Hemmi
Emch+Berger AG
Bern, Schweiz



Dr. Guido Lauber
Emch+Berger AG
Bern, Schweiz



Gletschersandbrücke

Zusammenfassung

Die durch Hochwasser zerstörten Vorgängerbauwerke im Gletschersand (Grindelwald, Schweiz) wurden durch die schweizweit erste Holz-UHFB-Verbundbaubrücke ersetzt. Die Konstruktion ist 40 m lang und führt als Teil eines Hauptwanderweges in eleganter Bogenform über die schwarze Lütschine. Im «Baukasten-Prinzip» und durch Anwendung von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) wurde das Projekt im Sommer 2018 erfolgreich abgeschlossen.

Die Verwendung von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton in Verbindung mit Brettschichtholzträgern brachte zahlreiche Vorteile mit sich. Der innovative UHFB überzeugt nicht nur durch seine mechanischen Eigenschaften, sondern ist zudem wasserundurchlässig und übernimmt daher neben der statischen Funktion auch die Brückenabdichtung.

1. Ausgangslage

Die Einwohnergemeinde Grindelwald plante das seit 2011 stehende, hochwassergefährdete Provisorium über die Schwarze Lütschine im Gletschersand (s. Abb. 1 und 2) durch eine neue Brücke zu ersetzen. Das Provisorium war weder durch wasserbauliche Massnahmen geschützt, noch auf einem stabilen Widerlager gegründet.

Die Gemeinde wünschte sich als beliebte Tourismusdestination ein attraktives und innovatives Ersatzbauwerk aus heimischen Materialien, welches zum überwiegenden Teil von lokalen Unternehmungen erstellt werden konnte.

Die Emch+Berger AG nahm diese Herausforderung an und erhielt von der Gemeinde den Gesamtauftrag für Konzeptentwicklung, Planung, Bemessung und Bauleitung. Nach dem Studium der lokalen Gegebenheiten und der historischen Vorgängerbauwerke, konnten der Gemeinde Grindelwald erste Brückenentwürfe präsentiert werden.



Abbildung 1: Projektstandort in Grindelwald, CH



Abbildung 2: Zu ersetzendes Brückenprovisorium

2. Konzept und Strategie

Im Rahmen des Vorprojektes wurden diverse Varianten studiert. Die Holzverbund-Brücke überzeugte aufgrund der optischen Anlehnung an die historischen Bogenformen (Attraktivität) und durch die Verwendung von Holz (heimisches Baumaterial). Innovativ wurde das Brückenprojekt durch den Miteinbezug von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton. Schweizweit wurde dieser für eine Brücke im Verbund mit Holz erstmalig verwendet.

Der UHFB überzeugt in diesem Projekt sowohl durch seine mechanischen (Druckfestigkeit $f_{Uck} \geq 120$ MPa; elastische Grenzzugspannung $f_{Utek} \geq 7$ MPa [1]) als auch durch seine physikalischen Eigenschaften (wasserundurchlässig im elastischen Bereich). Die Strategie bestand darin, den innovativen Baustoff im Verbund mit dem Holz zur statischen Optimierung zu verwenden. Der UHFB sollte zudem als befahrbare Oberfläche zugleich auch die Abdichtung und damit den Witterungsschutz des Holzunterbaus übernehmen.

Um die Aufrichtzeit der Brücke im alpinen Gelände möglichst kurz zu halten, setzte man durch Vorfertigung diverser Bauteile auf das «Baukasten-Prinzip». Die pfahlfundierten Widerlager wurden deshalb im Herbst vorbereitet, damit die eigentliche Brückenplatte nach der Schnee- und Lawinensaison im Frühjahr rasch aufgerichtet und noch vor der Wanderzeit fertiggestellt und ins Wanderwegnetz integriert werden konnte.

3. Umsetzung und Ergebnis

Die Pfahlfundation inklusive Betonwiderlager wurde im Herbst 2017 erstellt. Im Winter konnten die 3 Brettschichtholz-Bogenträger mit je 2 Aufschieblingen (s. Abb. 3) vorgefertigt und mit den Schubverbindern versehen werden. Zudem wurden in der Winterzeit die Holzschalungselemente (12 Stück) sowie der seitliche Witterungsschutz produziert (s. Abb. 4). Vor Ort wurde der Witterungsschutz als vorgefertigter Holzrost an die äusseren Träger montiert und die so vorbereiteten Bauteile mit dem mobilen Kran direkt in die vorgesehenen Auflager positioniert. Anschliessend erfolgte die Montage der Holzschalungselemente auf die 3 Träger. Der Metallbauer befestigte danach den verzinkten Stahlrand mit dem integrierten Geländer direkt an den Schalungselementen. Damit konnten die Betonabschalung und die Absturzsicherheit gewährleistet werden, ohne ein aufwendiges Baugerüst über den Wildbach erstellen zu müssen (s. Abb. 5). Sogleich wurde der UHFB eingebracht.

3.1. Holzbauteile

Der Holzunterbau besteht aus drei 25 m langen GL 24c Brettschichtholzträgern (60 cm x 30 cm) mit je 2 Aufschieblingen (40 cm x 30 cm). Die Träger mit einer Lamellenstärke von 4 cm sind auf einer Breite von 30 cm blockverleimt. Die Oberfläche wurde grundiert und mit einem Endanstrich versehen. Der vorgefertigte Holzrost wurde der Linienführung der Brücke angepasst. Er besteht aus Rhomboid förmigen Lamellen (C24) und schützt den Unterbau seitlich vor der Witterung. Die Fahrbahnplatte aus UHFB (wasserundurchlässig) übernimmt dabei den Witterungsschutz von oben. Die Holzschalungselemente wurden aus 4 cm starken Nut- und Kambrettern hergestellt und vor Ort auf die Längsträger montiert.



Abbildung 3: Holzunterbau



Abbildung 4: Seitliche Holzrostelemente

3.2. Ultra-Hochleistungs-Faserbeton

Die Tragwerkstruktur von Holzbrücken wird häufig durch eine Überdachung oder mit aufwendigen Fahrbahnabdichtungen vor Nässe geschützt. Da sich die Gletschersandbrücke im hochalpinen Gelände befindet und in der näheren Umgebung regelmässig gewaltige Staublawinen niedergehen, musste eine Lösung mit einer möglichst geringen seitlichen Angriffsfläche gefunden werden. Eine Überdachung wurde deshalb verworfen und man fand mit der Verbundkonstruktion eine Möglichkeit, um die Brücke möglichst schlank zu halten.

Der Oberbau war ursprünglich mit Ortbeton oder Betonfertigelementen in Kombination mit einer herkömmlichen Abdichtung (PBD/Walzasphalt) geplant. Ortbeton oder vorgefertigte Betonelemente erwiesen sich für die Fussgängerbrücke aber einerseits als zu aufwändig, zu schwer und andererseits als zu teuer. Zudem ist ein Walzasphaltaufbau in der

Konstellation der vorgesehenen Bogenform technisch etwas schwierig einzubringen und auch leicht fragwürdig hinsichtlich «Wanderwegoptik». Deshalb erarbeitete man schrittweise weitere Varianten.

Vor allem im Querschnittaufbau der Fahrbahnplatte und im Verbund mit den Holzträgern bestand Optimierungspotential. Vermehrt wurde dann im Projektteam auch der innovative Ultra-Hochleistungs-Faserbeton zum Thema, mangels Erfahrungen mit diesem (noch) ungewohnten Baumaterial überwog zu Beginn eine allgemein skeptische Haltung.

Der UHFB zeichnete sich aber rasch als eine elegante Lösung für die Gletschersandbrücke ab, da er durch Verbund statisch mitwirkt, durch seine Wasserundurchlässigkeit die Abdichtung und den Witterungsschutz des Holzunterbaus übernimmt und zudem in beeindruckend geringer Schichtstärke gehalten werden kann. Von den Vorteilen des UHFB konnte man anschliessend auch den Bauherrn überzeugen. Er erklärte sich bereit, den neuartigen Baustoff UHFB im Verbund mit BSH als Schweizer Premiere ins Projekt zu integrieren.



Abbildung 5: Vorgefertigte Schalungselemente und eingeleimte Schubverbinder

Um die UHFB Menge möglichst gering zu halten, wurde der Querschnitt zwischen den Trägern zudem mit längslaufendem «Füllholz» belegt (s. Abb. 6). Auf diese Weise konnten Materialverbrauch und Ökobilanz weiter optimiert werden. In die auf drei Seiten hin dichte Unter- und Randkonstruktion wurde nach einem zusätzlichen Armierungseinbau der UHFB direkt hineingegossen. Insgesamt wurden ca. 10 m³ UHFB verbaut.

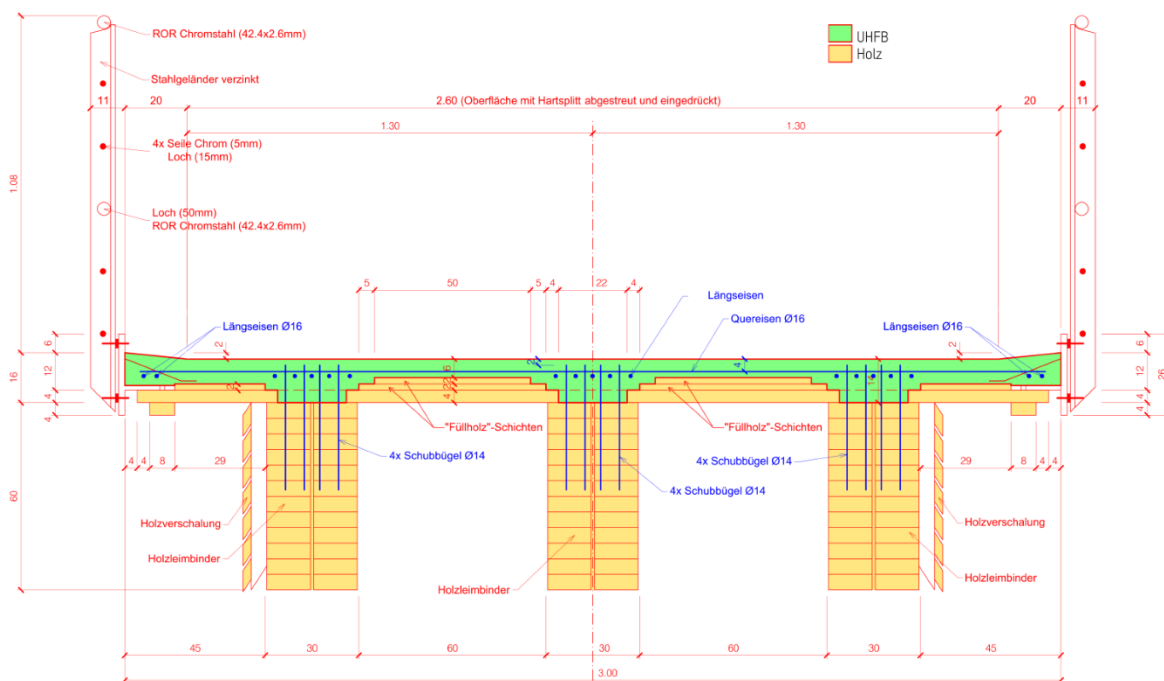


Abbildung 6: UHFB optimierter Querschnitt mit 2 cm resp. 2 x 2 cm dicken "Füllholz"-Schichten [2]

3.3. Schubverbindung

Die Schubverbindung verankert das BSH mit dem UHFB damit beide Baustoffe statisch zusammenwirken. Die Verbindung wird durch Stahl-Gewindestangen gewährleistet, die mit Epoxidharz in das Brettschichtholz eingeklebt wurden (GSA®-Technologie von der Firma «neue Holzbau» AG [3]). Die Bohrung und Verklebung der 14 mm-Gewindestangen wurden aufgrund der geringen Masstoleranzen (Überdeckung) im Holzwerk und nicht auf der Baustelle ausgeführt. Im Schnitt wurde ca. alle 60 cm eine Schubverbindung eingebaut. Eine Schubverbindung besteht dabei aus 4 Bügeln sowie einem Quereisen, um zusammen mit der Kerbe eine steife Verbundwirkung zu erreichen (s. Abb. 7).



Abbildung 7: Schubverbinder mit Bewehrung



Abbildung 8: Splitt-Einstreuung in UHFB Schlämme

3.4. Oberfläche

Die rutschfeste und befahrbare Oberfläche wird durch eine Splitt-Schicht gebildet, welche direkt in den UHFB eingestreut wurde (s. Abb. 8). So konnte optisch ein fließender Übergang vom Wanderweg auf die Brücke geschaffen werden. Dadurch und durch die moderne Umsetzung historischer Bogenformen integriert sich die Brücke ideal in die eindruckliche Berglandschaft.

Zu Aufbau und Gestaltung einer rutschfesten Oberfläche wurden eigens Versuche durchgeführt. Man entschied sich, auf ein Zwei-Schichtenprinzip zurückzugreifen. Dabei brachte man auf den erhärteten UHFB eine zweite, ca. 5 mm starke, faserlose UHFB-Schlämme auf, in welche das Splitt-Kies direkt eingepresst wurde.

In den Vorversuchen zeigte das Einstreuen einer 4-8 mm Splitt-Kies-Schicht optisch (Übergang zum Wanderweg) die besten Ergebnisse. In diesem Zusammenhang passte die Unternehmung die UHFB-Schlämme an die spezifischen Gegebenheiten an. Diese durfte auf Grund des Gefälles nicht zu dünnflüssig sein und musste eine genügende Haftung erzeugen. Mit der gefundenen Mischung wurden anschliessend Testplatten erstellt, welche bezüglich mechanischer Beanspruchung und bezüglich Zughaftung (Schichtenverbund/Splitt einbettung) getestet wurden. Die Versuche waren zufriedenstellend und entsprachen den Projektanforderungen.

Tabelle 1: Eckdaten und Projektbeteiligte Gletschersandbrücke

Kategorie:	Fussgängerbrücke	Auftraggeber:	Gemeinde Grindelwald
Spannweite Hetzer:	25.40 m	Planerbüro:	Emch+Berger AG Bern
Brückenlänge:	40.00 m	Externe Beratung:	Prof. Eugen Brühwiler, EPFL
Breite:	3.00 m	Geotechnik:	Geotechnisches Institut AG
UHFB:	ahadur (KIBAG)	Bauunternehmer:	Christian Zumbrunn, Hoch & Tiefbau
BSH:	GL24c (Schweiz)	Widerlager	Ghelma Spezialtiefbau AG
		Bohrpfähle	Brawand Zimmerei / neue Holzbau AG
		Holzbau	Bhend Metallbau
		Metallbau	Implenia Schweiz AG
Termine:	Projektierung: 2015 bis 2017	UHFB	
	Ausführung: 2017 bis 2018		

4. Fazit und Ausblick

Obwohl es anfangs schwierig war, den noch teilweise unbekanntem Baustoff UHFB ins Projekt einfließen zu lassen, überwiegen schlussendlich die Vorteile der statischen Mitwirkung und der passenden Oberfläche, welche zugleich als Brückenabdichtung dient.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich der Baustoff UHFB im Verbund mit den BSH-Trägern bei der Gletschersandbrücke als gelungene Kombination herausstellt, die einen innovativen mit einem heimischen Baustoff gewinnbringend verbindet.

Der UHFB bietet v.a. im Bereich der offenen Holzbrücken neue Möglichkeiten in Bezug auf die Fahrbahn resp. Oberflächenabdichtung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Beton-Holz-Verbundbrücken kann man aufgrund der besseren mechanischen Eigenschaften des UHFB viel Material einsparen und auf eine zusätzliche Abdichtung verzichten.



Abbildung 9: Gletschersandbrücke

5. Danksagung

Bedanken möchten wir uns vor allem bei den Behördenvertretern und der Bauverwaltung der Gemeinde Grindelwald, die uns das Vertrauen geschenkt haben, mit ihnen zusammen dieses elegante und innovative Projekt auszuführen. Ebenfalls ein grosser Dank gilt Professor Brühwiler Eugen, der uns mit seinem Fachwissen beratend zur Seite stand und uns jederzeit unterstützte. Zudem bedanken wir uns für die gute Zusammenarbeit bei allen Projektbeteiligten, ohne deren Denkanstösse und Engagement dieses Projekt nicht hätte entstehen können.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, Merkblatt SIA 2052:2016- Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) - Baustoffe, Bemessung und Ausführung, Zürich 2016
- [2] Emch+Berger AG Bern, Technischer Bericht Gletschersandbrücke, Bern 2018
- [3] Neue Holzbau AG, GSA-Technologie, <https://neueholzbau.ch/produkte/gsa-technologie>, Lungern 2018