



*Laurent Meyer  
Dipl. Ing. FH  
Projektleiter  
Sektion Projektierung und  
Realisierung von Straßen  
Tiefbauamt des Kantons  
Schweiz, Freiburg*

*Mitverfasser:  
Claude Morzier  
Kantonsingenieur  
Jean-Bernard Tissot, Chef der  
Sektion Projektierung und  
Realisierung von Straßen*

## **Holz-Beton-Verbundbrücken für den 40t-Verkehr im Kanton Freiburg (Schweiz)**

### **40-ton wood-concrete composite bridges in Canton Fribourg**

### **Ponte per veicoli del peso di 40 tonnellate in struttura composita legno-calcestruzzo nel canton Friburgo (Svizzera)**

**Dokument in Deutsch**



# Holz-Beton-Verbundbrücken für den 40t-Verkehr im Kanton Freiburg (Schweiz)

## 1 Situierung des Kantons Freiburg

Fribourg/Freiburg ist ein zweisprachiger, im Westen der Schweiz gelegener Kanton (*Abbildung 1*). Hauptort des Kantons ist die gleichnamige Stadt. Der Kanton zählt rund 250 000 Einwohner (zum Vergleich: die Schweiz hat 7,4 Mio. Einwohner).



Abbildung 1: Karte der Schweiz



Abbildung 2: Die Stadt Freiburg, Hauptort des Kantons

## 2 Das Tiefbauamt des Kantons Freiburg

Das Tiefbauamt (TBA) untersteht der Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion (RUBD).

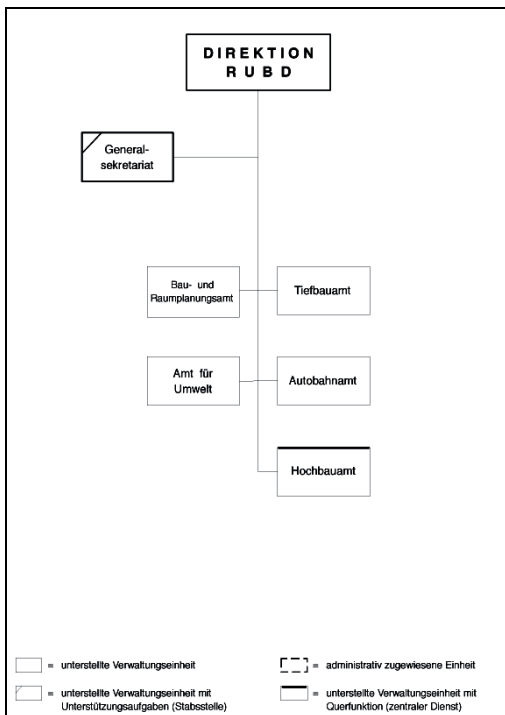


Abbildung 3: Organigramm der RUBD

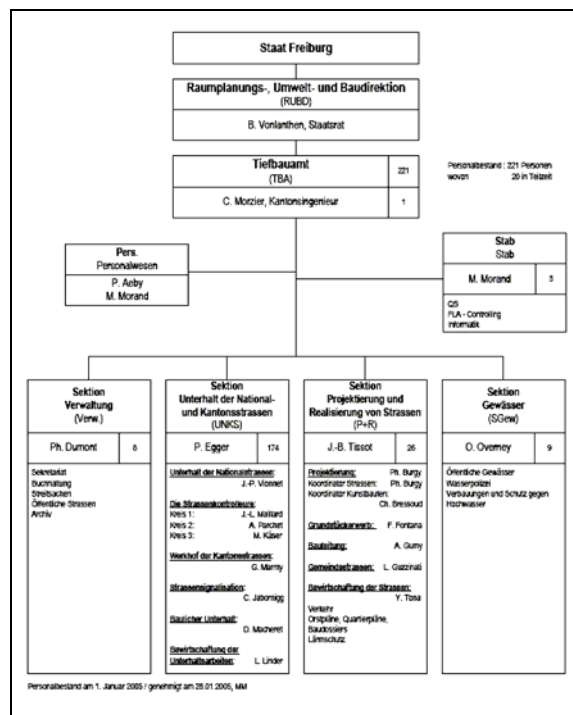


Abbildung 4: Organigramm des TBA

Die RUBD (*Abbildung 3*) ist für folgende Bereiche zuständig: Raumplanung, Umwelt- und Naturschutz, Straßen und Staatsgebäude. Die Direktion ist das Kompetenzzentrum für nachhaltige Entwicklung. Das Tiefbauamt des Kantons Freiburg (*Abbildung 4*) besteht aus vier Sektionen: Verwaltung, Unterhalt der National- und Kantonsstraßen, Projektierung und Realisierung von Straßen, Gewässer. Die Sektion Projektierung und Realisierung von Straßen verwirklicht Studien zu Straßen- und Infrastrukturvorhaben, ist für die öffentliche Auflage zuständig, bereitet die Genehmigungsbeschlüsse für Straßenpläne vor (Kantonssebene), prüft die kommunalen Straßenpläne, bereitet die Genehmigungsbeschlüsse für Straßenpläne vor (Gemeindeebene) und inspiziert die Kunstbauten. Das Kantonsstraßennetz (*Abbildung 5*) ist 650 km lang und zählt 264 Kunstbauten.

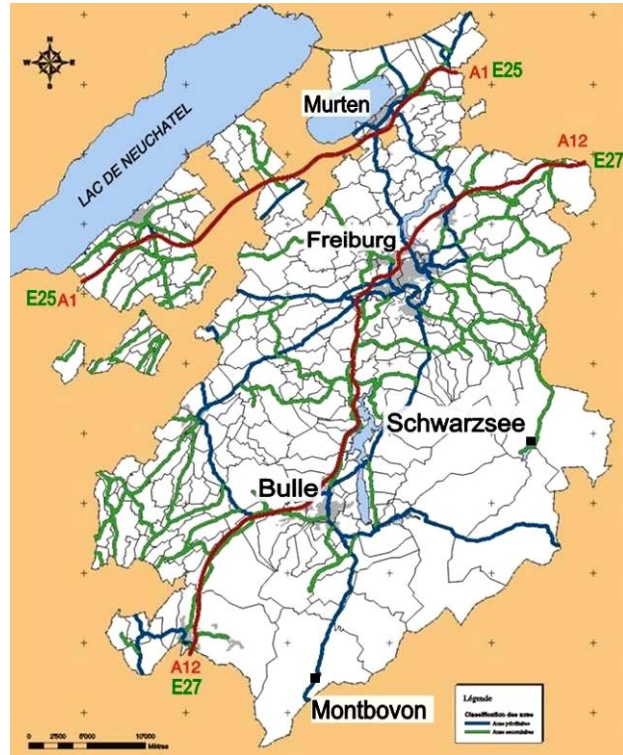


Abbildung 5: Straßennetz des Kantons Freiburg

### 3 Das Holz als Baumaterial im Kanton Freiburg

Die Verwendung von Holz im Bau entspricht offenkundig einem öffentlichen Interesse. Holz ist auf regionaler Ebene ein wichtiges Rohmaterial – insbesondere in ländlichen Gebieten. Außerdem bietet es unbestreitbare ökologische Vorzüge.

Im Kanton Freiburg hat sich die Holzindustrie ab etwa 1850 auf beeindruckende Weise entfalten können. Die Erzeugnisse der Sägereien, Schreinereien, Tischlereien und des Papiergewerbes genossen in der Schweiz und sogar im Ausland einen ausgezeichneten Ruf. Noch heute ist die Holzindustrie wichtig für den Kanton und kann sich eines Marktanteils erfreuen, der über dem Schweizer Durchschnitt liegt.

Vieles spricht für die Verwendung von Holz. Es handelt sich um einen erneuerbaren Rohstoff und um einen der wenigen Rohstoffe, über die die Schweiz verfügt. Holz steht selbst in Krisenzeiten zur Verfügung. Es wird dezentral produziert und meist auch in der Nähe seines Ursprungsgebiets verwendet. Die Aufbereitung von Holz benötigt im Vergleich zu anderen Stoffen wenig Energie.

Zudem gibt Holz ein ausgezeichnetes Baumaterial ab, weil es sich leicht weiterverarbeiten und mit andern Materialien kombinieren lässt. Auch ist das Verhältnis zwischen Gewicht und Widerstandsfähigkeit sehr günstig, was für den Transport und die Montage nicht zu vernachlässigen ist. Und schließlich erlaubt Holz eine Vielzahl von Formen. Von diesem Vorteil wurde nicht zuletzt beim Brückenbau ausgiebig Gebrauch gemacht.

Der Kanton Freiburg kann beim Bauen von Holzbrücken auf eine lange Tradition zurückblicken. Als Beispiel sei die Bernbrücke (*Abbildung 6*) in der Altstadt von Freiburg genannt, die die Saane überquert und um 1340 herum erbaut wurde. Auch mit den zahlreichen Unterhaltsarbeiten und Sanierungen legt diese Brücke Zeugnis ab von einem seit mehreren Jahrhunderten vorhandenen Fachwissen und Können.

Die Bernbrücke ist aber nicht die einzige gedeckte Holzbrücke im Kanton Freiburg. So wird die Saane in der Gemeinde Greyerz noch heute von einer Brücke überquert, die einen bildhaften Namen („le Pont-qui-branle“, auf Deutsch etwa „die schwankende Brücke“) trägt (Abbildung 7).



Abbildung 6: Die Bernbrücke, ca. 1340



Abbildung 7: Le Pont-qui-branle, 1806

Dieses von 1806 stammende Bauwerk wurde in den 1970er-Jahren auf innovative Weise verstärkt. In diesem Zusammenhang müssen noch weitere Brücke genannt werden, wie zum Beispiel die Brücke über den Sodbach (1867), die Brücke bei Lessoc (1667) oder die Höllbachtobel-Brücke (1939).

#### 4 Brücken aus Holz sind aktueller denn je

In den 90er-Jahren hat das Tiefbauamt des Kantons die Verwendung von Holz bei verschiedenen Brückenbau-Vorhaben analysiert und auch umgesetzt. Zur gleichen Zeit etwa (1996) hat der Große Rat (die Legislative des Kantons Freiburg) ein Postulat angenommen, in welchem die Dienststellen des Kantons verpflichtet werden, bei allen wichtigen Bauvorhaben auch eine Holzvariante zu prüfen. Das Tiefbauamt entschied sich für neuartige Lösungen, in denen Holz, Beton und Stahl kombiniert werden. Bereits wurden fünf Brücken gebaut, bei denen diese drei Baustoffe kombiniert wurden. Drei weitere befinden sich im Bau und zwei werden demnächst realisiert.

Holz ist ein langlebiges Material – vorausgesetzt, es wird gegen äußere Einwirkungen wie Wasser, UV-Strahlen und Parasiten (namentlich Pilze) geschützt. Zudem muss sichergestellt werden, dass die Brücken den stetig wachsenden Verkehrslasten standhalten, wurde doch die Gewichtslimite für Lastwagen in der Schweiz per Anfang dieses Jahres auf 40 Tonnen angehoben.

Aus diesem Grund hat das Tiefbauamt Lösungen gewählt, bei denen die Fahrbahnplatten aus Stahlbeton und die Haupttragelemente aus Holz sind. Die neuen Brücken – insbesondere für die H189 (Umfahrung von Bulle) – wurden selbstredend den neuen Schweizer Normen gemäß berechnet (SIA 260-267, „Swisscodes“, deren Anwendung seit dem 30. Juni 2004 obligatorisch ist). Zu den übrigen Brücken, die zuvor erbaut wurden, ist zu sagen, dass die Norm SIA 160 von 1989 bereits die 40t-Lastwagen berücksichtigte, obwohl damals die Begrenzung noch bei 28 Tonnen lag.

## 5 Umfahrungsstraße von Bulle H189

Die Umfahrung von Bulle ist die größte Baustelle, die je für das Kantonsstraßennetz unternommen wurde. Dank dieser mehr als 5 Kilometer langen Straße wird es möglich sein, den Hauptort des Greyerzbezirks zu umfahren bzw. leichter zu erreichen. Etwa die Hälfte der neuen Trasse verläuft unterirdisch und integriert sich somit optimal in die urbane Umgebung.

Dem Wunsch des Bauherrn gemäß beruht die Integration der Umfahrungsstraße sowie der Tunnelportale und Brücken auf einem architektonischen Konzept, das sich an der Gestaltung der Brücken, die die neue Straße überqueren, besonders gut ablesen lässt. Diese Brücken, sieben an der Zahl, sind allesamt Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. Die erste, eine Doppelbrücke auf der Straße von Le Pâquier (*Abbildungen 8+9*), konnte bereits in Betrieb genommen werden.

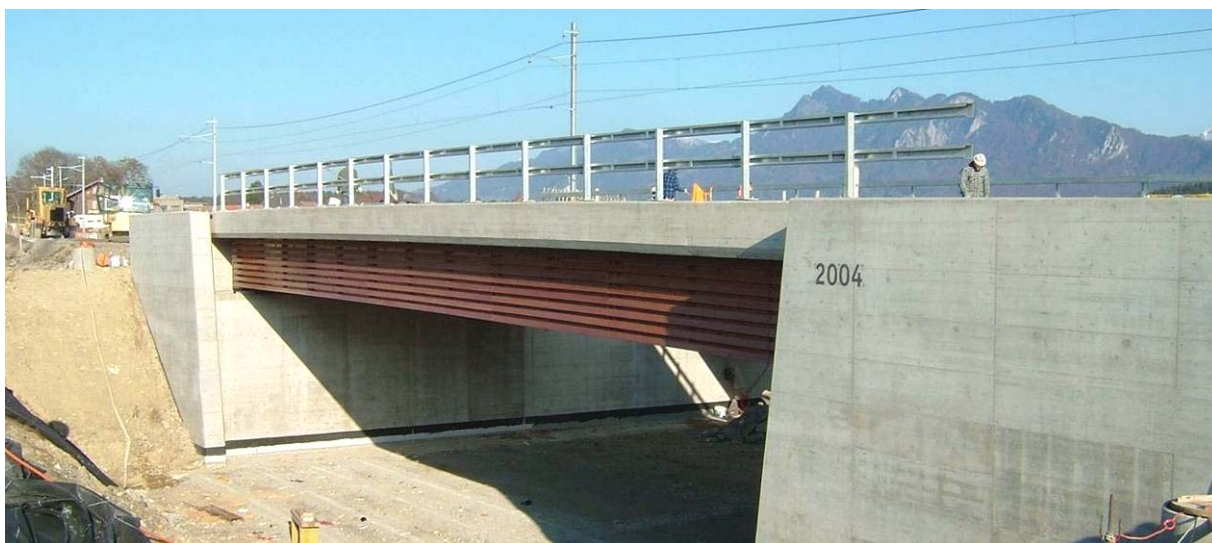


Abbildung 8: Überführung Kantonsstraße Le Pâquier



Abbildung 9: Überführung Flurweg Le Pâquier

Bei dieser Brücke wird die Platte aus Stahlbeton durch Träger aus Fichten-Brettschichtholz gestützt, die durch Tafeln aus Lärchenholz geschützt sind. Die Verbindung zwischen Holz und Beton wird mit Hilfe von Verbundbügeln erreicht (Ferwood-Ducret-System, Orges, *Abbildungen 10+11*). Es handelt sich hierbei um eine unternehmensspezifische Lösung.



Abbildung 10: Träger und Verbindungselemente Flurweg

Abbildung 11: Ausschnitt Verbindungselemente Flurweg

Die Brücken bei La Lechere und Planchy (Abbildungen 12+13) sind ähnlich gebaut:



Abbildung 12: Überführung Kantonsstrae und Flurweg Planchy



Abbildung 13: Überführung La Lechere

Die Verbindung zwischen Holz und Beton geschieht mittels Kerben (Abbildungen 14-16). Es handelt sich hierbei um eine innovative unternehmensspezifische Lösung (Vial SA, Le Mouret).



Abbildung 14: Ausschnitt Kerbe



Abbildung 15: Kerben



Abbildung 16: Versuche

Die Fahrt auf der neuen Umfahrungsstraße wird durch diese Kunstbauten, die aufeinander folgen und sich harmonisch in die wunderschöne Greyerzer Landschaft einfügen, geprägt. Für die Überführung bei La Pâla (Abbildung 17) wurde eine völlig andere Form gewählt:



Abbildung 17: Überführung bei La Pâla

Bei diesem Bauwerk sind zwei Holzbögen über die Fahrbahnplatte gespannt. Dank dieser eigenwilligen Lösung muss das Längenprofil der Straße von La Pâla, die die H189 quert, nur geringfügig verändert werden. Diese Überführung wird zwischen dem Usiniers- und dem Moncalia-Tagbautunnel, stehen. Die Holzbögen nehmen gewissermaßen die Rundungen der Tunneleinfahrten auf, wodurch ein harmonisches Gesamtbild geschaffen wird. Die Bögen sind ebenfalls aus Lärchen-Brettschichtholz und die Stahlstangen die zur Aufhängung der Fahrbahnplatte dienen sorgen für die Stabilität der Bögen. Dieses Prinzip wurde auch für die Brücke bei Zollhaus angewandt.



## 6 Brücke über die Hongrin in Allières

Gemeinde und Kanton haben vereinbart, dass der Unterhalt der Gemeindestraße, die das Dorf Montbovon mit dem Weiler Allières verbindet und darauf zu einem Staudamm führt (die Route d'Allières), durch den Kanton bestritten wird. Die Überquerung des Engtals der Hongrin geschah mittels einer Beton-Bogenbrücke. Da deren Unterhalt wegen des schlechten Zustands nicht mehr sichergestellt werden konnte, wurde entschieden, direkt neben der alten eine neue Brücke im Verbundbau (Holz und Beton) zu errichten. Da die Route d'Allières von Wald umgeben ist und vor allem für die regionale Forstwirtschaft genutzt wird, drängte sich das Holz als Baumaterial geradezu auf. Beim gewählten Projekt handelt es sich um eine Sprengwerkbrücke mit Stützen und Hauptträgern aus Holz (*Abbildungen 18+19*):



Abbildung 18: Die neue und alte Brücke über die Hongrin in Allières



Abbildung 19: Die neue Brücke von unten

Die Beton-Fahrbahnplatte darüber schützt das Holz vor Witterungseinflüssen. Die Hauptträger sind aus Fichten-Brettschichtholz und die Stützen aus Lärchen-Brettschichtholz. Diese Brücke wurde für den 28t-Verkehr entworfen, doch kann sie ohne weiteres auch Lasten von 40 Tonnen tragen. Wie dem auch sei: Da für die Straße die Höchstlast wegen deren Zustand auf 18 Tonnen festgelegt wurde, wurde die Brücke bisher nicht voll in Anspruch genommen. Die seitlichen Schutzelemente (*Abbildung 20*) sind ebenfalls aus Lärchenholz. Damit werden die Träger vor der UV-Strahlung und den Witterungseinflüssen geschützt.



Abbildung 20: Die neue Brücke über die Hongrin in Allières

## 7 Brücke über die Sense in Zollhaus

Als das Tiefbauamt in Zollhaus die Brücke über die Warme Sense neu bauen musste, prüfte es auch eine Holz-Beton-Brücke. Obwohl diese Variante rund 10 % teurer zu stehen kam als traditionelle Bauweisen, entschied sich das Tiefbauamt für diese Variante und auch der Staatsrat (die Regierung des Kantons Freiburg) genehmigte den Mehraufwand, da auf diese Weise der Baustoff Holz aufgewertet und die Brücke besser in die Umgebung integriert werden konnte. Bei der Straße, die die Brücke quert, handelt es sich um eine Bergstraße, die zu einem wichtigen Kurort führt. Die Brücke ist von Wäldern umgeben.

Dadurch, dass Holz eingesetzt wurde, konnte eine projektspezifische Vorgabe erfüllt werden: Die Fahrbahnplatte sollte nicht zu dick sein, damit das Lichtraumprofil unterhalb der Brücke auch dann ausreicht, wenn die Sense Hochwasser führt. So wurden zwei Bögen über die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton gespannt (bow-string), wobei die Platte als Zugglied dient (Abbildung 21).



Abbildung 21: Brücke über die Sense in Zollhaus

Die Autoren des Projekts – wie auch der Bauherr – wollten abgesenkte Bögen. So war es nicht möglich, die Bögen seitlich mit Verstrebungen über der Fahrbahn zu stabilisieren. Stattdessen sorgen A-förmige Zugglieder aus Stahl, die zur Aufhängung der Fahrbahnplatte dienen, für die nötige Stabilität der Bögen. Auch wenn die Holzteile nur einen geringen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen (siehe *Technische Datenblätter* im Anhang), konnte dank des Einsatzes von Holz eine elegante und effiziente Lösung realisiert werden.

## 8 IVS-Überführung bei Posieux

Als die Verbrennungsanlage für Siedlungsabfälle von Freiburg (SAIDEF) errichtet wurde, wurde auch eine neue Straße zur Umfahrung des Dorfs Posieux gebaut. Diese neue Straße aber kreuzt einen Weg, der im Inventar historischer Verkehrswege der Schweiz (IVS) aufgeführt wird. Außerdem wird dieser Weg von den Bauern benutzt, um zu den von ihnen bestellten Feldern zu gelangen. Aus diesen Gründen musste eine Überführung über die neue Umfahrungsstraße gebaut werden. Auch in diesem Fall entschied man sich nach eingehender Analyse für einen Holz-Beton-Verbundbau: Die Brückenplatte aus Stahlbeton wird durch Träger aus Fichten-Brettschichtholz gestützt, die wiederum durch Tafeln aus Lärchenholz geschützt sind (*Abbildungen 22-24*).



Abbildung 22: IVS-Überführung bei Posieux



Abbildung 23: IVS-Überführung bei Posieux



Abbildung 24: Bewehrung der Betonplatte

Die Leichtigkeit, mit welcher Holz geformt werden kann, um einem Bauwerk eine besondere Eleganz zu verleihen, ist bei dieser Brücke augenscheinlich. Natürlich hat die Tatsache, dass ein historischer Verkehrsweg über die Brücke führt, bei der Wahl des Baumaterials eine Rolle gespielt, nimmt das Holz doch das Thema der historischen Wege und der alten Holzbrücken auf, die besonders im Kanton Freiburg häufig auf den Jakobswegen anzutreffen waren.

## 9 Schlussbemerkung

Die verschiedenen bereits realisierten und noch geplanten Brücken im Kanton Freiburg, die teilweise oder vollständig aus Holz sind, machen deutlich, dass Holz als Baumaterial auf vielfältige Weise eingesetzt werden kann. Zudem integrieren sich die Bauwerke so besser in die meist ländliche Landschaft des Kantons.

Die Verwendung dieses traditionellen Baustoffs stellt indes eine technologische Herausforderung dar, da die Verbindung zwischen Holz und Stahlbeton noch nicht sehr verbreitet ist.

Die verwirklichten und geplanten Bauvorhaben vergegenständlichen die Dynamik und den Innovationsgeist des Kantons Freiburg. Sie legen Zeugnis vom Know-how aller Beteiligten ab – namentlich der Ingenieure, die die Brücken geplant haben, und der Unternehmen, die die Projekte haben Wirklichkeit werden lassen.

Sehr wahrscheinlich wird es der Kanton Freiburg nicht dabei bewenden lassen: Nach diesen ersten Erfahrungen, die absolut zu überzeugen vermochten, wird das Tiefbauamt auch in Zukunft Lösungen mit Holz prüfen und überall dort, wo die Vorzüge dieses Materials zum Tragen kommen, einsetzen.

Damit diese technologische Evolution möglich wurde, musste in die Weiterbildung aller Personen, die für die Projektierung, Überwachung und den Unterhalt der Bauten verantwortlich sind, investiert werden – und zwar auf allen Stufen, vom Ingenieur bis zum Straßenwärter. Alle aber waren Sie motiviert, diesen neuen Weg zu gehen.

### Autoren

Claude Morzier, Kantonsingenieur, Vorsteher des Tiefbauamts (TBA)

Jean-Bernard Tissot, Chef der Sektion Projektierung und Realisierung von Straßen

Laurent Meyer, Projektleiter, Sektion Projektierung und Realisierung von Straßen

### Bibliografie

- Liste der Holzbrücken laut Buch „Fribourg jette ses ponts“, Pierre Delacrétaz + TBA, Fotos TBA
- IVS-Überführung bei Posieux: Dokumente + Fotos Ingenieurbüro Benoît Stempfel + TBA
- Brücke über die Hongrin in Allières: Dokumente + Fotos TBA
- Brücke über die Sense in Zollhaus: Dokumente + Fotos TBA
- H189 Dokumente + Fotomontagen Association Sud Ingénieurs (ASI) + TBA, Fotos Eric Sauterel + TBA

### Anhang

Technische Datenblätter

**Technische Datenblätter**

<b>Überführung Flurweg Le Pâquier H189</b>	
Inbetriebnahme	16. Juli 2004
Länge	27.75 m
Breite insgesamt	5 m
Fahrbahnbreite	4 m
Spannweite	26.70 m
Baustoffe	4 Träger aus BSH A (~GL28) (Fichte) Brückenplatte aus Stahlbeton B 45/35 Verbindung zwischen Holz und Beton mit Verbundbügeln
Holzvolumen	74 m <sup>3</sup> (9 t / Träger)
Baumarten	Lärche für den Schutz, Fichte für die Träger
Gesamtkosten	Fr. 700'000.- (ohne Zufahrtsstraße)
Holzkosten	Fr. 220'000.- (31%)
Projektverfasser	ASI, Association Sud Ingénieurs
Unternehmen	JPF Construction SA in Bulle und Repond SA in Charmey
Unterauftragnehmer für Holz	JL Ducret in Orges und JPF Charpentes in Bulle für das BSH

<b>Überführung Kantonsstraße Le Pâquier H189</b>	
Inbetriebnahme	20. Dezember 2004
Länge	27.75 m
Breite insgesamt	11.35 m
Fahrbahnbreite	1.5 + 6 + 1.2 + 1.65 m
Spannweite	26.70 m
Baustoffe	7 Träger aus Brettschichtholz GL36k (Fichte) Brückenplatte aus Stahlbeton B 45/35 Verbindung zwischen Holz und Beton mit Verbundbügeln
Holzvolumen	166 m <sup>3</sup> (12 t / Träger)
Baumarten	Lärche für den Schutz, Fichte für die Träger
Gesamtkosten	Fr. 1'050'000.- (ohne Zufahrtsstraße)
Holzkosten	Fr. 376'000.- (36%)
Projektverfasser	ASI, Association Sud Ingénieurs
Unternehmen	JPF Construction SA in Bulle und Repond SA in Charmey
Unterauftragnehmer für Holz	JL Ducret in Orges und JPF Charpentes in Bulle für das BSH

<b>IVS-Überführung bei Posieux</b>	
Inbetriebnahme	Juli 2001
Länge	21.20 m
Breite insgesamt	4.60 m
Fahrbahnbreite	4.00 m
Spannweite	21.00 m
Baustoffe	Träger aus Holz BSH (Fichte) Brückenplatte aus Stahlbeton Verbindung zwischen Holz und Beton mit Verbundbügeln
Holzvolumen	25.70 m <sup>3</sup>
Baumarten	Lärche für den Schutz, Fichte für die Träger
Gesamtkosten	Fr. 290'163.-
Holzkosten	Fr. 104'127.- (35%)
Projektverfasser	Benoît Stempfel Ingénieurs-Conseils SA in Freiburg
Unternehmen	JPF Construction SA in Bulle und Grisoni Zaugg SA in Bulle
Unterauftragnehmer für Holz	Ducret SA in Orges und JPF Charpentes in Bulle für das BSH

<b>Brücke über die Hongrin in Allières</b>	
Inbetriebnahme	Juli 2000
Länge	48.50 m
Breite insgesamt	4.80 m
Fahrbahnbreite	4.00 m
Spannweite	14.25 / 20.00 / 14.25 m
Baustoffe	Stützen und Hauptträgern aus BSH Brückenplatte aus Stahlbeton Verbindung zwischen Holz und Beton mit Verbundbügeln
Holzvolumen	73 m <sup>3</sup>
Baumarten	Lärche für Stützen und Schutz, Fichte für Träger
Gesamtkosten	Fr. 1'136'000.-
Holzkosten	Fr. 336'075.- (30%)
Projektverfasser	GVH Fribourg SA
Unternehmen	JPF Construction SA in Bulle und Repond SA in Charmey
Unterauftragnehmer für Holz	JL Ducret in Orges und JPF Charpentes in Bulle für das BSH

<b>Brücke über die Sense in Zollhaus</b>	
Inbetriebnahme	1. September 1999
Länge	25.10 m
Breite insgesamt	12.54 m
Fahrbahnbreite	7 + 2 x 1.65 m
Spannweite	24.20 m
Baustoffe	Bögen aus BSH Brückenplatte aus Stahlbeton B 40/30 Aufhängungselemente aus nichtrostendem Stahl
Holzvolumen	14.20 m <sup>3</sup>
Baumarten	Lärche für Bögen und Schutztafeln
Gesamtkosten	Fr. 1'407'016.-
Holzkosten	Fr. 169'721.- (12%)
Projektverfasser	Emch + Berger Bern
Unternehmen	Bätigroup SA Freiburg (Stuag - Schmalz)
Unterauftragnehmer für Holz	Vial SA in Le Mouret für das BSH

### Die übrigen Überführungen der H189

	<b>Planchy</b>	<b>La Léchère</b>	<b>La Pâla</b>	<b>La Rochena</b>
Inbetriebnahme	2005	2005	2006	2006
Spannweite	33.50 m	28.20 m	26.50 m	25.60 m
Fahrbahnbreite	13 m	9.30 m	13 m	4 m
Baustoffe	Holz: BSH-Träger Beton-Brückenplatte	Holz: BSH-Träger Beton-Brückenplatte	Holzbögen - Beton-Brückenplatte	Holz: BSH-Träger Beton-Brückenplatte
Projektverfasser	ASI, Association Sud Ingénieurs			