

Raumbrücke : Mursteg in Murau/Steiermark, 1993 (Wettbewerb), 1995 (Ausführung) : Architekten Marcel Meili, Markus Peter

Autor(en): **J.C. / M.M. / M.P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Werk, Bauen + Wohnen**

Band (Jahr): **82 (1995)**

Heft 12: **Schnitte = Coupes = Sections**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-62312>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Raumbrücke

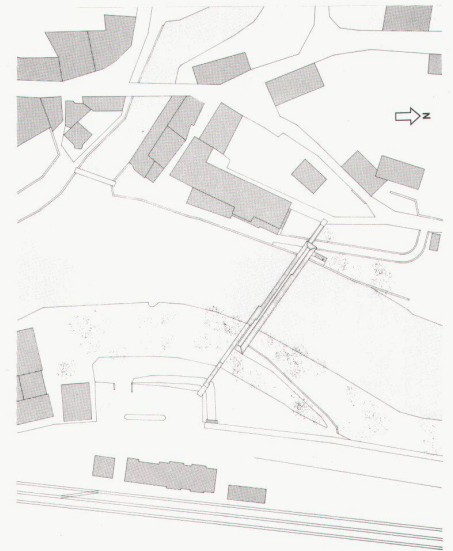
Städtebauliche und topografische Lage der Brücke sind ungewöhnlich: der gedeckte Holzsteg überspannt die Mur genau an jener Stelle, wo der von der mittelalterlichen Stadt gefasste Flussraum in die offene Landschaft übergeht. Der Steg verbindet dabei Orte in drei verschiedenen Höhenlagen: er verknüpft einen horizontalen Fuss- und Radweg – dessen Niveau mittels Rampen erreicht wird – über Treppenanlagen mit dem fast zehn Meter höher gelegenen Bahnhof und mit der drei Meter tiefer liegenden Uferpromenade. Der Steg bildet eine grosse räumliche Wegkreuzung.

■ Les situations urbanistique et topographique du pont sont inhabituelles: la passerelle en bois couverte enjambe la Mur, précisément à l'endroit où le lit du cours d'eau, inséré dans la ville moyenâgeuse, débouche sur la campagne ouverte. La passerelle relie des lieux situés à trois niveaux différents: par l'intermédiaire d'escaliers, elle fait communiquer une voie piétonne et cyclable horizontale – dont le niveau est atteint par des rampes – avec la gare située presque dix mètres plus haut et la promenade riveraine placée trois mètres au-dessous. Cette passerelle est une grande croisée de chemins dans l'espace.

■ The situation of the bridge is unusual in terms of both town planning and topography: the covered wooden bridge spans the Mur at the exact point where the river landscape, framed by the medieval town, merges into the open countryside, thus connecting three different altitudes. It links a horizontal bicycle and foot path – which is accessed by ramps – via a flight of steps with the railway station which is almost ten metres higher, and with the three metres lower riverbank promenade. Basically, the bridge represents a large spatial crossroads.



Ansicht vom Schloss Schwarzenberg
■ Vue du château Schwarzenberg
■ View from Schwarzenberg Castle
Foto: Heinrich Helfenstein, Zürich



Lage der Brücke zwischen Bahnhofsgelände und Altstadt
■ Situation du pont entre la zone de la gare et la vieille ville
■ The site of the bridge between the railway station and the old town

Brückenraum
■ Volume du pont
■ Bridge space
Foto: Heinrich Helfenstein, Zürich



Mursteg in Murau/Steiermark, 1993 (Wettbewerb), 1995 (Ausführung)

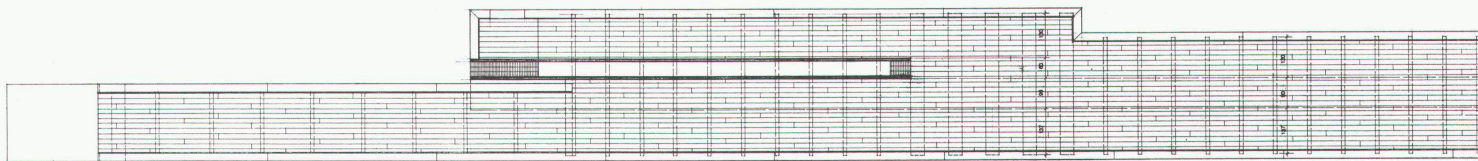
Architekten: Marcel Meili, Markus Peter, Zürich;

Mitarbeit: Astrid Staufner;

Ingenieure: Andrea Branger, Jürg Conzett, Chur;

Holzbau: Kaufmann Holzbauwerk, Reuthe;

Ingenieur Stefan Kraus



Ansicht von der Seite Altstadt.
Neben der Hauptbrücke bildet die Treppe ihrerseits eine Brücke von 22m Spannweite. Seitenwand und Treppenläufe wirken – gegen das Kippen – als räumliches Faltenwerk.

■ Vue depuis la vieille ville. A côté du pont proprement dit, l'escalier constitue aussi un pont portant sur 22 m. La paroi latérale et les volées d'escalier se comportent comme une structure pliée s'opposant au renversement.

■ View of the side of the bridge facing the old town. The steps next to the main bridge form a bridge of their own with a span of 22 m. The side wall and the flights of steps add stability to the construction and have the appearance of folded plate structures.

Brückengrundriss

- Plan du pont
- Ground plan of the bridge

Ansicht von Nordwesten

- Vue du nord-ouest
 - View from the northwest
- Foto: Heinrich Helfenstein, Zürich

Aus diesen Voraussetzungen sind Struktur und Form der Murbrücke entwickelt worden. Üblicherweise sind gedeckte Holzbrücken aus einem zweiwandigen Fachwerkträger aufgebaut, welcher anschliessend gegen das Wetter mit Brettern verschalt wird. Im Unterschied dazu ist der Mursteg gewissermassen nach dem Prinzip der «selbsttragenden Karosserie» gedacht: Ein einziger, sichtbarer Rahmen ist in der Mitte des Brückenquerschnittes angeordnet. Er trägt die gesamte Last der Brücke, erzeugt die Folge der Räume und ordnet die Wege auf der Brücke. Dieser Rahmen ist zusammengesetzt aus zwei vertikalen, scheibenartigen Hohlkästen – die «Schubscheiben» aus Dreischichtplatten – und einem massiven Ober- und Untergurt aus Brettchichtholz. Diese Gurten tragen die Auskragungen von Dach und Fahrbahn. Die Lage des Haupttragrahmens im Innern der Brücke erlaubt es, auf Verschaltungen zum Witterungsschutz zu verzichten. Damit bilden Tragwerk und sichtbare Form der Brücke eine Einheit, gleichsam ein einziges grosses geformtes Stück Holz.

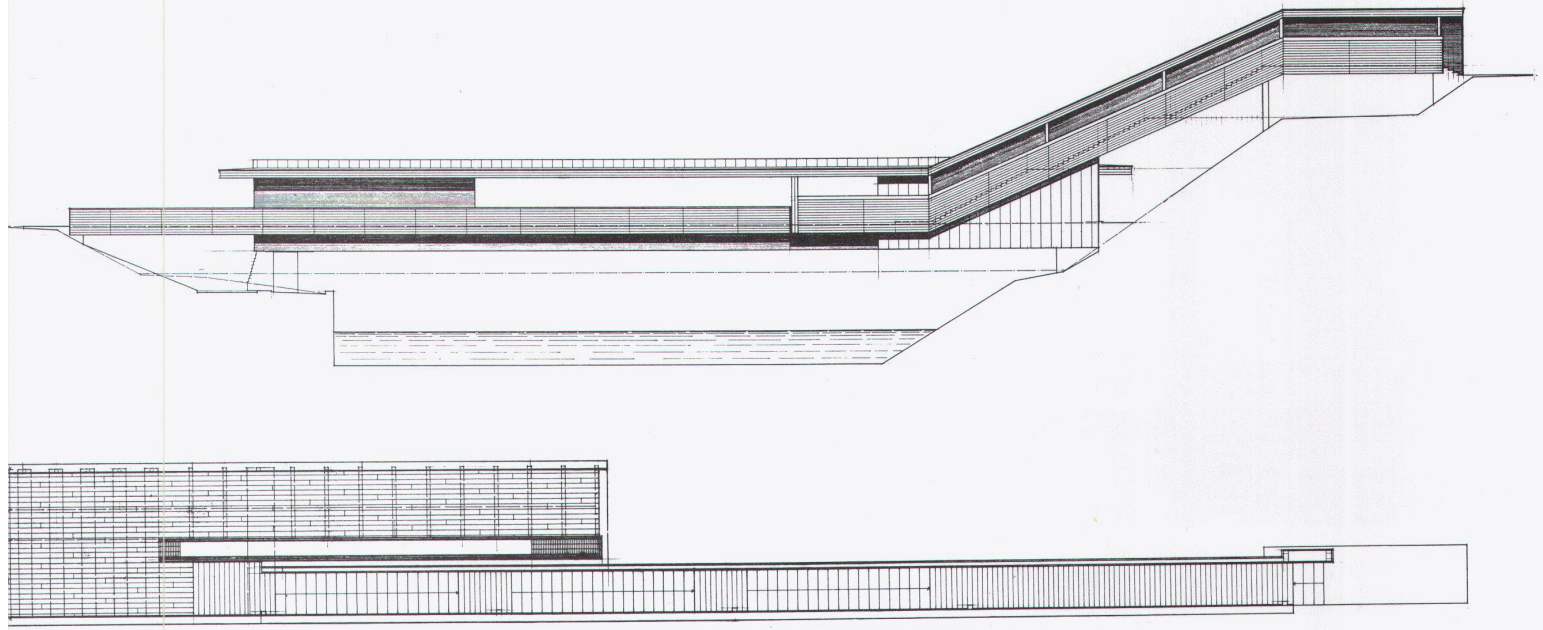
Dass das Tragwerk und die formbildenden Oberflächen zu einer grossen Figur werden, ist das zentrale ingenieurtechnische und architektonische Thema der Brücke. Das Holz, so könnte man sagen, wird eher verwendet wie eine homogene faserige Masse, als wie ein Stoff von Stäben und Platten, der zu additiver Fügung neigt.

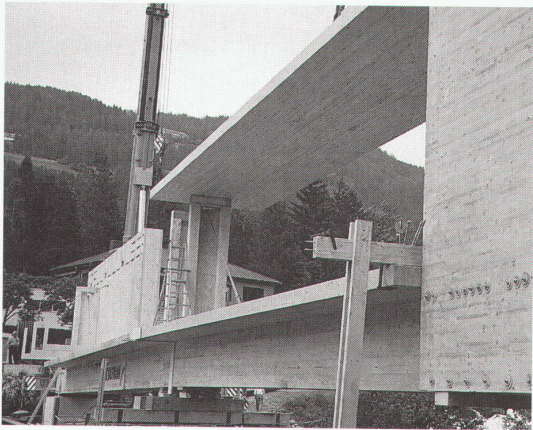
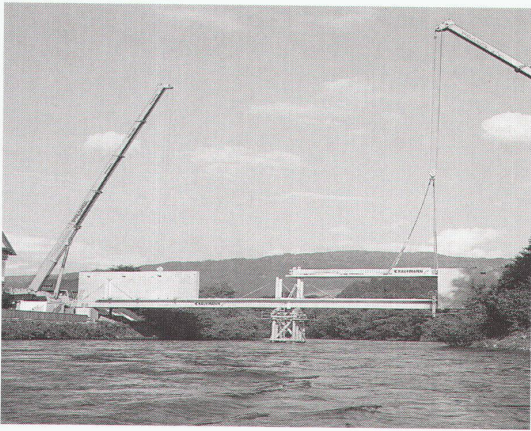
Die weitgehende Unterdrückung der holztypischen tektonischen Gliederung schafft die Voraussetzung für eine gelassene und elementare Beziehung zwischen dem Material, der Brückenform und der Umgebung. Die schwer dimensionierten, kaum verkleideten Holzteile ordnen die wichtigsten Linien

der Brücke in einer direkten Auseinandersetzung mit dem Massstab der Landschaft. Die Schubscheiben und die auskragenden Dachplatten an den Brückenköpfen nehmen die verschiedenen Verkehrswege in getrennten, gerichteten Räumen in Empfang und führen sie aus den Bäumen und den Häusern hinaus in die Flussmitte, wo die Wege gleichsam in einem langgezogenen Platz zur Ruhe kommen. Hier, an der Stelle des schönsten Ausblickes – und wo man die grössten Kräfte vermuten würde –, lassen die Scheiben ein 24 Meter langes, stützenfreies Fenster offen: Der Übergang von der Stadt in den Landschaftsraum soll auf der Brücke nicht durch ein Stabwerk unterbrochen werden. Stattdessen entfalten hier die Scheiben und Platten ein vom Lastenfluss befreites Spiel von Schatten und Licht, von freien und gefassten Räumen, von Körperlichkeit und Offenheit. Gegen die Ufer hin greifen die Treppenbrücke und die nördliche Anschlussbrücke wie Arme in die umgebende Landschaft aus. Diese Tentakel sind zwar nach dem gleichen statischen Prinzip wie der Hauptträger aufgebaut, sie sind aber wie «Späne» aus dem Brückenkörper abgespalten, als sichtbare Zeichen einer komplexen topografischen Situation.

Brückenquerschnitt: (Auch) vom Wetter geformt...

Das Konzept des Tragwerks ist auf drei Grundgedanken aufgebaut: konstruktiver Witterungsschutz durch hierarchische Anordnung der Bauteile, weitgehende Aktivierung des räumlichen Tragverhaltens exzentrischer Scheiben und montagegerechte Ausbildung der Holzverbindungen. Diese Prinzipien sind zuerst in den Aufbau des typischen Brücken-





Montage von Schubscheibe und Obergurt

- Montage de l'âme et de la membrure haute
 - Assembly of the shearing slab and the top boom
- Foto: Marcel Meili, Zürich

Montage des Obergurts

- Montage de la membrure haute
 - Assembly of the top boom
- Foto: Marcel Meili, Zürich

Brückenraum

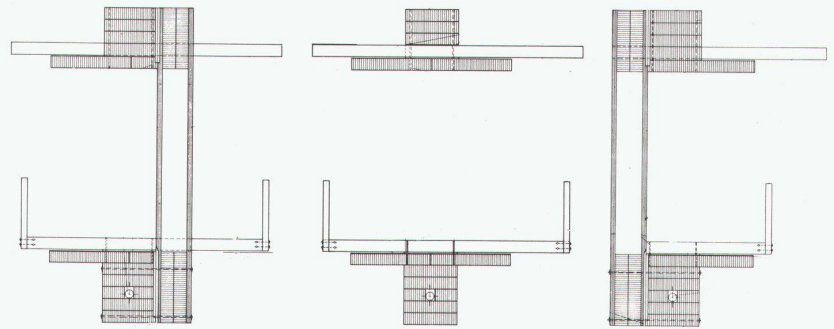
- Volume du pont
 - Bridge space
- Foto: Heinrich Helfenstein

querschnittes eingeschrieben worden: Im Zentrum liegen die tragenden Gurten aus Brettschichtholz, aussen – an den am stärksten beanspruchten Stellen – befinden sich leichte, aber robuste Verschleissteile, die vom eigentlichen Hauptträger der Brücke getrennt sind und später einmal ersetzt werden können, ohne dass deswegen das Tragwerk gänzlich gesperrt oder mit Hilfsjochen unterstützt werden müsste. Auf diese Weise schützen die funktionellen Teile des Daches und der Fahrbahn den Haupttragrahmen (s. S. 22).

Längsschnitt: Ein einfeldriger Vierendeelträger

Die Grundform des Brückentragwerks ist ein geschlossener Rahmen, eine Art einfeldriger Vierendeelträger. Ober- und Untergurt sind in den seitlichen Schubscheiben praktisch biegesteif eingespannt. Damit wird die grosse Länge des mittleren Fensters ermöglicht. Sie beträgt ziemlich genau die Hälfte der Spannweite – und dies bei einem schlanken Höhen-Längen-Verhältnis der Gurte von maximal 1:20.

Ein auffälliges Merkmal des Brückentragwerks ist die exzentrische Anordnung der beiden Schubscheiben gegenüber der Mittelebene im Grundriss. Diese Exzentrizität der Scheiben antwortet zunächst auf die unterschiedliche Bedeutung der Eintrittsräume in die Brücke. Aber sie spannt auch einen Brückenraum im Querschnitt auf: In der Längs- wie in der Querachse des Steges bildet nicht das Material, sondern ein «räumliches Auge» den Schwerpunkt der



Querschnitte durch Haupttragrahmen Seite Stadt, Brückenmitte, Seite Bahnhof: Ober- und Untergurt aus Brettschichtholz, Schubscheiben als Hohlkästen mit Brettschichtrahmen und seitlichen Dreischichtplatten von je 12 cm Dicke

■ Coupes transversales sur le portique porteur principal, côté ville, milieu du pont, côté gare: membrures haute et basse en bois lamellé, âmes caissonnées avec cadres en lamellé et faces en plaques-sandwich triples épaisses chacune de 12 cm

■ Cross sections through the main supporting frame on the town side, the middle of the bridge, station side: top and bottom booms of glued laminated wood, shearing slabs as hollow chests with glued laminated frames and 12 cm-thick slatted boards at the sides

Konstruktion. Mit dieser Form wird gleichzeitig die räumliche Steifigkeit des schlanken Hauptträgers leicht verbessert. Auf eine Querschnittsebene projiziert, bilden die beiden Scheiben zusammen mit den torsionssteifen Gurtungen einen geschlossenen Querrahmen, dessen statische Wirkung gegen seitliche Windkräfte wiederum derjenigen eines einfeldrigen Vierendeelträgers entspricht (s. rechts unten).

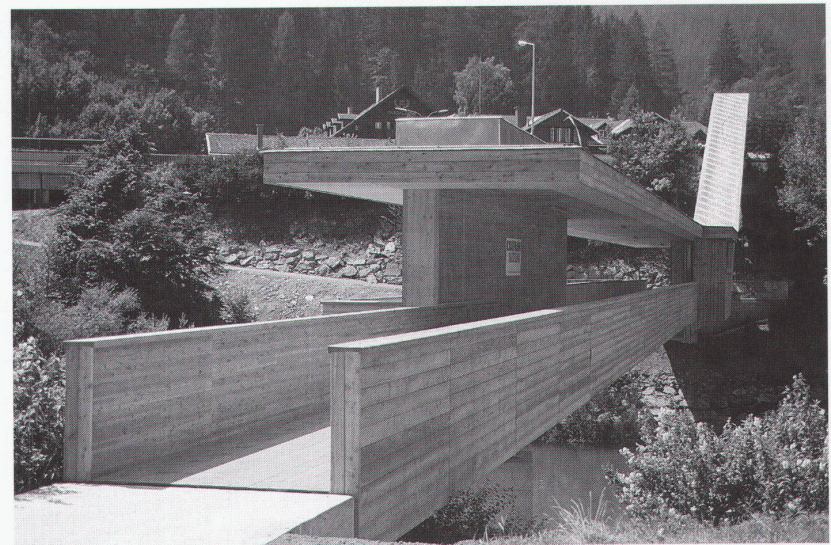
**Vorfabrikation und Montage:
Mit acht Teilen quer durch Österreich**

Um den Bauablauf zu beschleunigen und um umfassend Werkstattarbeit leisten zu können, suchte man nach einer weitgehenden Vorfabrikation mit möglichst grossen Transport- und Montageeinheiten. Die 50 Meter langen und bis zu 35 Tonnen schweren Gurtungen mussten jedoch nahe der Brückenmitte zweigeteilt werden, um die am Ufer stehenden Montagekräne nicht zu überlasten. Das Haupttragwerk der Brücke wurde daher in sechs Elementen – je zwei Gurtteile und die beiden Schub-scheiben – vom Werk in Reuthe nach Murau überführt und dort auf ein Hilfsjoch in die Flussmitte gestellt (s. S. 20 oben und Mitte). Zwei weitere Elemente bildeten die Treppenbrücke und den Verbindungssteg.

Die Gurtungen sind mit der sogenannten Nagelpressleimung ausgeführt. Sie bestehen aus mehreren Lagen 20 Zentimeter starker Brettschichthölzer, die nacheinander mit Leim bestrichen, aufeinandergelegt und zum Aufbringen des Pressdrucks untereinander kräftig vernagelt wurden. Um dem durch Zug, Biegung und Torsion hochbeanspruchten Untergurt-Montagesstoss die nötige Stabilität zu verleihen, wurde dieser Gurt vorgespannt: in eine durchgehende Aussparung wurde nachträglich ein 16 Zentimeter dickes Vorspannkabel eingezogen. Es handelt sich um den gleichen Kabeltyp, wie er im Beton- oder Schrägseilbau üblich ist. Der Stoss wurde als ein Zentimeter breite Fuge ausgeführt, wobei die Stossfläche im Abstand der Brettschichtholzlagen verzahnt wurde. Nach der Montage wurde die Fuge mit Epoxidharz ausgegossen und das Kabel einen Tag später mit 410 Tonnen Zugkraft vorgespannt.

Duktile Schubverbindungen: Eine alte Technik für ein modernes Montageproblem

Ein besonderes Verbindungsmittel musste auch für die Kraftübertragung zwischen Gurten und Schub-scheiben entwickelt werden. Auf einer Länge von 13 Metern sind hier bedeutende Kräfte von rund 200 Tonnen zu übertragen. Eine Baustellenverleimung erschien zu riskant, auch im Hinblick auf die



Auflager Seite Bahnhof
 ■ Appui côté gare
 ■ Bearing, station side

Brückenkopf Seite Stadt
 ■ Tête du pont côté ville
 ■ Bridgehead, town side

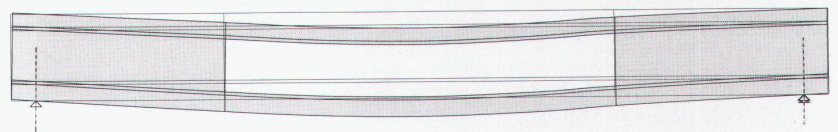
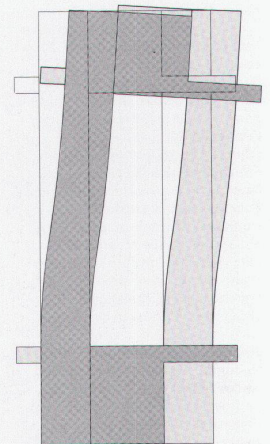
Fotos: Marcel Meili, Zürich

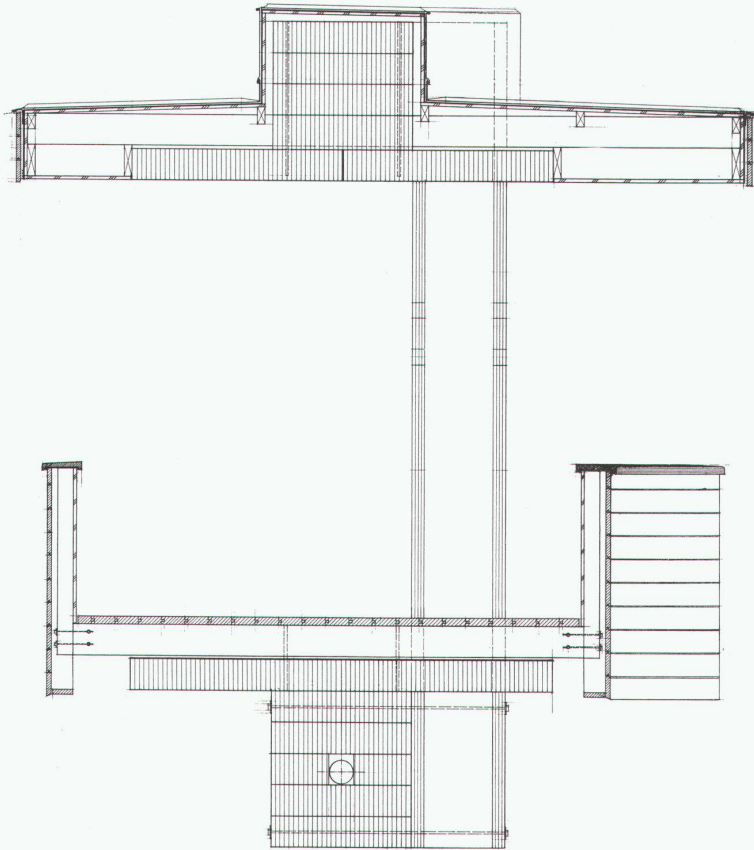
Verformungsdiagramm des Vierendeelträgers in Längsrichtung unter Einwirkung von Last und Eigen-gewicht

■ Diagramme de déformation longitudinale de la poutre Vierendeel sous l'effet de la charge et de son poids propre
 ■ Lengthwise distortion diagram of the Vierendeel girder under the influence of load and its own weight

Verformungsdiagramm des Vierendeelträgers in Querrichtung unter Windlast (Querschnittprojektion)

■ Diagramme de déformation transversale de la poutre Vierendeel soumise à l'action du vent (projection transversale)
 ■ Crosswise distortion diagram under wind load (cross section projection)





Querschnitt Brückenmitte: statische und konstruktive Elemente
 ■ Coupe transversale sur le milieu du pont: éléments de la statique et de la construction
 ■ Cross section through the middle of the bridge: static and structural elements

Der Querschnitt zeigt die Rangordnung der Konstruktionsteile in bezug auf Witterungsschutz und Austauschbarkeit. Im Zentrum befinden sich die massiven Gurträger aus Brettschichtholz. Auf diesen Trägern sind direkt die Funktionsteile angeordnet, welche auch den Witterungsschutz sicherstellen:

- die geschlossenen Brüstungselemente, aussen massive Schalung aus Lärchenbrettern, innen verleimte Dreischichtplatten, Handlauf in Lärchenschichtholz;
- der Gehbelag als 5 cm starke Nut-Kamm-Schalung in Fichte, sägeroh;
- die darunterliegenden Querträger in Fichte-Brettschicht-Hölzern, 20 cm hoch, 10–40 cm breit.

Das Dach und die ungedeckte Seite der Schubstange Seite Bahnhof sind durch eine hinterlüftete Schalung mit Uginox-Blechabdeckung geschützt. Das Regenwasser, das bei Schlagregen auf den Gehweg gelangt, kann durch Schlitz zwischen Bodenbelag und Brüstung abtropfen; Restwasser, das durch die Stossfugen der Bodenbretter und durch allfällig undichte Nut-Kamm-Fugen dringt, wird von einer Feuchtigkeitssperre aufgefangen, die den gesamten Oberflansch des Untergurts bedeckt. Die tragenden Teile des Hauptträgers sind also von mehreren Schutzschichten umhüllt und dennoch gut belüftet. Zudem sind sie durch ihre massigen Dimensionen auf Oberflächenerosion wenig empfindlich, beträgt doch die Stegbreite allein bereits 90 cm. Im Untergurt sichtbar das Vorspannkabel: 41 Drähte von 7 mm Durchmesser sind in einem Kunststoffhüllrohr mit Fett verpresst. Die Kraft im Kabel kann über eingebaute Dehnmessstreifen jederzeit kontrolliert werden, wenn nötig ist ein Nachregulieren der Vorspannung auch später möglich.

■ La coupe transversale montre la hiérarchie des éléments de construction en ce qui concerne la protection contre les intempéries et l'interchangeabilité. Au centre, on voit les membrures massives en bois lamellé. Sur ces membrures reposent directement les parties fonctionnelles assurant également la protection climatique:

- les éléments d'allège fermés, avec face externe faite de planches massives en mélèze, face interne en plaques-sandwich triples collées et main-courante lamellée en planches de mélèze;
- le tablier en madriers de pin épais de 5 cm assemblés à rainures et languettes et bruts de sciage;
- les poutrelles transversales situées au-dessous, lamellées en planches de pin, hauteur 20 cm, largeur de 10 à 40 cm.

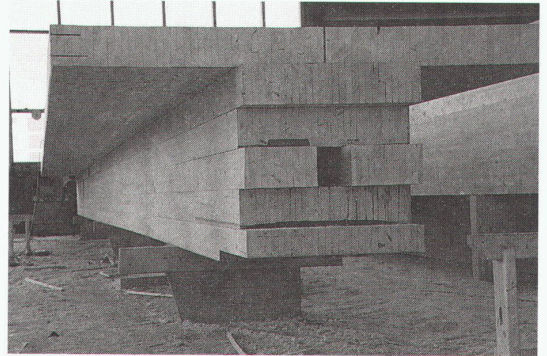
La toiture et la face non protégée de l'âme de la poutre côté gare sont doublées d'un revêtement ventilé fait de tôle Uginox. En cas de pluie battante, l'eau qui atteint le tablier peut s'égoutter grâce à des fentes ménagées entre le revêtement du tablier et l'allège; le reste de l'eau ayant pénétré entre les joints des madriers ou dans les lacunes des rainures et languettes, est repris par une membrane étanche qui recouvre toute la face supérieure de la membrure basse. Les parties portantes de la poutre principale sont ainsi enveloppées de plusieurs couches protectrices tout en étant bien ventilées. De plus, en raison de leurs dimensions massives, elles sont peu sensibles à l'érosion superficielle; à elle seule, la largeur des barres est de 90 cm. Dans la membrure basse, 41 brins d'un diamètre de 7 mm sont tenus dans un fourreau en plastique bourré de graisse. L'effort dans le câble peut être contrôlé à tout moment grâce à l'incorporation de lames mesurant l'allongement. Si nécessaire, il est possible de régler la pré-tension après coup.

■ The cross section shows the hierarchy of the structural parts in terms of weather protection and exchangeability. The glued laminated girders are placed in the middle and bear the functional parts which also act as weather protection:

- solid parapet elements, on the outside glued three-layered slatted boards, handrail of laminated larchwood;
- floor finish in 5 cm-thick tongued and grooved rough-sawn pine planking;
- laminated pine cross girders underneath the bridge, 20 cm high and 10–40 cm wide.

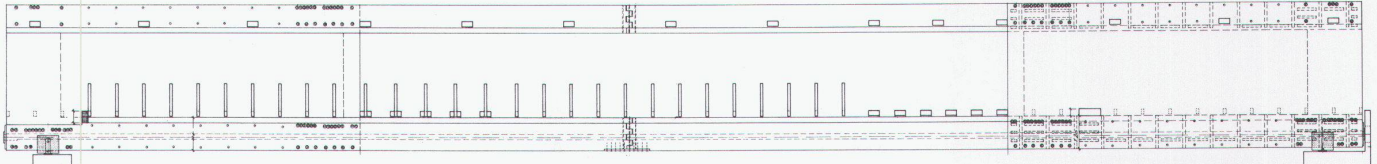
The roof and the uncovered side of the shearing slab on the station side are protected by a rear-ventilated formwork with a Uginox sheet metal cover. The rainwater which falls on the footpath in heavy rain drains off through slits between the floor covering and the parapet. Water which penetrates the joints of the floorboards is caught by a moisture barrier covering the whole upper flange of the bottom boom.

The bearing parts of the main girder are thus wrapped in several protective layers and nevertheless well ventilated. In addition, their massive dimensions make them comparatively resilient against surface erosion: the width of the web alone is 90 cm. The prestressing cable is visible in the bottom boom: 41 wires of a diameter of 7 mm in a plastic grease-filled tube. The force in the cable can be controlled at any time by means of in-built strain measurement strips, and regulation of the prestressing can be effected whenever necessary.



Produktion des Untergurts aus Brettschichtholz
 ■ Fabrication de la membrure basse en bois lamellé
 ■ Production of the laminated wooden bottom boom
 Foto: Marcel Meili, Zürich

Brückenuntersicht
 ■ Vue de la sous-face du pont
 ■ View of the underside of the bridge
 Foto: Heinrich Helfenstein, Zürich



Ansicht der Hauptträger mit Aussparungen für die Schubverbindungen seitlich und mit den Montagestäben in der Mitte. Schwierig auszubilden war vor allem der Untergurtstoss, der gleichzeitig grosse Zugkräfte sowie Biege- und Torsionsmomente aufzunehmen hat. Eine Ausbildung mit eingeschlitzten Blechen und Gelenkbolzen wäre äusserst aufwendig geworden und

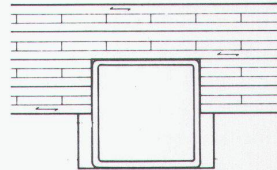
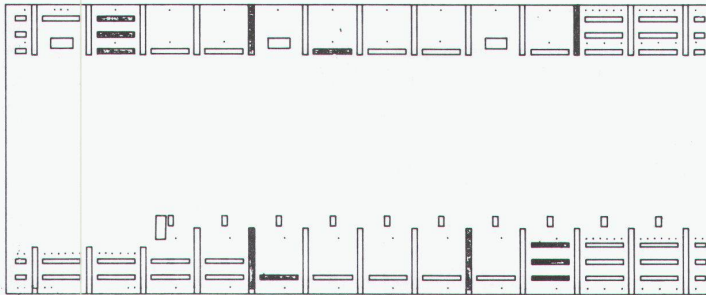
hätte trotzdem die Steifigkeit des Gesamtsystems empfindlich geschwächt, weshalb der Stoss unter Vorspannung gesetzt wurde.

■ Les poutres principales vues en élévation avec réserves pour les renforts de cisaillement latéraux et les joints de montage au milieu. Le joint de la membrure inférieure qui supporte de fortes tensions en même temps que des moments de flexion et

de torsion, fut particulièrement difficile à concevoir. Un assemblage avec tôles entaillées et boulons d'articulation aurait été très coûteux à réaliser, sans pour autant assurer une bonne rigidité du système. C'est pourquoi on a décidé de mettre ce joint sous pré-tension. ■ View of the main girders with side openings for the shearing connections and with the assembly joints in the

middle. The boom joint presented a particular problem since it has to contend with strong tensile power and bending and torsion moments simultaneously.

A variant with steel plates slotted into timber and joint bolts would have been very expensive and would also have considerably weakened the rigidity of the entire structure. For this reason, the joint was prestressed.



Ansicht der Schubscheiben mit Aussparungen für Schubverbindungen

■ Élévation de l'âme de la poutre avec réserves pour les renforts d'assemblage
■ View of the shearing slabs with openings for the shearing connections

Schnitt durch die duktile Schubverbindung: Aussparung mit seitlicher Toleranz, darin Stahlrohr RHS 80x80x5

■ Coupe sur le renfort d'assemblage ductile: réserve avec tolérance latérale pour loger un tube en acier RHS 80x80x5
■ Section through the ductile shearing connections: 80x80x5 RHS steel tube in an opening with lateral clearance

Eine mechanische Schubverbindung aus mehreren Stäben oder Dübeln muss ein gewisses Lochspiel aufweisen, da sich die Holzteile auch bei sorgfältigster Behandlung in der Zeit zwischen Abbund und Montage leicht verziehen können. Dieses nicht genau vorhersagbare Lochspiel kann zu einer stark ungleichmässigen Kraftverteilung auf die einzelnen Verbindungsmittel führen. Im spröden Holz besteht die Gefahr, dass einzelne Verbindungen vorzeitig zerstört werden, während andere noch gar keine Kraft aufgenommen haben.

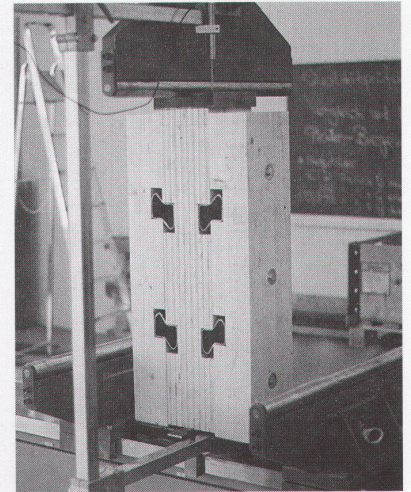
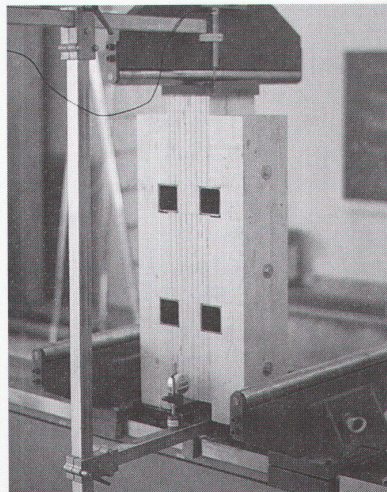
Ein 1:1-Versuch bestätigte die theoretischen Annahmen für die Lösung dieser Frage durch «duktilen Verbindungen», indem die Versuchskörper gegeneinander bis 4 cm weit verschoben werden konnten, während die übertragene Kraft konstant blieb. Die duktilen Stahldübel wirken demnach wie Sicherheitsventile als Kraftbegrenzer; auch wenn die einzelnen Verbindungen zwischen den Hölzern zunächst mit ungleichmässigem Lochspiel anliegen sollten, stellt sich nach einer kleinen gegenseitigen Verschiebung eine gleichmässige Kraftverteilung zwischen den einzelnen Dübeln her, das Holz wird von unkontrollierten Spannungsspitzen verschont und kann nicht aufreissen.

■ Un assemblage mécanique fait de plusieurs barres ou tiges doit présenter un certain jeu au niveau des percements, car les pièces en bois peuvent travailler légèrement entre le façonnage et leur assemblage, quel que soit le soin apporté au travail. Cette déformation, impossible à prévoir avec précision, peut conduire à une répartition fortement irrégulière des efforts entre les différentes pièces d'assemblage. En raison de la fragilité du bois, il peut se faire que certains assemblages soient détériorés prématurément alors que d'autres ne reçoivent aucun effort.

Un essai en vraie grandeur a confirmé l'hypothèse théorique selon laquelle le problème était soluble grâce à des «assemblages ductiles» permettant des déplacements réciproques entre les pièces allant jusqu'à 4 cm, tandis que l'effort transmis reste constant. Les tiges en acier de l'assemblage ductile agissent par conséquent comme des compensateurs de sécurité contrôlant l'effort: même si les pièces de bois se présentent avec une certaine imprécision au droit de l'assemblage, le réglage des tiges permet de répartir correctement les efforts et le bois, protégé de toute surcharge, ne risque pas d'éclater.

■ A mechanical shearing connection of bars or gudgeons must have a certain amount of clearance since the wooden parts can become slightly distorted between cutting in the workshop and assembly despite careful handling. This clearance, which cannot be precisely determined, can lead to an uneven power distribution over the individual connecting elements. With brittle wood there is a danger that some connecting parts may be prematurely destroyed whereas others have not yet taken up the load.

A 1:1 test confirmed the effectiveness of the theoretical solution to this problem through "ductile connections". The test elements were moved closer together up to a distance of 4 cm while the power transmission remained constant. This showed that the ductile steel gudgeons act as power-limiting safety vents: even when the clearances of the individual connections between the beams start out by being unequal, a uniform power distribution between the individual gudgeons is established after a slight reciprocal displacement of the gudgeons; the timber thus is protected from uncontrolled stress risers and is prevented from splitting.



Duktile Verbindungen auf dem Prüfgerüst, links vor, rechts nach dem Versuch

■ Assemblages ductiles sur le banc d'essai, à gauche avant le test, à droite après le test
■ Ductile connections on the test bench, on the left before the test, on the right after the test
Fotos: Jürg Conzett, Chur

**Auflager und Treppenbrücke
Seite Bahnhof**

■ Appui et escalier-pont côté gare
■ Bearing and bridge accommodating steps, station side

Ansicht von der Stadtseite

■ Vue depuis la ville
■ View from the town side

Fotos: Heinrich Helfenstein, Zürich

nicht berechenbaren Spannungskonzentrationen in den einspringenden Ecken. Deshalb wurde eine «duktile Verbindung» entwickelt, die auch bei gegenseitigen Verschiebungen von mehreren Millimetern nicht bricht, sondern sich unter Erhaltung der Kraftübertragung nur entsprechend verbiegt. Die schliesslich ausgeführte Verbindung entspricht dem alten Prinzip der Verdübelung zweier Balken, nur dass an die Stelle der traditionellen Eichenkeile neu stählerne Hohlprofile treten. Dass die Dübel auf simple Weise als einschnittige Verbindung mit durchgehenden horizontalen Gewindestangen gesichert werden konnten, ergab sich direkt aus der Grundidee der seitlich angeschlagenen Schubscheiben (s. S. 23).

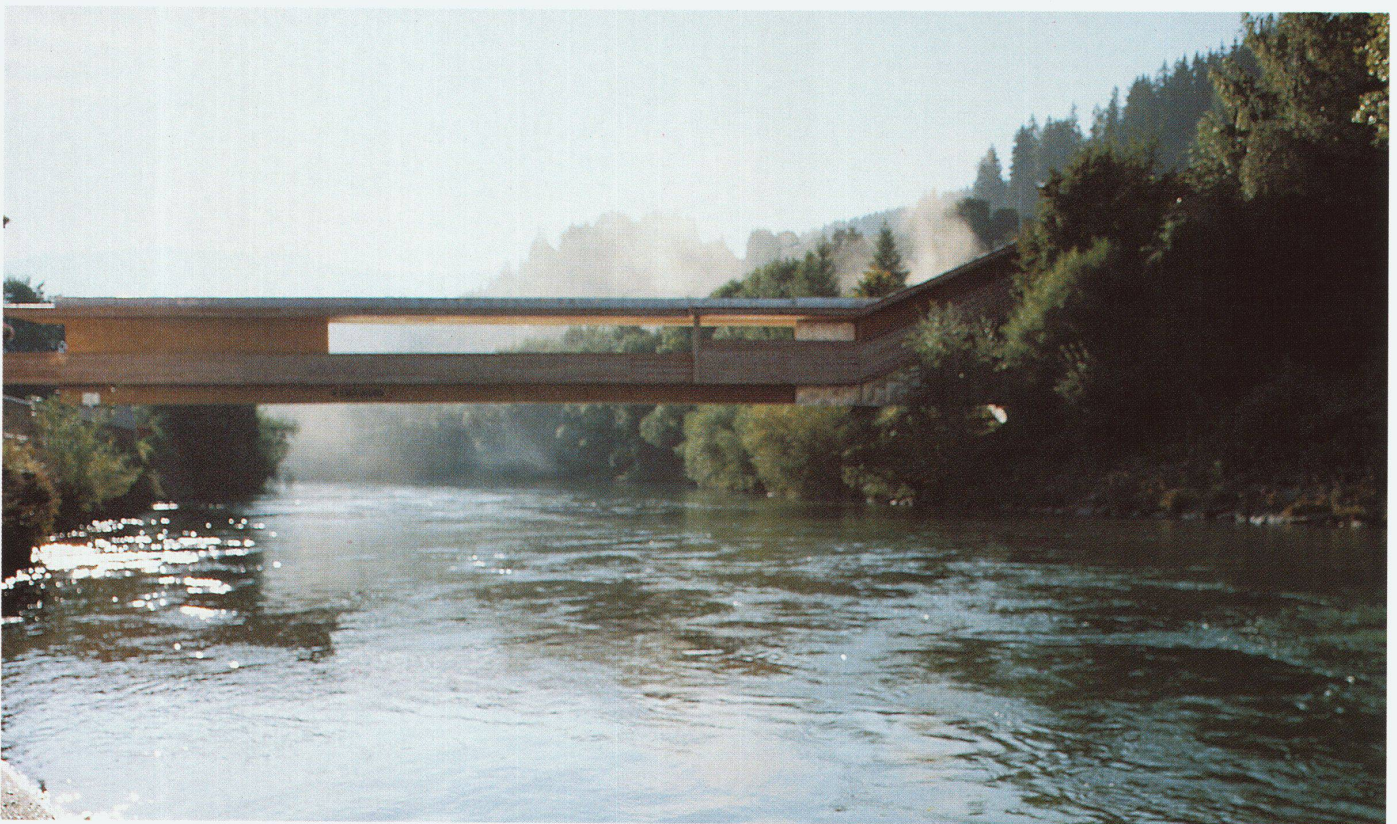
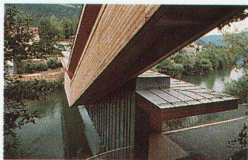
Architekten, Ingenieure...

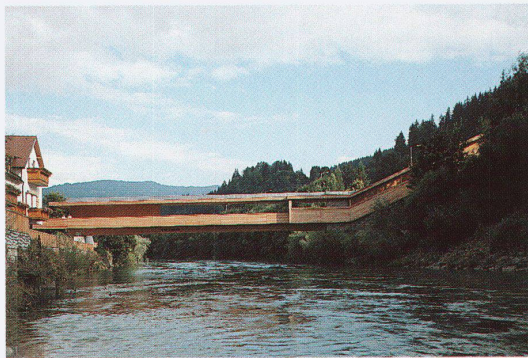
Die vielleicht grundlegende Eigenschaft dieser ingenieurtechnischen Anstrengung liegt darin, dass sie für sich selbst am Bauwerk kaum in Erscheinung tritt. Dass sie «stumm» bleibt und damit nachdrücklich wird, verdankt sie wohl ihrer Resonanz mit der architektonischen Idee. In dieser Hinsicht ist das Verhältnis zwischen der Form und der Konstruktion eine Art Gegenbehauptung zu einer weitverbreiteten

Vermutung: zur Vermutung nämlich, dass die Überwindung des alten Missverständnisses zwischen den Architekten und den Ingenieuren zur Explosion der Form führen würde, vorgetragen auf der Spielwiese für eine ungebändigte technische und formale Virtuosität.

Die Voraussetzungen dafür wären tatsächlich gegeben. Legen nämlich Architekten und Ingenieure einmal ihre Probleme wirklich zusammen auf den Zeichentisch, so werden auch des Kaisers Kleider (un)sichtbar: Staunend werden die Protagonisten zum Kenntnis nehmen, dass die je andere Disziplin im Kern noch immer auf ein paar wenigen, elementaren und damit verständlichen Regeln beruht. Hinter dieser Entdeckung liegt aber nicht nur das Versprechen zur «Freiheit» für eine formale Expressivität verborgen, sondern auch das Gegenteil: der Fluchtpunkt für eine fast paradoxe Synergie. Im besten Fall wird dann die Anstrengung zur Form in der statisch-konstruktiven Arbeit zum Verschwinden gebracht – und umgekehrt. Von dort aus lässt sich dann auch der Frage nachgehen, warum eine moderne Brücke anders gedacht werden sollte als ein modernes Haus, einmal abgesehen von den Spannweiten natürlich.

J.C., M.M., M.P.





Treppenabgang

- Escalier
- Descending steps

Dachaufsicht

- Vue sur la toiture
- View of the roof

Ansicht von der Stadtseite

- Vue depuis la ville
- View from the town side

Fotos: Heinrich Helfenstein, Zürich