Spannband über die Aare

Autor(en): **Bronzini, Gianfranco**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **136 (2010)**

Heft 40: **Mülimatt**

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-130722

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.

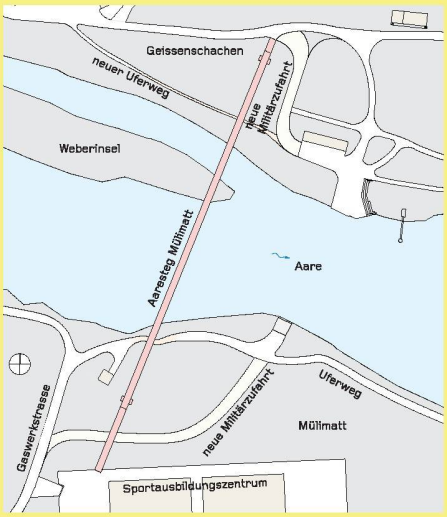
Haftungsausschluss

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

SPANNBAND ÜBER DIE AARE



01 Situation mit der neuen Wegverbindung zwischen Sporthallen und Geissenschachen (Plan: Conzett Bronzini Gartmann AG

Eine mehrfeldrige Spannbandbrücke in vorgespanntem Beton – die erste der Schweiz – verbindet seit kurzem Windisch und Brugg über die Aare neben dem neuen Sportausbildungszentrum Mülimatt. Das faszinierende Tragsystem der Fussgängerbrücke widerspiegelt sich in ihrer ästhetisch ansprechenden Erscheinung: Als schlankes Band zieht sich die Verbindung über die Flusslandschaft – man spürt regelrecht die Zugkräfte.

Das vorliegende Projekt ging aus einem im Jahre 2005 durchgeführten Wettbewerb für das Sportausbildungszentrum Mülimatt und den Aaresteg in Windisch/Brugg im Kanton Aargau hervor. Bauherrschaft des Aaresteges ist die Stadt Brugg, wobei die Gemeinde Windisch und der Kanton Aargau das Projekt mitfinanzieren. Nach Fertigstellung der Arbeiten wurde die Brücke am 23. September 2010 eröffnet und als Bestandteil des kommunalen Wegnetzes der Gemeinde Windisch übergeben.

SITUATION UND LINIENFÜHRUNG

Der Projektperimeter war vorgegeben und liess wenig Spielraum für Standortvarianten der Brücke offen. Zwar bestand etwa 200 m flussabwärts eine weitere Möglichkeit, die Aare zu überqueren. Diese Verbindung ergab aber keine optimale Einbindung des neuen Sportausbildungszentrums mit den bestehenden Wegen auf beiden Uferseiten. Zudem ist die Aare an dieser Stelle breiter und schwieriger zu überbrücken. Deshalb wurde diese Lage nicht weiter untersucht. Stattdessen wurde die direkteste Verbindung zwischen dem neuen Sportausbildungszentrum (vgl. Artikel «Krustentier und Vogel», S. 18, und «Faltwerk aus Spannbeton», S. 23) mit der bestehenden Anbindung an die Gaswerkstrasse und die vorhandenen Wege auf der anderen Uferseite gewählt. Diese Linienführung verläuft nahezu rechtwinklig zum Flussverlauf und ermöglichte eine Abstützung des Steges auf der Weberinsel, was für die Wahl des Tragsystems von essenzieller Bedeutung war (Abb. 1 bis 4).

KONZEPT DES TRAGWERKS

Die gerade Wegverbindung zwischen dem Sportausbildungszentrums Mülimatt auf der rechten Uferseite und Geissenschachen auf der linken Uferseite weist eine Gesamtlänge von 217 m auf. Sie ist ein durchgehendes Betonband mit einer Breite von 3.0 m, das sich im Flussbereich vom Terrain ablöst und schwebend über die Auflagersattel verläuft, um auf der anderen Flussseite seine Fortsetzung zu finden. Diese Grundidee lässt sich aus den vorhandenen Rahmenbedingungen sowohl technisch als auch ästhetisch passend mit einem Spannbandsystem realisieren. Die resultierenden Spannweiten von 35-78-35-35 m ergeben Pfeilerstellungen, die den Fluss freihalten und mit den Uferwegen und der Weberinsel stimmig korrespondieren. Der Durchhang der Hauptspannweite von 1.20 m unter ständigen Lasten bei 15 °C wurde so gewählt, dass eine behindertengerechte Ausbildung der Längsneigung resultiert. Die vorgegebene Hochwasserkote bestimmte massgeblich die Höhenlage des Steges.

Entscheidend für die Machbarkeit dieses Tragsystems ist die Verankerung der grossen Zugkräfte an beiden Brückenenden. Die materialsparende Ausbildung des Brückenüberbaus bei Spannbandbrücken muss nämlich mit kräftigen Widerlagern und Verankerungen an beiden Brückenenden erkauft werden (Abb. 8). Dies kann nur dann wirtschaftlich erfolgen, wenn die Baugrundeigenschaften geeignet sind. Im Verankerungsbereich des Aaresteges zeigt sich im geologischen Gutachten ab einer Tiefe von etwa 10 m genügend tragfähige Molasse, womit die Machbarkeit des gewählten Konzeptes gegeben war. Spannbänder über mehrere Felder sind zudem wirtschaftlicher als einfeldrige Systeme, da die zu verankernden Kräfte an den Brückenenden unabhängig der Anzahl Felder gleich gross bleiben.

AM BAU BETEILIGTE

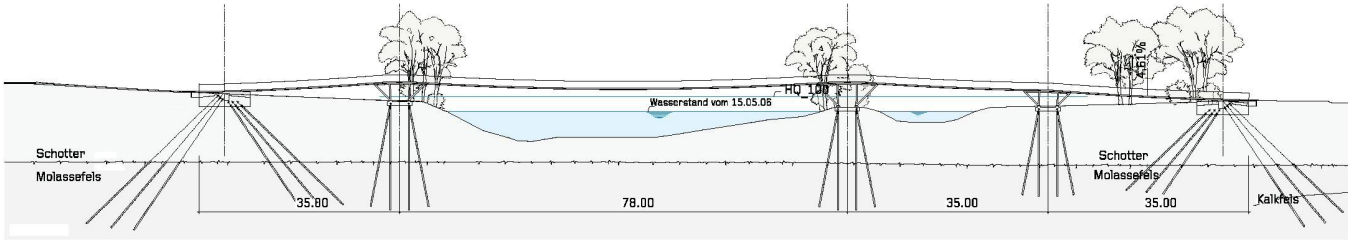
Bauherrschaft: Einwohnergemeinde Brugg
Eigentümer: Einwohnergemeinde Windisch
Projekt und Bauleitung: Conzett Bronzini Gartmann AG, dipl. Ing. ETH/FH/SIA, Chur
Prüfingenieur: Dr. Bruno Zimmerli, Kriens
Beleuchtungsplanung: Miloni + Partner, Lichtplanung + Architektur, Hausen
Spezialtiefbau und Baumeisterarbeiten: Implenia Bau AG, Zürich
Stahlbau: Mauchle Metallbau AG, Sursee
Geländer: Delfosse AG, Glas- + Metallbautechnik, Brugg
Belag: Tecton Spezialbau AG, Neuenhof
Beleuchtung: Jost Baden AG, Baden 5 Dättwil, Inventron AG, Alpnach Dorf
Hydrologische Abklärung: Flussbau AG, Zürich
Geologie/Altlasten: Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich
Vermessung: Porta Partner AG, Brugg
Dynamische Messungen: Ziegler Consultants AG, Zürich
Projektleitung ökologischer Ausgleich: creaNatira GmbH, Untersiggenthal
Landschaftsarchitekt: Schweingruber Zulauf, Zürich

DATEN ZUM AARESTEG MÜLIMATT

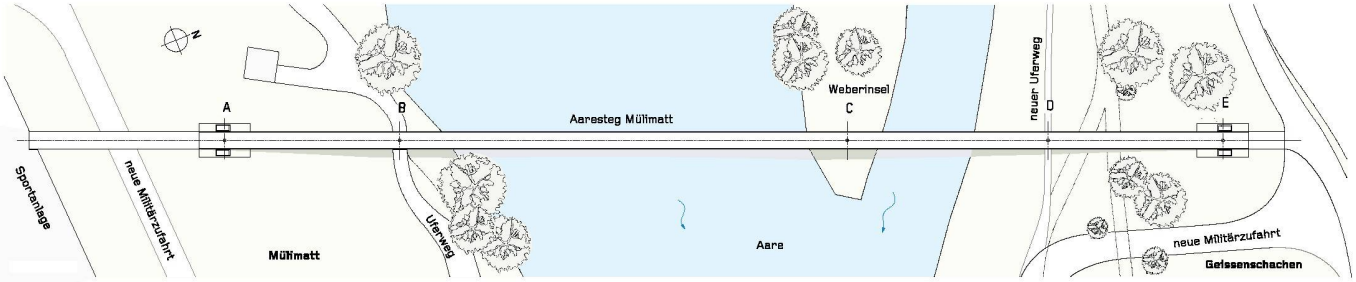
Spannweite: 35 – 35 – 78 – 35 m
Gehwegbreite: 2.70 m
Geländerhöhe: 1.20 m
Pfeilhöhe Hauptöffnung: 1.20 m
Tragfähigkeit Nutzlast: 4.0 kN/m^2
Gebrauchstauglichkeit Nutzlast: 1.6 kN/m^2



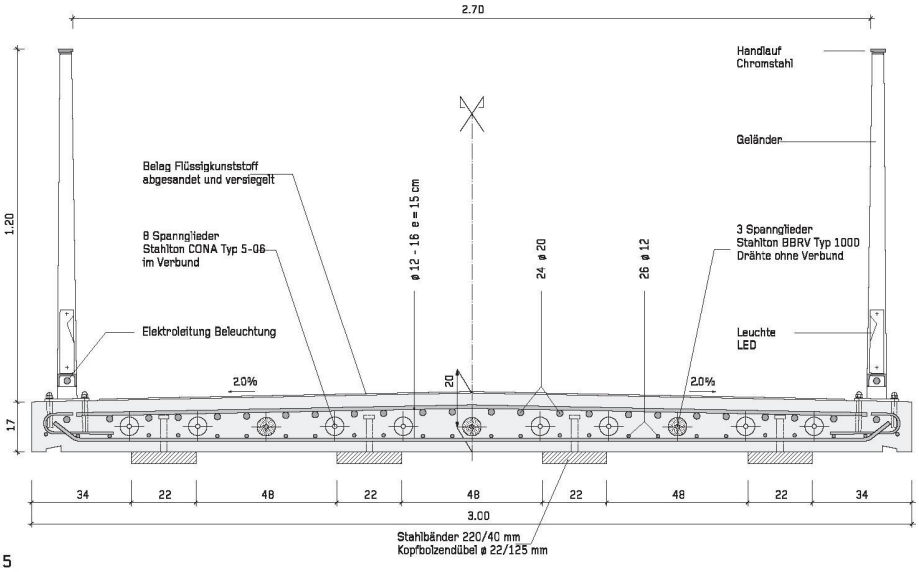
02



03

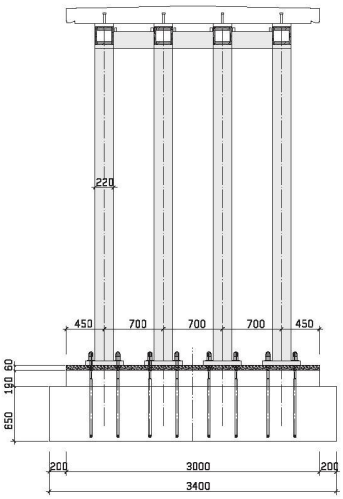


04

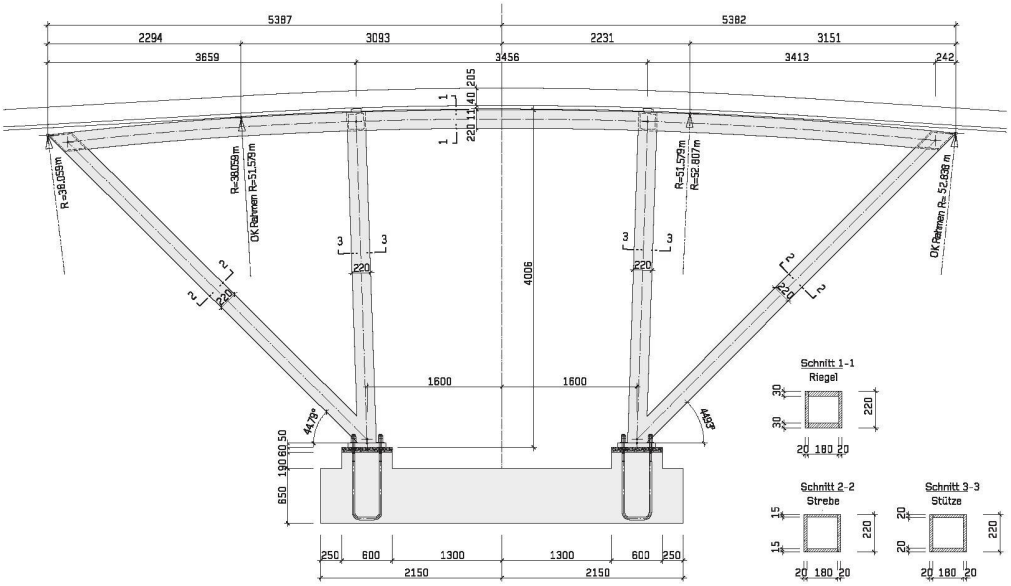


05

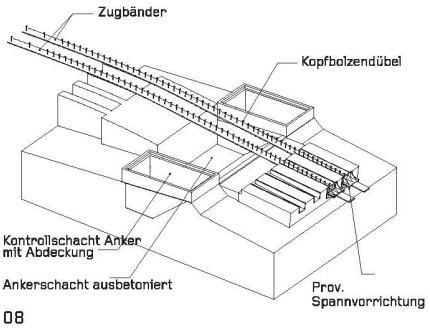
02 Die mehrfeldrige Spannbandbrücke in vorgespanntem Beton über die Aare verbindet Brugg und Windisch direkt neben dem neu gebauten Sportausbildungszentrum Mülimatt
(Foto: Gianfranco Bronzini)
03 Ansicht des Steges mit Andeutung des Fundationskonzeptes
04 Grundriss
05 Normalschnitt Fahrbahnplatte: Durch die Vorspannung lässt sich der Verbundquerschnitt teilweise überdrücken. Eine volle Vorspannung wird nicht erreicht, denn durch den Einfluss des Betonkriechens lagert sich die Anfangsdruckspannung im Beton langfristig grösstenteils auf den Stahlquerschnitt um. Die durch das Vorspannen verursachte Reduktion des Durchhanges ergibt zudem eine systembedingte Zunahme der Zugkraft im Spannband
(Pläne: Conzett Bronzini Gartmann AG)



06



07



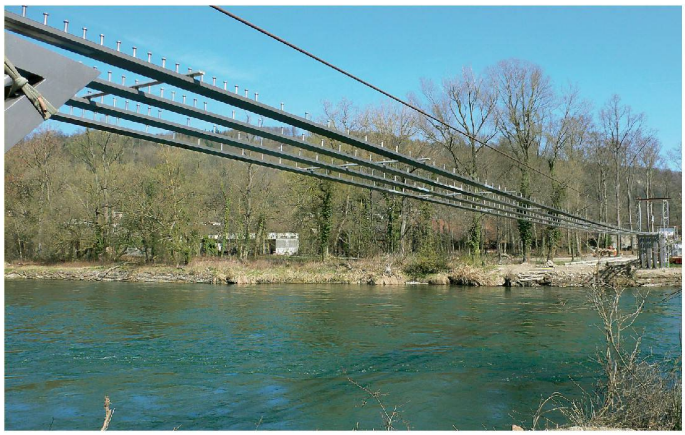
08

Ausgehend von Stützen, die als grosszügig gekrümmte Sattelrahmen aus Stahl ausgebildet sind (Abb. 6 und 7), wurde die Verbundlösung der Gehwegplatte entwickelt (Abb. 5). Die vier durchgehenden Stahlbänder korrespondieren mit den vierteilig ausgebildeten Rahmensystemen der Auflagersattel. Die Bänder sind über den Zwischenauflagern mit Gleitlagern längs beweglich gelagert, wodurch sich die Horizontalkräfte auf die Sattelrahmen stark reduzieren lassen. In Querrichtung ist das Band bei den Zwischenauflagern durch Führungsnocken gehalten. Die mit den vier Stahlbändern im Verbund ausgeführte Betonplatte, mit einer konstanten Stärke von 17 cm am Rand, ist teilweise vorgespannt. Der Flüssigkunststoffbelag auf der Fahrbahnplatte schützt die Tragkonstruktion vor eindringendem Wasser. Seine Oberfläche ist durch Einstreuen von Duropsand rutschfest ausgebildet, und die helle Farbe der Versiegelung reflektiert das Licht der im Geländer eingebauten, nach unten gerichteten LED-Leuchten (vgl. inneres Titelbild, S. 17). Die Wahl des Beleuchtungskonzeptes soll die Lichtverschmutzung in die umliegende Flusslandschaft und den Stromverbrauch minimieren und die Menschen in der Nacht trotzdem sicher und stimmungsvoll über die Brücke begleiten. Die Entwässerung der Gehwegplatte erfolgt durch ein Gefälle in Querrichtung direkt in die Aare (Abb. 5).

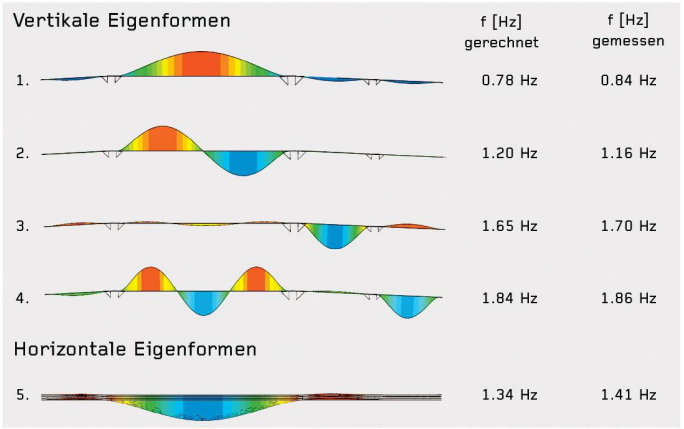
STATIKANALOGIE ZUM SEIL

Das Spannband wirkt statisch ähnlich wie eine Hängebrücke, wenn man sich die Gehwegplatte gleichzeitig als Tragkabel und als Versteifungsträger vorstellt. Da der Versteifungsträger sehr schlank ist, wurde die Berechnung in zwei Stufen durchgeführt. Zunächst betrachtet man die Brücke als Ganzes wie ein biegeweiches Seil. Die Ermittlung der Schnittkräfte wurde mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms durchgeführt, das die Längenänderungen der Elemente summiert, um die Einflüsse dritter Ordnung zu berücksichtigen. Der gegenseitige Einfluss der einzelnen Felder musste dabei iterativ ermittelt werden. Diese Kalkulation wurde beendet, sobald die Resultate genügend genau mit denjenigen aus der Bemessung mit dem Finite-Elemente-Programm übereinstimmten. Sämtliche weiteren Lastkombinationen wurden dann in einem nächsten Schritt elektronisch ermittelt.
Die Stahlbänder wurden zuerst für den Betonierzustand bemessen. Sie wirken im Endzustand gleichzeitig mit der schlaffen Bewehrung sowie den Vorspannkabeln in der Gehwegplatte im Verbundquerschnitt und dienen zur Aufnahme der zusätzlichen Zugkräfte, die durch Schwinden und Kriechen des Betons sowie infolge Temperaturschwankungen, Windeinwirkungen und Nutzlasten entstehen. Schwinden und Kriechen des Betons erzeugen eine Verkürzung des Spannbandes und damit eine Verkleinerung des Durchhangs. Dies verursacht eine entsprechende Vergrösserung der Zugkraft im Band. Das Mass dieser Bewegung

06 Querschnitt Sattelrahmen: Die vierteilige Ausbildung stimmt mit den vier durchgehenden Stahlbändern des Überbaus überein
07 Ansicht Sattelrahmen: Die aus zusammengeschweissten Blechen ausgebildeten Rahmen sind mit korrosionsbeständigen Gewindestangen im Fundament verankert
08 Isometrie Widerlager



09



10

ÖKOLOGISCHER AUSGLEICH

(cc) Das Sportausbildungszentrum und der Aaresteg liegen in einer Landschaftsschutzzone. Als Kompensation für die teilweise Überbauung wurde der verbleibende Teil der Schutzzone aufgewertet. Durch die Umgestaltung wurde die zuvor monotone, intensiv genutzte Landwirtschaftsfläche sowohl in ökologischer Hinsicht als auch für Erholungssuchende attraktiver. Zum einen wurde der Uferbereich der Aare auf einer Länge von ca. 180 m und einer Breite von bis zu 20 m um durchschnittlich 1.5 m abgesenkt. Durch das Entfernen dieser künstlichen Aufschüttungen kann sich wieder die für Auen typische Dynamik mit periodischen Überschwemmungen einstellen. Wurzelstöcke, ins Wasser ragende Totbäume und Findlinge strukturieren das Ufer und schützen gleichzeitig die höher gelegenen Bereiche vor Erosion.

Zum zweiten wurden neue Kleingewässer angelegt: Für die Versickerung des Meteorwassers der Sporthalle wurde eine 1400 m² grosse Retentionsmulde geschaffen, in die drei mit Lehm abgedichtete Amphibientümpel integriert sind. Ausserdem wurde eine Leitung, die Kühlwasser von der Fachhochschule Nordwestschweiz in die Aare leitet, auf einer Länge von 80 m ausgedolt und als naturnaher Bach gestaltet. Laut Projektleiter Ulysses Witzig vom Ökobüro Creanatira ist er auch eine Referenz an den Mühlkanal, der Aarewasser zur Mühle leitete, die bis vor 300 Jahren auf diesem Gelände in Betrieb war und ihm auch den Namen gab. Dank einiger Spielgeräte, beispielsweise zum Wasserschöpfen, wird der Bach auch zum attraktiven Spielplatz. Neu angelegt wurde zudem ein 800 m² grosser Spiel- und Rastplatz mit hauptsächlich aus sehr dauerhaftem Robinienholz gestalteten Spielgeräten.

Östlich des Baches wurde das Gebiet in Weideland umgewandelt und mit Stieleichen, Schwarzpappeln und anderen für Auen typischen Bäumen bepflanzt. Ausserdem wurde ein Netz von Kleinstrukturen wie Stein- und Asthaufen, Wurzelstöcken und Totholz angelegt, das wertvollen Lebensraum für verschiedene Tiere bietet.

Während der früheren industriellen Nutzung wurde das Gelände nicht nur mit Aushubmaterial, sondern auch mit Abfällen aufgeschüttet und ist daher im Kataster der belasteten Standorte eingetragen. Belastetes Aushubmaterial, das im Rahmen der ökologischen Aufwertung anfiel, musste daher entsprechend entsorgt werden.

lässt sich nicht präzise ermitteln, da die Langzeiteinflüsse aus Kriechen und Schwinden des Betons variieren können. Die Vorspannkraft zieht das Band ebenfalls nach oben, und die Temperatureinflüsse verursachen eine Durchhangsveränderung von +/– 20 cm bei +/– 20 °C Temperaturdifferenz. Die Wahl einer grosszügig dimensionierten Vorspannung ermöglicht eine Korrektur der nicht genau zu ermittelnden Langzeiteinflüsse des Betons sowie der Relaxation des Spannstahls. Die Vorspannung besteht aus acht Litzenspanngliedern im Verbund, die innerhalb von 56 Tagen gespannt wurden, und drei Drahtspanngliedern ohne Verbund, die nach dem Abklingen der Schwind- und Kriecheinflüsse nachgespannt werden können. Die in der Anfangsphase beobachtete grössere Verschiebung des Systems nach oben, verursacht durch das relativ starke Kriechen und Schwinden des Betons, wurde durch die Reduktion der dritten Spannstufe ausgeglichen.

Der «Versteifungsträger» – die Gehwegplatte als Verbundquerschnitt – wirkt nur lokal und glättet die Knicke der Biegelinie infolge Einzellasten auf einer gewissen Länge. Dies lässt sich mit einem Seil bzw. mit einem Draht veranschaulichen: Das Seil verformt sich bei einer Einzellast zu einer eckigen Biegelinie, der steifere Draht hingegen nimmt eine rundere Biegelinie an. Die Länge dieser Ausgleichsbereiche hängt von der Biegesteifigkeit des Trägers ab. Die Einspannmomente bei den Auflagern hängen ebenfalls stark von der Biegesteifigkeit des Versteifungsträgers ab, zusätzlich auch von der Auflagerausbildung. Um die Einspannmomente im Rand zu minimieren, wurden sämtliche Auflager als Abrollsattel ausgebildet.

SCHWINGUNGSVERHALTEN

Das Schwingungsverhalten des Systems und der Einfluss der Windeinwirkung waren seit Beginn der Projektierung wichtige Themen. Die Windeinwirkung und die entsprechende Gefährdung des Systems wurde mithilfe der SIA-Dokumentation D 0188 «Wind» geprüft. Da die errechneten Vergleichswerte keine problematischen Resultate ergaben (Abb. 10), verzichtete man in Absprache mit dem Prüfingenieur auf einen Windkanalversuch.

Die bereits erfolgten Messungen der Frequenzen des Systems vor Ort zeigen eine recht genaue Übereinstimmung mit den in der Simulation ermittelten Werten. Die gemessene Dämpfung des Systems – das Geländer war noch nicht montiert – ist aber tiefer als nach Literaturangaben erwartet und beträgt lediglich 0.2 bis 0.5 %. Inwieweit das Geländer und der Belag eine Verbesserung dieser Werte ergeben, wird im Rahmen von weiteren Messungen geprüft. Die gemessenen Beschleunigungen unter normalem Gebrauch betragen maximal 0.6 m/s². Die entsprechenden Schwingungen sind klar spürbar, werden aber nicht als störend empfunden.

BAUAUSFÜHRUNG

Die Bauausführung war anspruchsvoll und verlangte eine hohe Präzision in allen Bauphasen. Ein Geometer kontrollierte laufend Schalungen, Einlagen in den Betonfundamenten, Auflagerpunkte und Position der Bänder. Anker und Pfähle mussten teilweise tiefer als geplant fundiert werden, da die Lage der Molasse stark variierte, insbesondere auf der Seite

GESCHICHTE DER SPANNBANDBRÜCKEN

Weit gespannte, zugbeanspruchte Konstruktionen werden seit Jahrhunderten gebaut und als Fussgängerverbindungen benutzt. Die Inka-Hängebrücke aus Ichugras-Seilen über den Apurimac in Peru ist vermutlich die berühmteste Urbrücke in dieser Form (Abb. 11). Sie muss allerdings alle paar Jahre erneuert werden.

Die erste Anwendung eines vorgespannten Spannbandes aus Beton erfolgte für industrielle Zwecke, und zwar als Förderband für das Zementwerk Holderbank-Wildeck in Deutschland. Geplant wurde diese erste Ausführung von Züblin & Cie. AG aus Zürich. Mit diesem Tragsystem konnten 216 m mit einer Betonplatte von nur 25 cm Stärke überbrückt werden. Die erste vorgespannte Spannbandbrücke für die öffentliche Benutzung wurde in der Schweiz im Jahr 1965 in Pfäffikon über die Autobahn A3 gebaut (Abb. 12). Die Fussgängerüberführung Bircherweid wurde von R. Walther des heutigen Büros Walther Mory Maier projektiert. Sie überspannt mit einer Plattenstärke von rund 15 cm eine Öffnung von etwas 40 m (vgl. «Schweizerische Bauzeitung», 87. Jahrgang, Heft 8, 20. Februar 1969). Das Konzept war bereits früher von Ulrich Finsterwalder entwickelt und von ihm mehrmals im Rahmen von Projektwettbewerben vorgeschlagen worden. Sein Vorschlag für die «Bosporus Bridge» im Jahre 1958 zeigt in eindrücklicher Weise, was er diesem Tragsystem zutraute (Abb. 13). Seit 1965 wurden weltweit Spannbandsysteme entwickelt und ausgeführt. In Freiburg (D) wurde im Jahre 1970 eine Fussgängerbrücke über drei Felder mit Öffnungen von 23.5-30.0-34.5 m in vorgespanntem Beton durch Dyckerhoff & Widmann AG realisiert. In Genf besteht seit 1971 die Fussgängerbrücke «Le Lignon» über die Rhône mit einer Spannweite von 136 m; sie wurde von H. Weisz aus Genf und dem Büro O. Wenaweser + Dr. R. Wolfensberger aus Zürich gebaut. Jiri Strasky (in Zusammenarbeit, je nach Projekt, mit Charles Redfield, Studio Bednarski, Husty and Partners) realisierte in Tschechien und in den USA mehrere Fussgängerbrücken mit diesem Tragsystem. Das Ingenieurbüro Schlaich, Bergermann und Partner aus Stuttgart baute mehrere Spannbandbrücken in Deutschland, und Mayr & Ludescher realisierten in Stuttgart 1996 eine Fussgängerbrücke in einer ähnlichen Bauweise wie der Aaresteg Mülimatt. Ausserdem bauten die Ingenieure von Conzett Bronzini Gartmann AG aus Chur 1999 die Pùnt da Suransuns als 40 m weit gespannte Spannbandbrücke mit einem Gehweg in vorgespanntem Andeerer Gneis (Abb. 14).

11 Inkabrücke (Foto: Wikimedia Commons)
12 Bircherweid
(Foto: Walther Mory Maier Bauingenieure AG)
13 Bosporus Bridge, Modell
(Bild: Schweizerische Bauzeitung 8/1969)
14 Pùnt da Suransuns (Foto: Jürg Conzett)



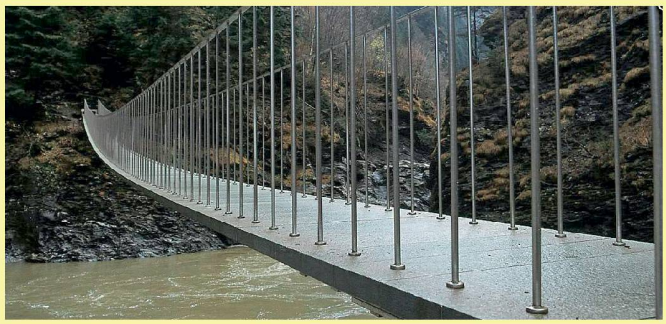
11



12



13



14

Geissenschachen. Sämtliche Fundationen wurden im Spätherbst ausgeführt, um das Hochwasserrisiko zu minimieren. Die Stahlbaumontage erfolgte anschliessend in den kalten Monaten Februar und März 2010. Die Auflagersattel wurden jeweils in einem Stück geliefert und mithilfe eines fahrbaren Krans montiert. Die je 26 m langen Stahlbänder schweisste man vor Ort in einem Montagezelt zusammen und zog sie über ein Tragseil mit angehängten Rollen einzeln über die Aare (Abb. 9). Danach wurden die Bänder abgesenkt, mittels hydraulischen Pressen in der gewünschten Lage gespannt und an den Widerlagern festgemacht (Abb. 8). An den Stahlbändern wurde mit Flacheisen und Gewindestangen das Lehrgerüst aus quer angeordneten DOKA-Trägern aufgehängt. Diese Arbeiten erfolgten über einen auf den Bändern fahrbaren Gerüstwagen. Bewehrung und Vorspannung konnten anschliessend verlegt werden. Betoniert wurde am 27. Mai 2010 ausgehend von den Tiefpunkten aller vier Felder gleichzeitig. Mit drei Betonpumpen und zwei mobilen Kranen konnten die 108 m^3 Beton der Gehwegplatte planmässig innerhalb von zwei Stunden eingebracht werden. Anschliessend wurde die Gehwegplatte in drei Etappen vorgespannt und ausgeschalt, die Stahlbauteile mit einer zusätzlichen Deckbeschichtung versehen, Geländer und Beleuchtung montiert sowie der Belag eingebaut. Mit jeder Etappe der Bauausführung bettete sich die Spannbandbrücke ein wenig mehr in die Umgebung ein.

09 Einbau der Stahlbänder über die Aare mithilfe eines festen Tragseils
(Foto: Gianfranco Bronzini)
10 Auswahl massgebender Eigenformen vertikal und horizontal
(Grafik: Conzett Bronzini Gartmann AG)

Gianfranco Bronzini, dipl. Bauingenieur FH/SIA, Conzett Bronzini Gartmann AG, g.bronzini@cbg-ing.ch