

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 11

Artikel: Hundwilertobelbrücke: ein bemerkenswerter Neubau
Autor: Köppel, Albert J. / Walser, Rolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85908>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ASIC-Artikelreihe: Neuzeitliche Bauwerke

Hundwilertobelbrücke

Ein bemerkenswerter Neubau

Eine der wichtigsten Verbindungen im Kanton AR, die Staatsstrasse Nr. 9, überquert zwischen Waldstatt und Hundwil die Urnäsch. Zur Erhaltung der bisherigen Brücke aus dem Jahre 1924/25, der damals weitestgespannten Betonbogenbrücke (Spannweite 105 m), wären umfangreiche Sanierungs- und Verstärkungsarbeiten notwendig geworden. Aufgrund ausführlicher Studien einer Sanierungslösung sowie einer Neubaubariante fiel der Entscheid zugunsten eines Neubaus.

Konzeption

Eine imposante, ästhetisch gut wirkende Brücke aus der Pionierzeit des Eisenbetonbaus, die einer breiten Öffentlich-

VON ALBERT J. KÖPPEL UND
ROLF WALSER,
BUCHS

keit gut gefällt, zu ersetzen stellt bezüglich Gestaltung an den projektierenden Ingenieur hohe Anforderungen. Das rund 80 m tiefe, durch die Urnäsch gebildete Hundwilertobel mit seinen stei-

len Talflanken sowie die Linienführung mit der beinahe rechtwinkligen Talüberquerung boten sich geradezu für den Bau einer Bogenbrücke an.

Leider sind Bogenbrücken heute infolge des aufwendigen Bauverfahrens nicht sehr kostengünstig. Erst durch den hier neu entwickelten Bauvorgang war, nach eingehenden Variantenstudien, der Weg geebnet für die Realisierung einer Bogenbrücke. So wird sich denn dereinst nach Vollendung des Bauvorhabens dem Betrachter ein imposantes, aber in der Konstruktion leicht gehaltenes Bauwerk präsentieren, das elegant in 77 m Höhe die Urnäsch überbrückt.

Übersicht

Die Gesamtlänge der Hundwilertobelbrücke beträgt 268,80 m mit einer 143 m grossen, vom Bogen überspannten Hauptöffnung. Bei einem Abstich von rund 38 m ergibt sich ein Pfeilverhältnis von 1:3,8. Im Vorlandbereich ist die Brücke im Grundriss leicht gekrümmt. Der Bogenbereich ist gerade ausgebildet. Nebst wirtschaftlichen Überlegungen wurden auch aus ästhetischen Gründen die Überbauspannweiten nicht allzu gross gewählt. Sie variieren und sind harmonisch auf die Stützhöhen abgestimmt. Im Bereich der Kämpferstützen liegt die Spannweite bei 13,5 m. Im Bogenscheitel, wo die Fahrbahn leicht aufgeständert ist, sind es noch 9,80 m. Der Fahrbahnträger ist ein «schwimmend» gelagerter, zweistufiger Plattenbalken, d.h. er ist bei beiden Widerlagern in Längsrichtung frei verschiebbar. Der Fixpunkt des Gesamtsystems liegt im Bogenscheitel. Im Zusammenhang mit dem Bauvorgang wurde für den Bogen eine Doppelrippenlösung gewählt. Um die erforderliche Querstabilität zu erreichen, sind



Bild 1. Fotomontage der Hundwilertobelbrücke

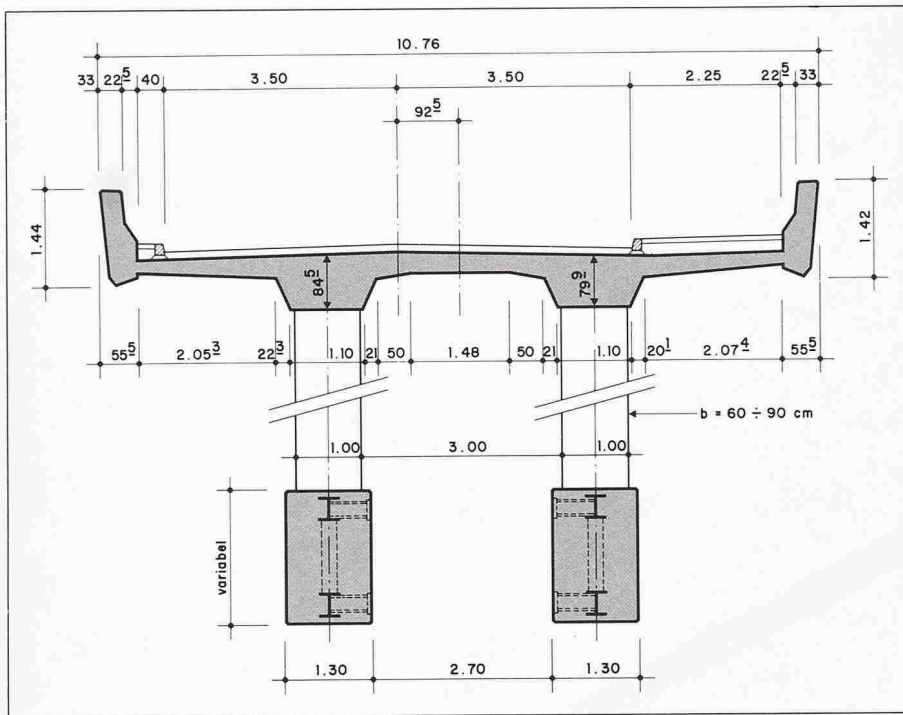


Bild 4. Querschnitt

zwischen den beiden Rippen gesamtacht Querträger angeordnet. So entsteht zur Aufnahme der Horizontalkräfte eine Rahmenkonstruktion, ein sogenannter Vierendeelträger. Bei einer konstanten Breite von 1,30 m variiert die Höhe der Bogenrippen von 1,50 m beim Scheitel bis 2,80 m beim Kämpfer. Die Fahrbahnplatte stützt sich über rechteckige Doppelstützen auf den Bogen sowie im Vorlandbereich auf die Fundationen ab. Die Stützen sind monolithisch mit dem Überbau verbunden oder am Stützenkopf mit längsverschiebbaren Lagern versehen. Obschon die einzelnen Bauteile schlank wirken, wurde Wert auf eine dauerhafte Konstruktion gelegt.

Es wurden durchwegs massive Rechteckquerschnitte gewählt (min. Abmessung 60 cm), womit gewährleistet ist, dass der Unternehmer diese mit einer guten Betonqualität erstellen kann. Zudem kann die nötige Eisenüberdeckung ohne Probleme eingehalten werden. Dies zeigt, dass auch schlanke, elegante Bauwerke, die ästhetisch voll befriedigen, nicht unbedingt beschränkt gebrauchstauglich sein müssen. Sicherlich trägt dazu auch bei, dass der Baustoff Beton artgerecht eingesetzt wird. Im Bogen und in den Stützen treten naturgemäss keine oder nur geringe Zugspannungen auf. Durch die kurzen Überbauspannweiten konnte mit wenig Vorspannung auch im Fahrbahnträger

in Längsrichtung «Rissefreiheit» erreicht werden. Tragsystem, Stützweiten und Bauvorgang sind somit optimal aufeinander abgestimmt und ergeben damit ein wirtschaftliches, dauerhaftes und trotzdem elegantes, ansprechendes Bauwerk.

Querschnitt

Das Strassennormalprofil teilt den Querschnitt in zwei Fahrbahnen von je 3,50 m Breite und einen Gehweg von 2,25 m. Aus Sicherheitsgründen sind Brüstungen vom Typ New Jersey vorgesehen. Die Oberfläche der Fahrbahnplatte wird mit einer Abdichtung versehen, während die Randabschlüsse mit frosttausalzbeständigem Beton ausgeführt werden. Für die übrigen Bauteile gelangt frostbeständiger Beton B45/35 zur Anwendung. Alle diese Massnahmen gewähren nach heutiger Erkenntnis eine lange Lebenserwartung.

Geologie/Fundationen

In den Talflanken des Hundwilertobels tritt unter geringer humoser Überdeckung die untere Süsswassermolasse zu Tage. Die Schichtung verläuft rund unter 45° geneigt, so dass auf der Seite Hundwil diese beinahe hangparallel verläuft, während sie auf der Seite Waldstatt senkrecht zum Hang steht. Damit verbunden ist eine leichte Hakenwurfbildung auf der Westseite. Lithologisch besteht die Süsswassermolasse vorwiegend aus Mergeln und Sandsteinen. Nebst der Hakenwurfbildung kann auch eine starke Klüftung beobachtet werden, die zu einer Verwitterung



Bild 5. Blick in einen Kleinschacht während des Aushubes

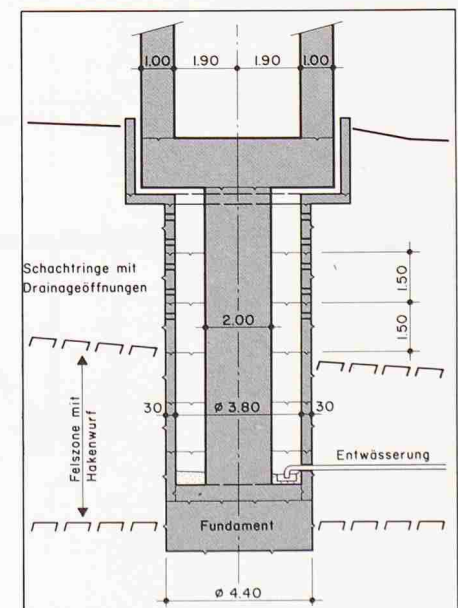


Bild 6. Schemaschnitt durch den Entwässerungsschacht bei Pfeiler 4

rung der anstehenden Molasseschichten führt. In den an die Talflanken anschließenden Flachbereichen ist eine Lockergesteinsüberdeckung von mehreren Metern, bestehend aus Moränenmaterial sowie untergeordnet aus Fluss- und Seeablagerungen, festzustellen. Zum Teil treten diese Seeablagerungen aber auch vermehrt und in grösserer Mächtigkeit auf. So mussten denn vor allem in den stark wasserführenden Bereichen etwelche Rutschungen registriert werden. Solche Verhältnisse sind fundationstechnisch problematisch. Dies führte denn auch zu Mehrkosten gegenüber dem Bauprojekt, da die stark zerklüfteten Schichten aufwendigere Hangsicherungen und eine Tieferlegung der Fundationsknoten erforderten.

Um eine sichere und dauerhafte Fundation zu gewährleisten, wurde die Brücke durchwegs im nicht zerklüfteten unverwitterten Molassefels fundiert. Hierzu gelangten verschiedene Fundationsarten zur Anwendung. Die beiden Widerlager sowie die Stützen 2 und 3 wurden mittels Grossbohrpfählen mit einem Durchmesser von 120 cm fundiert. In den für die Bohrmaschine unzugänglichen steilen Talflanken kamen Kleinschächte mit einem Durchmesser von 3,0 m zur Anwendung. Zur Entwässerung der wasserführenden See- und Bachablagerungen wurde beim Pfeiler 4 auf Seite Waldstatt ein Hohlloch erstellt. Die Fundation der Kämpfer und von Pfeiler 22 erfolgte mittels rückverankerten offenen Baugruben. Die Rutschungen in den See- und Bachablagerungen werden laufend mittels Klimometermessungen beobachtet. So sieht das Fundationskonzept im weiteren vor, falls auf der Seite Waldstatt die Bewegungen in den Überlagerungen im Brückenbereich nicht abklingen sollten, die Fundationsriegel 1, 2 und 3 rückzuverankern, um auftretenden Hangdrücken entgegenzuwirken. Die bisherigen Resultate zeigen jedoch, dass die konstante Entwässerung über Schacht 4 bereits stabilisierend wirkt.

Bauvorgang

In der Submission wurden für den Bau des Bogens zwei verschiedene Varianten ausgeschrieben; einerseits die konventionelle Lösung im Freivorbau und andererseits der nachstehend ausführlich beschriebene, jetzt zur Ausführung gelangende Bauvorgang mittels Stahlskelett. Im weiteren war es den Unternehmern freigestellt, allfällige Unternehmensvarianten einzureichen. Die eingegangenen Offerten zeigten, dass diese neu entwickelte Methode für den Bau von Bogenbrücken wesentlich ko-

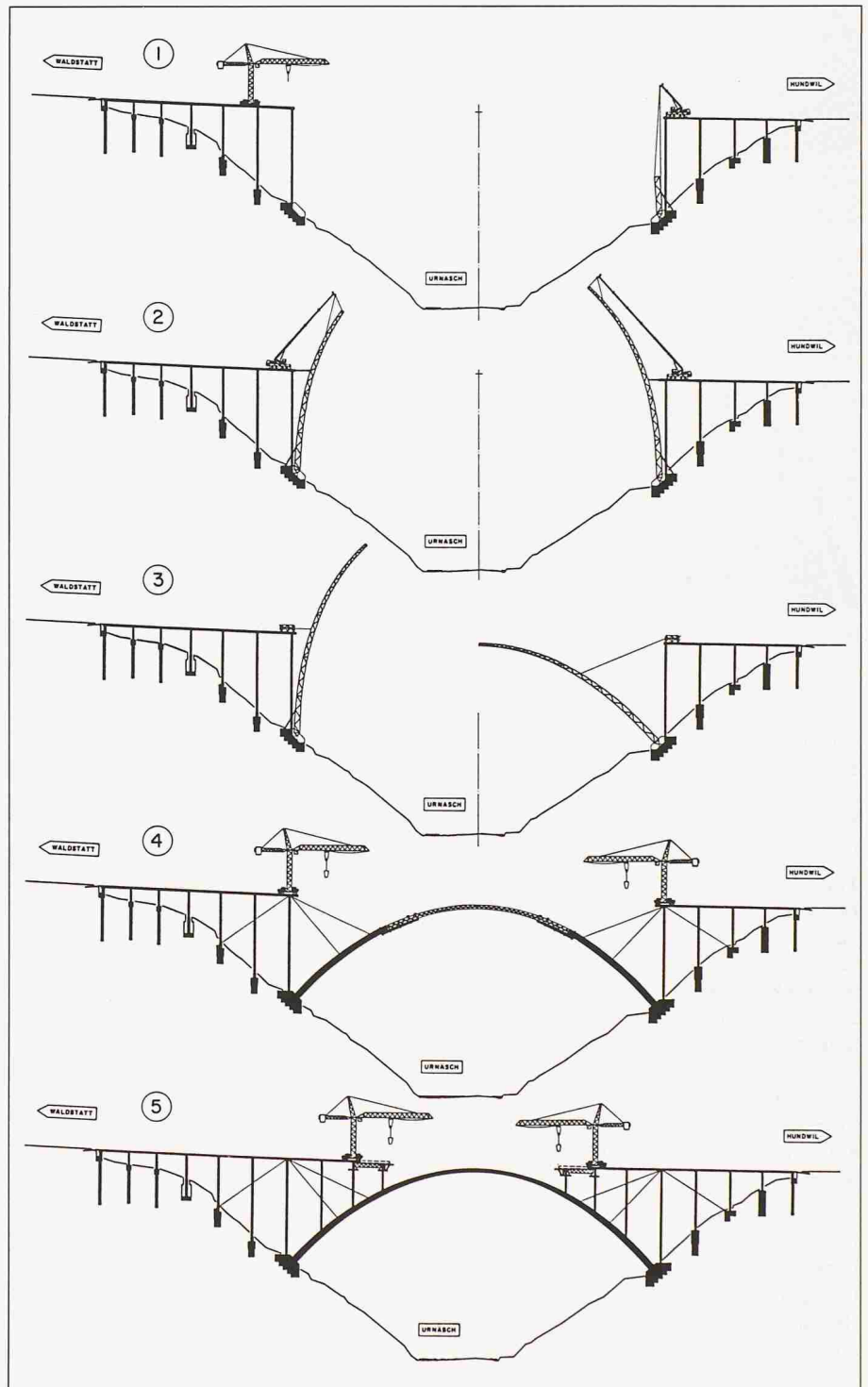


Bild 7. Schematische Darstellung des Bauvorganges mittels vertikalem Montieren und Einklappen eines Bogenskelettes

stengünstiger ist als die üblichen Verfahren.

Dies vor allem aus zwei Gründen: Das Bogenskelett hat zwei Funktionen, zuerst ist es ein Lehrgerüst, das den Schalungswagen trägt; danach wird es im Endzustand vollumfänglich zur mittragenden Bewehrung. Sodann entfallen aufwendige Rückverankerungen wie bei einer Freivorbaulösung bzw. die Abbruchkosten wie bei einem normalen Lehrgerüst.

Im Detail sieht der Bauvorgang wie folgt aus:

Phase 1: Erstellen der Vorlandbrücken vorkopf mit einem konventionellen Lehrgerüst bis und mit Kämpferstütze. Zurückfahren der Baukrane.

Phase 2: Vertikale Montage eines Stahlskelett-Lehrgerüsts bestehend aus vorgefertigten Elementen mit Hilfe eines Pneuokrans ab Brückenfahrbahnplatte. Passverschrauben und anschließendes Verschweissen der Stösse. Die Stahlkonstruktion ist während dieser Zeit temporär gesichert. Sie steht beidseitig je auf den Kämpferfundamenten aufrecht in «Bananenform».

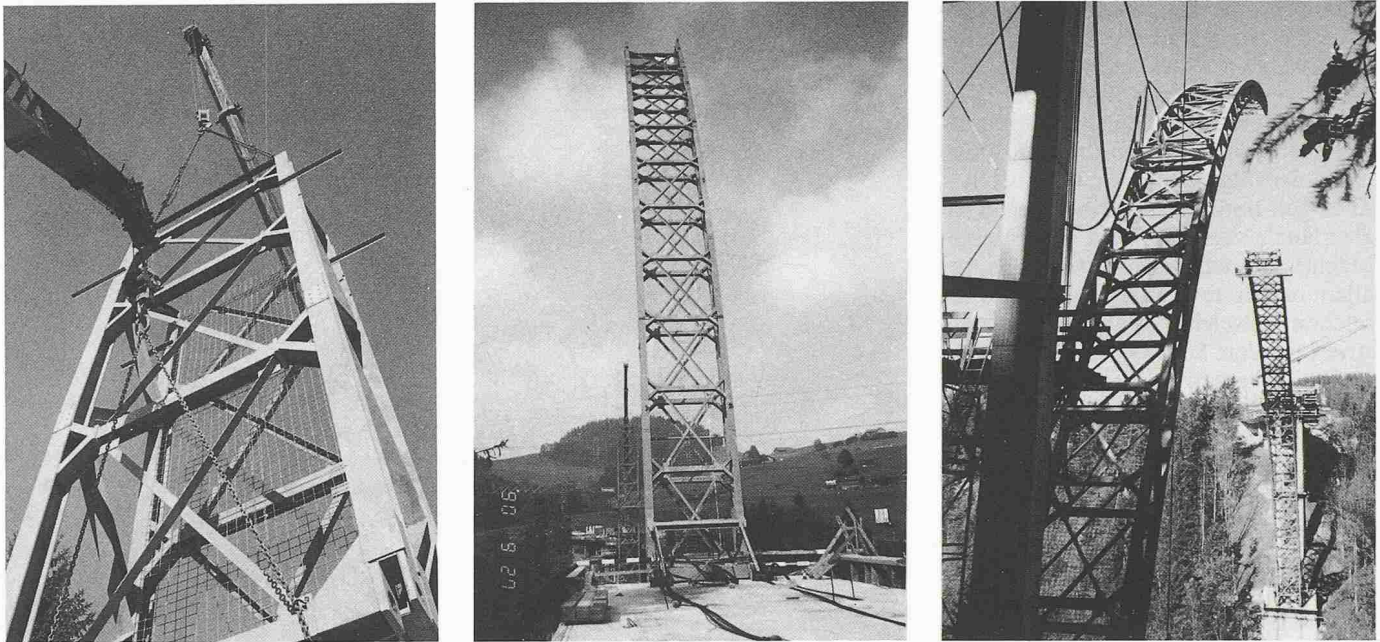


Bild 8. Aufrichten und Einklappen der Stahlkonstruktion

Phase 3: Einklappen der Stahlkonstruktion mittels hydraulischer Pressen und eines Rückhaltekabels. Verschweissen der Gelenke bei den Kämpfern und im Scheitel. Einbau der Hilfsrückhaltekabel.

Phase 4: Etappenweises Betonieren des Bogens mit einer auf dem Stahlgerüst verschiebbaren Schalkkonstruktion. Dabei wandelt sich durch das Einbetonieren das Stahlskelett vom Lehrgerüst zur Bewehrung. Um die Bogenform einzuhalten, werden nach jeweils zwei Betonieretappen die Rückhaltekabel entsprechend nachgespannt. Die obersten Etappen werden, da die Baukrane nur eine nutzbare Reichweite von je 40 m haben, mit dem Helikopter betoniert.

Phase 5: Erstellen der Pfeiler und des Überbaues wiederum etappenweise vorkopf mit einem konventionellen Lehrgerüst. Fertigstellungsarbeiten (Brüstungen, Isolation, Belag, Geländer etc.).

Statische Berechnungen

Grundlagen

SIA Norm 160 (1989): «Einwirkungen auf Tragwerke»

SIA Norm 161 (1979): «Stahlbauten»

SIA Norm 162 (1989): «Betonbauten»

Schnittkräfte

Die Schnittkraftberechnung erfolgte mit dem Programm «Statik 2000» an räumlichen Stabtragwerken. Obschon die Tragfähigkeit überall an vereinfachten Modellen ohne Computerbeihilfe nachgewiesen wurde, ist es zur genauen Erfassung der Deformationen (vor al-

lem während des Bauvorganges) nötig, mit komplexen und möglichst wirklichkeitsnahen Modellen zu rechnen. Obgleich die Bogenform der Stützlinie entspricht (d.h. unter ständiger Last im Endzustand momentenfrei ist), ergeben sich für die Bauzustände wesentliche Deformationen durch Momentenbeanspruchung.

Da ein Bogen bekanntlich ein Druckglied ist, kann der Einfluss zweiter Ordnung nicht vernachlässigt werden. Vor allem für die Bauzustände während des Betonierens des Bogens sind aufwendige

Berechnungsabläufe notwendig, müssen doch nebst den Deformationen auch die Einflüsse der nach jeder zweiten Betonieretappe vorgesehenen Korrektur der Bogenform mit den Rückhaltekabeln möglichst genau erfasst werden. Mit einer statischen Höhe von 0,90 m, bei einer Spannweite von 143 m, was einer Schlankheit l/h von $1/160$ entspricht, reagiert das «Stahlskelett» äusserst weich auf Biegebeanspruchungen. Nebst einer dauernd ändernden Bogenform infolge der einzelnen Betonieretappen und der Eingriffe auf

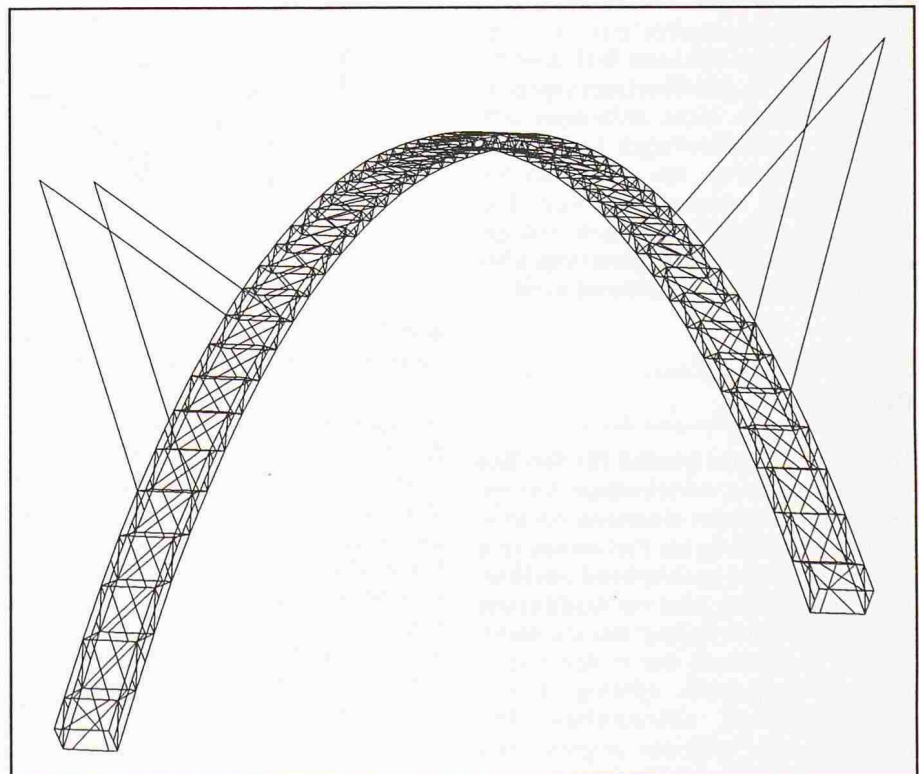


Bild 9. Strukturplot Statisches System Bogen Bauzustand

das statische System durch das Nachspannen der Rückhaltekelbleibe verändert sich auch kontinuierlich die Systemsteifigkeit, indem ja etappenweise eine Umwandlung vom reinen Stahlfachwerk zum Verbundträger stattfindet.

Ungewollte Vorverformungen und Begleiteinwirkungen wie Temperatur und Wind helfen dabei keineswegs mit, das ganze zu vereinfachen. So haben denn auch die Berechnungen der Bauzustände rund 60% des gesamten Rechenaufwandes in Anspruch genommen. Zur Illustration mögen folgende Zahlen dienen. Für die Berechnung sämtlicher Betonieretappen am 1200 Stäbe umfassenden statischen System, unter Berücksichtigung aller oben erwähnten Einflüsse, benötigte ein normaler PC mit einem 286er Prozessor und einem mathematischen Koprozessor nach Aufarbeitung der Bauabläufe in einem Batchfile 100 Stunden reine Rechenzeit.

Für die Berechnung des Endzustandes dient als statisches Modell ebenfalls ein räumliches Stabtragwerk, wobei die Fahrbahnplatte als Trägerrost ausgebildet ist. Erfahrungsgemäss ergeben sich in Längsrichtung aus der einseitigen Nutzlastanordnung die maximalen Beanspruchungen. Auch hier ist natürlich der Einfluss zweiter Ordnung zu untersuchen. Er beträgt bei der oben erwähnten Laststellung unter der verminderten Bruchsteifigkeit rund 100%. Dies soll zeigen, dass Berechnungsverfahren, die auf Erfahrungen bei gedrunge- nen Bögen basieren, nicht unbedingt und ohne Vorbehalt im Grossbrückenbau angewandt werden sollten. So sind plastische Schnittkraftumlagerungen ohne die Berücksichtigung des Einflusses zweiter Ordnung unbedingt zu meiden.

Durch die geringe Steifigkeit des Überbaues (Bauhöhe rund 80 cm) werden die Rahmenmomente sozusagen ausschliesslich vom Bogen übernommen. Da neben der natürlichen Normalkraft auch aufgrund des Bauvorganges die erforderliche Bewehrung bereits zur Verfügung steht, stellt diese Aufteilung der Rahmenmomente im vorliegenden Fall die wirtschaftlichste Lösung dar. Unter Windbeanspruchung muss in Querrichtung eine optimale Lösung für die Verteilung der Quermomente gefunden werden. Durch Variation der Abmessungen und der Anzahl der Rahmenriegel des Bogenvierendeelträgers konnte dies auch hier erreicht werden. Bei optimaler Ausnutzung der vorhandenen Normalkraft in den Bogenrippen (Rahmenstielen) übernehmen sowohl Überbau wie Bogen rund 50% der auftretenden Querbeanspruchung. Auch hier sind die Einflüsse zweiter Ordnung zu berücksichtigen.

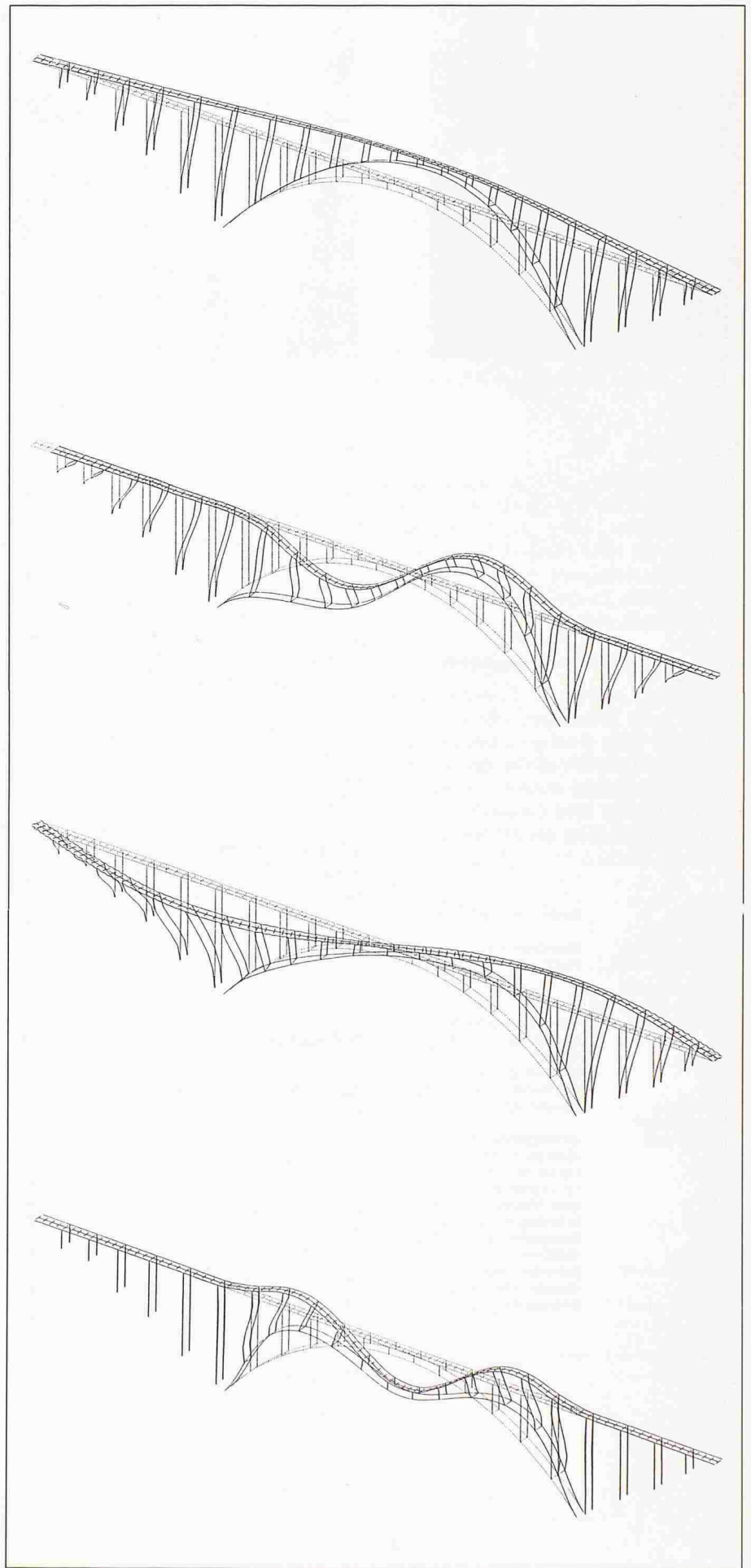


Bild 10. Schwingungsformen 1-4 der Hundwilertobelbrücke

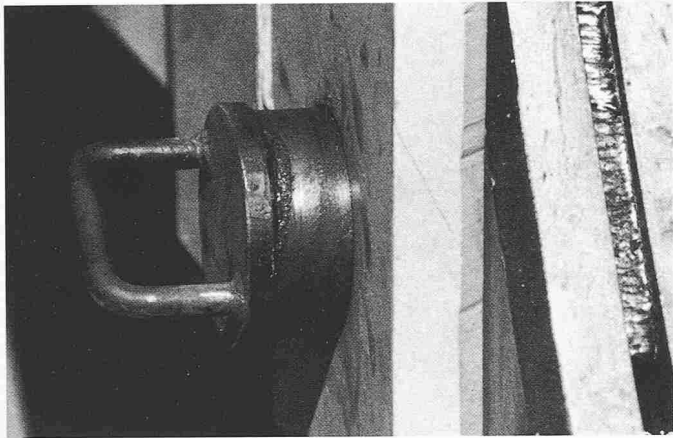


Bild 11. Detail Einklappgelenk beim Kämpfer

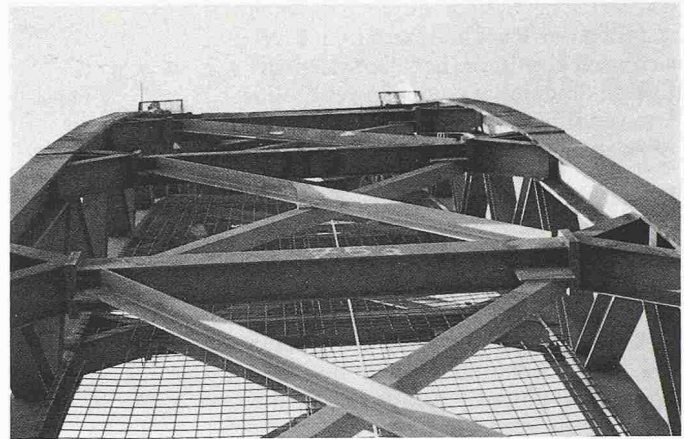


Bild 12. Ausschnitt Stahlkonstruktion

Bemessung

Die Bemessung erfolgt nach den Grundsätzen der SIA Norm 162 (1989) «Betonbauten», wobei die Gebrauchsfähigkeit für hohe Anforderungen mit einem Nutzlastanteil (häufig wiederholte variable Lasten) von $0,7 Q_{ser}$, kurz nachgewiesen wird.

Dynamische Untersuchungen

Nebst den statischen Einwirkungen werden auch die dynamischen Effekte überprüft. Dies einerseits, um den dynamischen Beiwert infolge des Windes zu bestimmen und andererseits auch – weil die Brücke dem Gemischtverkehr dient – den Einfluss der Schwingungen

auf den Menschen zu erfassen. Bei den Windeinwirkungen kann dabei nach dem Verfahren von Dr. J. Schlaich ein dynamischer Beiwert unter Variation der Steifigkeit und des Dämpfungsdekrementes von 1,2 bis 2,0 eruiert werden. Die Eigenfrequenzen der untersuchten ersten Eigenform (quer zur Brücke) streuen dabei in einem Bereich von rund 0,3 bis 0,7 Hz. Die physiologische Empfindlichkeit des Menschen in bezug auf Schwingungen ist abhängig von der Schwingungsfrequenz und der Schwingungsamplitude. Deshalb interessieren hier auch höhere Eigenformen. Bei Eigenfrequenzen von 0,3 Hz bis rund 2,0 Hz treten dabei Beschleunigungen von 0,1 bis 0,2 m/s^2 auf. Diese sind grundsätzlich für den Menschen gut fühlbar, liegen aber noch durchaus in einem für ein Brückenbauwerk akzeptierbaren Bereich.

Schlussbemerkungen

Beim Bau der Hundwilertobelbrücke wird ein neues Bauverfahren für den Bau von Bogenbrücken angewendet. Dieses Verfahren zeichnet sich vor allem durch seine Wirtschaftlichkeit aus. Durch die zweifache Nutzung des Bogenlehrgerüsts können die Kosten so reduziert werden, dass Bogenbrücken, verglichen mit anderen Brückensystemen, wieder konkurrenzfähiger werden.

Die Bauweise ist vergleichbar mit dem Melan-System (1890–1930), unterscheidet sich jedoch durch die Herstellung

des Stahlgerüsts im Klappverfahren und durch die Regulierung der Bogenform während des Betonierens mittels Rückspannungen. Dank der Bereitschaft der verantwortlichen Behörden, diesen neuartigen Bauvorgang anzuwenden, sowie der guten Zusammenarbeit sämtlicher Beteiligten hat sich diese Idee auch in der Ausführung bis anhin bewährt. Nebst der sauberen und genauen Arbeitsweise der Baumeister sei hier auch die innovative Mitarbeit des Stahlbauers erwähnt, in dessen Händen die Planung und Organisation des Einklappvorganges stand. Dabei erstaunte vor allem die erreichte Präzision bei der Herstellung und dem Einklappen des Stahlgerüsts (Abweichung gegenüber der Soll-Lage kleiner als 2 cm). In den letzten drei Jahrzehnten wurden vorwiegend neue Bau- und Lehrgerüstverfahren für Balkenbrücken entwickelt. Die Verfasser hoffen, mit ihrem hier dargestellten Bauverfahren einen Beitrag zu leisten, dass Bogenbrücken in Zukunft wieder häufiger gebaut werden.

Adresse des Verfassers: A. J. Köppel, dipl. Ing. ETH/SIA; Teilhaber, und R. Walser, Bauing. HTL; c/o Bänziger + Köppel + Partner Ingenieure + Planer SIA ASIC, Bahnhofstrasse 50, 9470 Buchs.

Bauherr	Kanton Appenzell A.Rh.
Projekt- und Oberbauleitung:	Kantonales Tiefbauamt
Kontrollingenieur:	Prof. Dr. C. Menn, Zürich
Bauausführung	
Projektverfasser und örtliche Bauleitung:	Ingenieurgemeinschaft D. J. Bänziger + A. J. Köppel, Teufen
	Mitarbeit: W. Kast/R. Walser H. U. Schällibaum, Herisau Rügger AG, St. Gallen
Geologie:	
Unternehmer:	
– Betonbau:	Arbeitsgemeinschaft Hundwilertobelbrücke Lei AG, Herisau Lei + Forrer AG, Hundwil Gebr. Biasotto AG, Urnäsch W. Preisig AG, Waldstatt Preiswerk & Cie. AG, St. Gallen
– Stahlbau:	Schneider Stahl und Kesselbau AG, Jona
– Strassenbau:	P. Preisig AG, Teufen

Beteiligte