



MAYREDER

36. JAHRGANG
MÄRZ 1991



Talübergang Große Mühl

Große Mühl Valley crossing

Entwurf und Konstruktion

Design and planning

Dipl.-Ing. Erhard Kargel, Leiter des Techn. Büros von MAYREDER-Linz
Head of the Technical Office of MAYREDER, Linz

Zusammenfassung

Bei Neufelden, 36 km von Linz, überquert der Talübergang Große Mühl das Mühlthal in 100 m Höhe.

Aus Landschaftsschutzgründen kam eine Bogenbrücke statt einer billigeren Balkenbrücke zur Ausführung. Mit einem Entwurf von MAYREDER-Linz für einen Bogen mit 170 m Spannweite hatte die ARGE MAYREDER-Porr den Zuschlag erhalten.

Bei der Entwurfsplanung spielten nicht nur wirtschaftliche Überlegungen, sondern das Bemühen um die Gestaltung des Bauwerkes eine wesentliche Rolle. Neben einigen Besonderheiten des statischen Konzepts werden der Bogenfreivorbau und die Herstellung der Stützen und der Fahrbahn beschrieben. Das Rohtragwerk wurde Ende November 1990 vollendet.

Abstract

Near Neufelden, 36 km from Linz, the Große Mühl Valley crossing traverses the Mühl Valley at a height of 100 m.

For reasons of landscape protection, an arched bridge was constructed instead of a cheaper continuous girder bridge. With a MAYREDER-Linz design for an arch with a 170 m span, the Joint-venture of MAYREDER-PORR obtained the contract.

With the design not only the economic considerations played a roll, but also the effort concerned with the aesthetics of the structure.

Along with some peculiarities of the structural concept, the arch cantilever construction and the fabrication of the columns and the roadway are described. The supporting framework was completed at the end of November 1990.

Die Ausschreibung

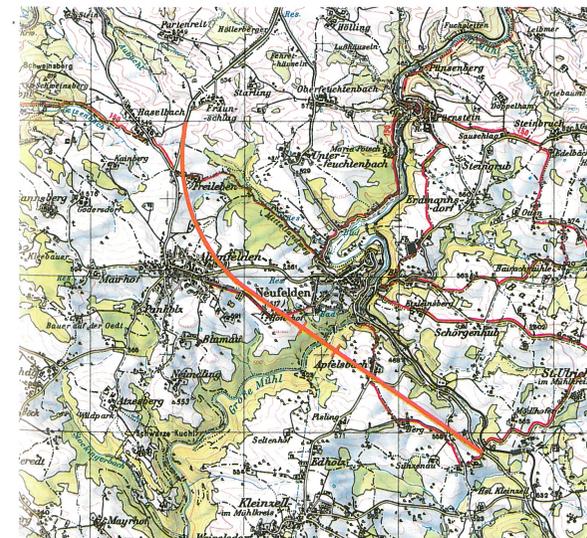
Auf der Rohrbacher Bundesstraße erreicht man von Linz aus nach 36 km das Tal der Großen Mühl und über enge Kehren den höher gelegenen idyllischen Markt Neufelden. Noch werden die Bewohner der in schönem bäuerlichen Barock gebauten Häuser vom Lärm des Schwerverkehrs geplagt. Im Winter ist der Ort, und mit ihm das obere Mühlviertel, häufig vom oberösterreichischen Zentralraum abgeschnitten. Die in Bau befindliche großräumige Umfahrung von Neufelden und Altenfelden wird diese Benachteiligung der Region aufheben.

Das Kernstück bildet der 316 m lange und 16,50 m breite Talübergang Große Mühl. Er führt etwas flussabwärts der alten, kleinen Brücke in 100 m Höhe über das dichtbewaldete V-Tal. Durchquert man die sanft gewellte Landschaft, ahnt man in unmittelbarer Nähe noch nicht die Existenz dieses geologisch bedingten, scharfen Einschnittes in den Granit.

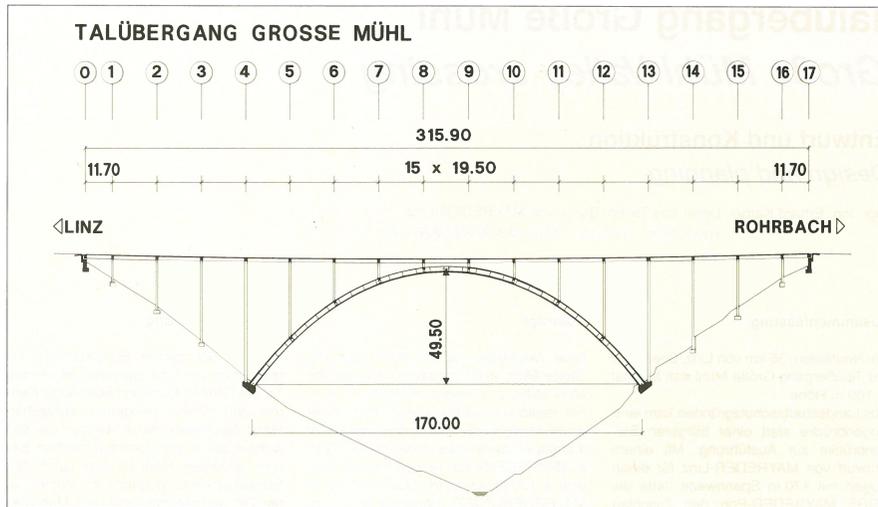
Dem Bestreben zufolge, das reizvolle Tal optisch nicht abzuriegeln, hatte das Amt der oberösterreichischen Landesregierung eine weitgespannte Bogenbrücke ausgeschrieben, eine Balkenbrücke allerdings nicht ausdrücklich ausgeschlossen. Die Arbeitsgemeinschaft MAYREDER-Porr führte daher umfangreiche und kostspielige Untersuchungen beider Lösungen durch. Die ARGE wurde Bestbieter mit einem Entwurf einer Bogenbrücke von MAYREDER-Linz, der aus Landschaftsschutzgründen der billigeren Balkenbrücke eines Mitbewerbers vorgezogen worden war. Für ein schöneres Bauwerk mehr Geld auszugeben ist nicht selbstverständlich und verdient daher besondere Beachtung!

Der Wahlentwurf

Dem vorgegebenen symmetrischen Geländeerschnitt entspricht selbstverständlich ein symmetrisches Tragwerk. Da im allgemeinen über dem Bogen paarweise spiegelbildlich angeordnete Stützen ein ausgewogeneres Bild ergeben



Neue Trasse der Umfahrung von Neufelden



Längsschnitt

als Scheitelstützen, folgt daraus eine ungerade Felderzahl des Fahrbahntragwerkes. Seine Innenfelder sollen aus ästhetischen und wirtschaftlichen Gründen alle gleich groß, die Endfelder jedoch verkürzt sein.

Für gleiche Stützweiten im Vorland und über dem Bogen spricht auch die Symmetrie in der Umgebung der längsten Stützen, der Kämpferstützen. Die an sie anliegenden Felder sind spiegelbildlich, wenn, wie hier näherungsweise, Gelände- und Bogenneigung gleich sind. Die Wahl fiel daher auf einen 17feldrigen Überbau mit 19,50 m als der kleinsten in der Ausschreibung zugelassenen Regelstützweite. Für die Endfelder ergab sich die gerade noch mögliche Länge von 11,70 m, ohne daß die Endlager abheben. Die angenommene Höhe des zwei-stegigen Plattenbalkens von 1,80 m steht in optisch günstigem Verhältnis zur Stärke des Bogens, der dominieren soll. Der leichte Abstand zwischen seinem Scheitel und dem Fahrbahnträger war in der Ausschreibung mit höchstens 1,50 m begrenzt worden. Das reicht aus, um die Fahrbahn deutlich vom Bogen abzusetzen.

Bei der zweiten theoretischen Möglichkeit, im Fahrbahntragwerk bei gleicher Gesamtlänge zwei Felder weniger anzuordnen, wächst die Regelstützweite auf etwa 22 m an. Der zwei-stegige Plattenbalken müßte entsprechend höher, somit optisch und wirtschaftlich etwas ungünstiger konstruiert werden. Diese Lösung wurde (auch im Hinblick auf den Bogen) nicht weiterverfolgt.

Es gibt eine Reihe von guten Gründen,

Kämpferfundamente mit jeweils einem Stützenfundament zu kombinieren. Die Last der Stützen wirkt günstig auf die Bogenfundamente. Dies fühlt auch der Betrachter; die Lösung sieht klarer aus, als wenn der Bogen zwischen zwei Stützen endet.

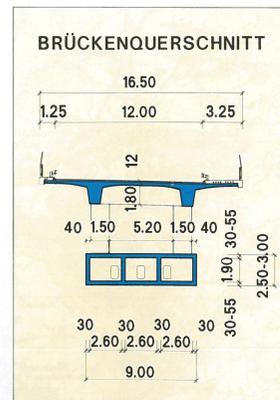
Bei der gegebenen Geländeform und der angenommenen Stützenstellung bietet sich die Lage der Kämpfer bei Stütze 4 und 13 an, so daß 9 Fahrbahnfelder über dem Bogen zu liegen kommen. Bei der sich ergebenden Spannweite von 170 m und dem Stich von 49,50 m „wächst“ der Bogen annähernd im rechten Winkel aus der Geländeoberfläche. Bei der Vergrößerung des Bogens um die Länge zweier Fahrbahnfelder wäre das Verhältnis von Stich (35 m) zu Spannweite (209 m) schon sehr ungünstig. Die gewählte Lösung ergibt sich also fast selbstverständlich.

Der Bogen wurde als dreizehneliger Hohlkasten ausgeführt. Er wirkt schlank mit seiner Höhe von 2,50 m und dem geringen Anzug auf 3 m zwischen den ersten Bogenstützen und den Kämpfern. Seine im Verhältnis zur Fahrbahn geringe Breite von 9 m verstärkt noch diesen Eindruck. Sämtliche Stützen, auch die Kämpferstützen, wurden als Einzelstützenpaare entworfen, um ein Maximum an „Durchsichtigkeit“ zu erreichen. Ihre Breite ist einheitlich 1,50 m. Ihre Stärke in der Ansicht beträgt 0,80 m, nur bei den fast 52 m hohen Kämpferstützen 1,20 m. Über den Stützen wurden vorstehende Querhaupter vermieden. Die Querträger liegen zwischen den Stegen des Plattenbalkens, um ihn als durchgehendes Band zu beto-

nen. Er erscheint dadurch schlanker, wie auch durch die Neigung der Stegflächen und die breite Kragplatte der Fahrbahn.

Besonderheiten des statischen Systems

Die große Höhe und Breite des Bauwerkes sowie die Wahl von schlanken Stützenpaaren machen eine möglichst genaue Berücksichtigung der Steifigkeitsverhältnisse nicht nur in der Ebene des Bogens, sondern auch normal dazu erforderlich. Für die statische Berechnung



Querschnitt in Stütze 10

wurde daher ein räumliches Rahmensystem gewählt, an dem die Schnittkräfte sämtlicher Lasten in Längs- und Querrichtung, in den Bauphasen und im Endzustand ermittelt werden konnten. Der Bogen, die Einzelstützen, beide Plattenbalkenstege, die Fahrbahn und die Querträger wurden durch Stabzüge in der Lage ihrer Schwerachsen dargestellt. Die Stützen sind an die Systemknoten exzentrisch angeschlossen. Den Boden unter den Kämpfern simulierten elastische Federn. Die Abspannstäbe für den Freivorbau des Bogens wurden zu Paaren bzw. zu Dreierbündeln zusammengefaßt.

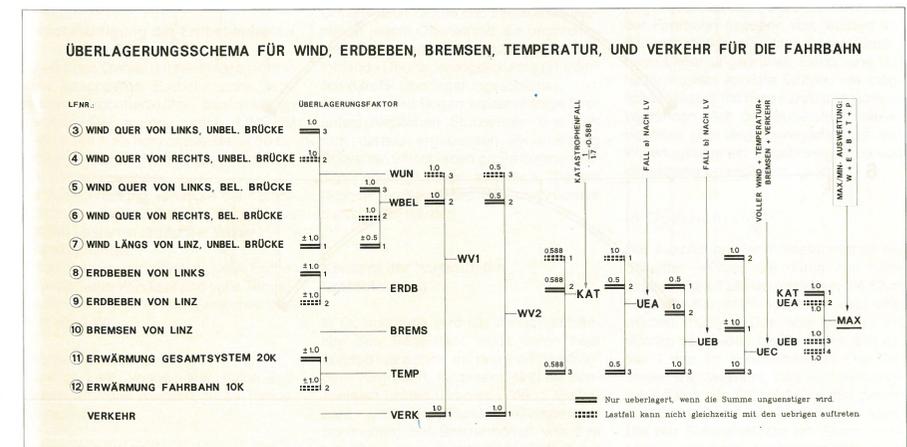
Die in Querstreifen aufgeteilte Fahrbahn, die Querträger und die Stege bildeten einen Trägerrost, auf dem die Verkehrslasten Spur für Spur aufzubringen waren. Die maximalen und minimalen Schnittkräfte und Verformungen wurden stets am Gesamtsystem (Bogen, Stützen, Fahrbahn) ermittelt, das im Endzustand aus 458 Elementen (Stäben) bestand und 2004 Freiheitsgrade besaß. Analog zu jedem realen Bauzustand konnte es auch in Teilen aktiviert werden.

Die Vorteile dieses aufwendigen Modells liegen darin, daß

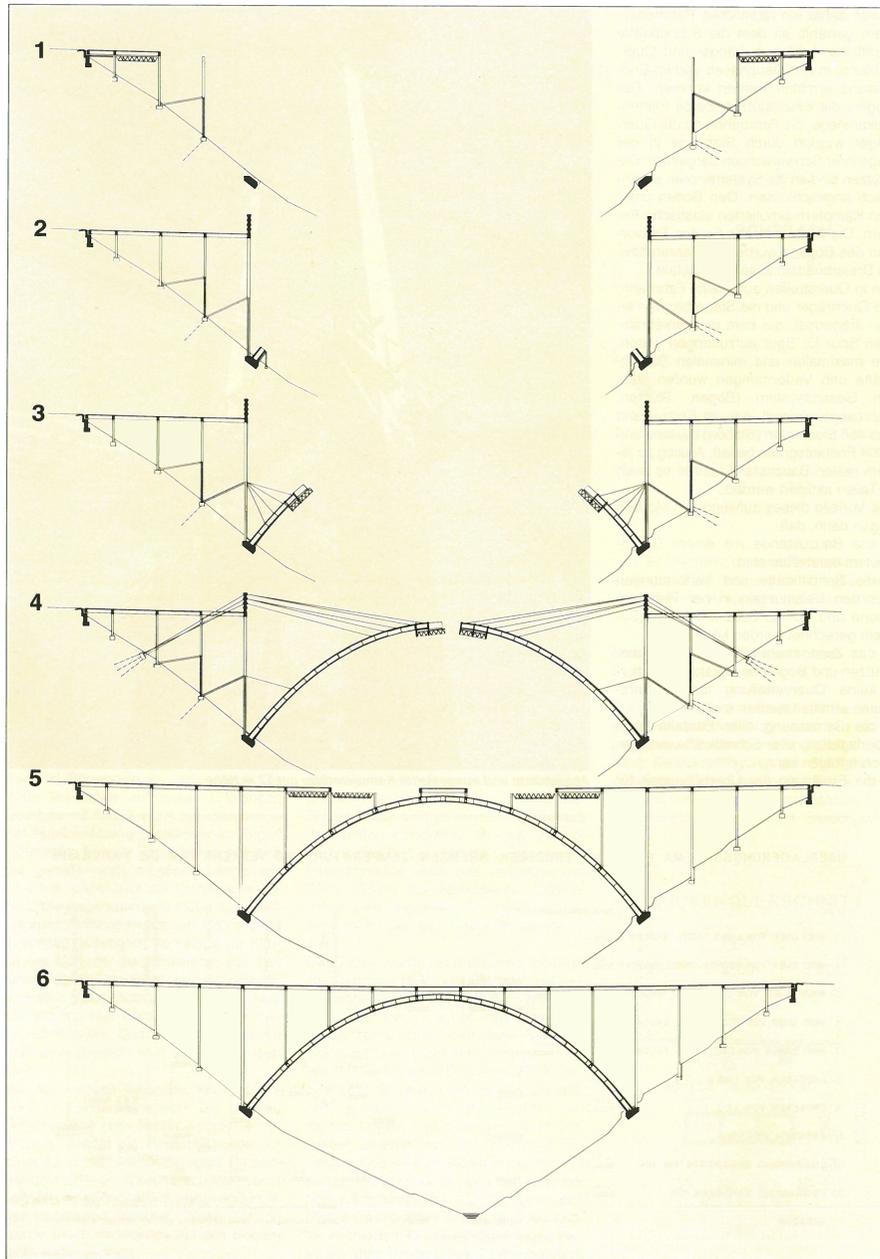
- alle Bauzustände mit einem Grundsystem darstellbar sind;
- die Schnittkräfte und Verformungen aus den Belastungen in der Rahmenebene und normal dazu am selben System gerechnet werden können;
- das Zusammenwirken von Fahrbahn, Stützen und Bogen berücksichtigt wird;
- keine Querverteilung für Verkehrslasten ermittelt werden muß;
- die Bemessung aller Bauteile nach Überlagerung aller Schnittkräfte automatisch erfolgen kann;
- die Ermittlung der Überhöhungen für



Abgestützte und ausgesteifte Kämpferstütze mit 52 m Höhe



Das Schema mußte wegen der verschieden großen normenmäßigen Verkehrslasten für Fahrbahn und Bogen zweimal durchlaufen werden



Sechs Phasen der Herstellung der Vorlandbrücken, des Bogens und der Fahrbahn über dem Bogen



Alternierend wurden die Bogenabschnitte vorgebaut

jeden Bauzustand auf einfache Weise möglich ist.

Dagegen stehen als Nachteile die aufwendige Datenerstellung, lange Rechenzeiten und die umfangreiche Produktion bedruckten Papiers. Davon ist mehr als die Hälfte für die Bauzustände erforderlich.

Berücksichtigung der Erdbebenlasten

Obwohl das Gebiet um Neufelden nicht in einer besonderen Erdbebenzone liegt, mußten Erdbebenkräfte berücksichtigt werden. Sie wurden nach ÖNORM B 4015 Teil 1 als horizontale statische Ersatzlast mit 5% der ständigen (lotrechten) Lasten errechnet.

Die Ausschreibung verlangte die Kombination der seismischen Kräfte mit den übrigen Lasten in dreifacher Weise.

Katastrophenfall:

Ständige Last, Verkehrslast, volle Erdbebenkraft, volle Windlast und volle Temperaturwirkung bei einem Sicherheitsbeiwert von 1,00.

Gebrauchslastfall a:

Ständige Last, Verkehrslast, halbe Erdbebenkraft, volle Windlast, halbe Temperaturwirkung.

Gebrauchslastfall b:

Ständige Last, Verkehrslast, halbe Erd-

bebenkraft, halbe Windlast, volle Temperaturwirkung. Außerdem wurde eine Überlagerung ohne Erdbeben untersucht.

Gebrauchslastfall c:

Ständige Last, Verkehrslast, Bremsen, volle Windlast, volle Temperaturwirkung. Um aus allen Lasten und Lastkombinationen in jedem Querschnitt die ungünstigsten Schnittkräfte zu erhalten, war das folgende Überlagerungsschema erforderlich (Grafik Überlagerungsschema). Fahrbahn und Bogen weisen infolge ihrer unterschiedlichen Stützweiten und den sich daraus ergebenden dynamischen Beiwerten verschieden große normenmäßige Verkehrslasten auf. Aus diesem Grunde mußte dieses Schema zweimal durchlaufen werden.

Konzept der horizontalen Lastabtragung

In Querrichtung wird die Windangriffsfläche des Tragwerkes noch durch zwei Windschutzwände an den Fahrbahnrandern vergrößert. Insgesamt sind die horizontalen Lasten (Bremsen, Wind, Erdbeben) und Einwirkungen (Temperatur, Schwinden) bei Stützhöhen von 2 m bis 52 m von wesentlichem Einfluß auf das gesamte Tragwerk.

In Längsrichtung

Eine beidseitige Einspannung der kurzen Stützen in der Nähe des Bogenscheitels vergrößert zwar die Steifigkeit des Gesamtsystems, verursacht aber auch Zwänge, z. B. aus ungleicher Temperatur zwischen Fahrbahn und Bogen. Da die Bogenstabilität auch ohne die Mitwirkung der Fahrbahn gegeben war, wurden auf den vier mittleren Stützenpaaren Elastomere-Lager angeordnet. Davor und dahinter wurden so viele Stützen wie möglich biegesteif mit dem Fahrbahntragwerk verbunden. Auf den äußersten Stützen befinden sich längsbewegliche, auf den Widerlagern je ein längsbewegliches und ein allseitig bewegliches Lager.

In Querrichtung

Bei Ausbildung der Kämpferstützen als Scheiben würden sie durch ihre hohe Quersteifigkeit Lasten anziehen, die 52 m tief in die Kämpferfundamente abgeleitet werden müßten. Das aber wollten wir ebenso vermeiden wie die Anordnung fester Lager im Scheitelbereich. Der Gedanke war vielmehr, das Fahrbahntragwerk durch alle Stützen möglichst gleichmäßig horizontal elastisch festzuhalten. Die vier Scheitelstützen mit Elastomere-Lagern und die (in der Ansicht) stärkeren, paarweise angeordneten Kämpferstützen



Bogenfreivorbau mit Hilfsabspannungen nach dem von MAYREDER patentierten System



Das Gewicht des Feldes über dem Scheitel diente als Lastausgleich

besitzen eine ähnliche Steifigkeit wie die übrigen im Fahrbahnbelag eingespannten Stützen. Durch (in Querrichtung) unverschiebliche Lager erreichten auch die kurzen, äußersten Stützen etwa die gleiche Nachgiebigkeit. Daß dieses Konzept aufging, zeigt die geringe Beanspruchung der Fahrbahn durch Quermomente. Außerdem benötigen die Stützen nur in den Einspannstellen eine stärkere Bewehrung, in den übrigen Bereichen genügte die Mindestbewehrung.

Bogenfreivorbau

Der Talübergang Große Mühl ist die fünfte Bogenbrücke, die von MAYREDER nach dem in Österreich und der Schweiz patentierten Verfahren der Firma in freiem Vorbau mit Hilfsabspannungen erbaut wurde. Nach den Vorlandbrücken waren von beiden Kämpfern aus je ein Lehrgerüst- und 16 Freivorbauabschnitte des Bogens von in der Regel 6 m Länge auszuführen. Die Öffnung für das Schlußstück maß 2 m. Jeder Abschnitt wurde durch Dywidag-Gewindestahl St 835/1030, Durchmesser 26,5 mm, über die Kämpferstützen bzw. Pylone abgespannt. Die Rückhängung erfolgte in die nächstliegenden Stützenfundamente und in zwei Verankerungslöcher, die mit Felsankern in den Granitboden gespannt worden waren.

Wie schon bei der Pitztalbrücke (1) und dem Talübergang Fischergraben (2) mußten die einmal gespannten Kabel während des gesamten Freivorbaus nicht mehr nachgespannt werden.

In allen Takten wurde durch Nivellements über weite Bogenbereiche und durch Kontrolle der Kräfte in ausgewählten Abspannstäben die Übereinstimmung mit der statischen Berechnung nachgewiesen.

Die Abweichung der Lage der Bogenenden vom Sollwert betrug beim Mittel-schluß 3 mm; die größte Ungenauigkeit

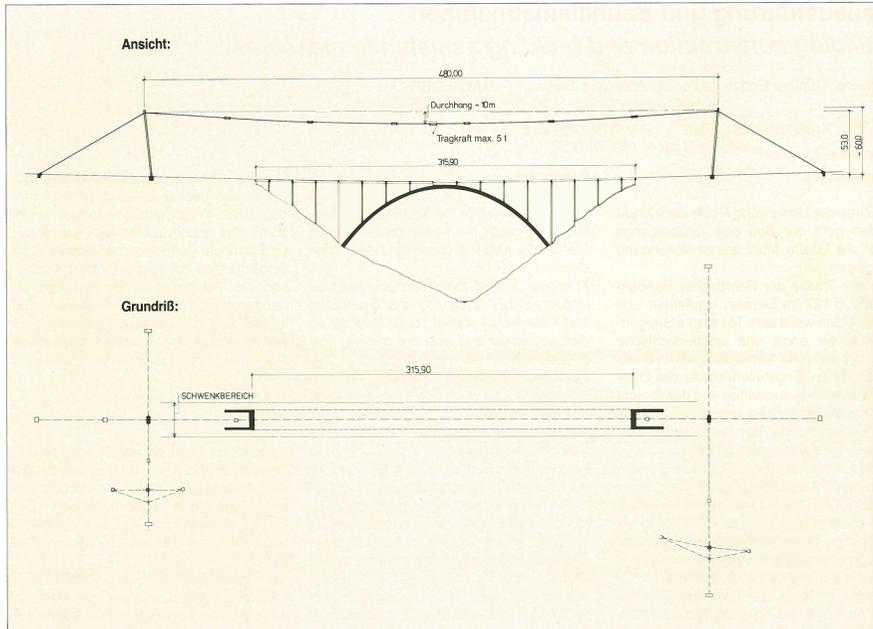
im 170 m weit gespannten Bogen war 15 mm, eine Präzision, die mit keinem Lehrgerüst erreicht werden kann.

Stützen und Fahrbahn

Die beiden Kämpferstützen und die jeweils benachbarten Stützen wurden im Bauzustand längs abgestützt und bis zur Hälfte ihrer Höhe quer ausgesteift. Ohne diese temporären Festhaltungen wären die Schlankheiten und die Beanspruchung



Einrüstung der letzten Fahrbahfelder



Schema Kabelkran Große Mühl

den Bogenquerträgern und Bogenstützen zu beginnen und in der Folge die neun Fahrbantragwerke über dem Bogen vom September 1990 bis Ende November herzustellen. Die Randbalken, die Pflasterarbeiten sowie die Abdichtungsarbeiten, Asphaltierungsarbeiten und die Brückenentwässerung sind bis 15. Juli 1991 fertigzustellen.

Baustelleneinrichtung

Das ideale Hebegerät, im speziellen für Bogenbrücken mit großen Spannweiten und Höhen, ist nach wie vor der Kabelkran.

Technische Hauptdaten des Kabelkrans:

Kranlänge	450,00 m
Tragkraft am Haken max.	5,00 t
Fahrgeschwindigkeit	3,5 m/s
Hubgeschwindigkeit	0,8 m/s
Schwenkgeschwindigkeit	0,11 m/s
Masthöhen	53,00 m + 6,00 m Aufbau
max. Durchmesser	23,00 m

Durch die Schwenkbarkeit der Kranmaste je 10 m links und rechts der Brückenachse kann die gesamte Brückenfläche bestreicht werden. Der Kabelkran ist das einzige Hebegerät

auf der Baustelle, nur fallweise waren auch ein luftbereifter Seilbagger und für schwere Rüstungsarbeiten ein Autokran im Einsatz. Die Hebearbeiten für die verschiedenen Arbeitsvorgänge wie Personaltransport, Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten bedürfen genauester Koordinierung, um Stehzeiten möglichst zu vermeiden, dennoch lassen sich hier Wartezeiten nie ganz ausschalten. Eine im Talboden verlaufende 30 kV-Freileitung wurde aus Sicherheitsgründen im Kranbereich auf eine Länge von 60 m verkabelt.

Der Schlafstahlagerplatz, die Zimmerei, die Magazincontainer und die Vorstrickanlagen für die Pfeiler- und Bogenbewehrungen sind in der Verlängerung des Brückenobjektes angeordnet und können daher auch vom Kabelkran bedient werden. Das Spannstahtlager für die Bogenabspannungen befand sich größtenteils auf den Vorlandtragwerken, um kurze Wege zur Einbaustelle zu gewährleisten.

Vermessungsarbeiten

Das Brückenobjekt liegt im Grundriß in einer Geraden, im Aufriß in einer Wanne mit $R=6000$ m. Der Tangentenschnittpunkt liegt in Bau-km 2,665,00, das sind

rund 21 m vom Bogenscheitel Richtung Rohrbach.

Das Gefälle bis zum Tangentenschnittpunkt beträgt 3,477 Prozent und steigt anschließend mit 4,305 Prozent.

Vom Bauherrn wurden uns Polygonpunkte mit ihren Koordinaten übergeben, ebenso Höhenfixpunkte und Pfeilerachsen. Die Baustellenvermessung erfolgte bauteils mittels Theodolit Wild T2 und Distomat. Entsprechend aufwendig gestaltete sich naturgemäß die Vermessung des Bogens im Bauzustand, da nicht nur jeder neue Vorbaubereich in Lage und Höhe eingemessen werden mußte, sondern auch alle bereits betonierten Abschnitte laufend zu kontrollieren waren.

Als begleitende Kontrolle wurde zusätzlich vom Auftraggeber während der Bogenherstellung ein Ingenieurbüro für Vermessungswesen beauftragt, sodaß die Messungen verglichen werden konnten. Der Freivorbau des Bogens erfolgte so genau, daß keine der beiden Bogenhälften vor dem Mittelschluß korrigiert werden mußte, der Höhenunterschied von nur wenigen Millimetern lag innerhalb der Toleranzen.

Die Setzungsmessungen im Bereich der Pfeiler- und Kämpferfundamente ergaben keine Setzungen, weil das Bauwerk auf bestem Mühlviertler Granit gegründet ist.

Geologie und Gründung

Die Grundlage für das baueologische Gutachten bildeten eine Anzahl von Kernbohrungen, die im oberen Bereich eine mehrere Dezimeter starke Bodenschwarte (Humus, Sand, Wurzeln) und darunter meist grobkörnigen Granit (Weinsberger Granit) aufwiesen.

Der Felskomplex ist jedoch von drei Hauptkluftscharen durchsetzt, die durch eindringendes Oberflächenwasser zu einer Verwitterung und dadurch teilweise zu einer Trennung des Verbandes in große quaderförmige Blöcke führte. Die hangparallelen Kluftscharen machten Felsicherungsarbeiten im Bereich der Stützen und Kämpfer notwendig. Die Fundamente der Widerlager, Vorlandstützen und Kämpferstützen, wurden als Flachgründung auf unverwittertem Fels errichtet. Für die Gründung wurde mit einer zulässigen Bodenpressung von σ zul. = 3000 kN gerechnet.

Widerlager und Pfeiler

Die Widerlager Linz und Rohrbach sind aufgrund des schrägen Geländes abgetreppet und mit Hängeflügel versehen. Alle Stützen sind paarweise angeordnet, wobei mit Ausnahme der Kämpferstützen, die Querschnittsabmessungen von $1,20 \times 1,50$ m aufweisen, alle anderen Stützen einen Querschnitt von $0,80 \times 1,50$ m haben. Die Betongüte aller Stützen ist B 400.

Die Pfeiler wurden mit der Doka-Kletter-schalung in Schüssen von 4,05 m geklettert, die Bewehrung wurde in Längen von 8,10 m vorgefertigt und versetzt.

Die Koppelung der aufgehenden Bewehrung erfolgte nicht mit Überdeckungsstoß, sondern mit Dywidag-Fließpreßmuffen, Durchmesser 26, wodurch zusätzliche Spannungen in den Querschnitten vermieden werden konnten.

Durch die große Schlankheit der Pfeiler (die größte Höhe beträgt 52 m), mußten während des Bauzustandes Längs- und Queraussteifungen zug- und druckfest eingebaut werden (siehe Bauhilfsmaßnahme).

Fahrbantragwerke

Das Fahrbantragwerk ist ein zweistufiger Plattenbalken mit einer Steghöhe von 1,80 m und einer Breite von 15,80 m. Die gesamte Querschnittsbreite beträgt einschließlich der Randbalken 16,50 m, wobei die Fahrbahn 12 m und die beiden Randstreifen 1,25 m und 3,25 m breit sind. Der breitere Randstreifen wird als kombinierter Geh- und Radweg ausgebildet.

Der 17feldrige Plattenbalken hat eine Gesamtstützweite von 315,90 m; die Einzel-



Das Kämpferstützenpaar ist 52 m hoch, dient zur Ab- und Umleitung der Bogenabspannungen

stützweiten betragen $11,70 \text{ m} + 15 \times 19,50 \text{ m} + 11,70 \text{ m}$.

Als Rüstung wurden im Regelfall Dalmine-Rüstbinder mit einer Länge von 18,33 m verwendet.

Die Auflagerkräfte konnten über Jochquerträger, die auf Spannkonsolen auflagen, über die Pfeiler abgetragen werden. Für die beiden Randfelder mit Stützweiten von 11,70 m und für die drei Scheitelfelder über dem Bogen wurden Breitflanschträger verwendet. Der Grund hierfür war die geringe Höhe über dem Bogen, die für Dalmine-Rüstbinder zu niedrig war bzw. die kurze Stützweite der Randfelder.

Es wurde von beiden Widerlagern gleichzeitig mit dem Bau der Tragwerke begonnen. Die Rüstung wurde für 4 Regelfelder vorgehalten, die Schalungssätze für 2.

Die Schalung selbst wurde auf dem Dekenschalungssystem d 2 von Doka aufgebaut.

Arbeitsablauf:

Um nach dem Absenken der Rüstung eines Feldes das angrenzende Tragwerk möglichst rasch einschalen zu können, wurde die Außen- und Innenschalung auf verschiebbaren Deckentischen montiert. Die Querträger wurden immer zugleich mit dem nachfolgenden Tragwerk betoniert, sodaß ein Verziehen der Innenschalung ins nächste Feld möglich war. Nach dem Ausschalen der ersten Fahrbanfelder zeigten sich an den Hauptträgern Temperatur- bzw. Schwindrisse, die zum Teil größer als 0,3 mm waren.

Um die Rißbreiten zu verkleinern, mußte die Abbinde-temperatur verringert werden. So wurde in den Hauptträgern eine zusätzliche Verteilerbewehrung und gleichzeitig eine Änderung der Betonrezeptur mit reduziertem Zementgehalt vorgenommen.

Die neue Rezeptur für den Beton B 400 enthält pro m^3 : 350 kg PZ 375 (H), 165 l Wasser, 0,5 % v. Zementgewicht Verflüss-