

# Die Lättenbrücke bei Glattfelden

Autor(en): **Hofacker, Heinrich / Jenny, Fridolin W. / Fiechter, Heinrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 26

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73409>

## **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.

Optimierung beim Entwurf von Raumfachwerken aus Stahl» eingehend untersucht.) Da beim Dreieckrost sechs, statt nur vier Träger wie beim Rechteckrost an eine Stütze anschliessen, ist er in dieser Beziehung günstiger.

Bemerkenswert an diesem Trägerrost ist auch die Ausführungstechnik. Um eine saubere, helle Oberfläche zu erhalten und gleichzeitig eine Schalung zu ersparen, wurden *dreieckförmige, vorgefabrizierte Elemente mit Weisszement* erstellt, die zusammengesetzt Rinnen bildeten, in welche die Armierungsstähle eingelegt und der Konstruktionsbeton eingegossen wurde (Bild 7).

### Dachfoyer, Kragdach

Als drittes Beispiel soll auf die Konstruktion des Vordaches beim neuen Aufbau auf dem Mitteltrakt hingewiesen werden. Es ging dort darum, eine leichte Stahlkonstruktion zu erstellen, die das zukünftige Dozentenfoyer beherbergen soll. Hier bot sich Gelegenheit, die Lösung eines statischen Problems mit einem gestalterischen Element zu verbinden. Das umlaufende Vordach ist an die Einzelstützen der Hauptkonstruktion anzuschliessen. Normalerweise würde man an

diesen Stützen Kragträger anschweissen und die Dachhaut mit Sekundärträgern auflegen (Bild 8a). Im vorliegenden Fall konnte diese Lösung wegen der grossen Bauhöhe nicht befriedigen. Die grundsätzliche Beanspruchung eines so gelagerten Daches ergibt sich aus Bild 8b, wo die Hauptmomente einer entsprechend gelagerten, homogenen Platte, aufgezeichnet sind. Dieser natürlichen Tragrichtung folgend, ordneten wir einfache Blechrippen an, die mit der Deckenplatte und unter sich verschweisst sind. So entstand diese *Rippendecke*, die nach unserer Auffassung dem Beschauer einen Eindruck vom natürlichen Tragverhalten der Konstruktion vermitteln kann.

Abschliessend möchte der Verfasser allen Beteiligten für die fruchtbare Zusammenarbeit bestens danken, insbesondere meinem lieben Vorgänger im Lehramt, Karl Hofacker, für seine wertvolle Mitarbeit, dem Architekten Ch.-E. Geisendorf, für das verständnisvolles Eingehen auf unsere Anliegen als Statiker, der Baukreisdirektion Zürich für den Auftrag und nicht zuletzt den Unternehmungen für die ausgezeichnete Ausführung. Besonderes Lob verdient die Bauunternehmung Locher AG und besonders ihr Polier, *Herr Klein*, der jahrelang seine ganze Kraft dafür einsetzte, Betonkonstruktionen höchster Qualität zu erzeugen, was ihm auch trefflich gelang.

## Die Lättenbrücke bei Glattfelden

Von Heinrich Hofacker, Fridolin W. Jenny und Heinrich Fiechter, Zürich

### Allgemeines

Im Zuge des *kantonalen Hochleistungsstrassenprogrammes* beschloss der Regierungsrat von Zürich im Jahre 1971 die Erstellung einer *Nordumfahrung der Gemeinde Glattfelden*. Das rund 4,5 km lange Teilstück der K 122 wird als *vierspurige Autobahn mit beidseitiger Standspur* gebaut.

Bei der Spinnerei Lätten überquert die K 122 die *Glatt* und folgt anschliessend dem Südhang des Laubberges bis zum Anschluss Glattfelden-Ost an das bestehende Strassenetz. Die Überquerung der Talsenke der Glatt bildet eines der Kernprobleme dieses Streckenabschnittes und führte zum Bau der 651 m langen Lättenbrücke, die anschliessend im Detail beschrieben wird.

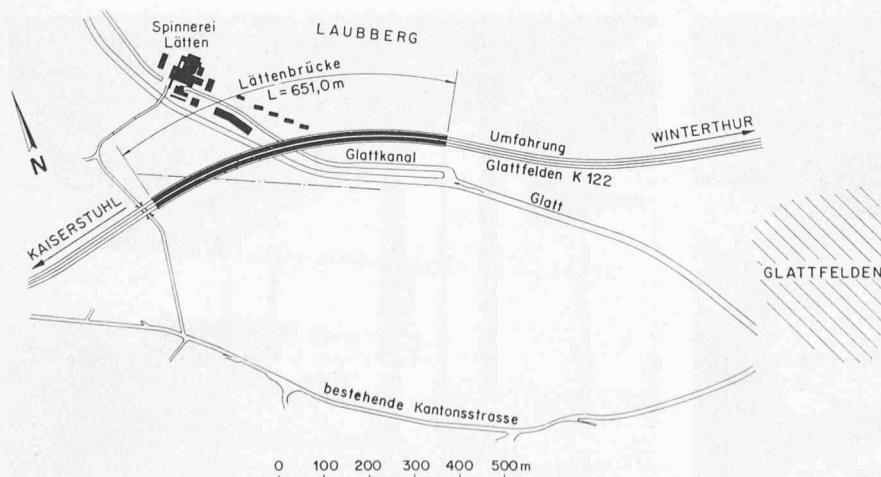
### Wahl des Projektes

Zur Erlangung von Entwürfen für das Brückenbauwerk lud der Regierungsrat Anfang 1974 sechs im Kanton Zürich ansässige Brückenbau-Unternehmungen mit spezieller Erfah-

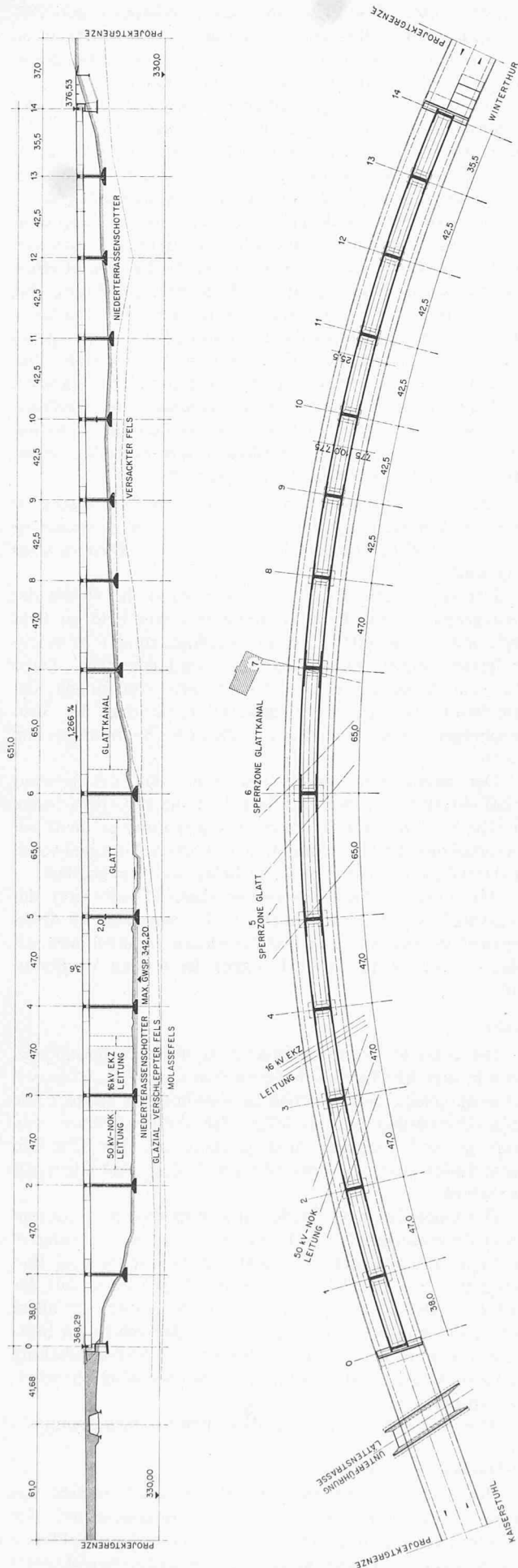
rung im Grossbrückenbau ein, zusammen mit je einem von ihnen beigezogenen Ingenieurbüro ein Projekt mit verbindlicher Globalofferte auszuarbeiten. Für diese Arbeit standen sechs Monate zur Verfügung. Innerhalb von weiteren vier Monaten fällte hierauf das Preisgericht unter dem Vorsitz von Regierungsrat A. Günthard (†) den Entscheid über die Wahl des Projektes. Die Wahl fiel einstimmig auf den Entwurf der AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich, mit dem Ingenieurbüro E. Stucki + H. Hofacker, Zürich (siehe SBZ 1975, Heft 5, S. 52). Massgebend für diesen Entscheid war die Tatsache, dass das zur Ausführung bestimmte Projekt mit Abstand *am preisgünstigsten* war und zudem die weitaus kürzeste Bauzeit aufwies.

### Zum Submissionswettbewerb mit Festpreisübernahme

Submissionswettbewerbe sind unseres Erachtens grundsätzlich eine sehr sinnvolle Methode bei grösseren Bauwerken, die auf wirtschaftlichste Art technisch hochwertig und



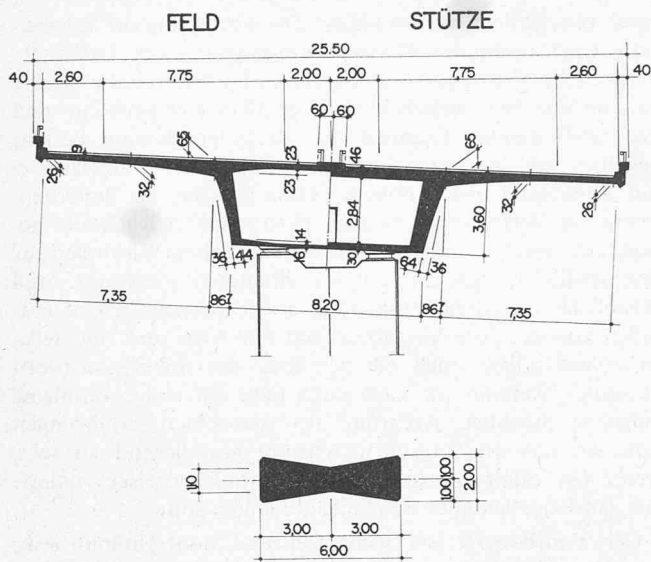
Allgemeine Situation



rasch verwirklicht werden sollen. Die Forderung der Erarbeitung eines optimalen Konzepts (ingenieurmässig, ästhetisch, wirtschaftlich) ist bei dieser Wettbewerbsart durch die direkte Zusammenarbeit zwischen dem Statiker-Konstrukteur und den ausführenden Organen der Bauunternehmung bestens gegeben, weil bei keiner anderen Methode des Vorgehens in nur annähernd gleich hoher Masse auf die der Unternehmung zur Verfügung stehenden Betriebsmittel Rücksicht genommen werden kann. Diese Rücksichtnahme wirkt sich für den Bauherrn durch einen vorteilhafteren Preis aus, weil erhebliche Abschreibungsbeträge auf Unternehmerseite entfallen können. Jede Vergabeart hat ihre Vor- und Nachteile, selbstverständlich auch die Methode des Submissionswettbewerbes, weshalb wir auch noch kurz auf einige Probleme eingehen möchten. Aufgrund der gemachten Erfahrungen scheinen uns die folgenden Aspekte grundlegend zu sein, wenn ein Submissionswettbewerb mit Festpreisübernahme zur Zufriedenheit aller Beteiligten ablaufen soll:

- Der Wettbewerb soll nicht frei und unbeschränkt sein, sondern der Bauherr soll aufgrund eines Präqualifikationsverfahrens vier bis höchstens sechs Unternehmungen seines Vertrauens einladen, die ihrerseits beim Bauherrn für die zur Mitarbeit vorgesehenen Ingenieurbüros die Zustimmung einholen.
- Mit der Beschränkung der Anzahl der Bewerber kann der volkswirtschaftliche Aufwand in vertretbarem Rahmen gehalten werden; mit dem Erfordernis der Zustimmung des Bauherrn auch zur Wahl des Ingenieurbüros ist die Vertrauensbasis geschaffen, auf die ein Submissionswettbewerb mit Festpreis nicht verzichten kann.
- Abgestützt auf diese Vertrauensbasis soll der Bauherr den Submittentengruppen in der Wettbewerbsphase einen erheblichen freien Spielraum an Kreativität belassen, stets aber unter der Voraussetzung, dass der Bauherr selber genaue Vorstellungen über die unabdingbaren Randbedingungen seines Bauwerkes hat und diese im Pflichtenheft eindeutig bekanntgegeben hat.
- Während der Prüfungsphase der offerierten Vorschläge soll der Bauherr alle eventuell auftretenden wesentlichen Fragen eindeutig klären und vor der Vergabe mit dem Offertsteller verbindlich bereinigen. Er soll sich im übrigen klar bewusst sein, dass zum einmal akzeptierten Projekt im Rahmen eines Festpreises praktisch kein Spielraum mehr verbleibt, um nachher Sonderwünsche ohne Kostenfolge anzubringen, ausgenommen selbstverständlich bei eventuell vorhandenen offensichtlichen Fehlern in den Ausführungsplänen oder in der qualitativen Ausführung.
- Dem Wettbewerbsteilnehmer muss klar sein, dass seine offerierte Globale auch bei der Schlussabrechnung eine Globale sein soll, soweit die Parameter ausschliesslich in seinem eigenen Einflussbereich liegen. Er hat also unter anderem im Rahmen der vertraglichen und gesetzlichen Vorschriften die folgenden wesentlichen Risiken zu tragen:
  - die Massenrisiken für sein Projekt
  - die vorschriftskonforme Qualität des Bauwerks
  - die rechtzeitige Ablieferung des Bauwerks
  - das Leistungsrisiko für sein Personal und seine Maschinen
  - das Beschaffungsrisiko für Personal, Geräte und Material
  - das Risiko von Witterungseinflüssen oder Elementarereignissen
  - das Risiko der Beschaffung des Betriebskapitals
  - das Leistungs- und Bonitätsrisiko aller Subunternehmerfirmen

Längsschnitt (links), Grundriss (rechts)



Normalquerschnitt Feld und Stütze (oben), Pfeilerquerschnitt (unten)

Und schliesslich muss er mit all diesen Risiken den offerierten Globalpreis für die Realisierung seines Projektes garantieren.

Diese Probleme sind durchaus lösbar, sie setzen aber bei beiden Vertragskontrahenten den klaren Willen voraus, die dem System des Submissionswettbewerbs zugeordneten Spielregeln vernünftig und sinnvoll zu respektieren.

## Das Brückenprojekt

### Brückenüberbau

Je grösser die Länge eines Brückenbauwerkes ist, um so mehr muss bei der Projektierung darauf geachtet werden, möglichst grosse Abschnitte mit gleicher Felderteilung vorzusehen, um dem Unternehmer eine rationelle Verwendung seiner Geräte und Equipen zu ermöglichen.

Diesem Grundsatz stand im vorliegenden Fall eine Reihe von Einschränkungen in Form von verbotenen Zonen für Stützen gegenüber. Die drei wesentlichsten Sperrzonen, ein 16 m breites Band einer 50-kV-Freileitung, die 33 m breite Schutzzone der Glatt sowie eine rund 50 m breite Zone um den Glattkanal verlaufen stark schief zur Brückenachse und erschweren eine regelmässige Felderteilung. Trotzdem gelang es, die Feldergrössen auf drei Typen zu beschränken, die sich auch den topographischen und geologischen Gegebenheiten sinnvoll anpassen.

Zur Festlegung des Überbauquerschnittes wurden mehrere Varianten in enger Zusammenarbeit zwischen Projektverfasser und den Organen der Bauunternehmung in jeder Hinsicht geprüft und auf ihre Eignung für die Bauausführung untersucht. Der frühe Beizug der für die Ausführung auf der Baustelle verantwortlichen Fachleute darf dabei als glückliche Lösung bezeichnet werden, indem der gemeinsam gefasste Beschluss der Querschnittswahl für alle Beteiligten einen persönlichen Ansporn für verfeinerte Ideen und weitere Verbesserungen darstellte.

Der über die ganze Brückenlänge mit konstanter Trägerhöhe von 3,60 m verlaufende Querschnitt wurde als einzelliger Hohlkasten mit weitausladender Konsole konzipiert. Diese Konstruktionsart gibt dem Überbau ein schlankeres Aussehen, da die Hauptträger meistens im Schatten der Konsole liegen. Für den Betrachter wird damit praktisch nur die seitliche Brüstung als Konstruktionsstärke der Brücke wahrnehmbar. Die grossen Konsolen der Fahrbahn bieten den

weiteren Vorteil, dass die Lasten des Überbaues durch Einzelstützen auf den Baugrund übertragen werden können, so dass die Stützen weniger in Erscheinung treten und damit dem Brückenbauwerk mehr Leichtigkeit verleihen.

Die etwas eigenwillige konkav gekrümmte Aussenseite der Hauptträger ist statisch bedingt und ergab sich aus der Forderung nach minimalem Betonvolumen bei grösstmöglicher statischer Wirksamkeit. Zudem reduziert sie die Auskrugung der Konsolplatte, ohne mehr Beton zu benötigen.

Das Konzept des einzelnen Hohlkastens als Haupttragelement des Überbaues ist statisch-konstruktiv wie auch von der Bauausführung her gesehen vorteilhaft. Es erlaubt einen abschnittweisen Bauvorgang in Brückenlängsrichtung bei kürzester Bauzeit und ermöglicht ferner eine wirtschaftliche Aufteilung der Kosten für das konventionelle Lehrgerüst des Kastens und das obenliegende Gerüst für die Konsole. Von der Grösse der Konsolaustragung her ergibt sich schliesslich die absolute Notwendigkeit der Quervorspannung der Fahrbahnplatte, was für die Qualität des von Witterung, Verkehrslasten, Frost- und Tausalzeinflüssen am stärksten beanspruchten Bauteils des Überbaues erwünscht ist.

Auf den kurz erwähnten etappenweisen Bauvorgang ist auch die Vorspannung abgestimmt. Die Längsvorspannung wird in zwei Kabelsträngen mit grosskalibrigen Querschnitten aufgebracht:

Der erste Kabelstrang, umfassend rund die Hälfte der Gesamtvorspannung, läuft kontinuierlich von Feld zu Feld durch und wird jeweils an der Etappenfuge, rund 7–10 m von der letzten Stütze entfernt, gespannt und gekuppelt. Diese erste Vorspannung erlaubt das spätere Aufbringen des Frischbetongewichtes der Fahrbahnkonsole und der Brüstungsträger unter Einhaltung zulässiger Spannungen im Kasten.

Der zweite Kabelstrang wird beim Bau des Kastens schlaff eingelegt und nach Fertigstellung der Betonierarbeiten am Überbau vom Kasteninnern aus gespannt; er dient zur Überbrückung der Quertugen in den Fahrbahnkonsolen sowie zur Aufnahme des Gewichtes von Belag und Verkehrslast.

Als günstige Nebenerscheinung dieser Disposition der Längskabel ist schliesslich noch die Verringerung der Spannungsverluste aus Kriechen und Schwinden zu erwähnen, als Folge des relativ späten Aufbringens der totalen Vorspannkraft.

### Pfeiler

Die total 651 m lange Brücke ist ohne Zwischendilatationen in drei Abschnitte mit Feldweiten von 47 m, 65 m und 42,5 m aufgeteilt. Der Überbau ist schwimmend gelagert, die Längsstabilisierung erfolgt durch vier mittlere Pfeiler, von denen je zwei biegesteif und gelenkig an den Überbau angeschlossen sind. Auf allen übrigen Pfeilern sind Gleitlager angeordnet.

Der Querschnitt der Pfeiler ist schmetterlingsförmig, mit Aussenabmessungen von 6,0 × 2,0 m. Die Einschnürung in der Pfeilerachse richtet sich nach der Beanspruchung und beträgt 0,7 ÷ 1,1 m. Der etwas eigenwillige Querschnitt der Stützen ergab sich aus formalen Gründen, aber vor allem auch aus Gründen der Herstellung. Bei der gewählten Stützenform konnte ein Mann im Innern der Stützenschalung den Beton vibrieren und dadurch zur Betonqualität entscheidend beitragen.

Alle Pfeiler sind in den Fundamenten fest eingespannt.

### Fundationen und Widerlager

Der Untergrund in der Talsenke der Glatt besteht aus jungen Flussablagerungen und Niederterrassenschotter, mit relativ hohem Grundwasserspiegel. Auf der rechten Talflanke dagegen sind die Pfeiler in zum Teil grundbruchgefährdeten

Zonen versackten Molassefelsens zu fundieren. Es zeigte sich bereits im Verlaufe des Wettbewerbs, dass die vom Geologen angegebenen Bodenkennwerte, besonders im Bereich des Widerlagers Seite Winterthur, relativ vorsichtig geschätzt waren, indem die Berechnung der Hangstabilität sogar im ursprünglichen Zustand zu Sicherheiten unter 1 führte.

Die von der Bauherrschaft gestellte Bedingung, dass die rechnerische Sicherheit dieser Hangzonen während und nach dem Bau der Brücke in keinem Schnitt die ursprünglichen Sicherheiten unterschreiten durfte, führte trotz der grossen Standfestigkeit der zutagetretenden Kies-Sand-Schichten zum Einbau zusätzlicher Verankerungen.

Für die Fundierung des gesamten Brückenbauwerkes wurde konsequent eine Flachfundation gewählt, wobei weniger die maximale Eckpressung, sondern die Grundbruchsicherheit der einzelnen Pfeilerfundamente massgebend war. Die zentrische Fundamentpressung lag dabei im Bereich von  $3,5 \text{ kg/cm}^2$ .

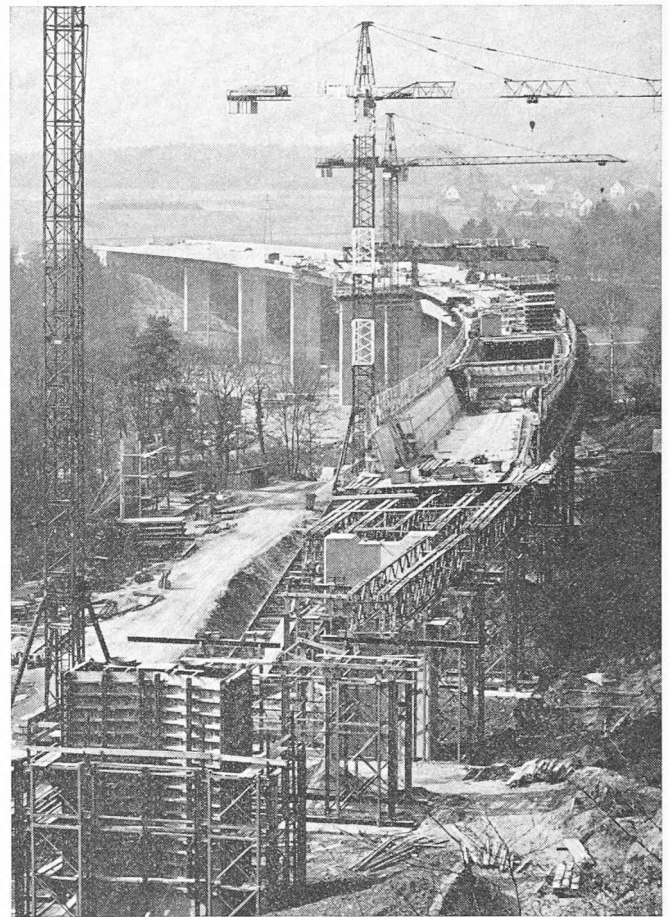
Die Widerlagerkörper wurden aus topographischen und wirtschaftlichen Gründen möglichst weit nach vorn geschoben. Während das Widerlager West keine Besonderheiten aufwies, stellte sich beim Widerlager Ost (Seite Winterthur) ein geotechnisches und formales Problem. Hier durfte aus Gründen der Hangstabilität die zusätzliche Last aus der anschliessenden Dammzone nicht zu gross werden, ausserdem bedingte der für den Überbau gewählte Bauvorgang die Anordnung eines rechtwinklig zur Brückenachse stehenden Widerlagerkörpers. Die gewählte Lösung eines halbseitigen hohlen Widerlagerkörpers erwies sich als konstruktiv und formal zweckmässig, zudem konnte das Widerlager im Verlaufe der Ausführung durch die Anordnung stabilisierender Felsanker noch etwas verkürzt werden.

### Besonderheiten der statischen Berechnung

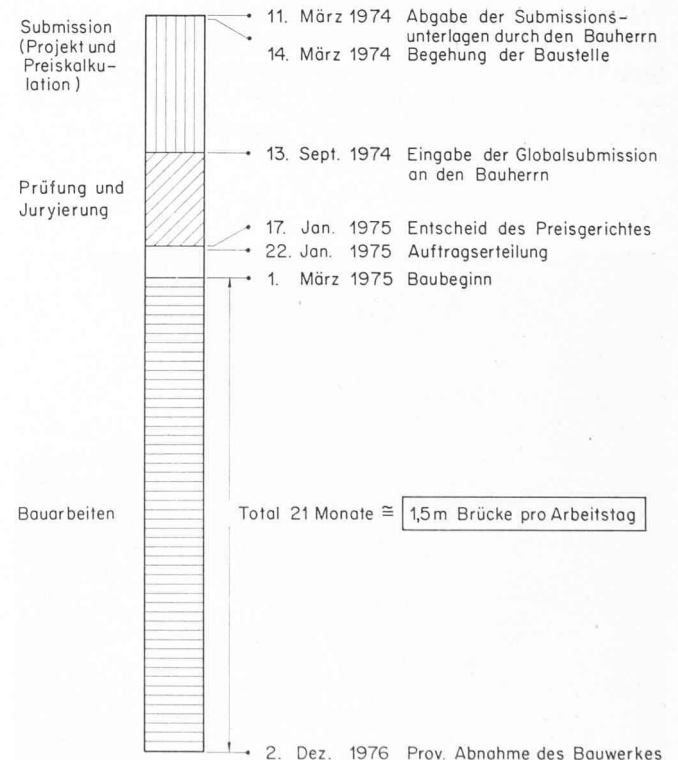
Für ein Brückenbauwerk der vorliegenden Abmessungen, das aus Gründen des Unterhalts und der Dauerhaftigkeit ohne Zwischenfugen ausgeführt wird, stellen sich eine Reihe statisch-konstruktiver Probleme, deren Auswirkungen unbedingt statisch untersucht werden müssen.

Das gewählte statische System des Überbaus, eine schwimmende Lagerung wie schon beschrieben, führt zur Frage der Lokalisierung des Bewegungsnulldpunktes für Temperatur-, Schwind- und Kriechinflüsse. Dabei spielen der Bauvorgang, Unterschiede im Reibungsbeiwert der einzelnen Brückenlager und allfällige Inhomogenitäten im Beton des Überbaues eine wesentliche Rolle. Der stabilisierende Rahmen, gebildet aus den Stützen 5 und 6 und dem dazwischenliegenden Feld, musste daher auf eine in der Überbauebene angreifende Horizontalkraft von 270 t bemessen werden.

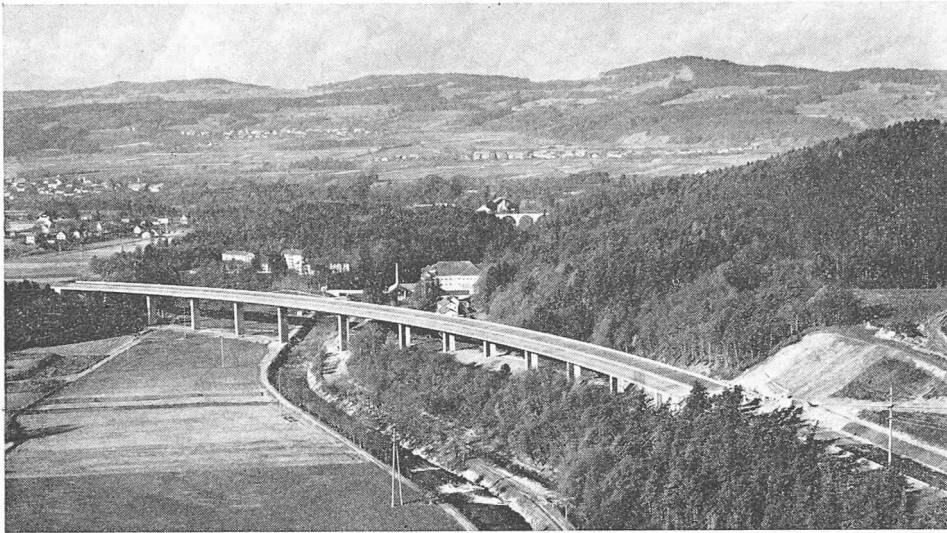
Ein weiteres Problem liegt in der Frage der statischen Mitwirkung des Überbauquerschnittes. Die Konsolaustragung der Fahrbahnplatte von total 7,80 m ist eine der grössten in der Schweiz bisher ausgeführten seitlichen Auskragungen von Brückenplatten. Auf Grund des gewählten Bauvorganges wurde die Fahrbahnkonsole in Etappen von rund 8,1 m Länge erstellt. Es stellte sich deshalb die Frage, ob sich die Längsvorspannung, wie in der statischen Berechnung vorausgesetzt, auch auf die Konsole auswirken würde. Erfahrungsgemäss stimmen Deformationsmessungen an Brücken nur dann mit den Berechnungen überein, wenn der gesamte Querschnitt als statisch wirksam angenommen wird. Am Beispiel der Lättenbrücke konnte festgestellt werden, dass die anfänglich undichten Etappenfugen der Konsolplatte nach Aufbringen der zweiten Vorspannung dicht wurden, was als Beweis für die statische Mitwirkung des Gesamtquerschnittes betrachtet werden kann.



Bauarbeiten im Taktverfahren (Pfeiler, Lehrgerüst, Trog, Fahrbahnplatte, Konsolen, Konsolkopf)



Zeitlicher Ablauf von Submission und Realisierung



Flugaufnahme des gesamten Bauwerkes

Die rechnerische Erfassung der Setzungen der einzelnen Pfeiler war wegen der Heterogenität des Untergrundes nicht einfach. Als Voraussetzung für die statische Berechnung wurde deshalb ungünstigerweise eine kurzzeitige Setzungsdifferenz von 5 cm zweier benachbarter Stützen angenommen, dafür aber im Wettbewerb eine durchgehende Flachfundation vorgeschlagen. Gegenüber der von sämtlichen übrigen Konkurrenten im Wettbewerb gewählten teilweisen Pfahlfundation hat sich unsere Wahl als richtig erwiesen, indem die grösste gemessene Fundamentsetzung bei Pfeiler 6 den Betrag von 15 mm erreichte und sich sämtliche übrigen Pfeiler lediglich 2–12 mm setzten.

#### Unternehmerische Probleme

Diese beginnen bei einem Submissionswettbewerb bereits im Stadium der Projektierung und der Kalkulation. Im vorliegenden Falle wurde die in Frage kommende *spezialisierte Arbeitsgruppe zum Voraus bestimmt*, deren Bauführer und Polier in die Studien- und Submissionsequipe integriert und ihre Ansichten, Ideen und Wünsche so weit als möglich beim Projekt und bei der Kalkulation berücksichtigt. Es ergab sich dadurch eine sehr erspriessliche Zusammenarbeit, nicht zuletzt auch mit den projektierenden Ingenieuren, deren Erfolg

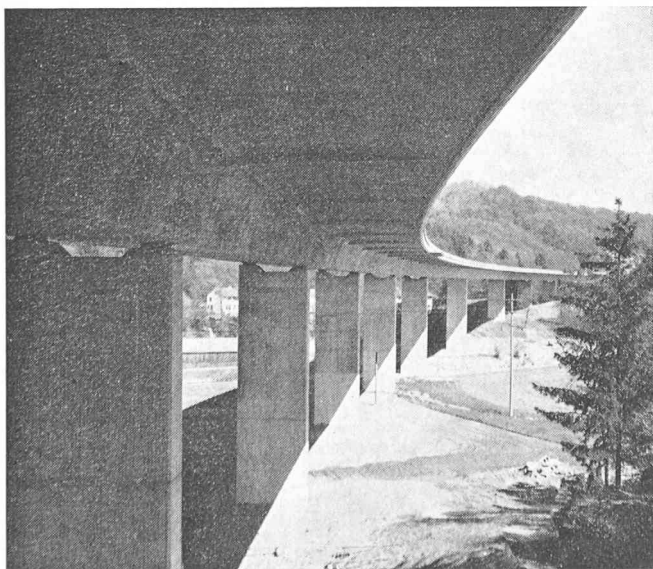
eine technisch ausgewogene und preislich günstige Lösung war. Dazu führten auch ausgedehnte Optimierungsberechnungen, die oftmals zu überraschenden Resultaten und neuen Erkenntnissen führten und heute noch am fertigen Bauwerk auch sichtbar sind. In Voraussicht auf die damals sich schon abzeichnende Krise in der Bauwirtschaft spielten natürlich die preislichen Gesichtspunkte eine wesentliche Rolle, denn keinem Unternehmer nützt eine technisch vorbildliche Lösung, wenn er den Auftrag zur Ausführung nicht erhält.

Der *Planung* des Bauablaufes wurde grosse Beachtung beigemessen. Studien auf bereits in Ausführung begriffenen ähnlichen Objekten und anhand der Ausstellungen von Projekt- und Submissionswettbewerben zeigten für die gestellte Aufgabe die vielfältigen positiven Möglichkeiten des einzelligen Hohlkastenquerschnittes mit *beidseitig extrem auskragenden Konsolen*. Den Hohlkasten allein auf einem konventionellen Lehrgerüst (System Coray) an Ort und Stelle herzustellen, um dann mit einem oben liegenden unterfahrbaren Nachlaufgerüst die beidseitigen Konsolen zu betonieren, drängte sich unseres Erachtens im vorliegenden Falle allein schon von den «Takt»-Möglichkeiten auf. Die Erkenntnisse der *Lernkurventheorie* wurden im gewählten Arbeitstakt-Verfahren voll verwertet und bestätigten sich in der Folge durch ein *kontinuierliches Absinken des spezifischen Stundenaufwandes*. So wurde denn in einer mittleren Zeiteinheit von drei Wochen, über eine Länge von einem Feld, mit etwa 45 Arbeitskräften in folgender *Taktfolge* gearbeitet:

- Vorarbeiten
- Takt 1: Unterbau und Lehrgerüst
- Takt 2: Überbau – Trog
- Takt 3: Überbau – Fahrbahnplatte (ohne Konsole)
- Takt 4: Demontage Lehrgerüst
- Takt 5: Beidseitige Konsolen
- Takt 6: Beidseitige Brüstungen
- Fertigstellungsarbeiten

Das *Bauprogramm von 21 Monaten* (inkl. Installation, Vor- und Nacharbeiten sowie Winterpause), von der Fachwelt im Zeitpunkt der Jurierung als unmöglich bezeichnet, wurde eingehalten. Sicher ein Erfolg, wenn man bedenkt, dass der diesbezüglich nächste Konkurrent 29 Monate, der mit dem längsten Bauprogramm vergleichsweise 41 Monate für den Bau der Brücke zu benötigen glaubte. Wir geben aber zu, dass nur das Wissen um die Leistungsfähigkeit des vorgesehenen und dann auch ausführenden Kadern uns die Möglichkeit eines knappen Bauprogrammes gab.

Untersicht der fertigen Brücke



## Massenverbrauch

Massenverbrauch (Hauptbrücke)	Wider- lager	Pfeiler- fundamente	Pfeiler- schaft	Gesamter Überbau	Total Haupt- brücke
<i>Konstruktionsbeton</i>					
Total m <sup>3</sup>	1 230	2 470	2 000	10 260	15 960
m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> Brückenfläche	0,07	0,15	0,12	0,62	0,96
<i>Schlaffe Armierung</i>					
Total to	79	117	132	965	1 293
kg/m <sup>3</sup> Beton	64	47	66	94	81
kg/m <sup>2</sup> Brückenfläche	4,7	7,0	7,9	57,9	77,5
<i>Vorspannung</i>					
Total to	-	-	-	306	-
(nur Drahtgewicht)	-	-	-	30	-
kg/m <sup>3</sup> Beton	-	-	-	30	-
kg/m <sup>2</sup> Brückenfläche	-	-	-	18,3	-

Die Installationen konnten *recht einfach* und *konventionell* gehalten werden. Überhaupt wurde in allen Phasen immer versucht, auf einfachen Wegen zum Ziel zu kommen. Gegeben durch den gewählten Längseinsatz der Hebezeuge und der hindernisbedingten Unterbrechungen der Kranbahnen (EKZ Hochspannungsleitung, Glatt und Fabrikkanal) traten trotz der Verwendung von drei Turmdrehkränen von 100 mt und einem beweglichen Pneukran öfters Engpässe in der Hubkapazität auf. Speziell erwähnt sei hier noch die nachträgliche Auflage der kantonalen Gewässerschutzbehörden, wonach das *Abwasser der Arbeiterunterkunft biologisch geklärt* werden musste, eine recht kostspielige Angelegenheit.

In *materialtechnischer* Hinsicht interessant dürften unsere Bemühungen zu werten sein, einen sicher frostbeständigen und zudem den Festigkeitsanforderungen (Beton BS 425 kg/cm<sup>2</sup>) des Bauherrn entsprechenden *Konstruktionsbeton* herzustellen. Unterstützt wurden wir dabei durch die Organe der *EUCO-Bauchemie* und durch die Möglichkeiten der *Frühbestimmung der Frostbeständigkeit* durch das *LPM-Institut in Beinwil a.S.* In erfreulicher Zusammenarbeit mit der Bauleitung und der Bauherrschaft konnten Erkenntnisse vertieft werden, die bei zukünftigen Bauwerken verwendet werden können. Anzustreben ist, durch zweckmässige Wahl der Luftporeneinführung bei nur geringer Reduktion der verlangten Betonfestigkeit die Voraussetzung zu schaffen, frostbe-

## Baukosten

<i>Baukosten</i> (Preisgrundlage 13. September 1974) (Brückenfläche Hauptbrücke = 16677 m <sup>2</sup> )	<i>je</i> <i>Bauteil</i> <i>in 1000 Fr.</i>	<i>je</i> <i>Brückenfläche</i> <i>Fr./m<sup>2</sup></i>
Installationen mit Transportpisten und Arbeiterunterkunft	786	47
Wasserhaltung	30	2
Allgemeine Erdarbeiten:		
Allgemeine	129	8
Damm bis Losgrenze	79	5
Baugrubenaushub und Baugrubensicherung	115	7
Unterbau:		
Eisenbetonarbeiten für Fundamente, Stützen und Widerlager	1 365	82
Lager und verschiedene Arbeiten	180	11
Überbau:		
Lehrgerüst	1 247	75
Eisenbeton- und Vorspannarbeiten	4 596	269
Entwässerung, Fahrbahnübergänge, Leitplanken und verschiedene Arbeiten	589	35
Isolationen und Beläge	539	32
Separate Unterführung (BW 202) total	252	15
Total Bauarbeiten	9 807	588
Davon nur Hauptbrücke	(9 476)	<u>568</u>
Ingenieurhonorar und Aufrechnung		
Strassenkörper	817	49
Vergleichssumme	10 624	637

ständigen Beton sicher garantieren zu können. Im Falle der Brüstungsmauern ist unter gewissen Bedingungen auch *frosttausalzbeständiger Beton* heute wohl möglich, sofern die örtlichen Gegebenheiten, insbesondere die Kies-Sand-Qualität, optimal sind.

Mit unserer Angebot-Vergleichssumme von Fr. 10624000.- erhielt der Bauherr ein vergleichsweise preislich günstiges Brückenbauwerk, war doch die entsprechende Summe des nächstliegenden Konkurrenten um 18%, die des höchsten um 47% teurer. Unser günstiger Preis ist entstanden durch Verzicht auf zusätzliche Abschreibungen auf vorhandenem Inventar und durch ein technisch ausgereiftes Projekt. Die Realisierung erfolgte durch eine Gruppe hochqualifizierter Fachleute, deren aussergewöhnliche Leistung für den Erfolg entscheidend war und für deren grossen Einsatz wir auch an dieser Stelle danken möchten.

## Der Architekt und die Tragwerkslehre

Von Hans Hugi, Zürich

Der Unterricht in *Tragwerkslehre an Architekturschulen* ist weltweit überschattet durch ein *gewisses Unbehagen* mit Bezug auf die *Kosten-Nutzen-Relation*. Sowohl Lehrende wie Lernende müssen sich ehrlicherweise eingestehen, dass trotz viel gutem Willen auf beiden Seiten der im Entwurfsprozess letztlich mobilisierbare Ertrag aus der Tragwerkslehre in einem *seltsamen Missverhältnis* steht zum in dieses Fach investierten Aufwand an Zeit und Mühe. Ein solcher Sachverhalt weist auf *Missverständnisse* hin. Der Architekt erhofft sich vom Unterricht in Tragwerkslehre die Befähigung, aus der Intuition heraus qualitativ richtige, d.h. effiziente Tragstrukturen in seine Entwürfe einplanen zu können. Die nachfolgenden, einfachen Überlegungen wollen zeigen, weshalb dieser zweifellos verständliche Wunsch kaum erfüllbar ist.

Wir beginnen mit einem als Scherzfrage altbekanntem Gedankenexperiment. Ausgehend von der Vorstellung einer an einem wenige Millimeter starken Stahldraht aufgehängten Stahlkugel von 1 m Durchmesser wird nach dem erforderlichen Durchmesser eines Stahlseils gefragt, an welchem die Erdkugel (in ihrem eigenen Schwerfeld) aufgehängt werden könnte. Das recht verblüffende Ergebnis ist in Bild 1 dargestellt.

Der Durchmesser des «Drahtes» müsste dem 23fachen Erddurchmesser entsprechen! Das Ergebnis wird verständlicher, wenn wir als Zwischenstufe die Kugel von 1 km Durchmesser einschalten, deren Aufhänger immerhin schon respektable 227 m Durchmesser aufweist. Bei Vernachlässigung des Eigengewichtes der «Tragstruktur», hier des Aufhängefadens, liefern die *Bemessungsformeln* folgende Zusammenhänge: