

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 93 (1975)
Heft: 13: Brückenbau

Artikel: Der Bau der Hardbrücke in Zürich
Autor: Bernardi, B. / Bosshard, E. / Dobler, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72706>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

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

Brückenbau

Der Bau der Hardbrücke in Zürich

Von B. Bernardi, E. Bosshard, und W. Dobler, Zürich

DK 624.27

1. Das Bauvorhaben

Die Hardbrücke ist Teil von Zürichs innerstädtischer Express-Strasse, der Westtangente. Sie ist 204 m lang und überquert 24 Durchfahrts- und Gütergeleise des Hauptbahnhofes Zürich. Mit vier Fahrspuren und mit zwei seitlichen Gehwegen ist sie 28,90 m breit. Sie ersetzt die alte Hardbrücke, eine im Jahre 1898 erstellte Stahlfachwerkbrücke. Alte und neue Brücke haben die gerade Brückenachse gemeinsam. Die Fahrbahnoberkante der alten Brücke lag rund 4,5 m tiefer als diejenige der neuen Brücke. Die alte Brücke hatte die wesentlich geringere Breite von 19,50 m (einschliesslich getrennte seitliche Gehwegbrücken).

2. Voraussetzungen für den Bau der Hardbrücke

Eine Reihe von örtlichen Gegebenheiten und Vorschriften engten die Freiheitsgrade von Projektierung und Ausführung ein:

- Die Stützenachsen und damit die Spannweiten waren weitgehend vorbestimmt durch die Geleisewiderräume.
- Die Stützenachsen stehen mit unterschiedlichen Winkeln schief zur Brückenachse.
- Die möglichen Stützenstandorte waren zusätzlich eingengt durch Pfeiler der alten Hardbrücke, durch eine Trafostation, durch Bunker und Öltanks usw.
- Lehrgerüstabstützungen waren zwischen den Stützenachsen in den meisten Brückenfeldern nicht möglich (Ablaufberg des Güterbahnhofes).
- Die neue Brücke liegt innerhalb eines langen Hochstrassenabschnittes und hat an den Enden keine Widerlager.
- Die Zufahrt auf die alte Hardbrücke mit Lastwagen und Baugeräten war nur im ersten Jahr der Bauausführung möglich.
- Auf sämtlichen Geleisen waren keine längeren Betriebsunterbrüche erlaubt. Für die Durchfahrtsgeleise waren nächtliche Sperrungen von höchstens 3 1/2 Stunden möglich.
- Der Abbruch der alten Hardbrücke war in Projekt und Bauvorgang einzubeziehen und die geringen Sperrmöglichkeiten für die Geleise zu berücksichtigen.
- Der Fussgänger- und Radfahrerverkehr war während der ganzen Bauausführung aufrechtzuerhalten, der öffentliche und private Fahrverkehr dagegen wurden vor Baubeginn umgeleitet.

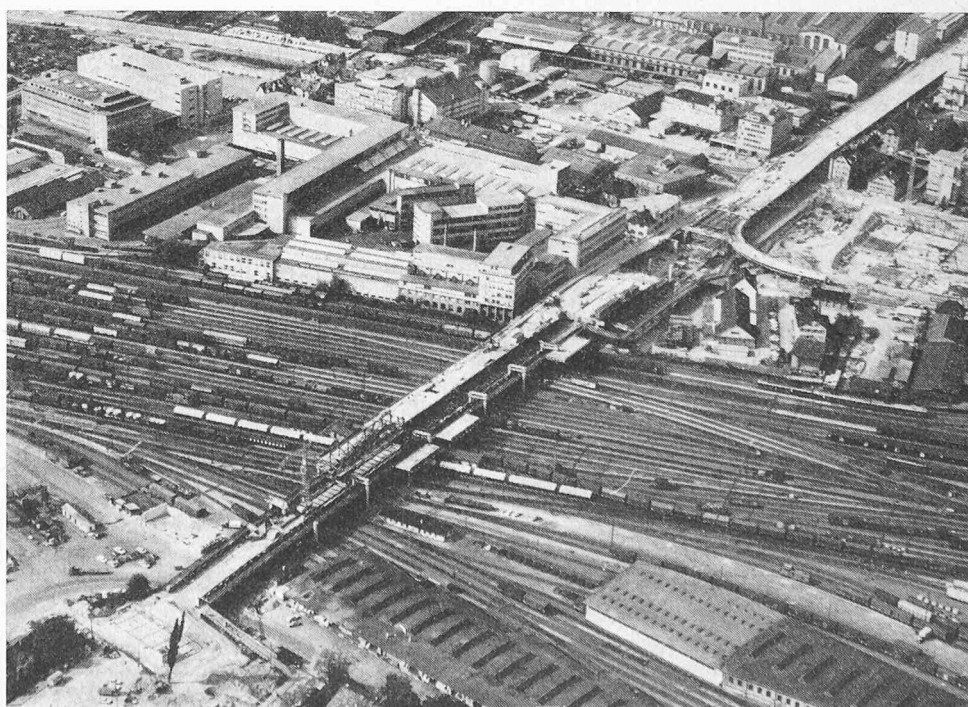


Bild 1. Flugaufnahme der Baustelle der Hardbrücke
(Photo Jack Metzger)

Unter diesen Voraussetzungen hat das Tiefbauamt der Stadt Zürich die Hardbrücke in Form eines beschränkten Submissionswettbewerbes ausgeschrieben. Eingeladen waren sechs Arbeitsgemeinschaften von Unternehmern und Ingenieuren. Einzuzureichen war das Projekt mit Pauschalangebot für die Ausführung, einschliesslich Abbruch der alten Hardbrücke. Gleichzeitig hatten die Unternehmer die beiderseitigen Anschlusslose der Hochstrasse anzubieten, wofür verbindliche Ingenieurprojekte vorhanden waren. Dadurch war es möglich, den Bauablauf unter Berücksichtigung der beschränkten Platz- und Zufahrtsverhältnisse in den Baulosen aufeinander abzustimmen («Schweizerische Bauzeitung» 88 [1970] H. 33, S. 594, und H. 45, S. 1045).

3. Die Hauptmerkmale des Ausführungsprojektes

Zur Ausführung gelangte eine vorgespannte Ortsbetonbrücke, bestehend aus zwei einzelligen Hohlkasten, die mittels der Fahrbahn-Zwischenplatte monolithisch verbunden wurden. Da sie in Gestaltung und Abmessungen ähnlich den beiderseitigen Anschlussbrücken gehalten werden konnte, ordnet sie sich ästhetisch gut in den langen Hochstrassenzug der Westtangente ein. Die Ästhetik war ein wesentlicher Grund, weshalb die Projektverfasser alle Anstrengungen unternommen haben, die vorgespannte Ortsbetonbrücke konkurrenzfähig anzubieten, obwohl die örtlichen Verhältnisse eher auf eine Montagebauweise hinwiesen.

Für den Bau einer Brücke über intensiv befahrene Geleiseanlagen liegen die entscheidenden Probleme mehrheitlich auf der Ausführungsseite. Gesucht war ein ausgewogenes Spannbetonprojekt, das mit wirtschaftlichen Ausführungsmethoden unter erschwerten Bedingungen erstellt werden konnte. Die alte Hardbrücke schien grundsätzlich dazu geeignet, folgende Funktionen im Bauablauf zu übernehmen:

- Schutzgerüst mit allerdings ungenügender Breite
- Installations- und Lagerfläche
- Kran- und Dienstbrücke
- tragende Basis für ein Lehrgerüst, besonders weil im Geleisefeld zuwenig Abstützmöglichkeiten bestanden.

Der Gedanke, die alte Hardbrücke als Lehrgerüstunterlage heranzuziehen, stand anfänglich im Vordergrund. Diesem Vorhaben standen die beschränkte Tragfähigkeit, die geringe Breite und der nicht über alle Zweifel erhabene Zustand (Dampfbetrieb unter der Brücke während mehrerer Jahrzehnte, Rostschäden) der alten Brücke, entgegen. Um Risiken zu vermeiden, versuchten wir, ein weitgespanntes, mobiles Gerüst zum Einsatz zu bringen.

In den letzten Jahren sind viele Arten von Vorschubrüstungen eingesetzt worden, in der Regel aber aus wirtschaftlichen Gründen nur für längere Brücken. Wenn dies bei der nur 200 m langen Hardbrücke trotzdem möglich wurde, so nur durch die Nutzbarmachung von günstigen Umständen. Folgende Überlegungen haben zu einem einfachen und wirtschaftlichen Vorschubgerüst geführt:

- Die Brücke wurde im Querschnitt in zwei Kastenträger aufgelöst, so dass die Vorfahrrüstung über zweimal 200 m genutzt werden konnte. Die die Hohlkasten verbindende Fahrbahnplatte wurde erst am Schluss (nach Abbruch der alten Hardbrücke) erstellt. In der Achse der alten Hardbrücke war damit Platz vorhanden für einen Turmdrehkran, der die Baustelle auf der ganzen Länge bedienen konnte. Die Kastenträger wurden als Durchlaufträger feldweise mit Kragarm erstellt. Mit 6 Spannweiten sind somit 12 zu erstellende Etappen für das Vorfahrgerüst entstanden (Bild 1).

- Die alte Hardbrücke mit dem Krangleise hat sich zum Vorschieben des Gerüsts als geeignet erwiesen. Damit wurde das Gerüst mit 45 m etwa so lang, wie die längste zu erstellende Brückenetappe. Demgegenüber werden Vorschub-

gerüste, die sich selbst von Pfeiler zu Pfeiler vorarbeiten, 1½fach bis 2fach so lang.

- Da die Brücke gerade ist, entfiel die aufwendige Mechanik für Kurvenfahrt, sowohl bei der Schalung wie beim Gerüst.

- Auf das Mitfahren der Schalelemente beim Vorschub konnte verzichtet werden. Der auf der alten Hardbrücke installierte Kran besorgte das Umsetzen der Schalungen. Die aufwendigen Ausrüstungen für die Mitfahrt der Schalelemente, wie sie bei oben liegenden Rüstungen normalerweise erforderlich sind, waren nicht notwendig.

- Auf den Gedanken einer wiederverwendbaren Gerüstkonstruktion hat man von Anfang an verzichtet. Das Gerüst wurde nur für den Fall Hardbrücke bemessen. Gewichte und Einheitspreise sind damit wesentlich unter denjenigen von Baukastensystemen geblieben. Dagegen musste die Ausrüstung an der Hardbrücke praktisch vollständig abgeschrieben werden, da mit einer Wiederholung unter ähnlichen Voraussetzungen nicht zu rechnen war. Dieser Nachteil konnte aber mit den vorerwähnten Massnahmen aufgefangen werden.

- Bei der Hardbrücke lagen die Stützenachsen unterschiedlich schief zur Brückenachse, die Brückenfelder hatten sehr ungleiche Längen, und die Platzverhältnisse zwischen der neuen und der alten Hardbrücke waren eng. Mit auf dem Markt erhältlichen Vorschubgerüsten hätten die besonderen Probleme der Hardbrücke nicht gelöst werden können. Es war eine minuziöse Arbeitsvorbereitung notwendig, die dann auch zu hohen Arbeitsleistungen geführt hat, ohne dass grosse Anlaufzeiten, Änderungen oder Anpassungen erforderlich gewesen wären.

4. Technische Daten der neuen Brücke

- Durchlaufende, vorgespannte Ortsbetonbrücke mit 6 Spannweiten von: 30,95; 40,75; 40,74; 30,61; 27,33 und 33,67 m.
- Gesamte Länge: 204,05 m; Breite: 28,90 m; Fläche: 5910 m².

4.1 Pfeiler und Foundation

Die Brücke ist auf Pressbeton-Bohrpfählen von 125 cm Durchmesser, System Hochstrasser-Weise, gegründet. Diese sind in ganzer Länge in Limmatschottern mittlerer Lagerungsdichte eingebunden. Flachfoundationen wären möglich gewesen. In deren Ausführung wären aber Geleiseunterfangungen und Betriebsunterbrüche notwendig geworden. Der Einsatz von Hochstrasser-Weise-Bohrpfählen war unter den gegebenen Verhältnissen besonders günstig, da das Bohrgerät sich auf der alten Hardbrücke bewegen konnte und im Geleiseareal praktisch kein Platz beansprucht wurde. Die Stützen von 120 cm Durchmesser sind ohne Pfahlbankett direkt auf die Pfähle aufgesetzt.

In statischer Hinsicht bilden Pfeiler und Pfahl eine monolithische Einheit. Das Abtragen der anfallenden Horizontalkräfte und Biegemomente wurde nach der Theorie der «elastischen Bettung» gerechnet. Für die Bemessung von Stützen und Pfählen waren die vorgeschriebenen Anpralllasten von 200 t im Geleisefeld massgebend. Die Länge der Pfähle beträgt 13 bis 16 m. Sie haben maximal 680 t ($\tau_{zentr} = 55 \text{ kg/cm}^2$) aufzunehmen. Je Stützenjoch sind 4 Pfeiler direkt unter den Kastenstegen des Überbaues angeordnet. Die mittleren Stützenjoch 3, 4 und 5 sind monolithisch mit dem Überbau verbunden. Die Joch 2 und 6 haben Betongelenke auf den Pfeilerköpfen. An den Brückenenden sind Kipp-Gleitlager angeordnet. Der Überbau ist somit schwimmend gelagert.

Bild 2. Querschnitt durch die Hardbrücke mit Angaben des Bauvorganges 1:250

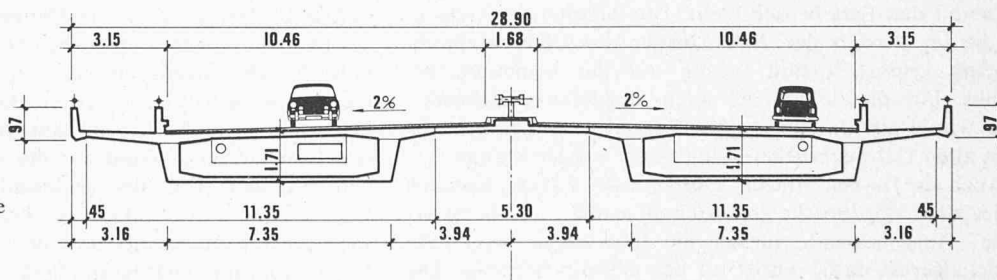
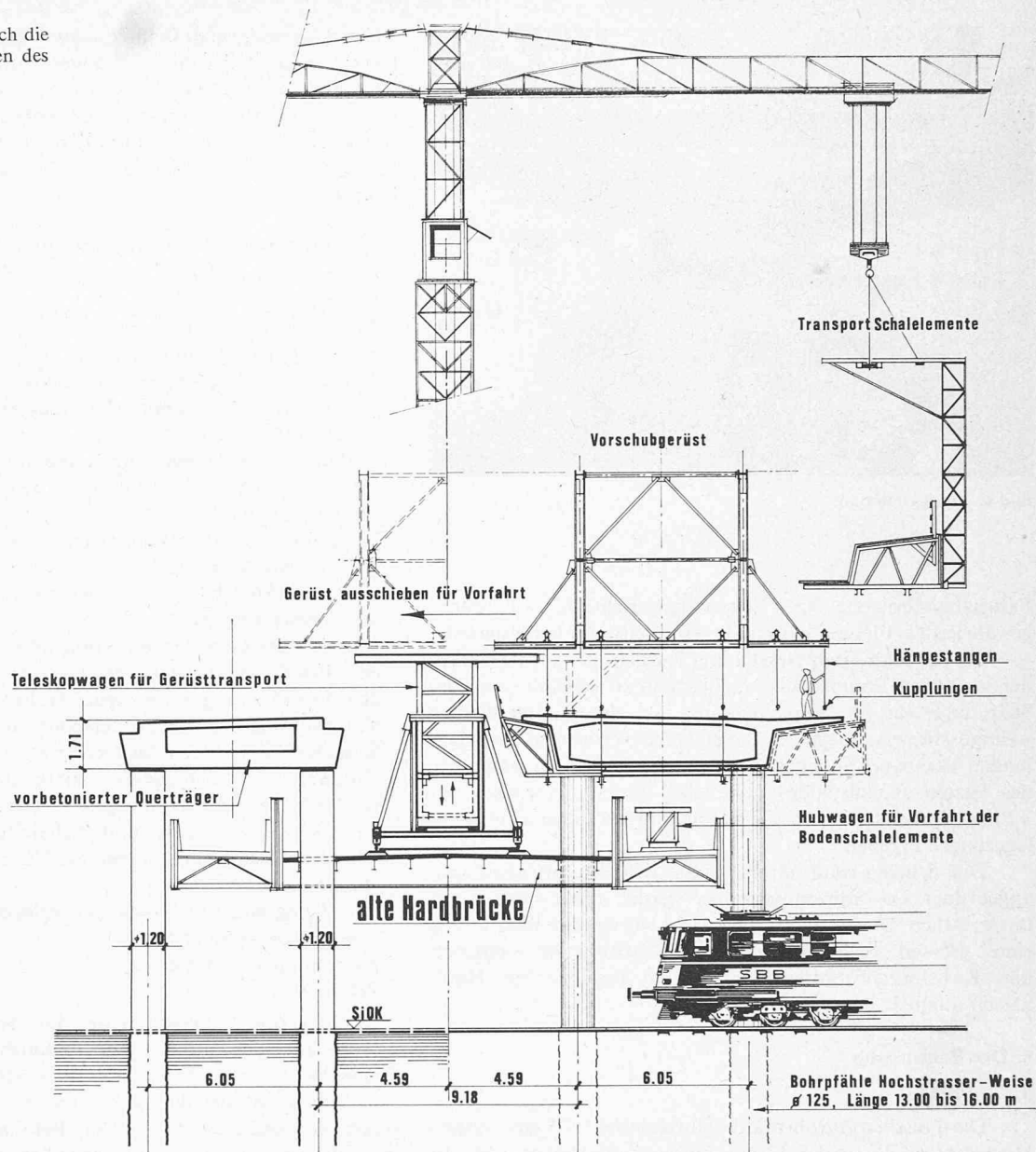


Bild 3. Querschnitt durch die Hardbrücke 1:250

4.2 Der Brückenüberbau

Der Brückenüberbau ist leicht schiefwinklig auf den Pfeilerjochen gelagert. Als Hauptträger wirken zwei Hohlkasten mit durchgehend konstanter Bauhöhe von 165 cm für den äusseren und 180 cm für den inneren Steg. Die Unterseite der Hohlkasten ist horizontal; die Kastenstege sind aus herstellungstechnischen und ästhetischen Gründen aussen leicht geneigt.

Die Fahrbahnplatte mit einer minimalen Stärke von 22 cm verläuft monolithisch über die ganze Brückenbreite von 28,90 m. Sie ist quer nicht vorgespannt (Bild 3).

Die Längsvorspannung erfolgte mit Litzenkabeln, System VSL. Entsprechend dem Bauvorgang (feldweises Betonieren mit Abspannung am Kragarmende) sind die Kabel an den Etappenenden gekuppelt. Je Etappe wurden 60 bis 70% der Vorspannkabel voll gespannt; die restlichen 40 bis 30% wurden mit verschieblichen Kupplungen in die anschliessende Etappe verlängert und dort gespannt. Zum Reibungsausgleich wurden die Kabel auf 107% gespannt mit Ablassen auf 100% Vo. Sämtliche Stützenschnitte sind im Sinne der Normen SIA voll vorgespannt. Die Rissefreiheit an der

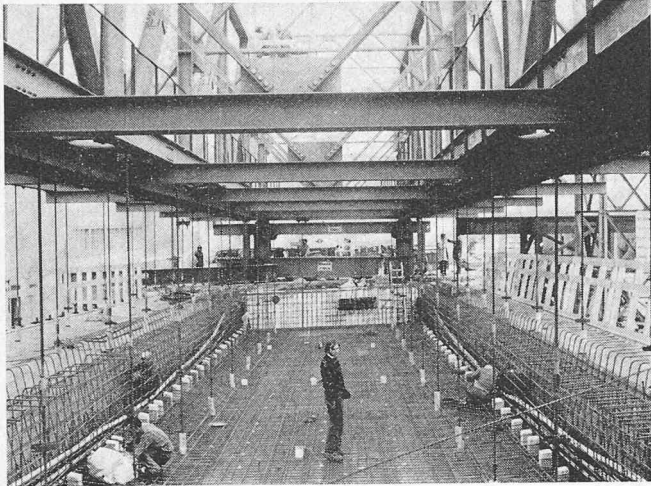


Bild 4. Trogarmierung

Fahrhahnoberfläche in Brückenlängsrichtung ist damit gewährleistet. Einige Feldschnitte sind teilweise vorgespannt.

Bei der feldweisen Herstellung wurden die Auskragungen der jeweiligen Etappen ins Nachbarfeld so gewählt, dass der Stoss ungefähr im Momentennullpunkt des durchlaufenden «Eingussträgers» liegt. An dieser Stelle werden die durchlaufenden Vorspannkabel gekuppelt. Dadurch sind die Momente des letzten Bauzustandes annähernd gleich denjenigen des «Eingussträgers», so dass sich nur unwesentliche Kriechumlagerungen ergeben.

Die Stützen sind direkt unter den Hauptträgerstegen angeordnet. Die Stützenquerträger werden daher statisch nur unwesentlich beansprucht. Dadurch wurde die Anordnung einer grossen, rechteckförmigen Aussparung für Leitungs- und Kabeldurchführungen sowie zum Begehen der Hohlkästen möglich.

5. Der Bauvorgang

5.1 Unterbau

Die Pressbeton-Bohrpfähle Durchmesser 125 cm, System Hochstrasser-Weise der Firma *Losinger AG*, haben sich für dieses Bauvorhaben als besonders geeignet erwiesen. Die Pfahlmaschine stand auf der alten Hardbrücke und behinderte somit den Bahnbetrieb nicht. Die Arbeiten im Geleisefeld, die im Bereich des Ablaufberges des Güterbahnhofes besonders gefährlich sind, waren auf ein Minimum beschränkt. Für die seitlich der alten Hardbrücke stehenden Pfähle wurde ein umsetzbares Schutzgerüst mitgeführt, das an den alten Gehwegbrücken festgemacht werden konnte.

Auch die runden Stützen, Durchmesser 120 cm, konnten von der alten Hardbrücke aus geschalt, armiert und betoniert werden. Anschliessend wurden die Querträger hergestellt. Das Schalgerüst dafür wurde an den Stützen befestigt. Die Querträger mussten vor dem Überbau erstellt werden, um das Vorschubgerüst im Betonierzustand abstützen sowie ein- und ausschieben zu können.

5.2 Überbau

Für die feldweise Erstellung der beiden Brückenkasten kam das erwähnte Vorschubgerüst zum Einsatz. Es stützte sich im Betonierzustand vorn auf den vorgängig erstellten Querträger, hinten auf den Kragarm der vorangegangenen Etappe. Die 3 m langen Schalungselemente waren an Dywidagstangen aufgehängt. In Querrichtung waren sie in drei Elemente geteilt. Die seitlichen Konsolelemente wurden mit Hilfe des Krans sowie eines «Entenschnabls» von einer Etappe in

die nächste umgesetzt. Während der Vorfahrt des Gerüstes blieben sie am Beton der zuletzt erstellten Etappe hängen. Die Schalenelemente des Kastenbodens wurden mit einem Hubwagen vortransportiert, der auf den Gehwegbrücken der alten Hardbrücke fahren konnte. Die Breite dieser Schalungsteile war so gewählt, dass sie zwischen den Pfeilern durchgefahren werden konnten.

Die Arbeitstakte in Stichworten (Bild 2)

- Betonieren der Etappe
- Vorspannen
- Absenken des Gerüstes bis zum Absitzen auf vorderer und hinterer Querverschubbahn
- Ablösen der Schalungen vom Beton, dieselben hängen an der betonierten Etappe (Dywidag-Stützmuttern auf der Fahrhahnoberfläche)
- Entkuppeln der Hängestangen über der Fahrhahnoberfläche, womit Gerüst und Schalungen getrennt vortransportiert werden konnten
- Vorschubwagen (teleskopierbar) auf Krangleise mit Seitenverschubbahnen kuppeln
- Seitliches Ausschieben des Gerüstes auf vordern und hinteren Vorschubwagen
- Vorfahrt des Gerüstes auf Vorschubwagen (motorisiert) um eine Feldlänge, Anheben des Gerüstes mit Teleskoptürmen der Vorschubwagen in neue Höhenlage. Kupplung der Vorschubwagen mit Seitenverschubbahnen
- Seitliches Einschieben des Gerüstes
- Umsetzen der Schalungselemente, Konsolen mit Kran, Bodenelemente mit Hubwagen
- Anheben von Gerüst und Schalung mit hydraulischen Absenkpressen, Einregulieren der Schalung in der Höhe mit Hängestangen
- Armierung und Vorspannkabel verlegen
- Innenschalung montieren
- Fahrhahnpfahle armieren
- Betonieren.

Trog und Fahrhahnpfahle, d.h. der ganze Querschnitt, wurde in einer Tagesetappe betoniert. Damit sind die Probleme des Zusammenwirkens zwischen erhärtetem Trog und Lehrgerüst für die Aufnahme der Last der Fahrhahnpfahle vermieden worden. Der Betoniervorgang wurde so gewählt, dass nach Zusammenschluss von Frischbeton mit erhärtetem Beton (beim Kragarm und beim vorgängig erstellten Querträger) praktisch keine Lehrgerüstdeformationen auftraten. Die grösste einzubringende Betonkubatur betrug 230 m³. Dazu waren 10 Arbeitsstunden notwendig. Da die Leistung des Krans infolge der Behinderung durch das Gerüst zu klein war, wurde am Gerüst eine Förderbandanlage montiert. Mit einem längsverschieblichen und einem querverschieblichen Band war die Verteilung des Betons über den grössten Teil der Brückenfläche sichergestellt. Der Fabrikbeton wurde über die bereits erstellte Brücke auf Lastwagen herangeführt und über zwei Umschlagsilos dem Förderband und dem Kran abgegeben (Bild 4).

6. Die Ausrüstung für die Überbauerstellung

6.1 Der Vorschubträger

Bei einem oben liegenden Gerüst ist Platz für jede gewünschte Bauhöhe. Bei der Auslegung des Fachwerknetzes waren die unterschiedlichen Spannweiten sowie die Schiefe (zur Brückenachse) der vorbetonierten Querträger zu berücksichtigen. Für die vordere Abstützung des Gerüstes wurde ein Untergurtfeld von 5,60 m Länge zu einem starken Biegeträger verstärkt. Längs dieses Trägers konnten die Absenkpressen und die Gleitschuhe für den Querverschub an beliebigem Ort angesetzt werden, so dass die Auflagerschiefe sowie

Tabelle 1. Technische Daten des Gerüsts (Strebenfachwerk)

Länge	44,80 m	Gewicht	108 t
Systemhöhe	6,50 m	Material	St. 37-1
max. Stützweite	36,40 m	Absenkpressen vorn	2 × 350 t
Maschenweite	5,60 m	Absenkpressen hinten	2 × 280 t
Hauptträgerabstand	5,80 m		

kleinere Spannweitenunterschiede berücksichtigt werden konnten. Für grosse Spannweitenunterschiede liessen sich die hinteren Absenkpressen unter verschiedene Fachwerkpfosten stellen. Das Fachwerk besass einen untern Windverband und n Querverbände. Für leicht exzentrische Last sowie für schiefe Auflagerung vorn war deshalb keine Torsion aufzunehmen. Der Untergurt des Gerüsts lag so hoch, dass die Arbeiter bequem aufrecht gehen konnten. Die Hängestangen wurden an fünf Längsträgern aus I -Profilen eingehängt. Diese Längsträger wirkten gleichzeitig als Windverbandgurturen. Der Windverband liess genügend grosse Öffnungen frei, damit der Kran die Brückenfläche bedienen konnte (Bild 5, Tabelle 1).

Die Hauptträgerknoten wurden in der Werkstatt geschweisst. Die Montagestösse lagen in der Mitte der Streben bzw. der Pfosten, so dass transportfähige Einheiten entstanden.

Es wurden hochfeste Schrauben mit geringem Spiel eingesetzt. Schlupf konnte nicht festgestellt werden. Die Reibflächen wurden nicht besonders behandelt (dünner Anstrich, wie ganzes Gerüst). Bei einer maximalen Stützweite von 36,4 m sind Durchbiegungen des Fachwerkes von 3,1 cm nach Rechnung und Messung aufgetreten, d.h. $L/1200$. Sekundäre Verformungseinflüsse von Hängestangen, sekundären Längsträgern usw. haben die grössten Durchbiegungen der Schalung auf 4,1 cm anwachsen lassen.

6.2 Die Schalungen

Die Hängestangen behinderten die Arbeit praktisch nicht. Der Unterbau der Aussenschalungen war in Stahl gefertigt, aus folgenden Gründen: geringe Bauhöhe zwischen Kastenuntersicht und Obergurt der alten Hardbrücke, Transportfähigkeit der Konsolelemente, konstruktive Ausbildung der Aufhängepunkte. An diesen Aufhängepunkten stiessen zwei oder vier Elemente zusammen. Sie waren so ausgebildet, dass die Reihenfolge des Ein- und Aushängens der Schalelemente beliebig war. Die Stossfugen der 5 cm starken Holzschalung waren auf Stahlträgern angeordnet. Überzähne

Bild 5. Vorschubgerüst

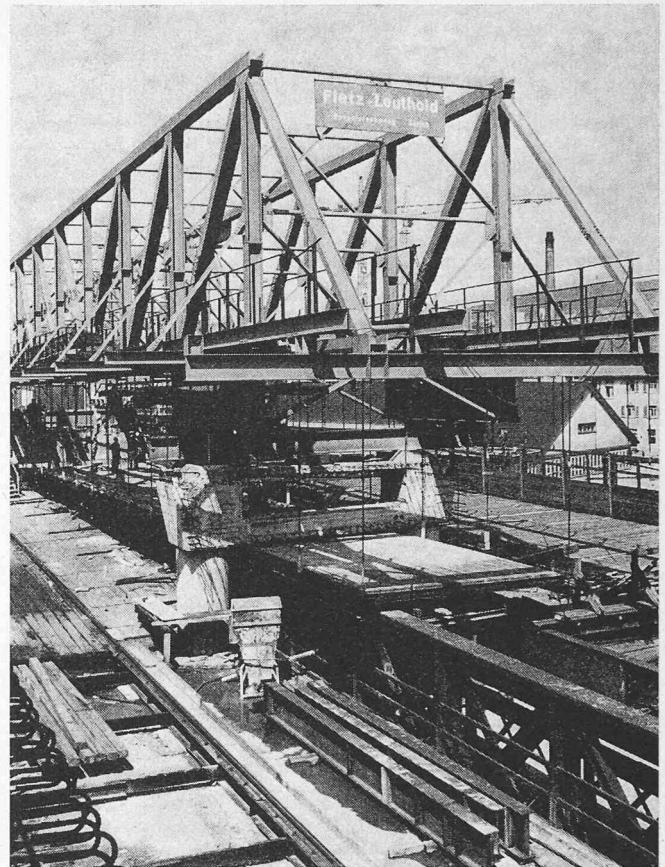
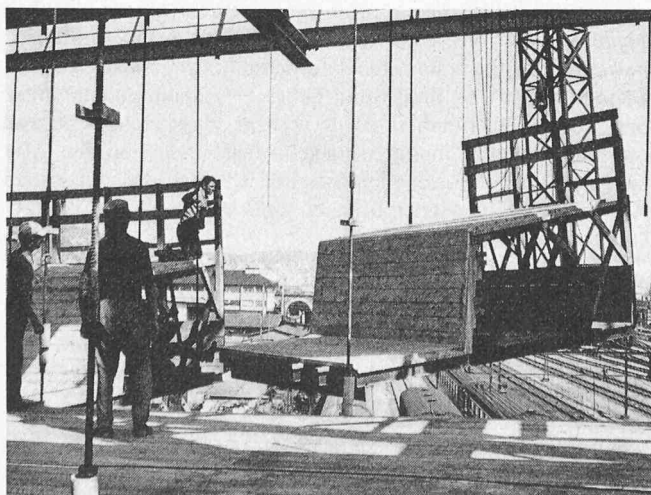


Bild 6. Einhängen eines Winkelschalelementes

wurden dadurch vermieden. Blech- oder Eternitstreifen zum Abdecken der Schalelementfugen waren nicht notwendig. Für die Innenschalung wurden grossflächige Elemente eingesetzt. Den grössten Teil der Betonlast haben sie über Zwischenabstützmuttern direkt an die Hängestangen abgegeben (Bild 6). Die Aussenschalungen erhielten dadurch nur kleine Zusatzlasten. Obwohl im Querträger grosse Aussparungen zum Durchfahren der Schalungen vorhanden waren, hat man durch eine provisorische Öffnung in der Fahrbahndecke ausgeschalt. Man hat dadurch vermieden, dass ungereinigte Schalungen auf die Aussenschalung mit verlegter Armierung montiert werden mussten. Für den Transport der Innenschalelemente zur Ausschalöffnung war ein kleines Spezialfahrzeug vorhanden.

6.3 Vorschubwagen

Die beiden Vorschubwagen waren auf gemieteten Kranfahrwerken aufgebaut. Eines davon war motorisiert. Die Teleskoptürme waren Eigenkonstruktionen der Unternehmung. Sie hatten am Kopf ein Stück Querverschubbahn, das mit den auf der Brückenplatte montierten Querverschubbahnen gekuppelt werden konnte. Es waren je zwei 40-t-Hubzylinder eingebaut, die das Gerüst auf jede verlangte Höhenlage heben konnten. Die Hydraulik wurde so gewählt, dass sie später Wiederverwendung in Betonumschlagsilos finden konnte.

Die Teleskoptürme waren mit stufenlosen Arretiervorrichtungen versehen. Die hydraulischen Zylinder waren nur während des Hebevorganges belastet (Bild 7).

6.4 Die Querverschubbahnen

Der Querverschub erfolgte mit Teflon-belegten Verschiebeschuh auf Chromstahlblech. Das Gerüst wurde quer mit motorisierten Habegger-Zügen in Bewegung gesetzt.

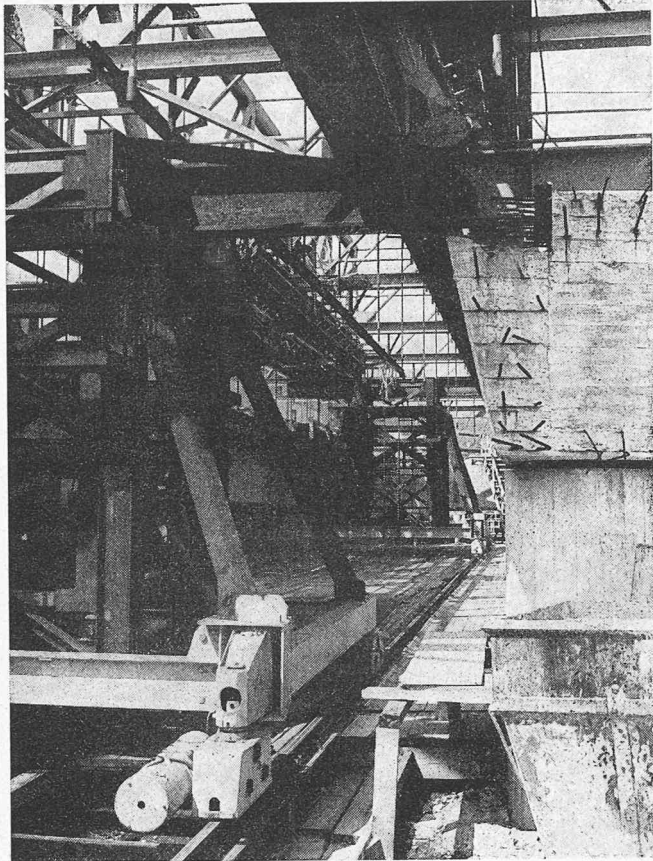


Bild 7. Vorschubwagen

7. Abbruch der alten Hardbrücke

Der Abbruch der Brücke war im Detail mit jedem Trennschnitt geplant, da Rücksicht auf den Bahnbetrieb, insbesondere aber auf die Fahrdrähte zu nehmen war.

Abbruchvorgang

- Einziehen eines Schutzbodens unter der Fahrbahnplatte der alten Hardbrücke
- Abbruch der Betonplatte mit schwerem Abbruchhammer
- Ausbau der Querträger, Hochziehen durch die Öffnung zwischen den beiden Kastenträgern der neuen Brücke
- Abschnittweises Abtrennen und Absenken der Hauptträger und der Gehwegbrücken auf die Geleise, Querverschub unter die Öffnung zwischen Kastenträgern, Hochziehen auf die neue Brücke. Für diese Bewegungen waren zahlreiche Zwischenaufhängungen an der neuen Brücke notwendig. Die Lage der Aussparungen für diese Aufhängungen sowie diejenigen für das Kranseil für das Absenken der Teilstücke mussten schon beim Bau der beiden Kästen berücksichtigt werden.

8. Bauprogramm

Der Bau begann im Frühjahr 1971 mit den Pfählungen. Ende Jahr waren die Stützen und eine Anzahl von Querträgern betoniert. Das Vorschubgerüst wurde im März 1972 montiert. Nach kurzer Anlaufzeit (fünf Wochen für das erste Feld) konnte der vorgesehene Rhythmus von drei Wochen pro Feld eingehalten werden (Tabelle 2). Kürzere Spannweiten erforderten nur 14 Tage, so dass das letzte Feld vor Ende Oktober 1972 mit fast sechswöchigem Vorsprung auf das Bauprogramm betoniert werden konnte. Die ständige Belegschaft während der Überbauerstellung umfasste 12 bis 13 Mann, zeitweilig durch Eisenleger-, Vorspann- und Betonier-equipen verstärkt. Da gleichzeitig auf einem Nachbarbrück-

Tabelle 2. Dreiwöchiges Taktprogramm für eine Überbauspannweite

Donnerstag	Betonieren
Wochenende	Erhärtung
Montag	Spannen von 60 % bis 70 % der Kabel auf 100 % nach erreichter Betonfestigkeit von 300 kg/cm ² , Absenken des Gerüsts
Dienstag	Gerüst verschieben
Mittwoch bis Freitag	Aussenschalung umsetzen
Montag	Armierung Druckplatte und Stege
Dienstag bis Mittwoch	Verlegen der Vorspannung
Donnerstag bis Freitag	Innenschalung montieren
Montag	Armierung Fahrbahnplatte
Dienstag bis Mittwoch	Entwässerung, Aussparungen, Versetzarbeiten, Betonier-vorbereitungen

kenlos gearbeitet wurde, waren diese Equipenverstärkungen ohne Umtriebe möglich. Bis Herbst 1973 wurden die alte Hardbrücke abgebrochen, die Zwischenplatte der Fahrbahn betoniert sowie Beläge, Geländer, Fahrbahnübergänge, Schutzdächer usw. eingebaut.

9. Kosten

Die Brücke wurde mit einem Preis von 602 Fr./m² (Basis 1970) angeboten. In diesem Preis sind inbegriffen: Rohbau, Beläge, Lager, Fahrbahnübergänge, Entwässerung, Schutzdächer und Ingenieurhonorar. Nicht inbegriffen in diesem Preis sind der pauschal angebotene Abbruch der alten Hardbrücke sowie die Teuerungen.

Die Werkkosten für das Gerüst einschliesslich Projektierungen, ohne Abzug von Rückwerten mechanischer Teile, beliefen sich auf:

Vorschubgerüst einschliesslich kompletter Mechanik	550 000 Fr.
Aussenschalung	205 000 Fr.

Für den Vorschub des Gerüsts einschliesslich Schalarbeiten mussten 1,6 h/m² Aussen- und Innenschalung aufgewendet werden. Dieser Wert liegt nur unwesentlich höher als derjenige von vollmechanisierten Vorschubgerüsten, bei denen die Aussenschalung mitfährt. Bei Berücksichtigung der Tatsache, dass für mehrere Spannweiten nur ein Teil des Schalungssatzes verwendet werden konnte und dass auch die Anlaufzeit sowie das Umsetzen des Gerüsts von einer Brückenhälfte auf die andere bei geringer Brückenlänge inbegriffen ist, kann diese Leistung als gut bezeichnet werden.

10. Schlussbemerkungen

Den Bau der Hardbrücke hat die Arbeitsgemeinschaft mit eigenen Mitteln auf unkonventionelle Art bewältigt. Voraussetzungen für das Gelingen waren die Kombination von ingenieurmässigem und unternehmerischem Denken sowie genaue Arbeitsvorbereitung. Der Submissionswettbewerb hat die günstigen Vorbedingungen dazu gestellt. Bauherrschaft und Bauleitung haben mit einem vollständigen und klaren Pflichtenheft dafür gesorgt, dass technische und preisliche Überraschungen ausgeblieben sind. Für den Mut zu einer unkonventionellen Lösung konnten sie mit einem termingerechten, wirtschaftlichen und störungsfreien Bauablauf entschädigt werden.

Beteiligte:

Bauherr und Oberbauleitung:	Tiefbauamt der Stadt Zürich
Bauleitung:	Ingenieurbüro F. Preisig, Zürich
Projekt:	Ingenieurbüro B. Bernardi, Zürich
Bauausführung:	Fietz und Leuthold AG, Zürich

Adresse der Verfasser: B. Bernardi, dipl. Bauing. ETH, SIA, ASIC, E. Bosshard, dipl. Bauing. ETH, SIA, und W. Dobler, Bauing. SIA, in Ingenieurbüro Bernardi, Rötelstrasse 15, 8006 Zürich.