

Der Einfluß der Preisbildung auf die Entwicklung im Massivbrückenbau in der Schweiz

Autor(en): **Menn, Ch.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **26 (1966)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-20882>

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.

Der Einfluß der Preisbildung auf die Entwicklung im Massivbrückenbau in der Schweiz

*The Influence of Prices on the Development of Concrete Bridge Construction in
Switzerland*

*L'influence de la constitution des prix sur le développement de la construction
des ponts en béton en Suisse*

CH. MENN
Dr., Schweiz

Die Entwicklung im Bauwesen wird vor allem durch zwei Faktoren beeinflusst; einerseits durch den Stand der wissenschaftlichen Forschung und andererseits durch die Preisbildung für Löhne und Baumaterialien. Diese beiden Faktoren stehen zum Teil in wechselseitiger Beziehung zueinander und es ist oft schwer festzustellen, ob Forschung oder Preisbildung zur Auslösung einer neuen Entwicklungsphase geführt haben.

Die Wissenschaft beeinflusst die Entwicklung durch die Abklärung grundsätzlicher Fragen bezüglich Belastungsannahmen, Eigenschaften und Verhalten des Materials; Untersuchungen, die zum Teil die Grundlage für verbesserte Berechnungsmethoden bilden und die in der Vervollkommnung der Bemessungs- und Sicherheitsvorschriften der Normen zum Ausdruck kommen. Neue Berechnungsmethoden, die auf den herkömmlichen Grundlagen beruhen, haben keinen Einfluß auf die Entwicklung im Bauwesen. Sie sind hier von sekundärer Bedeutung, da sie nur den Projektierungsaufwand des praktizierenden Ingenieurs reduzieren.

Die Preisbildung richtet sich nach den Gesetzen von Angebot und Nachfrage. Sie ist einer stetigen Veränderung unterworfen und, da sich die Löhne und Baumaterialkosten im Laufe der Zeit sehr unterschiedlich verändern, ist der Einfluß der Preisbildung auf die Entwicklung der Bauwerkskonzeption außerordentlich groß. Die Probleme, die sich in diesem Zusammenhang stellen, werden fast vollumfänglich der Praxis überlassen, da die Bauforschung — die Verbindung von Wissenschaft und Praxis — viel zu wenig intensiv betrieben wird.

Die allgemeine Anwendung neuer, wertvoller Ideen und Verfahren wird oft um Jahre verzögert, da die wissenschaftliche Prüfung und die darauf folgende Zulassung durch die Normen meistens sehr viel Zeit in Anspruch nehmen. So traten zum Beispiel die Normen für die Berechnung und Ausführung von Spannbetonbauten, die die allgemeine Anwendung dieser Bauweise ermöglichten, erst 1956 in Kraft, obwohl bereits 1949 das erste schweizerische Vorspannsystem zum Patent angemeldet wurde.

Da die grundlegenden Bemessungs- und Sicherheitsvorschriften der Normen seit 1956 nicht mehr geändert wurden, hatten die neueren wissenschaftlichen Untersuchungen bis jetzt keinen wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung im Massivbrückenbau. Bei einzelnen Tragsystemen konnte zwar auf Grund wertvoller, wissenschaftlicher Veröffentlichungen der Sicherheitsgrad mit größerer Genauigkeit bestimmt und die Materialausnutzung erhöht werden. Bei der Durchführung von Projektvergleichen und Wettbewerben zeigt sich aber heute immer deutlicher, daß nicht die Materialersparnis zufolge höherer Ausnutzung, sondern die Systemwahl in Verbindung mit einem rationellen Bauvorgang für die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend ist. Um so interessanter ist es deshalb festzustellen, wie sich die Preisbildung in den letzten Jahren auf die Entwicklung im Massivbrückenbau ausgewirkt hat.

Das schweizerische Bauvolumen betrug 1955 3,66 Mia. Franken, stieg 1960 auf 6,10 Mia. Franken und erreichte 1965 11,74 Mia. Franken. Diese außerordentlich starke Zunahme der Bautätigkeit wirkte sich bei den Löhnen und Materialpreisen unterschiedlich aus. Während die Lohnaufwendungen infolge

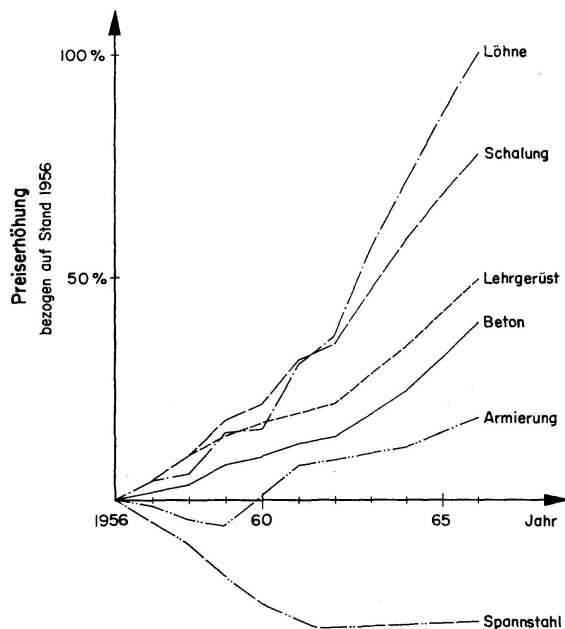


Fig. 1. Preisentwicklung für Löhne, Lehrgerüste, Schalungen, Beton und Armierungen.

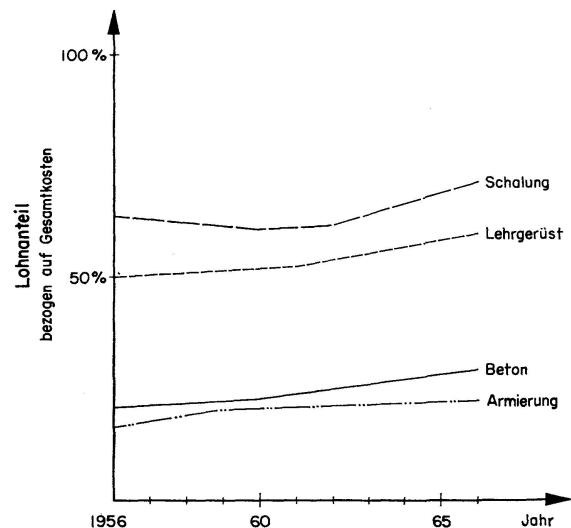


Fig. 2. Lohnanteil bezogen auf die Gesamtkosten für Lehrgerüst, Schalungen, Beton und Armierung.

Mangel an Arbeitskräften und zusätzlichen Sozialleistungen stark anstiegen, blieben die Materialpreise wegen der verbesserten Produktionsmethoden und der zunehmenden Konkurrenz vor allem bei den hochindustrialisierten Produkten (Stahl, Zement) praktisch konstant. Die vorstehenden Diagramme zeig-

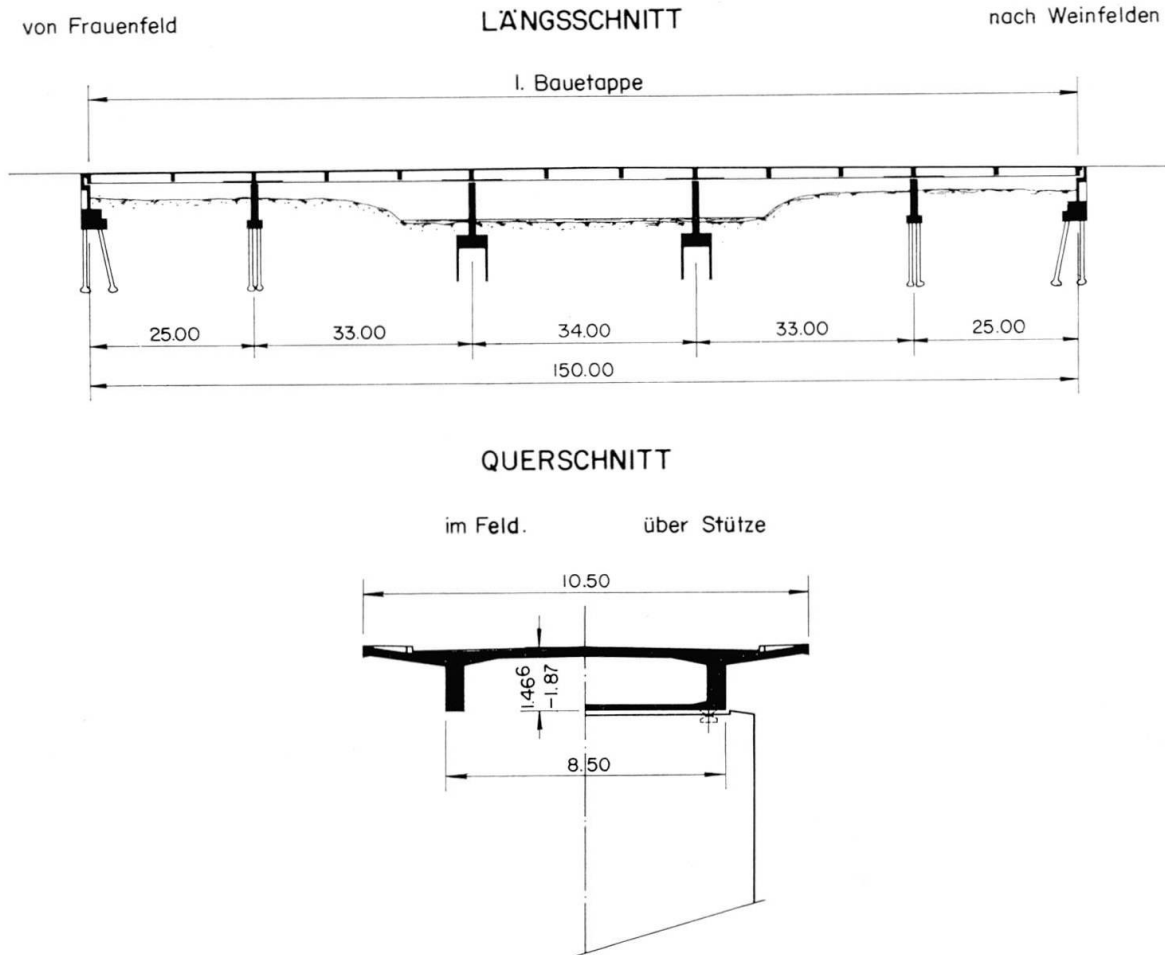


Fig. 3. Thurbrücke Eschikofen; Systemskizze.

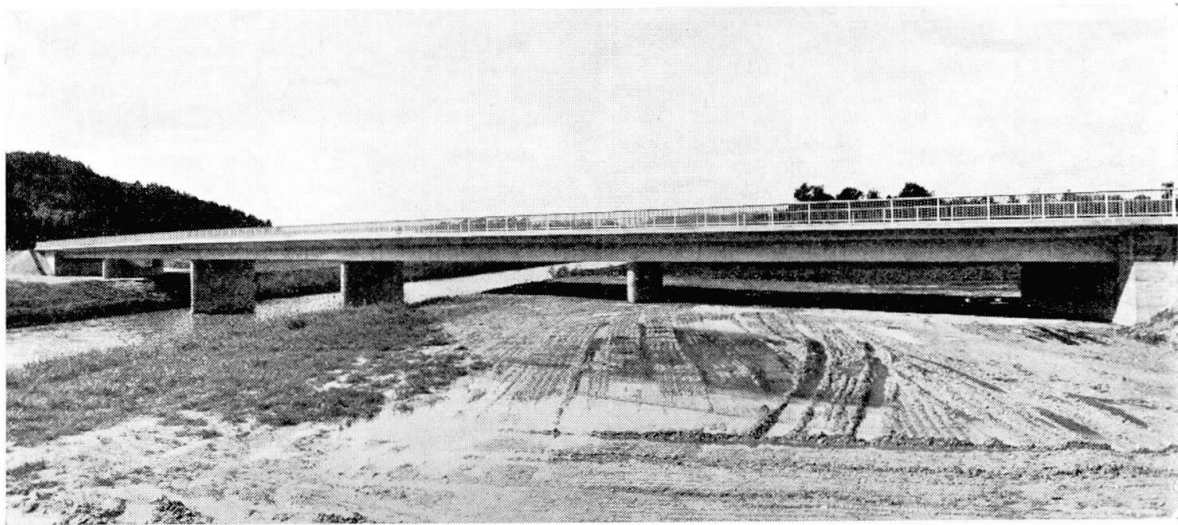


Fig. 4. Thurbrücke Eschikofen; Gesamtansicht.

gen die Preisentwicklung für Löhne, Lehrgerüste, Schalungen, Beton und Armierungen. Die meisten Positionen sind, ihrem Lohnanteil entsprechend, gestiegen. Die Kosten für den Spannstahl sind mit der stark zunehmenden Produktion und dem Einsetzen der Konkurrenz eher gefallen.

Auf Grund dieser Kostenentwicklung bemühte sich die Praxis, die lohnintensiven Positionen durch rationelle Bauvorgänge zu vermindern oder ganz auszuschalten. Dies betrifft — von den Löhnen abgesehen — in erster Linie die Schalungen und Lehrgerüste, wo der Lohnanteil heute 60—70% ausmacht.

Anhand einiger ausgeführten Beispiele soll im folgenden die Entwicklung im Massivbrückenbau veranschaulicht werden.

Die erste größere Spannbetonbrücke in der Schweiz wurde 1954 bei Eschikofen (Kt. Thurgau) über die Thur gebaut. Das Projekt beruht auf einem Wettbewerbsentwurf aus dem Jahre 1952. Es handelt sich um einen 150 m langen Durchlaufträger mit Spannweiten von 25–33–34–33–25 m. Der Brückenquerschnitt ist als zweistegiger Plattenbalken ausgebildet und die Vorspannung erfolgt im wesentlichen mit einem durchgehenden Kabelstrang. Der

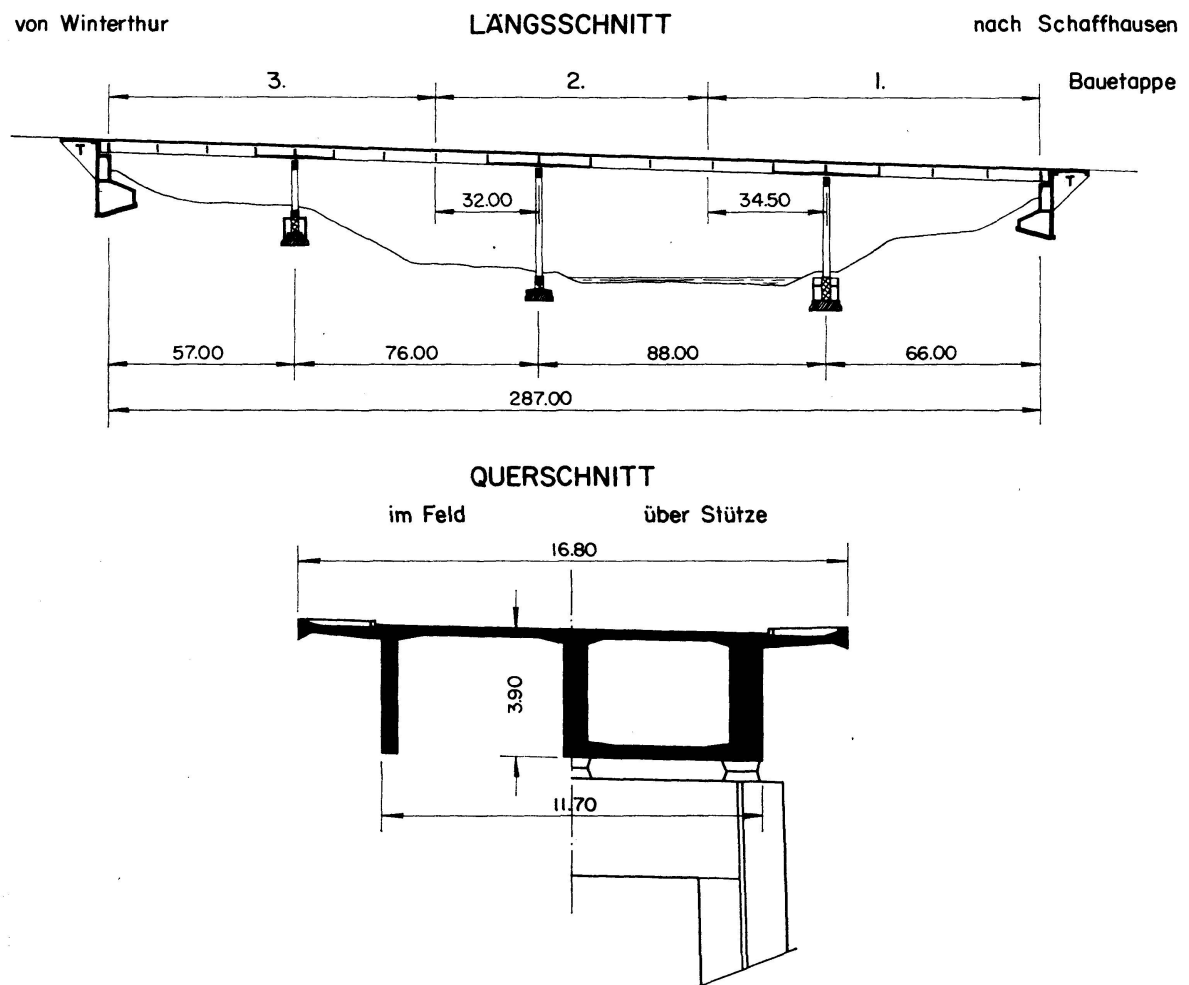


Fig. 5. Thurbrücke in Andelfingen; Systemskizze.

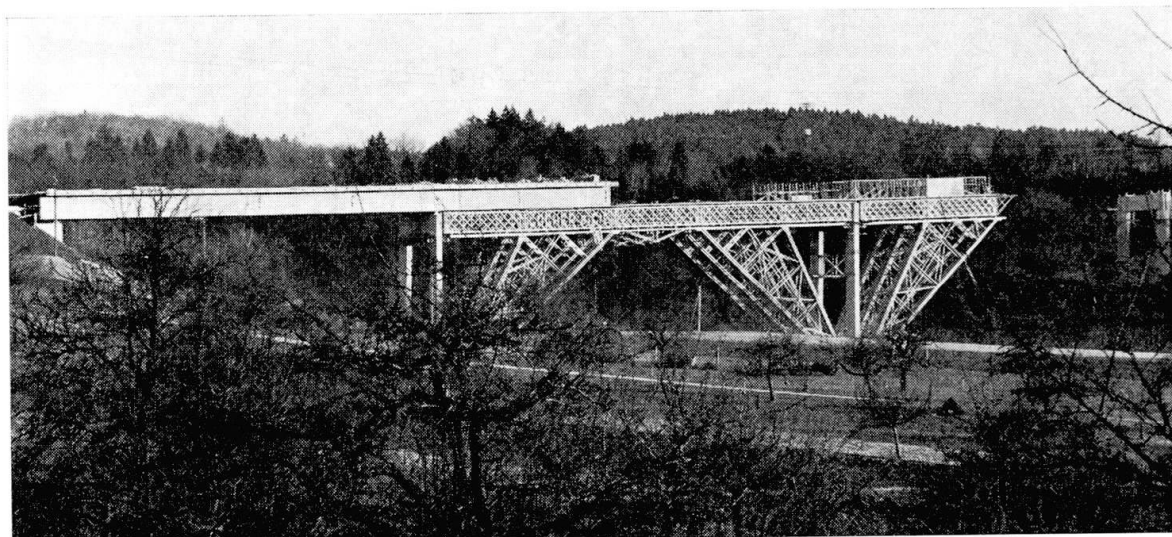


Fig. 6. Thurbrücke in Andelfingen; 2. Bauetappe.

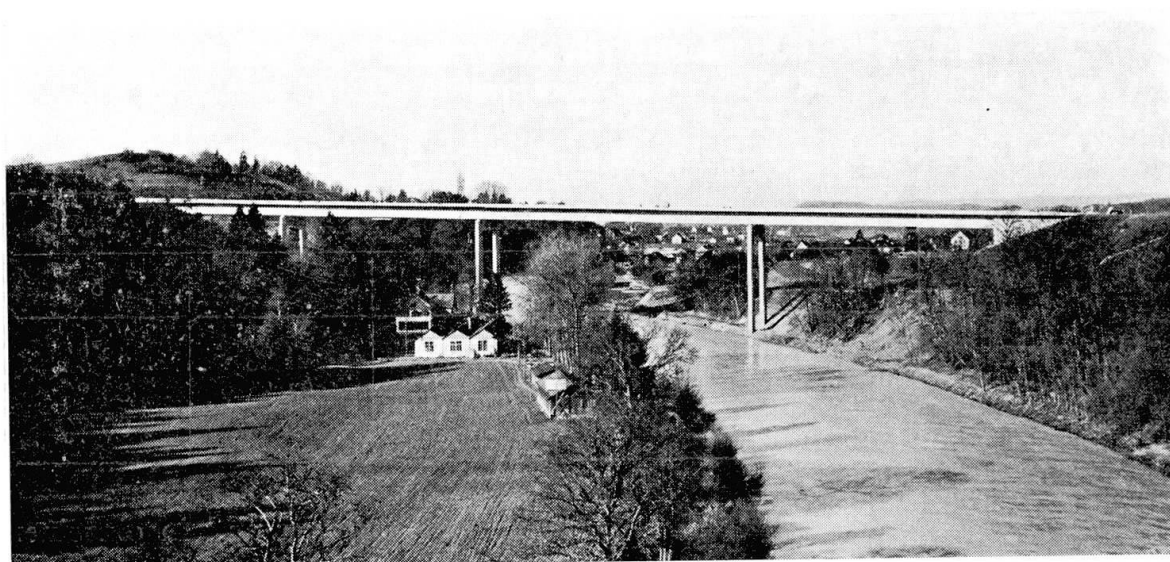


Fig. 7. Thurbrücke in Andelfingen; Gesamtansicht.

Brückenträger wurde auf der ganzen Länge eingerüstet und geschalt, so daß Lehrgerüst und Schalung nur einmal verwendbar waren. Bei der Preisbasis von 1954 ließ sich dieser Bauvorgang, der keine Wiederholungen oder Rationalisierungen in der Trägerherstellung vorsah, durchaus vertreten; die Baukosten der Brücke waren außerordentlich niedrig.

Für die Thurbrücke in Andelfingen (Kt. Zürich) wurde 1954 ebenfalls ein Projektwettbewerb ausgeschrieben. Von den zahlreichen eingereichten Entwürfen wurde ein Projekt ausgewählt, dessen entscheidender Vorzug in der für die Schweiz neuartigen Konzeption des Bauvorganges lag. Dieses Projekt, das in den Jahren 1956/57 zur Ausführung gelangte, sah für die 250 m lange Brücke einen durchlaufenden Spannbetonbalken über 4 Öffnungen von 66–88–76–57 m Länge vor. Der Trägerquerschnitt war als 3,95 m hoher, drei-

stegiger Plattenbalken ausgebildet. Die Ausführung des Brückenoberbaues erfolgte in drei Etappen, wobei zuerst das 66 m lange Randfeld mit einem 34,5 m langen Kragarm im anschließenden Hauptfeld erstellt wurde. In der zweiten Etappe kam die Hauptöffnung mit einem 32 m langen Kragarm im Nachbarfeld zur Ausführung und in der dritten Etappe wurde der Rest des Brückenträgers (3. und 4. Feld) hergestellt. Dieser Bauvorgang ermöglichte die dreimalige Verwendung des Lehrgerüsts und der Hauptträgerschalung und ergab damit eine wesentliche Kostensenkung bei zwei außerordentlich wichtigen Positionen.

Die etappenweise Herstellung der Brückenträger hat sich in den folgenden Jahren bei zahlreichen Brückenbauten bestens bewährt. Dabei wurde mehr und mehr schon bei der Konzeption der Brücke die Spannweiteinteilung und der Trägerquerschnitt so gewählt, daß ein rationeller Bauvorgang mit einem blockweisen Umsetzen des Lehrgerüsts und einer konsequenten Wiederverwendung der Schalung gewährleistet werden konnte. Der Lohnaufwand ließ sich damit — wie die folgende Tabelle für eine fünffeldrige Balkenbrücke zeigt — wesentlich reduzieren.

Tabelle 1. Lohnaufwand für die Herstellung der einzelnen Bauetappen

	Bauetappe				
	1	2	3	4	5
Schalung	100 %	60 %	52 %	54 %	48 %
Armierung	100 %	85 %	82 %	81 %	80 %
Beton	100 %	94 %	96 %	94 %	90 %

Da sämtliche Felder dieser Brücke genau gleich waren und in einzelnen Etappen unter ähnlichen Verhältnissen betoniert wurden, läßt sich der Arbeitsaufwand direkt vergleichen. Die Kosten-Nachkalkulation zeigte an diesem Beispiel, daß — von der Materialwiederverwendung abgesehen — die Lohnersparungen bei einem gut durchdachten Bauvorgang so groß sind, daß ein Mehraufwand an Spannstahl in der Größenordnung von 10—15% durchaus gerechtfertigt ist.

Ein besonders gutes Beispiel für die etappenweise Trägerherstellung ist der 370 m lange Viadotto delle Fornaci, eine Brücke der Nationalstraße Basel-Chiasso bei Lugano. Auch dieses Projekt ging aus einem Wettbewerb hervor. Der Viadukt ist, den Autobahnfahrrihtungen entsprechend, in zwei unabhängige Brücken von je 11,35 m Breite unterteilt. Die fugenlos durchlaufenden Träger weisen 6 Spannweiten von 47—59 m Länge auf. Der Fahrbahnträger jeder Brücke besteht aus einem einzelligen Kastenquerschnitt mit leicht geneigten Stegen. Die Bauhöhe beträgt 2,5 m. Jeder Kastenquerschnitt ist mit 16 Kabeleinheiten zu 220 t vorgespannt. Die Ausführung der Träger erfolgte

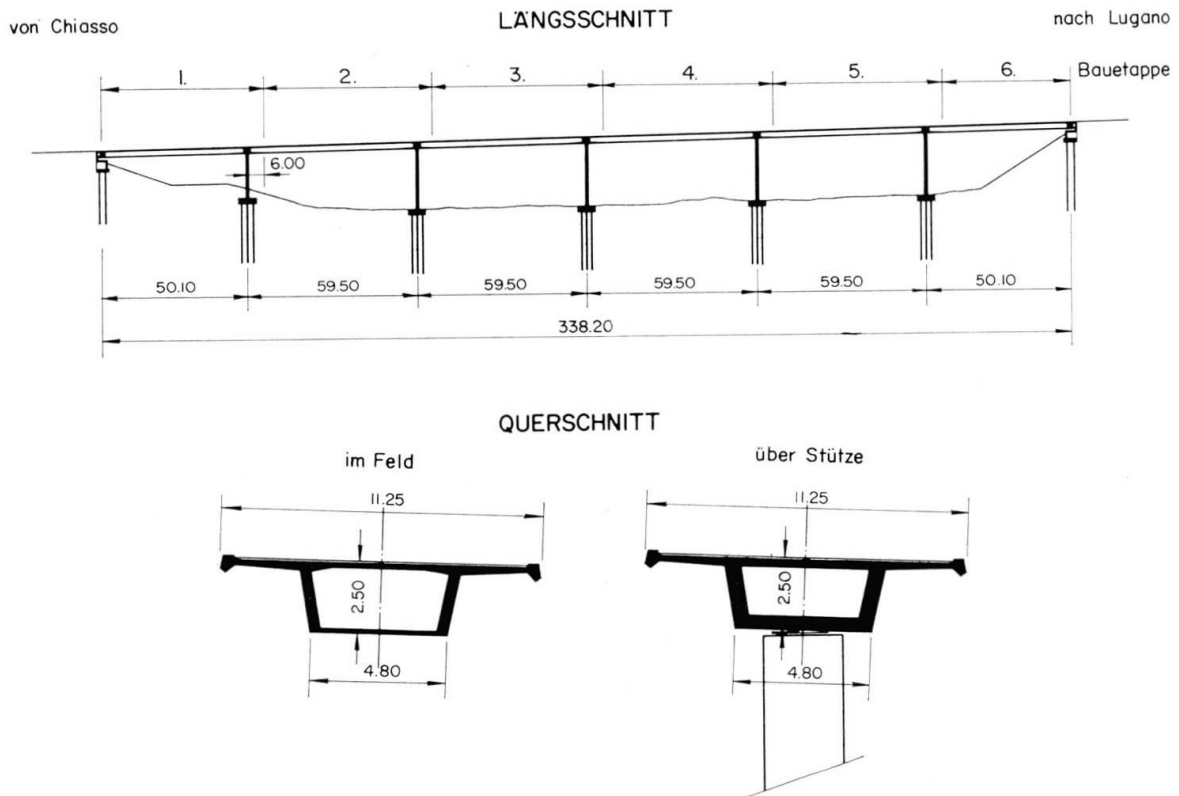


Fig. 8. Viadotto delle Fornaci; Systemskizze.

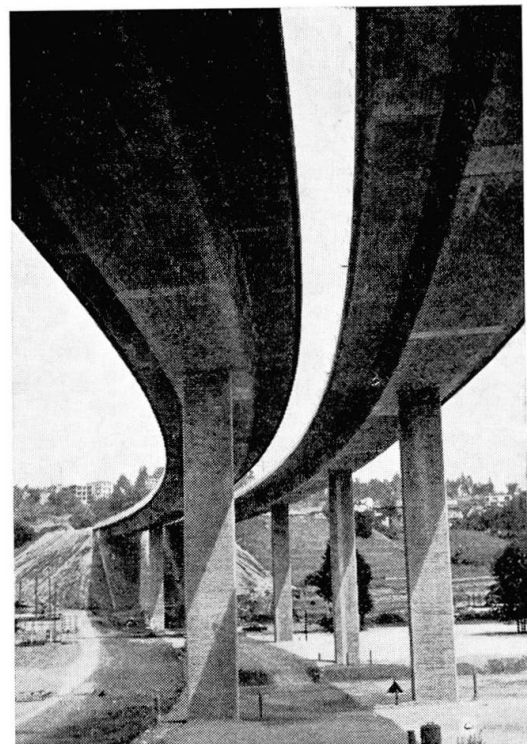


Fig. 9. Viadotto delle Fornaci; Untersicht.

feldweise, wobei jedes Feld um einen Kragarm von ca. 9,0 m verlängert wurde. Sämtliche Kabel sind an den Kragarmenden gekuppelt; je zehn Kabel wurden an dieser Stelle voll vorgespannt, während die restlichen Kabel vom nächsten

Feld aus gespannt wurden. Mit diesem Bauvorgang ließ sich der Brückenträger im Taktverfahren herstellen. Die Baukosten für den Brückenüberbau konnten damit wesentlich gesenkt werden.

Der freie Vorbau in Spannbeton ermöglicht eine optimale Rationalisierung für die Trägerherstellung, da eine relativ kleine Arbeitsgruppe im genau vorgeschriebenen Taktverfahren ständig die gleichen Arbeitsleistungen wiederholt. Obwohl die Idee des Freivorbau ursprünglich für jene Brücken entwickelt wurde, bei denen die Erstellung eines Lehrgerüsts unmöglich war, hat die Preisentwicklung in den letzten Jahren dazu geführt, daß der Freivorbau auch dort konkurrenzfähig ist, wo die Erstellung eines Lehrgerüsts zwar grundsätzlich möglich, infolge großer Höhe, Lichtraumprofilen oder schlechtem Baugrund aber zu kostspielig ist. Bei Brücken mit relativ kleinen Spannweiten und günstigen Verhältnissen für den Lehrgerüstbau — der weitaus überwiegenden Zahl aller Brückenobjekte — ist der Freivorbau aber auch heute noch zu teuer.

Für diese Tragwerke bietet sich die konventionelle Bauweise nach wie vor als wirtschaftlichste Lösung an. Allerdings besteht deutlich die Tendenz, für Brücken mittlerer Länge die bekannten Taktverfahren noch zu verbessern. Bei den neuesten Projekten wird der Brückenträger mit Hilfe einer gleichbleibenden Zugschalung — entsprechend der Lehrgerüstabstützung — in kleinen Abschnitten von 8—12 m hergestellt. Sobald die Querschnittsrippen erhärtet sind, werden die Lehrgerüstträger seitlich ausgebaut und im übernächsten Feld neu eingesetzt. Der fertig betonierte und im Bauzustand nur schlaff armierte Brückenträger liegt schließlich nur noch auf den Brückenpfeilern und Lehrgerüstjochen auf. Die Spannkabel werden erst jetzt eingezogen und in einem Arbeitsgang voll vorgespannt. Bei diesem äußerst rationalisierten Bauvorgang genügen im allgemeinen zwei Schalungs- und Gerüstträgergarnituren von zusammen max. 25 m, um einen beliebig langen Brückenträger herzustellen. Da im Bauzustand — je nach Abstand der Lehrgerüstjoche — eine beträchtliche schlaffe Armierung notwendig sein kann, besteht heute die Tendenz, derartige Tragwerke nur noch mit einer teilweisen Vorspannung zu versehen. Die Anwendung der beschränkten Vorspannung bzw. des durch Vorspannung verbesserten Stahlbetons drängt sich hier auf. Die wissenschaftliche Abklärung dieser Probleme und die normenmäßige Zulassung der teilweisen Vorspannung darf deshalb nicht länger verzögert werden.

Im Hinblick auf die Vermeidung lohnintensiver Positionen (Lehrgerüst und Schalung) hat auch das Bauen mit vorgefertigten Elementen einen beträchtlichen Aufschwung genommen. Der Trägereinbau vor Kopf lohnt sich zwar nur bei langen Brücken, da hierfür relativ große Installations-Aufwendungen notwendig sind. Bei Überführungen hat sich dagegen die Vorfabrikation durchgesetzt, weil normalerweise günstige Zufahrten vorhanden sind und die Montage von der Seite her sehr einfach zu bewerkstelligen ist. Als Überführungen für Autobahnen kommen in der Schweiz normalerweise Rahmen-

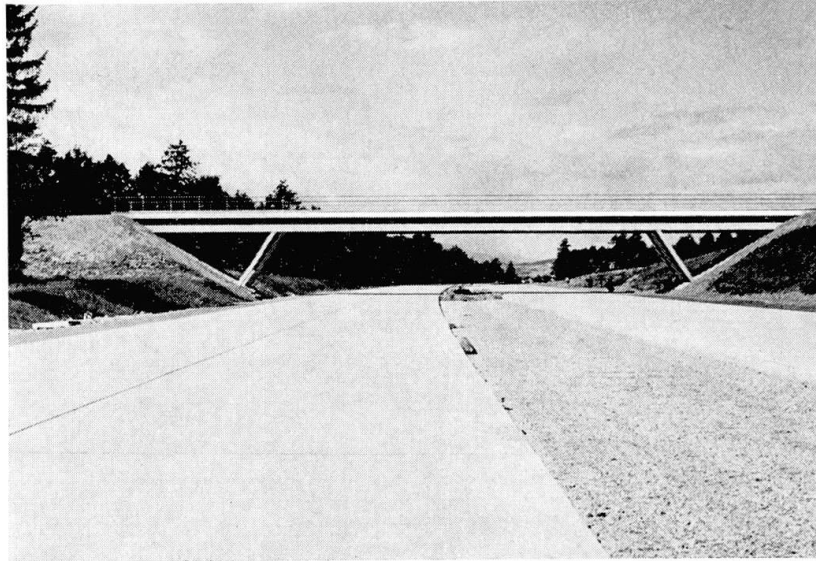


Fig. 10. Standard-Überführung für schweizerische Autobahnen.

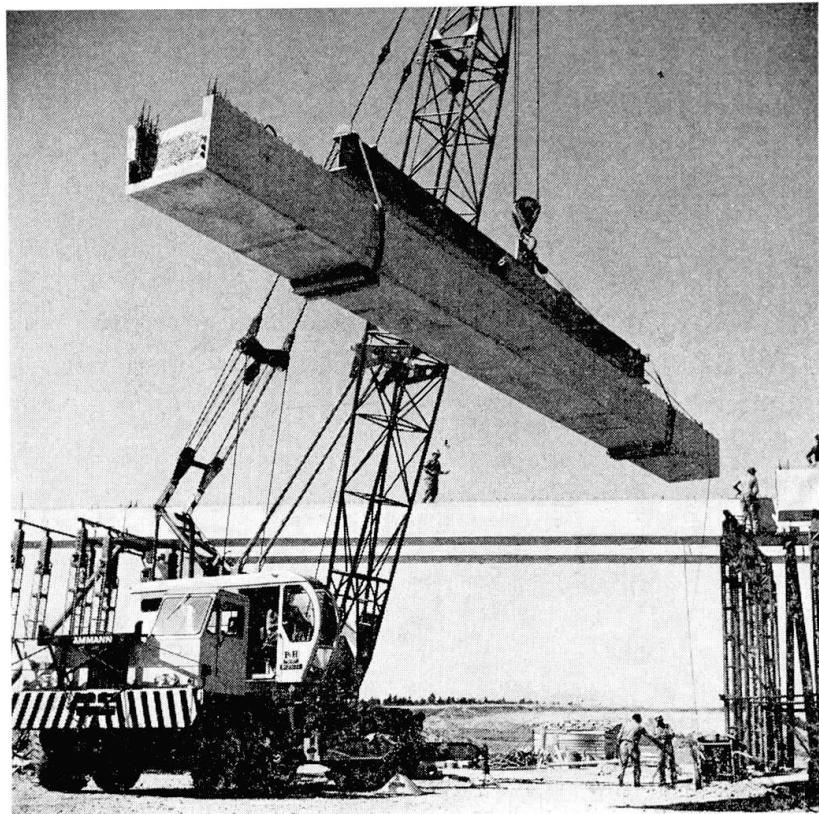


Fig. 11. Standard-Überführung; Montagevorgang.

brücken mit V-Stielen zur Anwendung. Die ästhetisch befriedigende Lösung weist u. a. den Vorteil auf, daß das Autobahnprofil durch am Rand stehende senkrechte Stützen oder Widerlagermauern optisch nicht eingeengt wird. Die Fundierung des Tragwerkes auf zwei Fundamentplatten und das Wegfallen der Widerlager ermöglichen eine äußerst einfache, setzungsunempfindliche Konstruktion. Das Tragwerk wird ausschließlich mit vorfabrizierten Elementen (Stützen, Hohlkastenträger, Randbalken und Fahrbahntafeln) hergestellt, wobei trotz verschiedener Länge, Breite und Schiefe immer dieselben Grundelemente verwendet werden können.

Bogenbrücken erfordern im allgemeinen einen großen Aufwand für Lehrgerüst und Schalung, und die Preisentwicklung der letzten Jahre hatte zur Folge, daß der wirtschaftlich vertretbare Anwendungsbereich der Bogenbrücken immer kleiner wurde. Damit eine Bogenbrücke auch heute noch konkurrenzfähig ist, müssen — von einer guten konstruktiven Durchbildung abgesehen — zumindest folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Relativ kurze Brücke (so daß sich der Einsatz der Spezialrüstungen für große Balkenbrücken nicht lohnt).
- Im Vergleich zur Brückenlänge eine möglichst große Hauptspannweite; keine oder nur kurze, niedrige Randfelder.
- Gute Fundationsverhältnisse bei den Bogenfundamenten.

Der große Vorteil der Bogenkonstruktion, ein Vorteil, der bei der konstruktiven Durchbildung und beim Bauvorgang unbedingt ausgenutzt werden muß, liegt darin, daß bereits ausgeführte Bauteile sofort zur Lastaufnahme für die noch zu erstellenden Teile herangezogen werden können. In dieser Beziehung weist die Bogenbrücke eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Freivorbau auf, da auch dort jede Etappe sofort in die Tragfunktion einbezogen wird, während dies bei Balkenbrücken konventioneller Ausführungsart nur in sehr beschränktem Grade möglich ist.

Die beiden folgenden Beispiele zeigen, wie sich die Preisentwicklung auf die Konstruktion moderner Bogenbrücken ausgewirkt hat.

Die Letziwald-Brücke (Kt. Graubünden) überquert in 90 m Höhe den Averserrhein. Hier war die Erstellung des Lehrgerüsts ein besonders schwieriges Problem, da die Felswände auf beiden Seiten sehr steil abfallen. Mit der etappenweisen Ausführung eines sehr leichten und flachen Dreiecksbogens

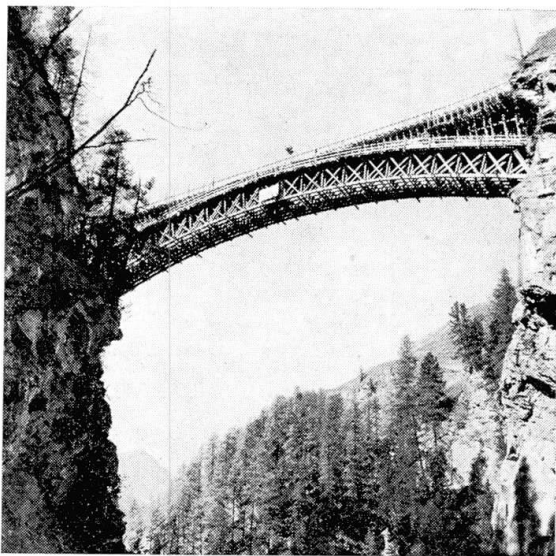


Fig. 12. Letziwald-Brücke; Lehrgerüst.

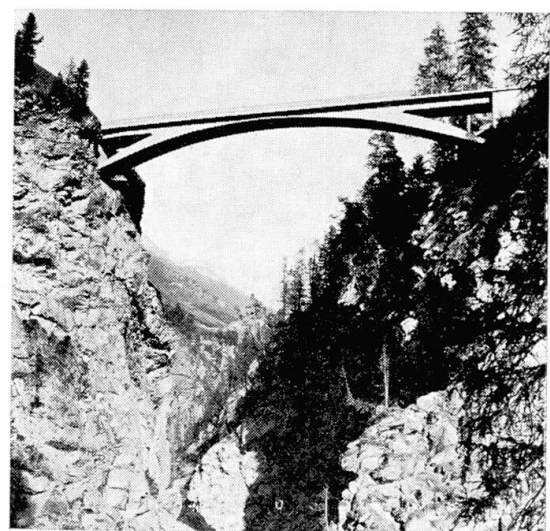


Fig. 13. Letziwald-Brücke; Gesamtansicht.

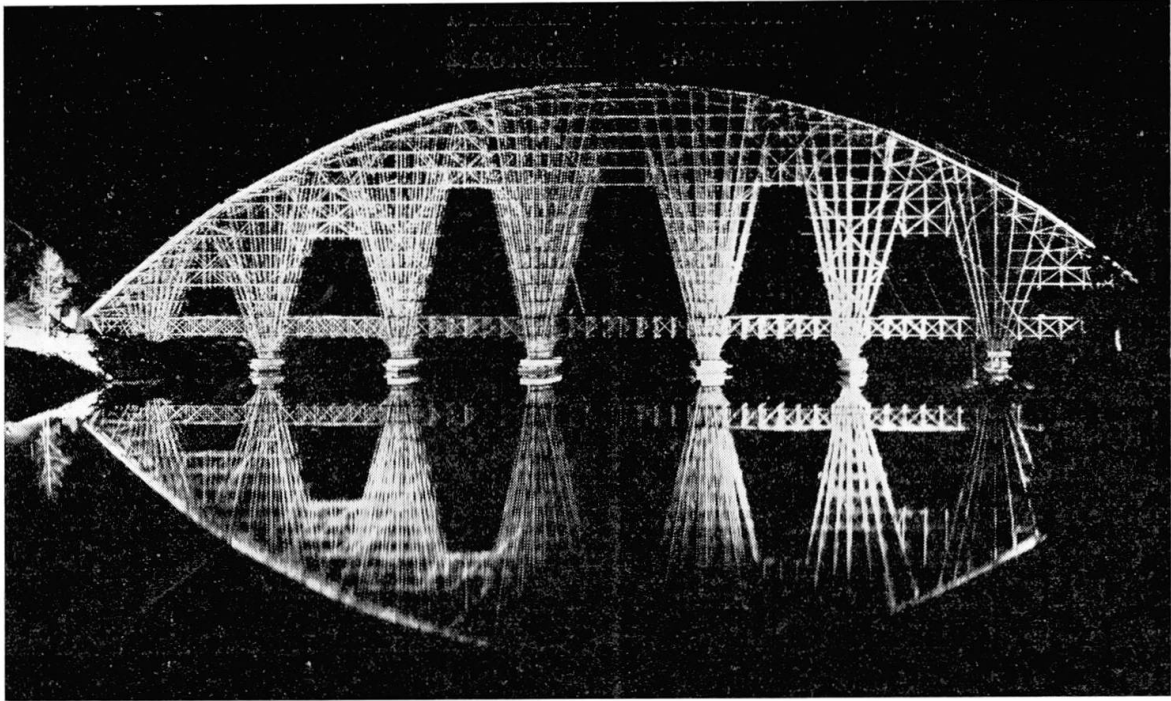


Fig. 14. Rheinbrücke bei Reichenau; Lehrgerüst.

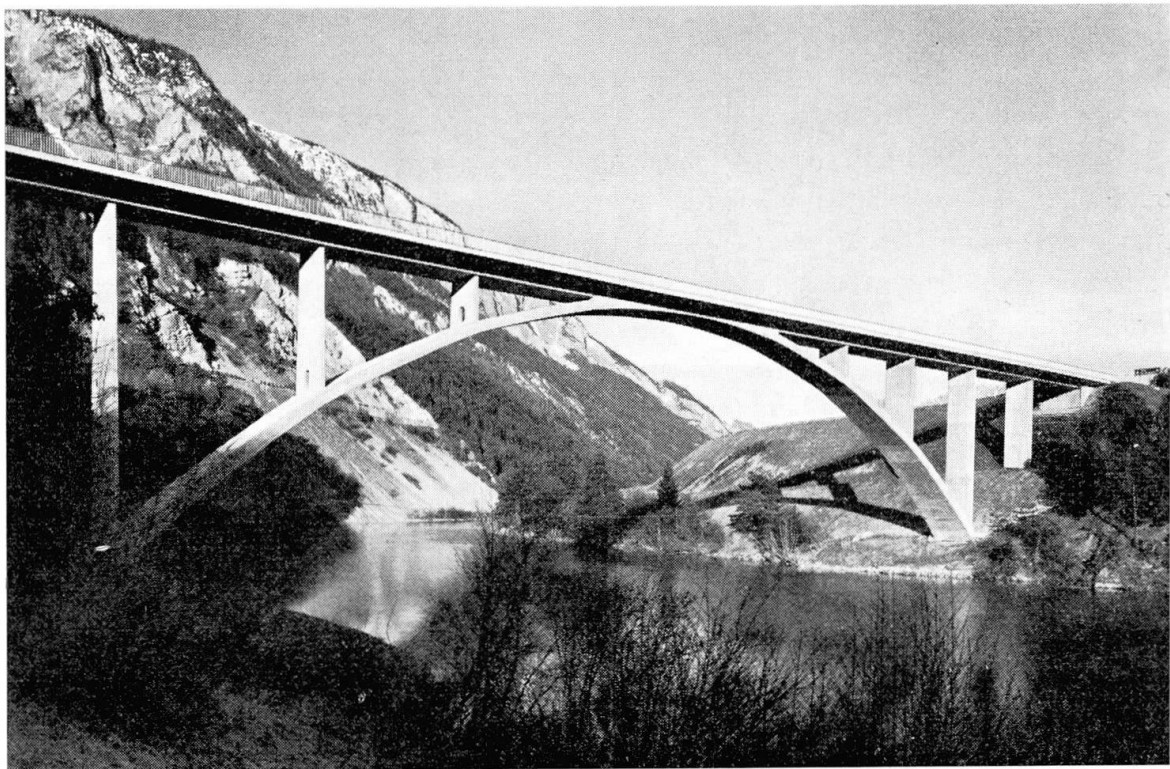


Fig. 15. Rheinbrücke bei Reichenau; Gesamtansicht.

ergab sich jedoch eine wirtschaftliche Konstruktion, die wesentlich billiger war als eine Freivorbau-Lösung in Spannbeton.

Der 65 m weit gespannte Bogen besteht aus einer 25 cm starken Platte mit zwei aufgesetzten Versteifungsrippen von 25 cm Breite. Der Fahrbahnträger ist als Plattenbalken ausgebildet und weist — wie der Bogen — ebenfalls zwei 25 cm starke Rippen auf.

Das Lehrgerüst bestand aus 7 leichten, freitragenden Rautenträgern und wurde nur für das Gewicht der 25 cm starken Bogenplatte bemessen. Nach dem Betonieren der Bogenplatte wurden in einer zweiten Bauphase die Bogenrippen hergestellt, die ihr Gewicht direkt an die bereits erhärtete Bogenplatte abgaben. In der dritten Bauphase wurde schließlich der Fahrbahnträger betoniert, der nun auf den fertiggestellten Bogen abgestützt werden konnte.

Das äußerst leichte Lehrgerüst und der flache Bogen mit den hochliegenden Widerlagern, die einen sehr kleinen Aufwand an Fundationsarbeiten erforderten, ermöglichten hier eine besonders wirtschaftliche Konstruktion.

Bei der Rheinbrücke in Reichenau (Kt. Graubünden) zeigten umfangreiche Vergleichsstudien, daß eine Bogenkonstruktion wirtschaftlicher war als eine Balkenbrücke. Wegen der schwierigen Fundationsverhältnisse im Fluß mußte eine ca. 100 m lange Hauptöffnung überspannt werden, während für die Randfelder nur noch eine Länge von ca. 30 m verblieb.

Zur Verminderung der Gerüstkosten wurde der Bogen möglichst leicht und schlank ausgebildet. Die Gerüstträger des Überbaues wurden direkt an den bereits betonierten Stützen aufgelagert und konnten — da die Herstellung des Fahrbahnträgers in 4 Etappen erfolgte — zweimal eingesetzt werden. Damit gelang es, die Gerüstkosten, im Vergleich zu einer entsprechenden Balkenbrücke, wesentlich zu reduzieren.

Der als einzelliger Hohlkasten ausgebildete Fahrbahnträger wurde mit einem relativ kleinen Stahlaufwand so vorgespannt, daß infolge Eigengewicht nur zentrischer Druck entstand. Die Biegemomente infolge Verkehrslast verteilen sich auf Bogen und Träger, wobei der Versteifungsträger seinem größeren Trägheitsmoment entsprechend den Hauptanteil übernimmt. Bei einseitiger Laststellung treten im Versteifungsträger zwar positive und negative Biegemomente annähernd gleicher Größenordnung auf; sie betragen jedoch weniger als 10% der Momente einer Balkenbrücke gleicher Spannweite. Die zentrische Vorspannung zur Aufnahme der Biegemomente infolge Verkehrslast wurde so bemessen, daß am oberen Querschnittsrand keine Zugspannungen auftreten, während am unteren Querschnittsrand Zugspannungen bis 30 kg/cm² zugelassen wurden. Es zeigte sich, daß die teilweise Vorspannung des Versteifungsträgers einer Bogenbrücke wirtschaftlicher ist als die schlaffe Armierung oder die volle Vorspannung.

Es darf deshalb nochmals betont werden, daß der teilweisen Vorspannung in der Entwicklung des Massivbrückenbaues eine sehr große Bedeutung zukommt.

Zusammenfassung

Die Preisbildung hat einen bedeutenden Einfluß auf die Entwicklung im Massivbrückenbau. Veränderungen in der Marktlage veranlassen den Konstrukteur zur Anwendung neuer Tragsysteme und Bauverfahren. Die Bau-forschung als Verbindung von Wissenschaft und Praxis sollte intensiviert werden, damit neue Ideen aus der Praxis möglichst rasch wissenschaftlich geprüft und — sofern sie sich als zweckmäßig erweisen — allgemein ange-wendet werden.

Summary

Prices exert a considerable influence on the development of concrete bridge construction. Market fluctuations induce constructors to adopt new structures and construction techniques. Research work on construction, which acts as a bond between science and its practical applications, should be intensified. Thus new ideas emanating from practical experience could be immediately examined scientifically and, in the event of their proving efficient, could be given wider application.

Résumé

La constitution des prix exerce une influence considérable sur le développe-ment de la construction des ponts en béton. Les fluctuations du marché incitent le constructeur à adopter de nouvelles structures et techniques de construc-tion. Servant de lieu entre la science et la pratique, la recherche dans la cons-truction devrait être intensifiée. Ainsi les nouvelles idées venant de la pratique pourraient tout de suite être examinées scientifiquement et, au cas où elles seraient efficaces, être appliquées plus généralement.

Leere Seite
Blank page
Page vide