

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 13

Artikel: Fürstenlandbrücke bei St. Gallen
Autor: Brunner, Adolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83525>

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: 16.05.2025

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

INHALT: Fürstenlandbrücke bei St. Gallen. — Automatische Flugzeug-Kurssteuerung. — Die Bauten für das Bundesfeierspiel 1941 in Schwyz. — Mitteilungen: Holzarmierte Betondecken System HAD. Mipolam. Die

Schau neuer deutscher Werkstoffe. 50 Jahre Brown, Boveri. — Nekrologe: Fritz Boesch. Alfred Wolgensinger. — Wettbewerbe. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 118

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 13

Fürstenlandbrücke bei St. Gallen

Von Dipl. Ing. AD. BRUNNER, St. Gallen

(Fortsetzung v. S. 141)

Eine bemerkenswerte Ingenieurleistung bildet die *Konstruktion des Lehrgerüsts* und dessen Aufstellung. Das Charakteristische an diesem Lehrgerüst ist seine Asymmetrie und die Art seiner Aufstellung. Die Asymmetrie des Gerüsts war durch den Flusslauf der Sitter und das bestehende Wehr verursacht. Oberhalb des Wehrs durfte das Flussbett durch keine Konstruktionen verengt werden. Man musste deshalb den einen Streben-Hauptfächer am Ufer auf einen Eisenbetonkasten lagern.

Das Lehrgerüst besteht aus einem *Bogenkranz*, der durch *zwei Streben-Hauptfächer* und *zwei Streben-Nebenfächer* bei den Bogenwiderlagern gestützt wird (Abb. 15 bis 19).

I. Statische Berechnung

Grundlagen: S.I.A.-Holznormen 1936 (HN) und Verordnung über die Berechnung der der Aufsicht des Bundes unterstellten Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton (EB) von 1935.

Das Lehrgerüst stellt ein statisch hochgradig unbestimmtes Bauwerk dar. Um es deshalb angenähert berechnen zu können, war es notwendig, vereinfachende Annahmen zu treffen, die als Grundlage für das rechnerische Vorgehen zu dienen hatten. Die *prinzipielle Vereinfachung* besteht in der Annahme einer *ideellen Gurtung* an Stelle des Bogenkranzes. Diese supponierte Gurtung liegt in der Mittellinie des Bogenkranzes; sie hat wie der Bogenkranz selbst polygonale Form. Die Ecken dieses Polygons sind die Schnittpunkte der Streben mit der ideellen Gurtung und haben die Bedeutung von Knotenpunkten.

Kurz gefasst ist der *Vorgang der stat. Berechnung* folgender:

1. Beanspruchung durch die Gewölbe-Lamellen

a) Zerlegen der Lamellenlasten nach den Knotenpunkten der ideellen Gurtung (statisch bestimmte Auflagerdrücke).

b) Mit Hilfe der Elastizitätsbedingungen für die ideelle Gurtung unter Berücksichtigung des Einflusses des Zugbandes, das infolge der Asymmetrie erforderlich war, werden die Auflagerdrücke unter a) in *zwei Auflagerkräfte* zerlegt, von denen die eine Kraft zum linken, die andere zum rechten Widerlager zu leiten ist. Die Überleitung dieser zwei Auflagerkräfte in die beiden Widerlager geschah für jeden einzelnen Knotenpunkt in der Weise, dass die einzelne Auflagerkraft zuerst graphisch in die Strebenkraft und in die ideelle Gurtung zerlegt wurde. Die

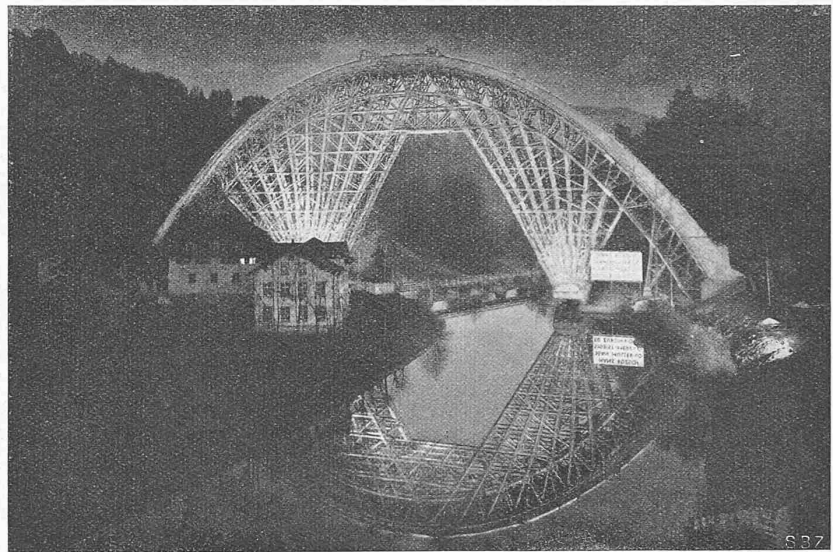


Abb. 15. Nachtbild des angestrahlten Lehrgerüsts, Oberwasserseite

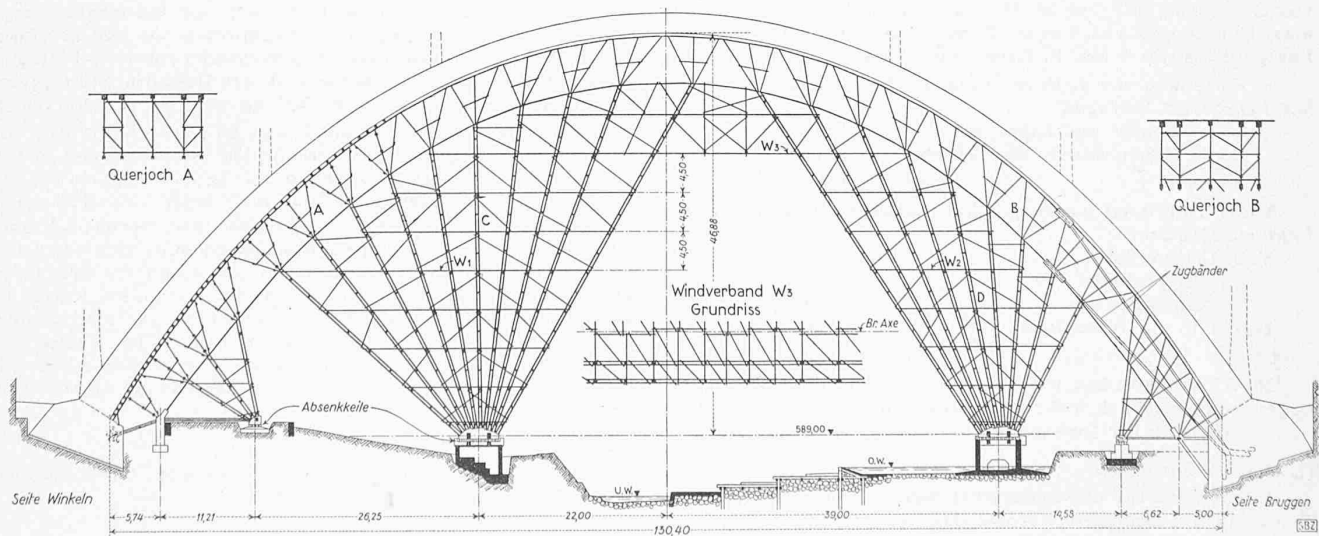
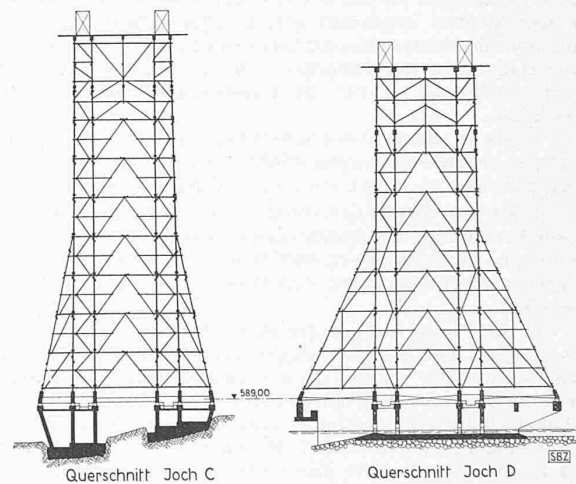


Abb. 16 und 17. Ansicht und Querschnitte des Lehrgerüsts. Entwurf und Ausführung ED. ZÜBLIN & CIE. A. G., Zürich. — 1 : 800

so ermittelten Gurtkräfte werden mittels eines Krafteckes für den allgemeinen Fall und unter Anwendung der entsprechenden Koeffizienten für den vorliegenden Fall in die Widerlager geleitet und die dabei entstehenden Gurt- und Strebenkräfte tabellarisch zusammengestellt.

c) Hierauf erfolgt die Ermittlung der Kräfte des *Unter- und Obergurtes* sowie der *Füllstäbe* des *Bogenkranzes* infolge Einzelbelastung der 23 Lamellen, die durch Stempel aus Eisenbeton auf einander abgestützt sind, wie folgt: Für jedes einzelne «Fach» des Bogenkranzes, das durch die Knotenpunkte unter a) begrenzt ist, wird ein Cremonaplan gezeichnet. Als äussere Kräfte greifen an jedem Fach an: 2 Strebenkräfte, 2 oder 3 Teile der einzelnen Lamellengewichte und die Ober- und Untergurtkräfte der benachbarten Fächer; diese werden aus den ideellen Gurtkräften unter c) durch deren Halbierung ermittelt. Die Weiterleitung gegen die Widerlager geschieht wie oben erwähnt.

d) Nachdem die Arbeit für die einzelnen Lamellengewichte vollendet ist, werden Tabellen erstellt, in denen sämtliche Phasen, die beim Betonieren des Gewölbes entstehen, berücksichtigt sind.

2. *Beanspruchung durch das Eigengewicht des Lehrgerüsts* (spez. Gewicht 0,8). a) Das Eigengewicht des *Bogenkranzes* wirkt in den Knotenpunkten der ideellen Gurtung, das der *Streben* in den Schnittpunkten der Streben mit den Zangen, wobei die Horizontalkomponenten durch die Zangen aufgenommen werden.

b) Die *Zerlegung der Kräfte* in der ideellen Gurtung in Ober- und Untergurt erfolgt wie unter 1. c). Alsdann werden die Kräfte durch das Zeichnen eines Cremonaplanes gefunden.

3. *Beanspruchung durch den Winddruck*. Der Winddruck und dessen Reduktion ist nach E.B. Art. 20, 21, Absatz 4 berechnet, unter Zuhilfenahme des Widerstandsmomentes der Horizontalschnitte der Streben.

4. *Lamellen*. Das Gewölbe ist für den Betonierungsvorgang in 23 Lamellen eingeteilt. Die Reihenfolge der Betonierung der Gewölbelamellen ist durch Probieren so angeordnet worden, dass in den Streben möglichst geringe Spannungswechsel eintreten und die Deformation des Gerüsts gleichmässig erfolgt (Abb. 20). Für Neigungen der Tangente von mehr als 30° an die Bogenkranzmittellinie ist für die Lamellengewichte ohne Reibung gerechnet.

5. Bis zu einem Reibungswinkel von 25° wurde die Rechnung approximativ durchgeführt. Diese Annahme entlastet den Bogenkranz und ergibt etwa 10% höhere Strebenkräfte.

6. Es war vorgesehen, die Querriegel der Gewölberippen erst nach Erstellung der Bogenrippen zu betonieren. Die Eisen der Querrippen wurden jedoch bereits vor dem Betonieren der Bogenrippen verlegt, und beim Anschluss war eine Verzahnung vorgesehen.

7. Die *Foundation* auf der Seite Winkeln gab zu keinen Bemerkungen Anlass; sie erfolgte auf Mergelfels und Nagelfluh und konnte als absolut sicher gelten. Auf der Bruggenseite erfolgte die Foundation auf einer kolmatierten Kiesschicht, mit Rücksicht auf eine darunter liegende Grundwasserfassung, die nicht gestört werden durfte. Rechnet man die Fundamentplatte als starr, so ergab sich eine mittlere Fundamentpressung von 1,35 kg/cm²; rechnet man mit einer geschätzten Bettungsziffer von $C = 10 \text{ kg/cm}^2$, so erhält man max. 3,2 kg/cm² mit einer max. Einsenkung von 3 mm. Diese ist in der Überhöhung des Lehrgerüsts mit 5 mm in Rechnung gestellt worden.

8. *Verteilung der Lehrgerüstlasten*. Die totalen Lasten für das Lehrgerüst betragen:

Bogen- und Rippenbeton	4540 t
Eigengewicht des Gerüsts	960 t
Total	5500 t

Diese Total-Last wurde gemäss statischer Berechnung wie folgt aufgenommen:

Vom Lehrgerüst	
Rippenbeton	45 %
Eigengewicht	17 %
Direkt in die Widerlager geführt	38 %
Total	100 %

In Wirklichkeit hat, wie weiter hinten ausgeführt wird, der Bogenkranz erheblich mehr Last direkt auf die Widerlager übertragen, als nach der Berechnung vermutet werden konnte.

II. Holzbeschaffenheit

1. Das Holz für das Lehrgerüst war im Dezember 1937 und Januar 1938 geschlagen worden. Die Anlieferung begann am 10. Januar und dauerte bis 20. April 1938. Während des Abbundes war das Holz bis Mai und länger gelagert worden. Am

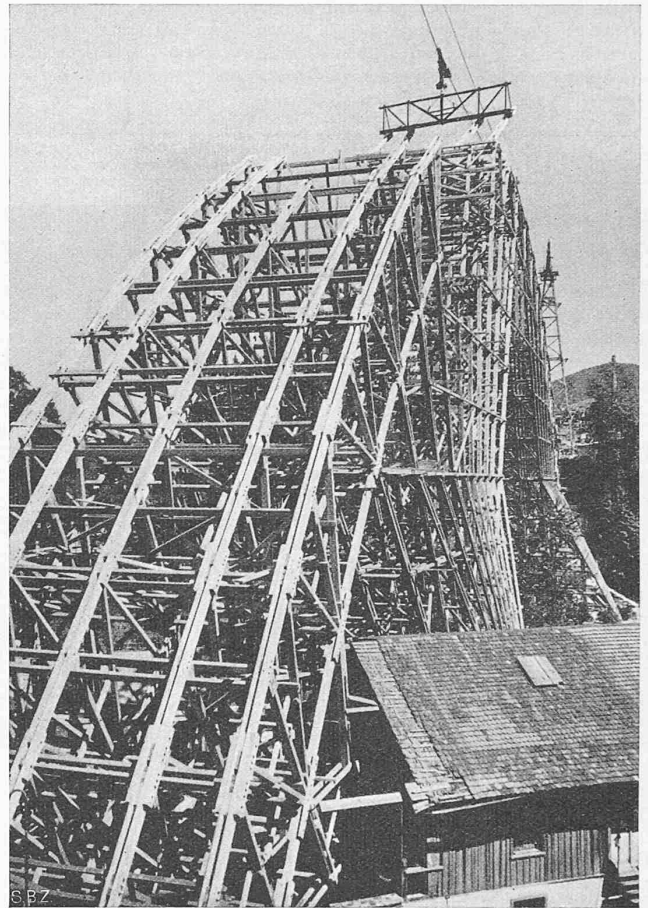


Abb. 18. Das Lehrgerüst, von Seite Winkeln, aus Westen

5. März waren die Fächer abgebunden; das Aufrichten erfolgte vom April bis Ende August. Vom Zeitpunkt des Fällens waren somit bis zur Verwendung etwa 10 Monate verstrichen. Die Vorschrift der H.N. Art. 11, nach der frischgefälltes Bauholz nur bis zu 70% beansprucht werden darf, fiel deshalb ausser Betracht.

2. *Feuchtigkeitsgehalt*. Es wurden Feuchtigkeitsproben an Abfallstücken und am fertigen Gerüst ausgeführt; diese ergaben einen mittleren Feuchtigkeitsgehalt von etwa 20%. Es ist dies ein Feuchtigkeitsgehalt, bei dem laut H.N. die zulässigen Spannungen voll ausgenützt werden dürfen. Die Fächerstreben wiesen unten einen Feuchtigkeitsgrad von 21% und der Bogenkranz einen solchen von 17% auf.

3. *Festigkeit. Biegung*. Die Kranzhölzer, d.h. der Obergurt des Bogenkranzes waren, neben den Querhölzern für die Schalung, die einzigen Stäbe des Lehrgerüsts, die auf Biegung mit Normalkraft beansprucht wurden. Mit der Betonbalkenbiegemaschine waren im ganzen 9 Biegeproben an 2,20 m langen Holzbalken mit verschiedenen Querschnitten (im Mittel 8/12 cm) ausgeführt worden; der Mittelwert der Biegedruckfestigkeiten betrug 390 kg/cm², gegenüber 450 kg/cm² der H.N.-Vorschrift.

Druck. Es wurden Prismen von 25/17/17 und Würfel von 10 cm Kantenlänge mit der Betonpresse zerdrückt. Die 80 Proben ergaben einen Mittelwert für die Druckfestigkeit von 248 kg/cm² gegenüber 300 kg/cm² der H.N. Nach den H.N. Art. 8³ ist eine Toleranz von 20% gegenüber der Normenfestigkeit zulässig, ohne dass die zulässige Beanspruchung herab zu setzen ist. Bei den Druckproben waren wir an der untern Grenze angelangt (Mittel 248 kg). Das schlechteste Resultat waren 170 kg/cm², das beste 310 kg/cm². Die Streuung war also ziemlich gross, was von der verschiedenen Herkunft des Holzes herrührt. Die Knicksicherheit war nach diesen Versuchen faktisch etwas geringer als die erlaubte Berechnung angab (rund 3-fache Knicksicherheit).

III. Konstruktive Durchbildung

Die Verbindungen lassen sich in vier Gruppen teilen, nämlich:

1. Knotenpunkte des Bogenkranzes
2. Stösse der Streben
3. Verankerung des Zugbandes
4. Verankerung von Ober- und Untergurt in den Widerlagern,

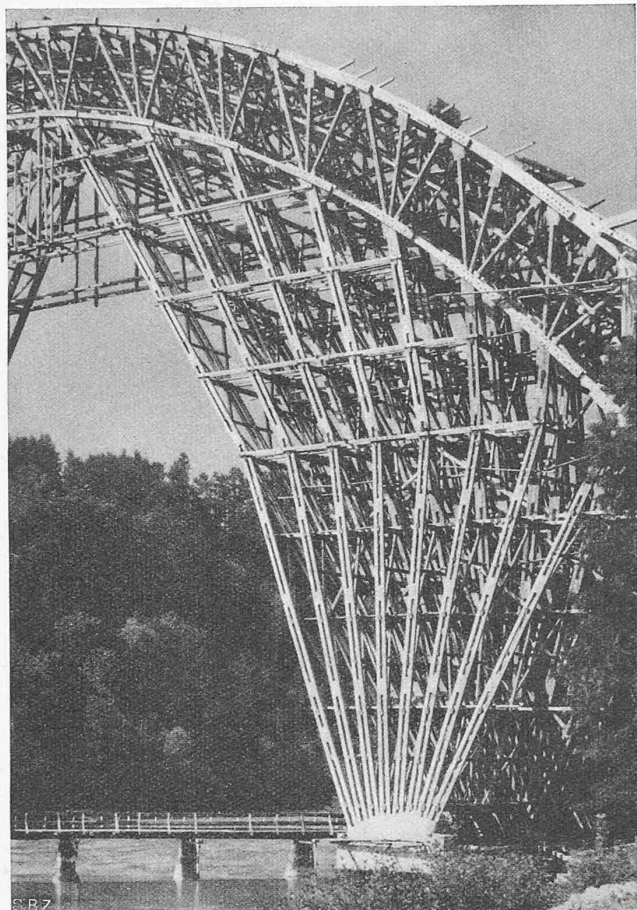


Abb. 19. Rechtsrufiger Fuss des Lehrgerüsts. Dienststeg

1. Die Knotenpunkte des Bogenkranzes sind mit Ringdübeln System Tuchscherer ausgebildet worden. Die Dübel waren 1,6 bis 3,6 cm breit und hatten je nach der Grösse der Kraftübertragung Durchmesser von 80 bis 160 mm. Die Berechnung erfolgt nach gleichem Prinzip wie bei Eisenkonstruktionen und ist einwandfrei.

2. Stösse der Streben. Die Streben sind stumpf gestossen, die Stösse der Doppelstreben versetzt. Infolge Schwindens des Holzes bildeten sich Fugen an den Stössen, die vor der Betonierung mit Blechen behoben wurden. Mit der Betonpresse wurden

Versuche über das Einpressen dieser Stosstellen bei der doppelten vorhandenen Pressung (100 kg/cm²) ausgeführt. Es ergab sich dabei eine Einpressung von 0,7 mm auf den Stoss.

Bei der Schätzung der Überhöhung des Gerüsts wurde dieses Einpressen berücksichtigt. Die Überhöhung betrug im Scheitel 6,5 cm und nimmt gegen die Widerlager parabolisch auf 0 ab. Von diesen 6,5 cm können 3 cm als elastische Verkürzung der Streben gerechnet werden. Die übrigen 3,5 cm waren als Kompression des Baugrundes, als Arbeiten der Verbindungen und als Einpressen der Hölzer geschätzt.

3. Zugband. Eine interessante Konstruktion war der Anschluss der Zugbänder an den Bogenkranz durch einen Stoss in Eisenbeton von etwa 4 m Länge. Die Zugbänder waren durch Adhäsion in diesem Stossbalken verankert und die betreffenden Konstruktionsteile des Bogenkranzes übertrugen ihre Kräfte durch eine Verzahnung auf den Stossbalken. Am Widerlager geschah die Verankerung der Zugbänder ebenfalls durch Adhäsion.

4. Die Verankerung von Ober- und Untergurt in den Widerlagern erfolgte durch eiserne Schuhe (im Obergurt) und durch Einbetonieren der verzahnten Verlängerung des Untergurtstabes.

IV. Beanspruchungen

Die auf Biegung beanspruchten Kranzhölzer weisen mit Berücksichtigung der Normalkräfte im Mittel eine Spannung von 100 kg/cm² auf. Die Füllstäbe des Fachwerkes (Bogenkranz) sind mit 40 bis 60 kg/cm², je nach Knicklänge, beansprucht. Die auf Zug beanspruchten Untergurtstäbe erhielten eine Beanspruchung von 70 bis 90 kg/cm²; die Druckstäbe waren mit etwa 30 kg/cm² beansprucht. Als Knicklänge wurde überall mit $k_K = 0,81$ gerechnet. Die doppelten Fächerstreben haben pro Strebe einen Querschnitt 17/25 bis 22/25 cm; sie sind im Mittel mit 45 kg/cm² beansprucht.

V. Montierung des Lehrgerüsts

Das Lehrgerüst wurde nicht vorgängig auf einem Reissboden zusammengesetzt, wie dies sonst üblich ist. Sämtliche Längen der Stäbe sind analytisch gerechnet worden, samt der Lage der Schraubenlöcher. Alle Hölzer und Schraubenlöcher wurden zur spätern Zusammensetzung genau kotiert und mit Buchstaben und Zahlen versehen.

Die Montage erfolgte alls dann in freiem Vorbau von beiden Widerlagern aus. Beim Zusammentreffen der beiden Hälften zeigte sich in der Höhenlage eine Differenz von nur 4 cm. Um dieses Mass war die Hälfte gegen Bruggen niedriger, als die andere Hälfte, die von Winkeln aus vorgebaut wurde. Durch Anziehen der Zugbänder konnte diese Differenz ohne Schwierigkeit korrigiert werden, sodass volle Übereinstimmung von Plan und Wirklichkeit erzielt wurde. Diese Tatsache verdient besonders hervorgehoben zu werden. Sie stellt der genauen, wegen der Asymmetrie äusserst mühsamen und weitläufigen Berechnung der betr. Ingenieure und Bautechniker und der gewissenhaften und tüchtigen Arbeitsleistung des montierenden Zimmerpoliers das beste Zeugnis aus.

Bewegungen in mm gegenüber der Lage der Punkte am 28. September 1938

Punkt Nr.	27. Okt. 1938		26. Nov. 1938	
	Setzg.	Verschiebg.	Setzg.	Verschiebg.
1	16	11,2 B	16	16,4 B
2	16	12,6 B	16	12,3 B
3	10	2,7 B	14	9,0 B
4	11	5,1 B	18	8,1 B
5	21	8,0 B	26	6,1 B
6	25	1,4 W	31	0,4 B
7	36	2,4 W	42	3,5 W
8	37	3,1 W	45	10,6 W
9	40	25,0 W	54	24,0 W
10	26	17,2 W	35	25,0 W
11	19	10,5 W	22	18,5 W
12	12	13,3 W	14	11,2 W
13	8	17,0 W	10	16,5 W
14	11	12,0 W	12	9,7 W

W = Richtung Winkeln, B = Richtung Bruggen

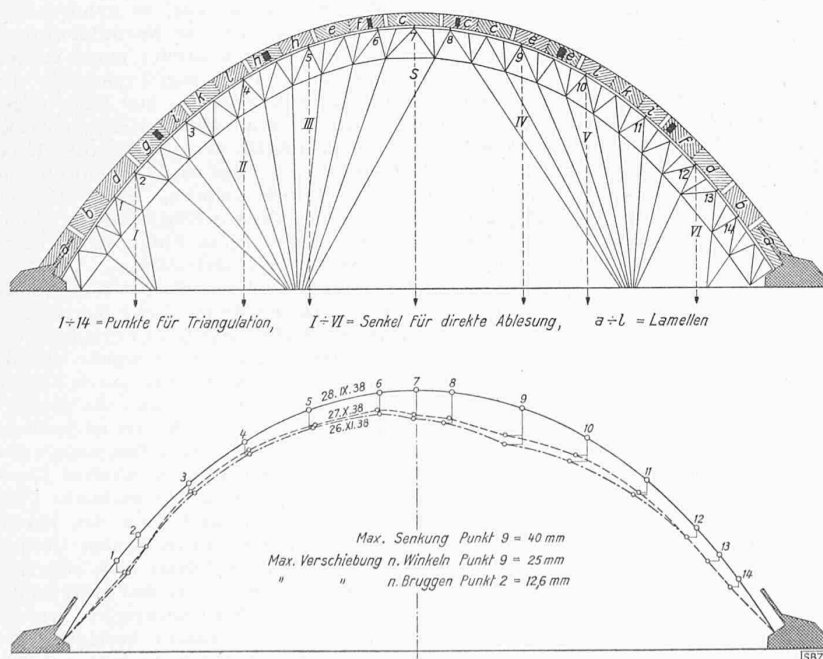
Abb. 20 (links). Betoniervorgang, darunter Senkungen bis zur Entlastung des Lehrgerüsts

Baudaten:

28. IX. Betonierbeginn der Bogenrippen

27. X. Betonierung fertig

26. XI. Absenken des Lehrgerüsts



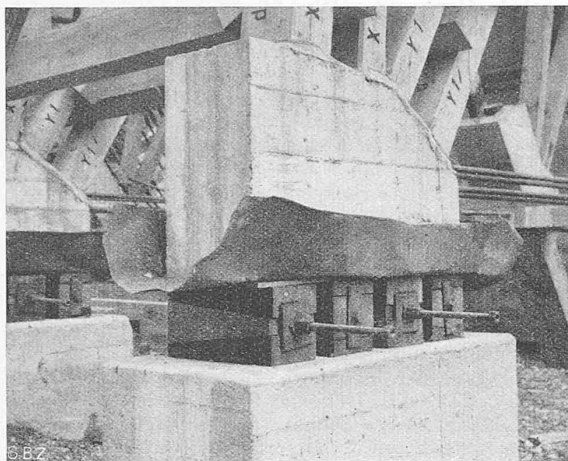


Abb. 22. Absenkvorrichtung am Nebenfuss links

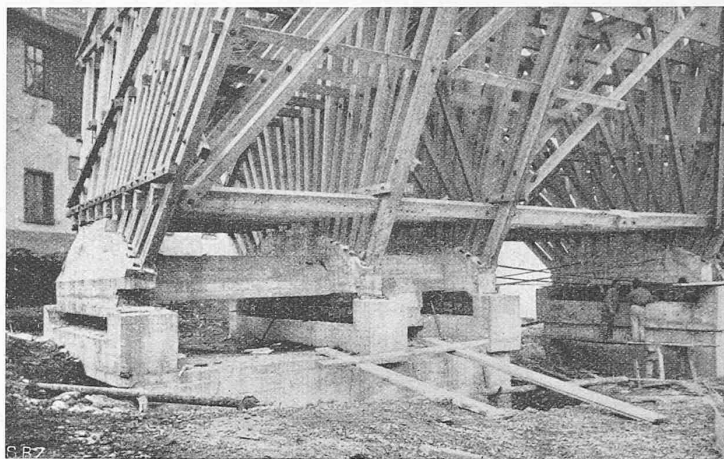


Abb. 21. Linksufriger Gerüstfuss auf den Auflager-Sätteln

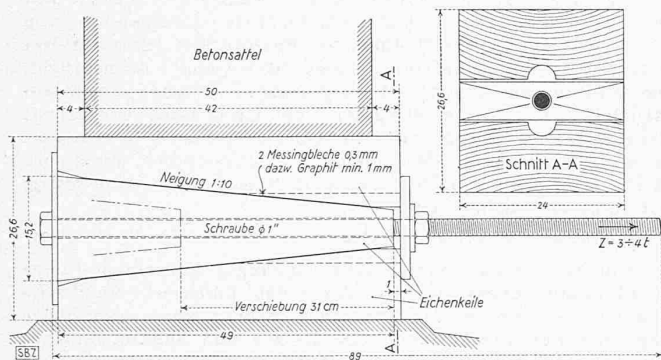


Abb. 23. Absenkvorrichtung aus Eichen-Keilen. — 1 : 10

VI. Verhalten des Lehrgerüsts beim Betonieren der Gewölberippen

Die Deformationen wurden direkt mittels Drähten gemessen, zudem von der alten Sitterbrücke aus trigonometrisch kontrolliert. Wie zu erwarten, hat sich das Lehrgerüst beim Betonieren der Gewölberippen unsymmetrisch deformiert. Die max. Setzung betrug 54 mm, gegenüber der berechneten Ueberhöhung von 65 mm; dieses Ergebnis darf als sehr günstig bezeichnet werden. Da die elastische Verkürzung der Streben allein 30 mm betragen würde, kann der Schluss gezogen werden, dass ein grosser Teil der totalen Last von 4560 t durch den Bogenkranz direkt auf die Widerlager übertragen wurde. Die max. seitliche Verschiebung der Knotenpunkte des Bogenkranzes wurde zu 25 mm festgestellt (Abb. 20). Bei den Anschlussviadukten sind die Senkungen des Gerüsts in der Mitte durch Griot'sche Biegemesser gemessen worden und ergaben Senkungen von 5 bis 10 mm.

VII. Absenken des Lehrgerüsts

Das Lehrgerüst war auf Eichenkeilen gelagert (Abb. 21 bis 23). Je drei Keile sind aufeinander gelegt. Durch Schraube und Ankerplatte hält der mittlere Keil den untern und obern Keil. Durch Lösen der Schrauben gleitet der mittlere Keil, wobei die Anzahl Drehungen der Schraube das Mass der Senkung genau angibt; eine Umdrehung der Schraube entsprach einer Senkung des Lehrgerüsts um 0,62 mm. Das Lehrgerüst wurde um 6 cm abgesenkt; die Senkungen der Rippen in mm betragen:

	Viertel Winkeln	Scheitel	Viertel Bruggen
Südliche Rippe	11 mm	13 mm	9 mm
Nördliche Rippe	—	5 mm	—

Die Drehungen in Sekunden waren gemessen mit:

	Südl. Rippe	Nörtl. Rippe
Kämpfer Winkeln	—	2"
Viertel Winkeln	15"	28"
Scheitel	0	0
Viertel Bruggen	28"	25"
Kämpfer Bruggen	—	2"

Als Randspannungen wurden gemessen:

	oben	unten
Kämpfer Winkeln	15,6 kg/cm ²	5,4 kg/cm ²
Viertel Winkeln	14,2 kg/cm ²	16,0 kg/cm ²
Scheitel	28,5 kg/cm ²	4,2 kg/cm ²
Viertel Bruggen	16,5 kg/cm ²	14,7 kg/cm ²
Kämpfer Bruggen	8,9 kg/cm ²	10,7 kg/cm ²

Mit den theoretischen Werten stimmten diese Messungen nicht überein. Es ist wahrscheinlich, dass in den Bogenvierteln vom Lehrgerüst noch unbekannte Reaktionen auf den Bogen wirkten, während die Scheitelpartie bereits frei lag. Dadurch wurde die Drucklinie im Scheitel stark nach oben gehoben.

VIII. Materialbedarf für das Lehrgerüst

Für das Lehrgerüst wurden 1200 m³ Holz und 30 t Klein-eisenzeug benötigt. Zum Vergleich mit andern Lehrgerüsten ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Grosse Bogen der:	Fürstenland- brücke	Gmündertobel- brücke	Langwieser- viadukt
1. Obere Breite des Lehrgerüsts	10,3 m	6,6 m	6,6 m
2. Totaler Holzverbrauch	1200 m ³	1500 m ³	700 m ³
3. Totaler Eisenverbrauch	30 t	60 t	32,6 t
4. Umbauter Raum	48300 m ³	22400 m ³	17400 m ³ *
5. Holzverbrauch pro m ³ umbauten Raumes	0,025 m ³	0,067 m ³	0,040 m ³
6. Eisenverbrauch pro m ³ Holz	25 kg/m ³	40 kg/m ³	47 kg/m ²

*) ab Eisenbeton-Gerüstsockel gerechnet.

Die Zahlen zeigen die Wirtschaftlichkeit des Lehrgerüsts der Fürstenlandbrücke und die Fortschritte im Lehrgerüstbau in den letzten 30 Jahren.

(Schluss folgt.)

Automatische Flugzeug-Kurssteuerung

Zur Kurseinhaltung im Blindflug bedarf es eines die Flugrichtung überwachenden Gerätes. Der kardanisch aufgehängte Schiffskompass scheint hierfür prädestiniert, doch treten beim Flug ganz andere Beschleunigungen auf als bei der Schifffahrt: schwankt schon die Bussolenaxe um das Lot, so nehmen gar die Schwingungen der Magnetnadel um die Nordsüdrichtung kein Ende. Greift man auf ein anderes Gerät: einen schnell rotierenden Kreisel, so findet man in der sog. Permanenz der Kreiselaxe Gewähr für eine durch Kurvenflug und Böen ungestörte Anzeige, stösst jedoch auf eine andere Schwierigkeit: Die «Nord-Süd»-Axe ist jetzt die Projektion der permanenten Kreiselaxe auf eine waagrechte Ebene, d. h. auf eine Tangentialebene zur Erdkugel. Die angegebene «Nord»-Richtung hängt also von der Stellung jener Tangentialebene, diese Stellung aber ihrerseits sowohl von dem Ort ab, über dem sich das Flugzeug befindet, wie auch davon, wann es sich dort befindet. Zeigte die Kreisel-Axe beim Start nach Norden, so ist sie schon nach einer halben Stunde aus dieser Richtung «ausgewandert». Wenn die Magnetnadel demnach ein zwar verlässlicher, jedoch zu unruhiger, der Kreisel ein allerdings beständiger, aber auf die Dauer irreführender Wegweiser ist, so stellte sich die Aufgabe, durch Kombination der beiden Geräte ein sowohl ruhiges, als auch dauernd richtig weisendes Steuerorgan zu schaffen. Dies ist nach einem Aufsatz von G. Wünsch in «Z.VDI», 1941, Nr. 4, dem unsere Abbildung entnommen ist, gelungen. Bei der entwickelten Kurssteuerungsanlage für den Blindflug ist der menschliche Pilot als Steuerglied überhaupt ausgeschaltet und durch den kardanisch aufgehängten, durch einen Luftstrom in rascher Umdrehung erhaltenen Fernkurskreisel ersetzt. Dieser hält, von dem Fernkompass überwacht, den Kurs, indem er das Seitenruder anstelle des die Bussole beobachtenden Piloten dirigiert. Bei der Kurskorrektur nach Geheiss der Magnetnadel korrigiert der Kreisel seine eigene Stellung.