Vom Bau der viergeleisigen Eisenbahnbrücke über den Neckar und des Rosensteintunnels bei Cannstatt

Autor(en): **Siegrist, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **63/64 (1914)**

Heft 17

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-31541

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Vom Bau der viergeleisigen Eisenbahnbrücke über den Neckar und des Rosensteintunnels bei Cannstatt. — Villa F. Ernst in Zürich. — Elektro-hydraulische Nietmaschinen schweizerischer Konstruktion. — Miscellanea: Die neuen Elektrizitätswerke der Stadt Paris. Trinkwasser-Sterilisierung mittels ultravioletter Strahlung. Vom Bau des neuen Trockendocks in Le Hâvre. Schweizerische Landesausstellung in Bern 1914. Nachrichten-Uebermittlung bei Flugzeugen. Jahresversammlung des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Luftuntersuchungen auf den Pariser Untergrundbahnen. Die Entwicklung der Aluminium-Industrie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Die Weltausstellung in San Francisco 1915. Eidgen. Technische Hochschule. Die XXVII. Generalversammlung des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins. Die Internationale Ausstellung für Buchgewerbe und Graphik in Leipzig 1914. Die Gewinnung von Naturgas in den Vereinigten Staaten. Grosse Ausstellung in Düsseldorf 1915. Ein neues Schulhaus in Wald. Panama-Kanal. — Literatur: Luegers Lexikon der gesamten Technik. Bau grosser Elektrizitätswerke. Haus und Garten. Literar. Neuigkeiten.

Band 64. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 17.**

Vom Bau der viergeleisigen Eisenbahnbrücke über den Neckar und des Rosensteintunnels bei Cannstatt.

Von *W. Siegerist*, Oberingenieur
der Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G., Zweigniederlassung Dresden.

(Fortsetzung von Seite 179)

Statische Berechnung.

Für die statischen Berechnungen, die vollständig von der ausführenden Firma aufzustellen waren, machte der Bauvertrag folgende Vorschriften: Gewölbe und Spandrillmauerwerk sind statisch zu berechnen unter Annahme eines Belastungszuges, bestehend aus zwei fünfachsigen Lokomotiven von 85 *t* mit Tender und einseitig nachfolgender unbeschränkter Anzahl Wagen.[1]) Die Seitenstösse sind mit 8 %, die Bremskräfte mit $^1/_6$ der Achslasten und die Fliehkräfte für einen mit 80 *km/h* fahrenden Zug in Rechnung zu ziehen. Der Winddruck ist bei belasteter Brücke mit 150 *kg/m²*, bei unbelasteter Brücke mit 250 *kg/m²* getroffene Fläche anzunehmen. Für die Berechnung ist die gleichzeitige Befahrung aller vier Geleise, bezw. nur zweier Geleise durch Züge der entsprechenden Fahrrichtung in den ungünstigsten Stellungen angenommen. Die Lasten sind in der Richtung der Spannweite konzentriert, quer dazu verteilt zu rechnen. Bei den Pfeilern sind der Hochwasserangriff und der Eisdruck mit 600 *kg/m²* Pfeilerfläche zu berücksichtigen und ist der Auftrieb voll in Rechnung zu setzen. Neben der statischen Untersuchung des fertigen Bauwerkes ist auch noch eine genaue Untersuchung der Standsicherheit für den Augenblick der Ausrüstung der grossen Gewölbe durchgeführt worden.

Als spezifische Gewichtsannahmen waren vorgeschrieben für:

Eisenbeton 2,4; Stampfbeton 1:8 2,3; Stampfbeton 1:10 bis 1:16 2,2; Bimsbeton 1,2; Schotter und Oberbau 2,0; Kies- und Sandaufschüttung, Steinbeugung, Erdreich je 1,8.

Die vier kleinen Gewölbe sind analytisch als eingespannte Gewölbe berechnet. Dabei ist die Berechnung nur für die beiden Gewölbehälften zusammen und zwar stets für die ganze wechselnde Brückenbreite durchgeführt worden, da beide Gewölbehälften in derselben Brückenöffnung annähernd gleich sind. Die ungleiche Höhenlage der Kämpfer ist berücksichtigt, während hier die verschwindend kleinen Zusatzspannungen aus den Wind-, Flieh- und Bremskräften vernachlässigt wurden. Die Einflüsse der Temperaturänderungen sind für Schwankungen von $\pm 10^0$ und $\pm 20^0$ berechnet worden. In Wirklichkeit wird bei der grossen Breite der Gewölbe und der hohen Ueberschüttung kaum eine Schwankung in der Eigenwärme von $\pm 10^0$ gegenüber der Herstellungstemperatur auftreten können.

Die Grenzwerte der Randspannungen erreichen beim Stampfbeton-Gewölbe $^5/_6$ mit 17 *m* Spannweite bei Temperaturänderungen von $\pm 10^0$, bezw. $\pm 20^0$ C folgende Werte:

	Kämpfer		Scheitel	
	σ_u	σ_o	σ_u	σ_o
$\pm 10^0$:	— 4,8	+ 17,9	+ 16,0	— 6,2
$\pm 20^0$:	— 11,3	+ 24,0	+ 21,0	— 12,5

[1]) Vergl. die Vorschriften der Kgl. Württ. Staatseisenbahnen für die Berechnung und den Entwurf eiserner Brücken und Hochbauten. Belastungsschema $^1/_2$ vom Jahre 1902.

Bei den Eisenbetongewölben mit zulässigen Beanspruchungen von 35 *kg/cm²* für Beton, 750 *kg/cm²* für Eisen sind die Trägheitsmomente in den Formänderungsgleichungen für das Stadium I (Mitwirkung des Betons auf Zug) und unter Vernachlässigung der Eiseneinlagen ermittelt. Die Grenzwerte der Randspannungen sind zunächst in gleicher Weise berechnet wie für die Stampfbetongewölbe. Aus diesen Spannungsgrenzwerten sind Normalkraft und Moment für die einzelnen Fugen berechnet unter der etwas zu ungünstigsten Annahme, dass $\sigma_{o\,max}$ und $\sigma_{u\,min}$ bei derselben Laststellung auftreten, also $N = \frac{\sigma_o + \sigma_u}{2} F$ und $M = \frac{\sigma_o - \sigma_u}{2} W$.

Für die in Abbildung 14 (S. 186) dargestellte Armierung des Eisenbetongewölbes $^7/_8$ am Brückenende ergeben sich folgende Spannungen. In der Kämpferfuge

bei $\pm 10^0$: $\sigma_b = 26{,}7$ *kg/cm²* $\sigma_e = 463$ *kg/cm²*
„ $\pm 20^0$: $\sigma_b = 42{,}0$ „ $\sigma_e = 1344$ „

und in der Scheitelfuge

bei $\pm 10^0$: $\sigma_b = 32{,}6$ *kg/cm²* $\sigma_e = 244$ *kg/cm²*, $\sigma_e' = 434$ „
„ $\pm 20^0$: $\sigma_b = 48{,}5$ „ $\sigma_e = 965$ „, $\sigma_e' = 601$ „

Bei den *grossen Gewölben* ist im Gegensatz zu den kleinen für jede Hälfte der drei Hauptbogen die Berechnung getrennt durchgeführt worden. Für die Ausführung sind die Gewölbestärken in den beiden Vorlandöffnungen unter sich gleich gewählt worden und ebenso in den beiden Hälften der Flussöffnung.

Die Beanspruchungen durch Eigengewicht sind rein analytisch ermittelt, wobei der ungleichen Höhe der Kämpferlinien Rechnung getragen ist. Ebenso sind im Interesse der Genauigkeit wegen der grossen Spannweite und des kleinen Stiches der Gewölbe die Koordinaten der Kernpunkte und hieraus die Scheitelordinaten der Einflussflächen analytisch ermittelt worden. Der Einfluss der Seitenkräfte, wie Seitenstösse, Fliehkraft, Winddruck, seitlich wirkende Teilkraft aus den Bremskräften und den Beschleunigungskräften sind in der Weise berücksichtigt, dass für die Berechnung der Spannungen nur eine reduzierte Gewölbebreite — berechnet zu 95 % der wirklichen Gewölbebreite — in die Rechnung eingeführt wurde.

In der Flussöffnung, konkave Hälfte, beträgt beispielsweise der Horizontalschub:

Aus Eigengewicht $H_g = 3725$ *t*
Aus Verkehr $H_{p\,max} = 948$ *t*
Im Ganzen $H_{max} = 4673$ *t*
und der ganze Kämpferdruck $R_{max} = 5120$ *t*

Auf einen *m* Brückenbreite ergibt sich im Scheitel ein Horizontalschub von 630 *t* und eine Kämpferreaktion von 600 *t*.

Die Spannungen in einigen Querschnitten der konkaven Hälfte der Flussöffnung betragen beispielsweise:

Fuge:		linker Kämpfer		Bogenviertel linke Hälfte		Scheitel	
		σ_o	σ_u	σ_o	σ_u	σ_o	σ_u
		kg/cm²	*kg/cm²*	*kg/cm²*	*kg/cm²*	*kg/cm²*	*kg/cm²*
aus Eigengewicht		+ 36,3	+ 19,9	+ 30,9	+ 20,1	+ 40,3	+ 21,1
aus Verkehr	max	+ 8,8	+ 4,9	+ 18,[illegible]	+ 24,0	+ 10,3	+ 5,4
	min	—	—	— 14,2	— 14,4	—	—
Maximalspannung		+ 45,1	+ 24,8	+ 49,1	+ 44,1	**+ 50.6**	+ 26,5
Minimalspannung		—	—	+ 16,7	+ 5,7	—	—

Die statische Untersuchung der Pfeiler und Widerlager ist jeweilen für einen Schnitt in der Brückenaxe durchgeführt worden. Für die Flusspfeiler betragen z. B. in der Fuge über dem Fundament (Kote 216,00) die Spannungen 9,5 bezw. 7,8 *kg/cm²*, auf der Fundamentsohle 6,4 bezw. 5,3 *kg/cm²* bei einer Grundfläche von 440 *m²* und einer Gesamtlast von 17 300 *t* mit 0,26 *m* Exzentrizität bei 14,3 *m* Sohlenbreite. Die Einflüsse der wagrechten Kräfte wie Windanlagefläche eine grösste Pressung an der Wälzfläche von 3050 *kg/cm²*. Die ungünstigste Querkraftbeanspruchung, im linken Kämpfergelenk der Vorlandöffnungen, konvexe Hälfte, ergibt eine Scheerspannung an den Dollen von 780 *kg/cm²*. Dabei ist die Reibung in den Gelenkflächen vollständig vernachlässigt, die indes bei dem vorliegenden Verhältnis von Querkraft zu Normalkraft 1 : 20 allein schon zur Aufnahme der Querkraft genügen würde.

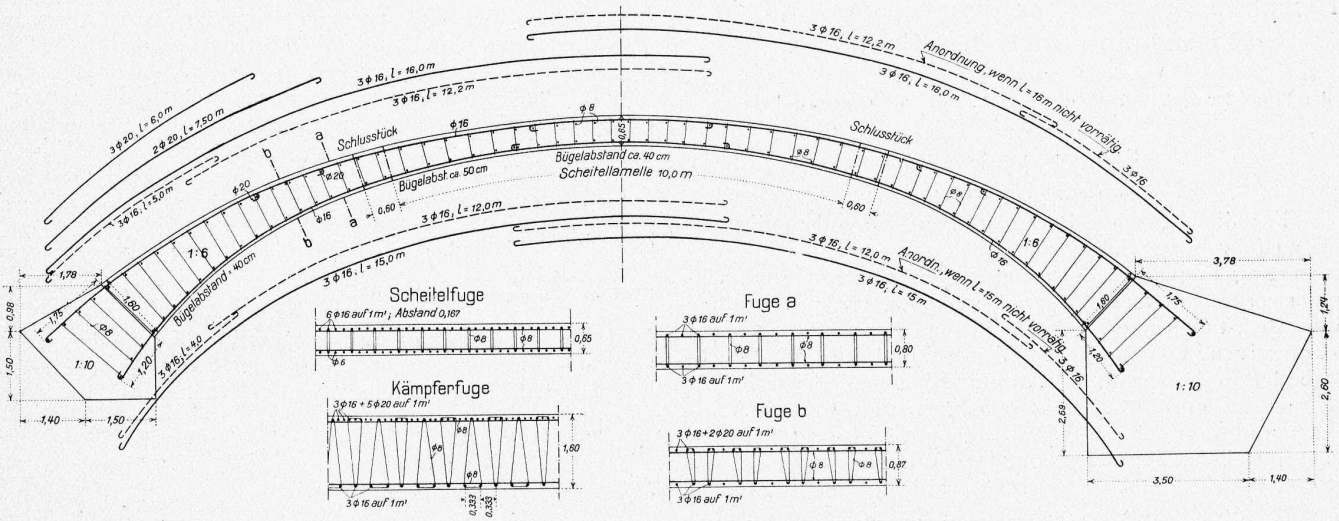

Abb. 14. Armierungsplan des Eisenbetongewölbes über die Oeffnung 7/8 der Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Cannstatt. — 1 : 150.

druck, Eisdruck, Seitenstösse, Fliehkräfte, quergerichtete Teilkräfte des Horizontalschubes erhöhen die maximale Bodenpressung auf 6,9 *kg/cm²*. Im linken Ortswiderlager treten für den Fall, dass Pfeiler 2 als freistehender Pfeiler zu wirken hat, Pressungen von maximal 5,3 *kg/cm²* auf. Wird Pfeiler 2 mit dem Sohlengewölbe und Widerlager 1 als ein gemeinsam wirkender Körper aufgefasst, so berechnen sich die maximalen Bodenpressungen zu 3,6 *kg/cm²*. Die *Flusspfeilerkammern* (Abb. 15) sind nach den württembergischen Vorschriften für Eisenbetonbauten unter Eisenbahngeleisen berechnet.

Wie bei den Brückengewölben die Seitenstösse, die Flieh-, Brems- und Windkräfte für die Berechnung der Spannung durch Einführung einer um 5 % reduzierten Gewölbebreite berücksichtigt wurden, so sind für die statische Berechnung der *Gelenke* in entsprechender Weise die berechneten äussern Kräfte um 5 % erhöht worden.

Die Biegungsspannung in Gelenkmitte berechnet sich zu 995 *kg/cm²*. Nach der Hertz'schen Formel ergibt sich für die gewählten Krümmungsradien $R = 60$, $R_1 = -75$ und bei 75 *kg* zulässigem Druck auf der hintern Gelenk-

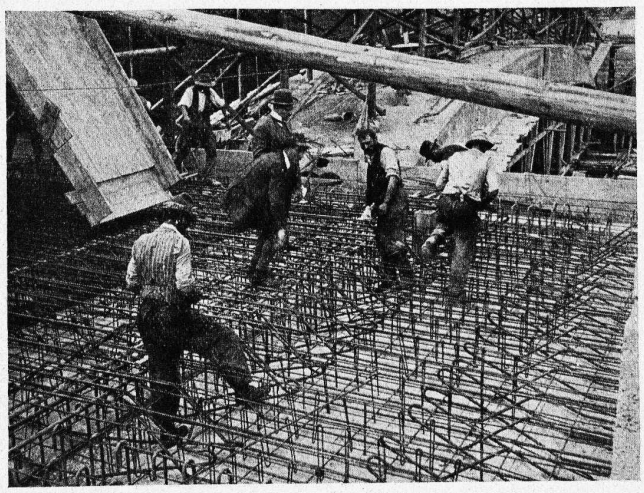

Abb. 15. Armierung einer Flusspfeiler-Kammerdecke.

Material, Mischungsverhältnisse und Festigkeiten.

Für die einzelnen Bauteile waren folgende Mischungsverhältnisse, Beanspruchungen und Festigkeiten vorgeschrieben:

Verwendung	Mischungsverhältnis	Zulässige Beanspruchung *kg/cm²*	Verlangte Festigkeit *kg/cm²*
Fundamentbeton der Flusspfeiler	1 : 10	8	56
Fundamentbeton der übrigen Pfeiler und Widerlager (z. T. mit 1/5 Steineinlagen)	1 : 14	12	84
Aufgehender Beton für Pfeilerschäfte und Widerlager	1 : 12	18	126
Aufgehender Beton für Stirnmauern und Flusspfeiler	1 : 10	20	140
Eisenbeton der Gewölbe	1 : 6 1/2		
Eisenbeton d. Spandrillmauern	1 : 4		
Beton der Stampfbetongewölbe	1 : 8	50	250
Gelenksteinbeton	1 : 4	75	375

Die verlangten Festigkeiten waren durch Versuchskörper nach 28-tägiger Erhärtung nachzuweisen.

Der Zement für die aufgehenden Teile der Brücke wurde von Dyckerhoff & Söhne, G. m. b. H., Amöneburg bei Biebrich (Rhein), geliefert, für die übrigen Teile aus Württemberg, von Blaubeuren, Balingen, Ehingen bezogen. Für den Fundamentbeton kam Neckarkiessand zur Verwendung, der teils aus dem Neckar in der Nähe der Baustelle und etwas weiter aufwärts gebaggert, teils aus den Baugruben gewonnen und im übrigen von neckaraufwärts gelegenen Baggereien bezogen wurde. Für den aufgehenden Beton 1 : 12 und 1 : 10 kam Muschelkalkstein-Grus und -Schotter zur Verwendung, für das Spandrillmauerwerk Rheinkiessand. Die Zuschlagsstoffe für den Eisenbeton der Gewölbe bestanden aus 1 1/2 Teilen Sand, 2 Teilen gewaschenem und gebrochenem Neckarkiessand und 3 Teilen Muschelkalkgrus 15/25 *mm*, für den Stampfbeton der Gewölbe aus 2 Teilen Sand, 3 1/2 Teilen Neckarkiessand wie oben und 2 1/2 Teilen Muschelkalkschotter von 25/45 *mm* Korngrösse. Hartstein ist nur für die Gelenkquader verwendet worden in der Zusammensetzung von 2 Teilen Rheinsand zu 2 Teilen Porphyrgrus von 7 bis 25 *mm* Korngrösse.

Mit diesen Mischungen sind die verlangten Festigkeiten überall erreicht und wesentlich überschritten worden.

Die z. T. komplizierten Zusammensetzungen, die auf Grund eingehender Vorversuche festgestellt waren, verbunden mit der Vorschrift von durchwegs getrennter Anlieferung der Materialien, haben grosse Materialeingänge ergeben. So ist z. B. bei Anlass der Gelenksteinversuche für die Mischung 1 Teil Zement zu $1^1/_2$ Teilen Rheinsand, zu 2 Teilen Porphyrgrus 5/25 *mm*, ein Mehrbedarf an Zuschlagsstoff von 40 % und der Zementgehalt dieses Betons demnach zu 560 *kg* festgestellt worden. Andere Versuche mit Mischung 1 : 8 und 1 : 12 haben Eingänge bis zu 58 % ergeben.

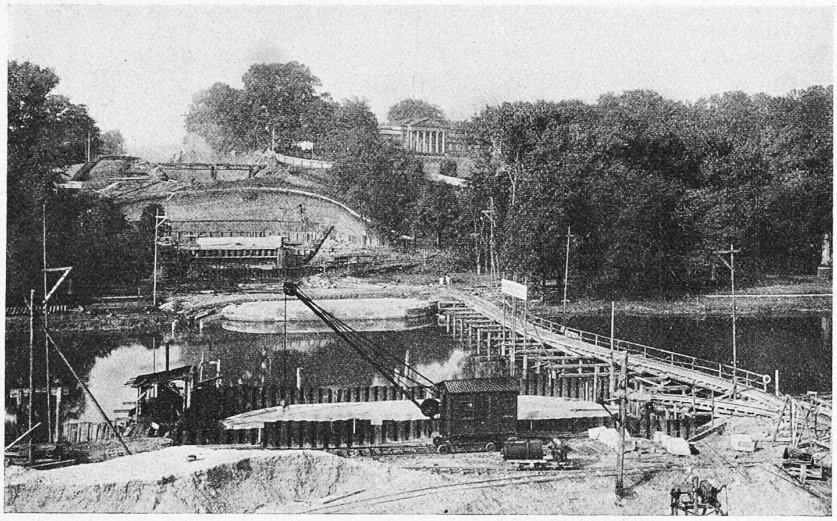

Abb. 16. Gründung der Flusspfeiler (23. IX. 12).

In der Ausführung waren diese Eingänge durch die Verwendung der Pressluftstampfung noch um etwa 5 % grösser. Aus diesen Gründen hat der fertige Beton oft einen viel grössern Zementgehalt als die Behörde bei Festsetzung der Mischungen eigentlich verlangt hatte. Da durch die Pressluftstampfung eine wesentlich (bis zu 30 %) höhere und namentlich gleichmässigere Festigkeit erreicht wird, wäre es deshalb, um Ungleichheiten wegzuschaffen, sehr zu begrüssen, wenn die Mischungsverhältnisse nach dem Zementgehalt für den m^3 fertigen Beton bestimmt werden könnten, wie es bei einzelnen Behörden schon eingeführt ist, oder wenn nur noch die zu erreichende Festigkeit vorgeschrieben würde, dagegen die zweckmässige Bestimmung des Zementgehaltes und der Zuschlagstoffe dem Ausführenden überlassen bliebe.

Bauplatzeinrichtung und Gerüstungen.

Ueber die Einrichtung der Baustelle ist kurz folgendes zu sagen: Die bei diesen Kunstbauten erforderlichen Massenleistungen verlangten überall in möglichst grossem Umfang die Anwendung von Maschinenbetrieb. Die maschinelle Ausrüstung der Baustelle bestand denn auch aus vier dreh- und fahrbaren Dampfkranen, zwei Löffelbaggern, Dampfwinden und fünf Lokomotiven für den Aushub, aus schwimmenden und fahrbaren Dampframmen für die hölzernen und eisernen Spundwände und für die Lehrgerüstpfähle, aus einem elektrischen Kran zum Ausladen der Materialien aus den Bahnwagen und aus den Schiffen, Schwimmbaggern, Aufzügen, Waschmaschine und Steinbrechanlagen zur Kiesaufbereitung, Mischmaschinen und elektrischen Aufzügen, sowie pneumatischer Stampfeinrichtung für die Betonverarbeitung, dabei Lokomotivbetrieb beim Fundamentbeton, Transport mit Seilbahn für die grossen Gewölbe mit Uebermauerung.

Widerlager 8 steht am Rande des alten Stationsplatzes Cannstatt, der 6 *m* über dem Neckarvorland und $5^1/_2$ *m* unter der Schwellenhöhe des neuen Bauwerkes liegt. Dort am Brückenende befanden sich auch die Anschlussgeleise, die Haupt-Lager- und Arbeitsplätze, sowie Werkstätten, die Kompressoranlage für die Pressluftstampfung, Magazine, Baubureau, Kantinen, Schlafbaracken. Ueber dem Neckar und dem Kanal waren in der Höhe der beidseitigen Vorländer, flussabwärts der Brücke, mit Lokomotiven befahrbare Transportbrücken geschlagen (Abb. 16).

Für die Herstellung der 16 300 m^3 Fundamentbeton war im rechten Vorland zwischen Pfeiler 5 und 4 eine erste Beton-Mischanlage aufgestellt.

Die Betontransporte bewegten sich mit Lokomotivbetrieb auf der Höhe des Vorlandes. Für den aufgehenden Beton wurde auf dem Lagerplatz, links des Widerlagers 8, eine zweite Mischanlage aufgestellt, die für den Rest der Bauarbeiten dort verblieb und mit der 22 700 m^3 aufgehender Beton gemischt wurden. Für die Pfeilerschäfte und Widerlagerkörper auf dem rechten Vorland bis Kämpferhöhe bewegten sich die Betontransporte auf besondern Gerüsten in dieser Höhe, während der Beton für die Gewölbe und Uebermauerung von einem über den Lehrgerüsten der ersten flussaufwärts gelegenen Brückenhälfte aufgestellten und mit einer Seilbahn ausgerüsteten Transportsteg aus verteilt wurde (Abb. 17). Der Beton für das aufgehende Mauerwerk am Widerlager 1 und Pfeiler 2 ist von einem besondern, mit Aufzug versehenen Gerüst aus beigebracht worden.

Der Zimmerplatz für das Abbinden der Lehrgerüste war im rechten Vorland zwischen der neuen Brücke und dem alten Bahndamm eingerichtet. (Forts. folgt.)

Abb. 17. Uebersicht von der Cannstatter Seite aus auf die Gerüstungen der südlichen Gewölbehälften (5. VIII. 13). (Im Hintergrund das Ostportal des Rosensteintunnels.)