

Alle Rechte vorbehalten.

## Sprengwirkungen an Eisenbeton.

Von Dr.-Ing. R. Kraus, Cüstrin.

Bei Tragwerken aus Eisenbeton werden Beanspruchungen dynamischer Art, wie Erschütterung von Brücken durch Verkehrslasten oder hoher Rahmenstockwerkbauten durch Maschinenbetrieb bzw. vorüberfahrende Lastwagen, meist durch Einführung eines empirischen Faktors in die statische Berechnung berücksichtigt. Die Frage der Standsicherheit der Verbundkonstruktion gegenüber kurzen, gewaltsamen Erschütterungen (Erdbeben, Explosionen) tritt naturgemäß nur dann in den Vordergrund, wenn mit solchen Möglichkeiten zu rechnen ist, z. B. bei Hochbauten in Erdbebengebieten oder Fabrikbauten mit Sprengstoffverarbeitung. Hierbei werden dann die Erfahrungen zu Rate gezogen, die man bei Feuersbrünsten, Einstürzen, Beschießungen und ähnlichen Katastrophen gesammelt hat. Die nachfolgenden Mitteilungen sollen einen Beitrag zu den bisherigen Beobachtungen über die Widerstandsfähigkeit von Eisenbetonkonstruktionen gegenüber schweren inneren Erschütterungen liefern.

Es handelt sich um die kürzlich in Berlin vorgenommene Sprengung eines alten Eisenbetonsilos, der die äußere Form eines Parallelepipedons von etwa 24 m Breite, 30 m Länge und 18 m Höhe hatte. Der Innenraum war durch zwei kreuzweise angeordnete Zwischenwände in vier große Bunker zerlegt, die im ganzen auf 36 starken Pfeilern von der ungefähren Anordnung der Abb. 1 ruhten. In der Längsrichtung waren diese Pfeiler durch Spitzbogengurte untereinander verbunden, zwischen denen in der Querrichtung Stichbogengewölbe gespannt waren. Die etwa 15 cm starken Eisenbetonwände waren durch schmale Strebpfeiler auf diese Gurtbogen und Gewölbe abgestützt. Infolge der Lage des Silos inmitten industrieller Anlagen, in der Nähe bewohnter Gebäude und eines Gasbehälters war es nicht möglich, mit vollen Sprengladungen in geeigneter Höhe über dem Erdboden zu arbeiten; es mußte vielmehr versucht werden, zur Vermeidung gefährlicher Splitterwirkung und großen Luftdruckes das Bauwerk durch Anbringung von Erschütterungsladungen in den Füßen der Pfeiler niederzulegen. Zu diesem Zwecke war beabsichtigt, die Pfeiler reihenweise, mit A beginnend, zu sprengen, weshalb zunächst der Zusammenhang zwischen den Reihen A und B durch Sprengung der Gurt-

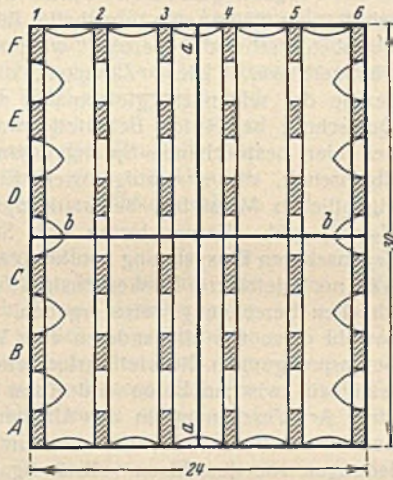


Abb. 1. Schematischer Grundriß.

bogen im Scheitel gelöst wurde (Abb. 2). Hier zeigte sich die bekannte Wirkung, daß der Beton zwischen den Eiseneinlagen herausgeschleudert worden war, während diese selbst nur verbogen waren; sie wurden deshalb durch Schneidbrenner getrennt. Eine gleichzeitige Versuchssprengung der Pfeiler A1 und A2 in Höhe des Erdbodens hatte das in Abb. 3 gezeigte Ergebnis, daß von dem Eckpfeiler nur ein schmaler Kern stehenblieb, während Pfeiler A2 völlig vom Fundament getrennt wurde. Nunmehr sollte die Vorderwand des Silos durch Sprengung der Pfeiler A3—A4—A5—A6 und B3—B4 nach außen umgelegt werden.



Abb. 3. Pfeiler A1 (rechts) und A2 (links) nach der Versuchssprengung.

Der Erfolg war ein vollkommener Einsturz der B-Pfeiler und eine Zerstörung der A-Pfeilerfüße in ähnlicher Weise wie bei A2, so daß der Zusammenhang mit dem Fundament auf wenige sehr schmale Kernstücke und einige verbogene Rundeisen (die Pfeiler enthielten nur an den Ecken eine in das Fundament eingreifende Bewehrung) beschränkt blieb. An der Vorderwand selbst war keinerlei Veränderung wahrzunehmen, woraus sich die bemerkenswerte Tatsache ergab, daß die schweren Pfeiler von über 2 m<sup>2</sup> Querschnitt ohne merkliche Senkung an der dünnen Vorderwand hängenblieben, die ihrerseits wieder von der anstoßenden Mittel-



Abb. 2. Durchblick zwischen den Pfeilerreihen A und B nach der ersten Sprengung.



Abb. 4. Blick auf die stehengebliebene Mittelwand über dem Pfeilerpaar B3—B4.



Abb. 5. Der gesprengte Pfeiler B4.

zu ersehen ist, sondern hält ihrerseits den ganzen vorderen Teil des Bauwerks in der Schwebe; denn die auf Abb. 4 rechts sichtbare Pfeilerreihe A war bereits in Bodenhöhe so gesprengt, daß sie teilweise frei über den Fundamenten hing.

Dieser Fall läßt die bemerkenswerte Zähigkeit schlanker Eisenbetonbauteile mit zahlreichen dünnen Eiseneinlagen bei plötzlich auftretenden gewaltsamen Erschütterungen erkennen, wie sie auch seinerzeit bei der Oppauer Explosionskatastrophe beobachtet worden war, wo schwere massive Betonbauteile einstürzten, während leichte aufgelöste Konstruktionen den Erschütterungen standhielten. Auch der weitere Verlauf der Sprengung bestätigte diese Erfahrungen. Zunächst wurde davon Abstand genommen, noch weitere Sprengladungen an den Scheiteln der Gurtbogen anzubringen, da nach den bisherigen Sprengwirkungen die Ursache für den Zusammenhalt der einzelnen Pfeiler weniger in den Gurtbogen und Kappen, als vielmehr in den Wänden des Silos zu suchen war. Wie schon erwähnt, verbot sich die Anbringung von Sprengladungen an den hochgehenden Wänden selbst aus Sicherheitsgründen. Auch die folgenden beiden Sprengungen der Pfeiler B1—B2—B5—B6—C3—C4 und C1—C2—C5—C6—D3—D4 vermochten noch nicht, das Bauwerk zum

wand gehalten wurde. Der Zusammenhang der mit zahlreichen dünnen Rundeseisen bewehrten Außenwände an den Ecken war sehr unvollkommen; jedenfalls klappte schon vor der Sprengung an der Ecke der A1 ein durchgehender Riß, der das Übergreifen der Eisen in die anstoßende Wand, aber keine besondere Eckenversteifung erkennen ließ. Abb. 4 zeigt den eingestürzten Pfeiler B3, der im Sturz auch die Streben der Mittelwand (a—a in Abbild. 1) heruntergerissen hat. Diese schmale Wand ist nicht nur an dieser Stelle jeder Unterstützung beraubt, wie aus der von der anderen Seite gemachten Aufnahme des geborstenen Pfeilers B4 (Abb. 5)

Einsturz zu bringen. Lediglich der über den Pfeilern A1—B1—C1 befindliche Teil der linken Seitenwand löste sich nach einigen Stunden los. Erst die nächste Sprengung der Pfeiler D1—D2—D5—D6—E1—E2 in Bodenhöhe zugleich mit einem nochmaligen Angriff auf die Pfeilerreihe A durch Anbringung geballter Ladungen brachte den Erfolg, daß die Vorderwand und rechte Seitenwand (über A6 bis E6) einstürzten. Das Kreuz der Zwischenwände (a—a und b—b in Abb. 1) neigte sich etwas nach vorn und hob bei dieser über die Pfeiler E3—E4—E5—E6 ausgeführten Kippbewegung die ganze Hinterwand mitsamt den schweren Pfeilern F3—F4—F5—F6 ein wenig von ihrem Fundament ab. Dieser Vorgang ist ein Beweis für den großen Einfluß kreuzweise angeordneter Zwischenwände auf die Standfestigkeit von Silobauten. Wenn man sich vergegenwärtigt, welche Schubspannungen die schmalen Zwischenwände beim Festhalten bzw. Anheben der Außenwände mit Pfeilern aufzunehmen hatten, so läßt sich der zähe Zusammenhang der beiden Wände untereinander wohl erklären. Die folgende Sprengung der Pfeiler E3—E4—E5—E6—F1—F2 nahm erst diesen Wänden den letzten Halt, so daß die Zwischenwände kartenhausartig zusammenfielen und sich die Rückwand nach innen auf deren Trümmer legte. Einige geballte Ladungen an den Pfeilern F3—F4—F5—F6 vollendeten das Werk der Zerstörung.

Die hier wiedergegebenen Beobachtungen der Sprengwirkung sind in verschiedener Hinsicht beachtenswert. Es sei nur daran erinnert, daß nach dem Einsturz der Oderbrücke bei Gartz vor zwei Jahren anfangs die Ursache in der aufgelösten Konstruktion der Brücke gesucht wurde. Dabei hatte sich gerade damals bei dem seines Auflagers beraubten und in das Flußbett gestürzten rechten Brückenteil trotz der gewaltigen Erschütterung kaum eine ernsthafte Beschädigung in den Stabteilen des Eisenbetonfachwerks gezeigt, während der massive Pfeiler völlig zertrümmert war. Diese Zähigkeit, dieser starke innere Zusammenhalt gerade der schlanken, gleichmäßig mit zahlreichen Eisen von kleinem Querschnitt bewehrten Betonteile war auch bei den einzelnen Phasen des hier besprochenen Sprengvorganges deutlich zu erkennen — eine Eigenschaft, die der aufgelösten Eisenbetonbauweise gegenüber dem eigentlichen Massivbau bei stark dynamisch beanspruchten Bauten den Vorzug gibt. Ferner lassen sich Schlüsse ziehen auf den Grad der gegenseitigen Einspannung von kreuzweise angeordneten Zwischenwänden, was noch leichtere Bunkerkonstruktionen zuläßt, als sie sich nach der üblichen Berechnungsweise ergeben. Schließlich sei noch erwähnt, daß sowohl diese wie alle anderen vom Verfasser bisher beobachteten Eisenbetonsprengungen die viel verfochtene Ansicht bestätigte, daß die Haftfestigkeit zwischen Beton und Eisen eine rein mechanische ist und auf einer Art Verzahnung in den Unebenheiten der Eisenoberfläche beruht; denn der Beton wurde nicht nur durch verhältnismäßig schwache Sprengladungen von dem Eisen vollständig losgetrennt, sondern es zeigten sich auch innerhalb der Erschütterungszone die stärksten Risse da, wo mehrere Eisen nebeneinander in einer Reihe gelagert waren.

Alle Rechte vorbehalten.

## Die Auswechslung von eisernen Eisenbahnbrücken mit Kranwagen.

Von Dr.-Ing. K. Schaechterle, Stuttgart.

(Fortsetzung aus Heft 41.)

### I. Verfahren.

Ausheben und Einsetzen von eisernen Überbauten mit zwei Kranwagen und Hilfsladekonstruktion.

Die Hilfsladekonstruktion (Abb. 10) besteht aus zwei Hauptträgern a mit längsverschieblichen Aufhängvorrichtungen an den Enden, die mittels Tragwinkeln b zwischen den Kranplattformwagen derart eingehängt werden,

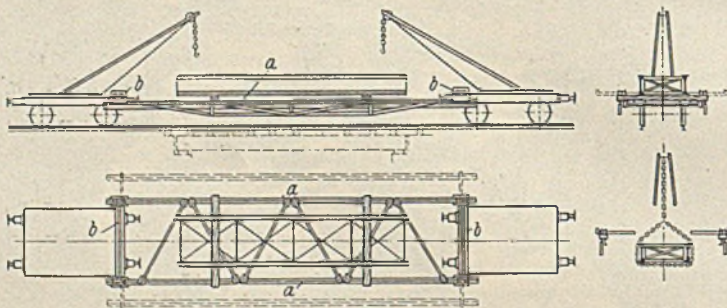


Abb. 10.

daß Querverschiebungen vorgenommen werden können. Die Hilfsladekonstruktion wird nach Länge und Breite der Überbauten eingestellt, mit Querverband versehen und durch Dorne unverschieblich festgelegt. Damit ist zwischen den Kranwagen eine Hilfsbrücke geschaffen, auf der der zur Auswechslung bestimmte, in der Brückenmeisterei fertig zusammengebaute Überbau verladen wird.

Der durch Werkstatt- und Brückenprüfungswagen verstärkte Arbeitszug für die Auswechslung wird auf dem der Baustelle nächstgelegenen Bahnhof zusammengestellt und in der für die Arbeiten vorgesehenen Zugpause mit Lokomotive zur Baustelle gefahren, wo alle Vorbereitungen für das Unterbrechen des Gleises getroffen sind. Auf der Baustelle angekommen, wird der Zug derart aufgestellt, daß der neue Überbau über den alten

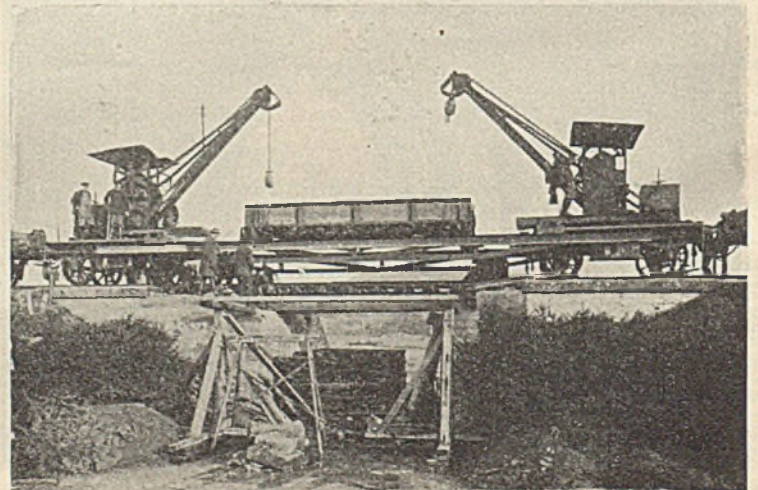


Abb. 11.

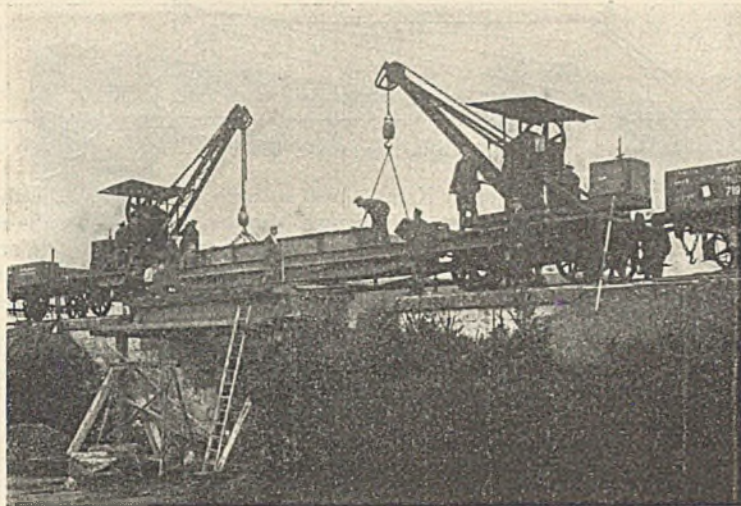


Abb. 12.

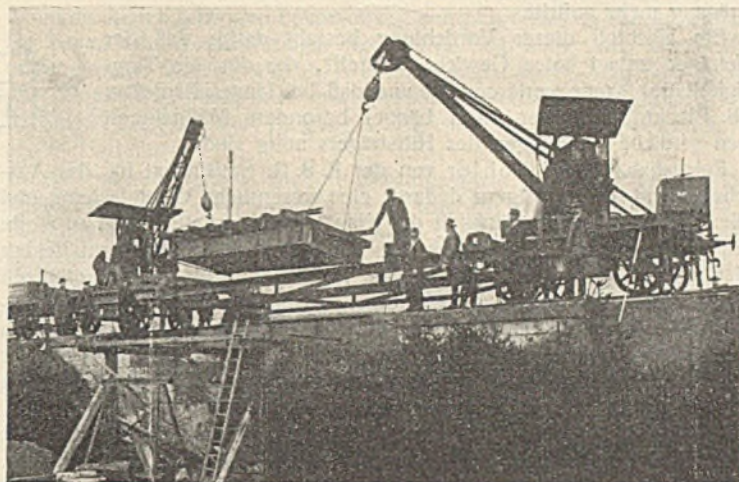


Abb. 13.

zu liegen kommt (Abb. 11). Nach dem Ablassen des durchgehenden Gleises wird der neue Überbau mit den Kranen angehoben, der Verband der entlasteten Hilfskonstruktion gelöst und deren Hauptträger auf den Tragwinkeln so weit herausgeschoben, bis ein für das Ablassen der neuen Brücke ausreichender Spielraum vorhanden ist. Sodann wird der alte Überbau auf Gleitschienen auf ein Hilfsgerüst seitlich herausgeschoben, der neue Überbau abgelassen, auf die Lager gesetzt und ausgerichtet. Sobald die Schienen aufgebracht und angeschlossen sind, kann der Arbeitszug die Baustelle verlassen. Vor dem Abfahren wird noch der alte Überbau auf die inzwischen wieder zusammengebaute Hilfskonstruktion aufgeladen (Abb. 12).

Der Zeitaufwand für die Auswechslung in der vorgeschriebenen Art kann bei guter Vorbereitung bis auf eine Stunde verkürzt werden. Ein Nachteil des Verfahrens besteht darin, daß zum Aufladen des seitlich ausgeschobenen alten Überbaues ein Kran nachgefahren werden muß, um den Schrägzug beim Einschwenken auszuschalten. Das Verfahren kommt deshalb nur für Überbauten unter 18 t Gewicht in Betracht.

II. Verfahren.

Die Erfahrungen, die beim Ein- und Ausbau von eisernen Überbauten für Brücken mit Kranwagen gemacht worden sind, haben die Ardeitwerke in Eberswalde veranlaßt, eine Krantraverse (D. R. P.) zu entwerfen, bei deren Verwendung der Schrägzug der Last beim Ein- und Ausschwenken der Überbauten, der eine große Gefahr für die Fahrzeuge und das Bedienungspersonal darstellt, nicht auftritt (Abb. 13).

In Abb. 14 sind zwei Kranwagen dargestellt, die gemeinsam mit einer derartigen Krantraverse arbeiten.

Die Krantraverse besteht aus einem Längsträger, an dem verstellbare Zangen, Schlingketten oder dergl. vorgesehen sind, mit deren Hilfe die Überbauten an der Traverse angeschlagen werden können. An den Enden der Träger sind auf Kugellagern laufende, leicht bewegliche Katzen vor-

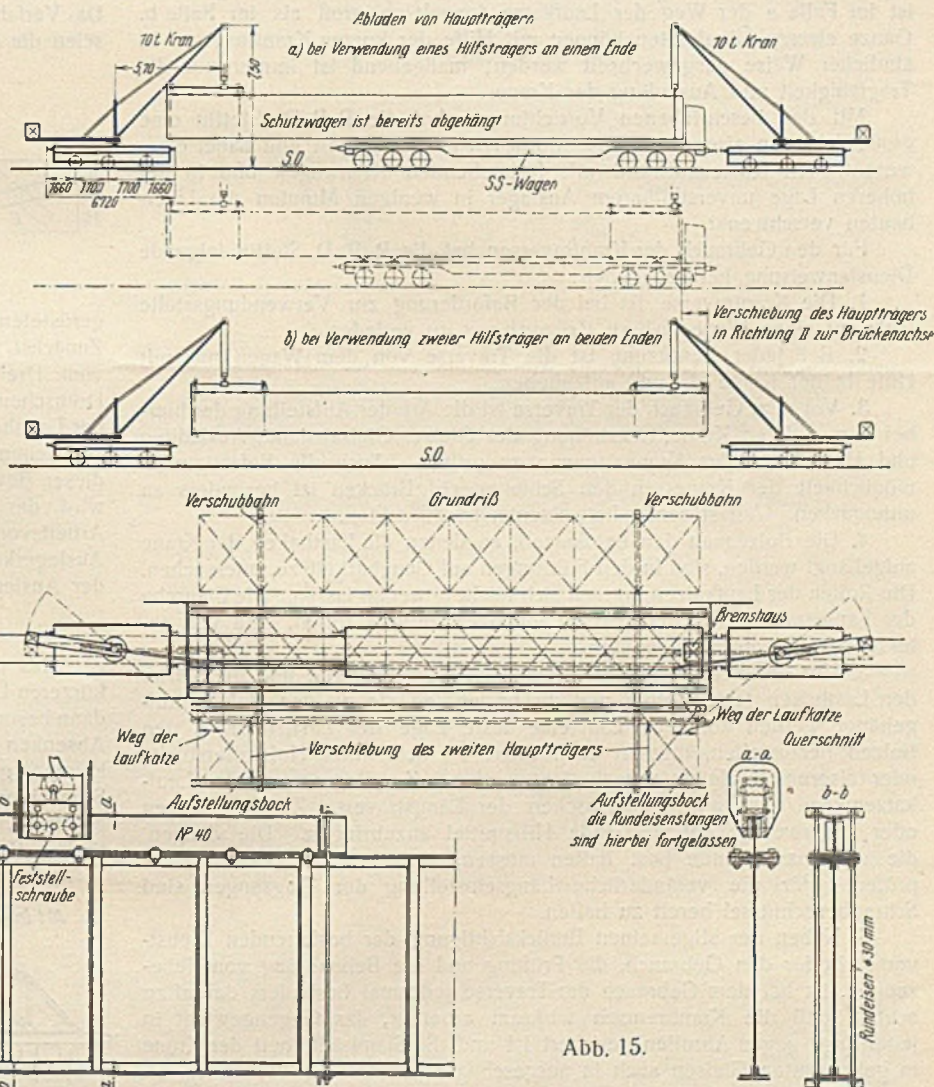


Abb. 15.

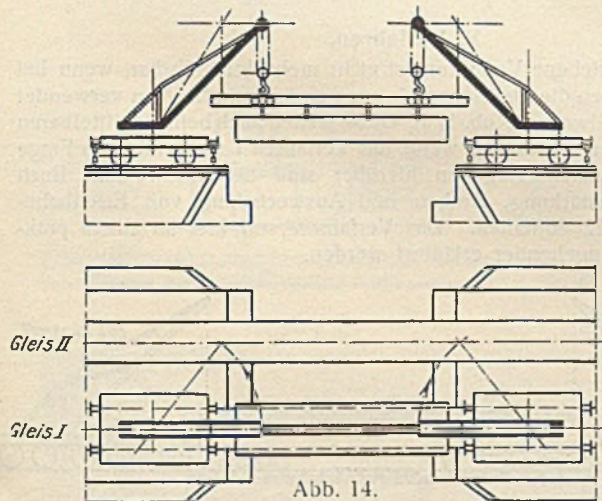


Abb. 14.

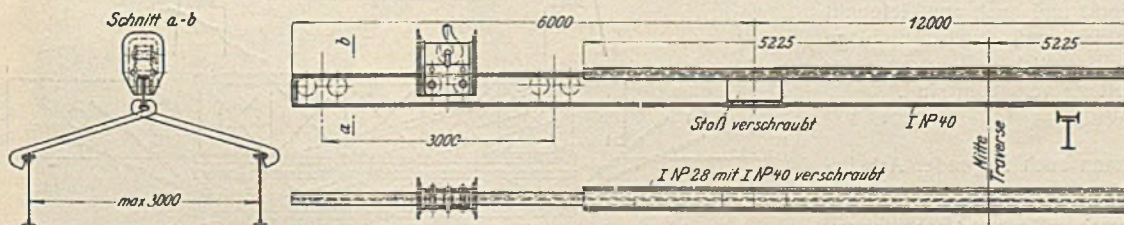


Abb. 14a.

gesehen, in die die Lasthaken der Krane eingehängt werden.

Beim seitlichen Ein- oder Ausschwenken der Überbauten werden die an der Krantraverse laufenden Katzen durch den eintretenden Schrägzug so weit bewegt, bis der Aufhängepunkt der Laufkatzen genau unter der Mitte der Unterflaschen der Krane

steht, die Fahrbewegung der Laufkatzen aufhört und kein Schrägzug mehr auftritt.

Ein Nachteil dieser Vorrichtung besteht darin, daß der Hilfsträger zuviel totes Gewicht darstellt, das für die Tragfähigkeit der Krane verlorengeht, und daß bei langen Bauteilen (z. B. Blechträgern über 18 m Länge) besondere Maßnahmen gegen seitliches Ausbliegen des Hilfsträgers nötig sind.

Reichsbahnoberrat Köhler von der R. B. D. Stettin hat für das Auswechseln von Brückenträgern dadurch eine wesentliche Vereinfachung und größere Verwendungsmöglichkeit der Krantraverse erzielt, daß er an Stelle eines durchgehenden Hilfsträgers nur auf einem Ende bzw. auf beiden Enden des Überbaues I-Träger als Rollbahnen für die Laufkatzen befestigt (Abb. 15). Seine Einrichtung ist von der Länge der Brückenträger unabhängig, da immer wieder dieselben I-Träger verwendet werden können. Da außerdem die Hilfsträger unmittelbar auf dem Hauptträger befestigt sind, fallen die Zangen fort, man gewinnt an Hubhöhe und durch Fortfall des mittleren Hilfsträgerstückes an Hubkraft für die Krane. Auf diese Weise sind mit zwei 10-t-Kranen Träger bis zu rd. 27 m Länge und 17 t Gewicht auf der Baustelle im ganzen entladen und eingebaut worden. In Abb. 15 ist unter a das Abladen von Hauptträgern bei Verwendung eines Hilfsträgers auf einem Ende dargestellt; das andere Ende ist fest mit dem Lasthaken verbunden. Unter b ist die Verwendung von zwei Hilfsträgern auf beiden Enden gezeigt. Hierbei ist zu beachten, daß wegen des auf einem Wagenende stehenden Bremshauses der eine Kran den Träger nur am Ende fassen kann und daß nach einer kleinen Schwenkung der Krane der Brückenträger erst durch die Laufkatzen hindurchgeschoben werden muß, damit auf beiden Seiten für die Laufkatzen der gleiche Spielraum vorhanden ist. Bei gleichem Schwenkungswinkel ist im Falle a der Weg der Laufkatze doppelt so groß als im Falle b. Ganze eiserne Überbauten können mit Hilfe der kurzen Krantraversen in ähnlicher Weise ausgewechselt werden; maßgebend ist immer nur die Tragfähigkeit und Ausladung der Krane.

Mit den beschriebenen Vorrichtungen hat die R. B. D. Stettin eine große Zahl von eisernen Eisenbahnbrücken ausgewechselt und dabei ohne wesentlichen Kostenaufwand mit feststehenden Kranwagen und in der höheren Lage unverstellbarem Auslager in wenigen Minuten die Überbauten verschwenkt.

Für den Gebrauch der Krantraversen hat die R. B. D. Stettin folgende Dienstanweisung herausgegeben:

1. Die Krantraverse ist bei der Beförderung zur Verwendungsstelle stets auf einen Wagen ohne Bremshaus zu verladen.
2. Bei jeder Benutzung ist die Traverse von dem Wagen nur mit Hilfe beider Krane ab- und aufzuheben.
3. Vor dem Gebrauch der Traverse ist die Art der Aufstellung der hierbei verwendeten Krane, Überhöhung der Gleise, Gleisabstand, Ausladung und Hubhöhe jedes Kranes genau zu prüfen. Auch die Befestigungsmöglichkeit der Krane an den Schienen auf Brücken ist besonders zu untersuchen. Auf störende Leitschienen ist zu achten.
4. Die Bolzen an den Laufkatzen, an denen die Lasthaken der Krane aufgehängt werden, sind in den Führungen auf Gangbarkeit zu untersuchen. Die Rollen der Laufkatzen müssen sich leicht bewegen lassen. Die Flansche der Längstraverse, an denen die Laufkatzen entlang rollen, sind von anhaftendem Schmutz zu säubern.
5. Vor der Benutzung der Traverse ist die Maulbreite und die Stärke der Lasthaken festzustellen und zu prüfen, ob sie an den Bolzen aufgehängt werden können. Um eine feste Lage der Lasthaken an den Bolzen herzustellen, müssen etwa sechs bis acht kurze Holzfutterstücke oder eiserne Ringfutter vorgehalten werden. Zur Begrenzung der Laufkatzenwege sind an den Flanschen der Längstraverse Zwingschrauben oder anderweitige entsprechende Hilfsmittel anzubringen. Die Zangen, die die anzuhebende Last halten müssen, sind in ihrer Reichmitte zu prüfen. Für die veränderliche Längseinstellung der Tragzangen sind Schraubenschlüssel bereit zu halten.
6. Neben der allgemeinen Berücksichtigung der bestehenden Dienstvorschrift für den Gebrauch, die Prüfung und die Behandlung von Hebezeugen, ist bei dem Gebrauch der Traverse jedesmal besonders darauf zu achten, daß die Kranbremsen wirksam arbeiten, das Gegengewicht in jeder Lage gegen Abrollen gesichert ist und die Standsicherheit der Krane in gekrümmten Gleisen auch in ausgeschwenkter Stellung vorhanden ist.

Ein Nachteil des Verfahrens besteht darin, daß die Last bei ungleichmäßigem Heben und Senken in Bewegung gerät und auch am Tiefpunkt abzurollen strebt. Das Abrollen der Laufkatzen muß durch Anschläge verhindert werden, die entsprechend der voraussichtlichen Bewegung der Laufkatze einzustellen und während der Arbeit zu versetzen sind.

III. Verfahren.

Für das seitliche Absetzen von Brücken kann auch folgender Arbeitsvorgang empfohlen werden (Abb. 16).

Die Brücke wird zwischen zwei Kranwagen A und B auf gewöhnlichen Wagen an die Baustelle gebracht und angehoben. Hierauf schwenkt der

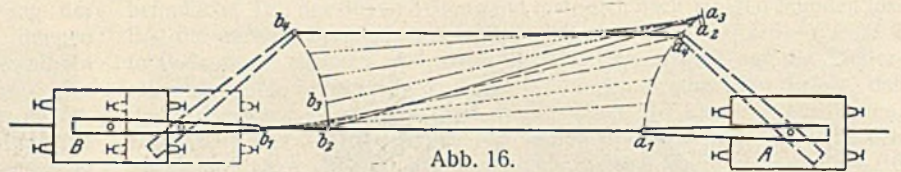


Abb. 16.

Ausleger des fest verankerten Krans A von  $a_1$  nach  $a_2$ , indessen gleichzeitig Kran B mit Ausleger in Gleisrichtung langsam gegen den Kran A gedrückt wird, bis der Aufhängepunkt von  $b_1$  nach  $b_2$  gelangt ist. Vorausgesetzt ist, daß die Länge des Verladewagens eine Verschiebung des Kranwagens zuläßt. Die Brücke nimmt nun die Lage  $a_2, b_2$  ein. Der jetzt ebenfalls fest verankerte Kran B schwenkt in der Folge nach  $b_3$ , während Ausleger A seinen Weg in der Richtung  $a_2 - a_3$  fortsetzt. Damit schließlich die Endlage  $a_4$  bis  $b_4$  erreicht wird, schwenkt Ausleger B in gleicher Richtung von  $b_3$  bis  $b_4$  weiter, während Ausleger A im nunmehr entgegengesetzten Drehsinn von  $a_3$  nach  $a_4$  zurückschwenkt. Hierauf kann die Last abgelassen werden. Mit den um die Kranmittelpunkte beschriebenen Schwenkkreisen ergibt sich die gegenseitige Stellung der Ausleger aus der Bedingung, daß der Abstand der Auslegerköpfe in jeder Lage des Überbaues gleich groß sein muß. Bei stets paralleler Lage des Überbaues zum Gleis würde sich der Abstand verkürzen, also Schrägzug auftreten. In der Abb. 16 sind für gleichbleibenden Abstand noch einige Zwischenstellungen des Überbaues dargestellt.

IV. Verfahren.

Bei Kranwagen, die mit mehr als 9 t belastet werden, läßt die Bauart in der Regel unter angehängter Last keine Verschiebung mehr zu. Das Verfahren III bedarf in diesem Falle einer Ergänzung (Abb. 17). a und b seien die Aufhängepunkte der Brücke, die auf den mit Drehschemeln aus-

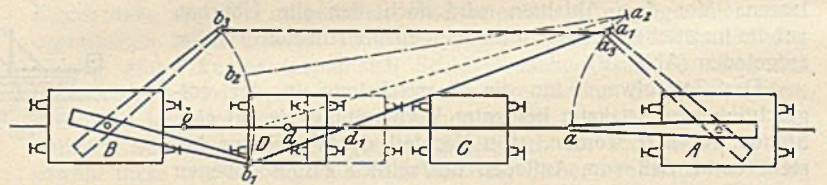


Abb. 17.

gerüsteten Langholzwagen C und D zur Baustelle gebracht worden ist. Zunächst wird nur Kran A eingehängt und das ihm zugewandte Lastende vom Drehschemel C abgehoben. Das andere Brückenende bleibt auf Drehschemel D liegen. Ausleger A schwenkt nun von a nach  $a_1$ , während der Langholzwagen D in Richtung gegen Kran A gedrückt wird, bis seine Drehschemelachse von a nach  $d_1$  gelangt ist; das Lastende b gelangt bei dieser Bewegung nach  $b_1$ . Die Brücke hat die Lage  $a_1 - b_1$ . Nunmehr wird der Kran B festgemacht und über  $b_1$  eingehängt. Der weitere Arbeitsvorgang deckt sich mit dem im Verfahren III beschriebenen: Der Auslegerkopf A beschreibt demnach den Weg  $a_1 - a_2 - a_3$ , während der Auslegerkopf B von  $b_1$  über  $b_2$  nach  $b_3$  gelangt.

V. Verfahren.

Das vorbeschriebene Verfahren ist nicht mehr durchführbar, wenn bei kürzeren Überbauten die Drehschemelwagen zu lang sind. Man verwendet dann besondere Rollwagen (Abb. 17 a). Diese leisten auch beim unmittelbaren Absenken schwererer Brücken, wenn das Verfahren I nicht mehr in Frage kommt, gute Dienste. Angaben hierüber sind bereits in dem Buch Schaechterle, „Verstärkung, Umbau und Auswechslung von Eisenbahnbrücken“, S. 121/22 enthalten. Das Verfahren soll hier an einem praktischen Beispiel eingehender erläutert werden.

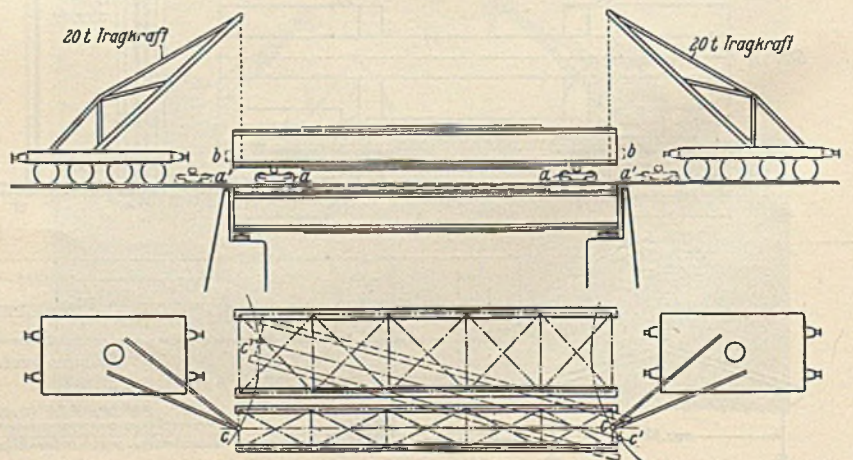


Abb. 17 a.



Abb. 18.

Die alte Brücke über die Starzel bei Hechingen (Abb. 18) wurde durch die neuen schweren Lokomotiven betriebsgefährlich überbeansprucht. Sie besaß Gitterfachwerkträger von 24 m Stützweite, die durch Blechträger gleicher Stützweite (Abb. 18a) zu ersetzen waren. Die Brücke führt über einen Weg, einen Bach und eine Privatbahn. Das überführte Hauptbahngleis liegt in der Neigung 1:100 und in einer Krümmung von 573 m Halbmesser.

Der neue Überbau von 50 t Gesamtgewicht wurde auf einen Sonderwagen zwischen zwei Schutzwagen (Abb. 19) zu dem 1,5 km von der Baustelle entfernten Bahnhof Hechingen gebracht und dort mittels zweier 25-t-Kranwagen auf zwei niedrige Rollwagen mit Drehgestell (Abb. 20) umgesetzt. Der in der Werkstatt fertig zusammengesetzte Überbau ohne Fußwegkonsole wurde mit den beiden, auf dem Nebengleis aufgestellten Kranwagen an den starken Endquerverbindungen gefaßt und so weit angehoben, daß der Sonderwagen ausgefahren werden konnte. Nach dem Unterschieben der Rollwagen wurde der Überbau wieder abgelassen.

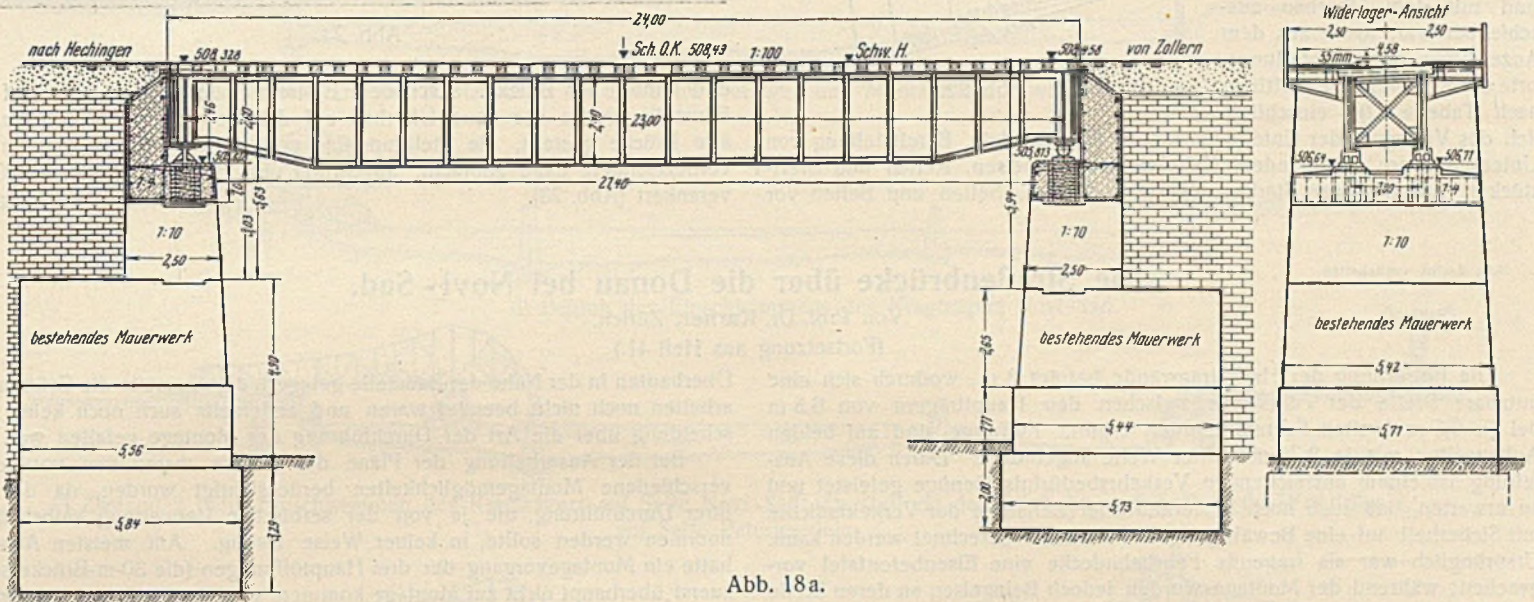


Abb. 18a.

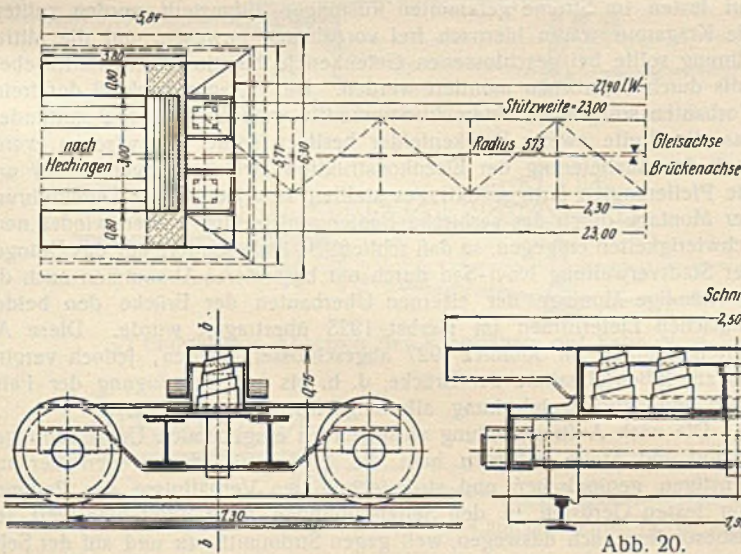


Abb. 20.

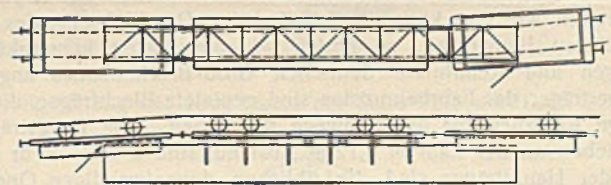


Abb. 19.

Gleichzeitig wurden die festen und beweglichen Lager an den Überbau angehängt, um beim Einbau das Arbeiten unter der schwebenden Last zu vermeiden.

Die Abb. 21 zeigt die Zusammenstellung des Arbeitszuges. Kranwagen und Rollwagen sind mit Steifkuppeln verbunden.

Auf der Baustelle waren bereits alle Vorbereitungen für die Auswechslung getroffen, um mit der zur Verfügung stehenden Zugpause



Abb. 21.

von 4 Stunden auszukommen. Die vorbereitenden Arbeiten bestanden aus dem Aufstellen eines Hilfsgerüsts für das seitliche Ausschleiben des alten Überbaues, dem Einbau einer Verschiebbahn mit Gleitschienen (zwischen Widerlager und Hilfsgerüst gestoßen, um die Schienen auf den gemauerten Widerlagern nach dem Ausschleiben herausnehmen und den Platz für die neuen Lager frei machen zu können), dem Ablängen der Fahrsehnen derart, daß das Stück zwischen den Schildmauern leicht lösbar und mit dem Überbau ausziehbar war, sowie aus dem Anzeichnen der Aufstellungs-orte der Kranwagen (Ermittlung nach Tabelle 22), einschließlich des Verlegens der Unterlagen für die Kranspindeln, Bereitstellung von Unterlaghölzern, Fußwinden, Kabelwinden, Hebeisen, Keilen und Brettstücken verschiedener Stärke sowie von Ketten, Seilen und Beilen vor

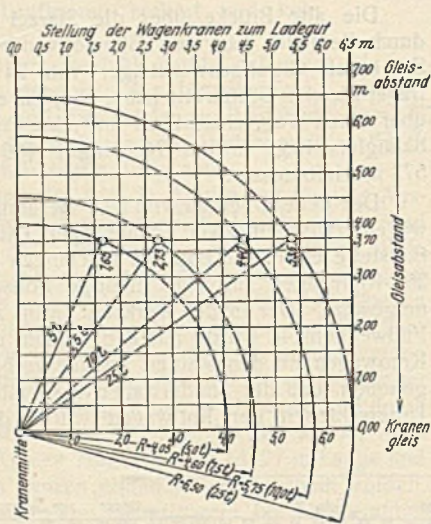


Abb. 22.

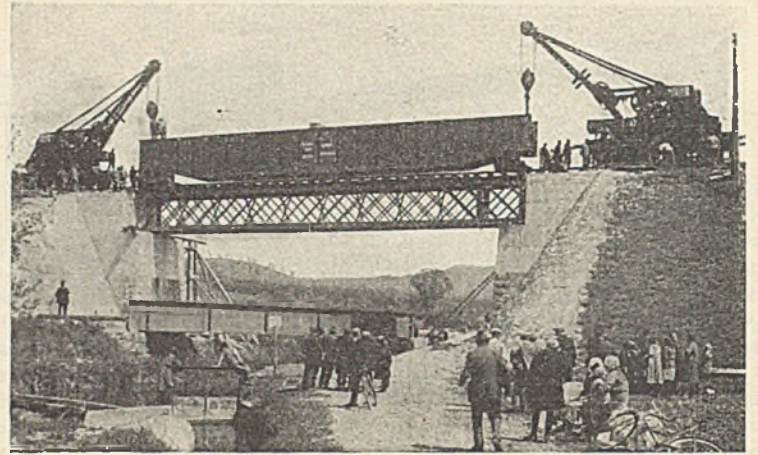


Abb. 23.

und hinter der Brücke. Nach dem Eintreffen des Arbeitszuges auf der Baustelle wurde der neue Überbau auf den Rollwagen genau über die alte Brücke gestellt, die Steifkupplung gelöst, jeder Kranwagen in die vorbezeichnete Lage gebracht, abgestützt und mit den Zangen am Gleis verankert (Abb. 23). (Schluß folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

## Die Straßenbrücke über die Donau bei Novi-Sad.

Von Prof. Dr. Karner, Zürich.

(Fortsetzung aus Heft 41.)

Die Entfernung der Haupttragwände beträgt 8 m, wodurch sich eine nutzbare Breite der Fahrstraße zwischen den Hauptträgern von 6,5 m bei je 0,5 m breiten Schrammborden ergibt. Fußwege sind auf beiden Außenseiten mit je 2,75 m lichter Weite angeordnet. Durch diese Austeilung ist einem ausreichenden Verkehrsbedürfnis Genüge geleistet und zu erwarten, daß auch noch bei erheblicher Zunahme der Verkehrsdichte mit Sicherheit auf eine Bewältigung des Verkehrs gerechnet werden kann. Ursprünglich war als tragende Fahrbahndecke eine Eisenbetondecke vorgesehen; während der Montage wurden jedoch Belageisen an deren Stelle angeordnet und die Eisenkonstruktion des Fahrbahnrostes entsprechend umgeändert. Die Fußwege erhalten Eisenbetondecken mit Asphalt.

Streifen wir nun kurz die konstruktive Durchführung des in St 37 ausgeführten Bauwerkes, so finden wir die besten konstruktiven Erfahrungen und Kenntnisse deutschen Groß-Brückenbaues angewendet. Die Querträger des Fahrbahnrostes sind genietete Blechträger, die in vollwandige Konsolen für die Fußwege übergehen. Die Längsträger, und zwar sieben an der Zahl in 1,12 m Abstand, sind I 42 $\frac{1}{2}$ . Für die Gurtstäbe der Hauptträger sind die üblichen doppelwandigen Querschnitte angenommen, und alle Füllstäbe, Pfosten sowohl als Diagonalen, sind vollstegige Querschnitte, deren Einzelprofile innerhalb der Stege der Gurtungen bzw. der Knotenbleche liegen. Dort, wo bei Druckstäben H-förmige Querschnitte mit nach innen liegenden Winkelschenkeln gewählt werden mußten, sind parallel zum Steg Bindebleche angeordnet, ebenso wie auch für die Gurtquerschnitte im Zusammenhang mit den Queraussteifungen ebenfalls nur Bindebleche und keine Vergitterungen verwendet wurden. Da auch für alle Konstruktionsteile der wagerechten und Querverbände Vergitterungen durchweg vermieden wurden, also auch bei mehrteiligen Stäben nur Bindebleche angewandt sind, erhält die Brücke auch in ihren Einzelheiten ein gleichmäßiges und ruhiges Aussehen. Dies gilt insbesondere auch von der architektonischen Wirkung des oberen Windverbandes, der in der Schwerebene der Gurtquerschnitte angeschlossen ist und dessen Diagonalen aus wagerecht gelagerten, gespreizten und durch Bindebleche verbundenen U-Eisen bestehen, während die Zwischenpfosten I-Eisen sind. Da die Brücke in ihrer Linienführung, aber auch in ihrer Einzelbemessung und in ihrer konstruktiven Durchführung keine Besonderheiten aufweist, sei von einer näheren Erörterung Abstand genommen; viele Einzelheiten gehen überdies ohne weiteres aus den verschiedenen Abbildungen hervor.

Wir gehen nun zur Besprechung der Montage über, die den technisch interessantesten Teil dieses Bauwerkes ausmacht. Gemäß den Bestimmungen des Sachlieferungsverfahrens wurde zuerst vom deutschen Reichskommissar für Reparationslieferungen die Ausführung der Eisenkonstruktion der Brücke und deren Lieferung frei deutscher Grenze, an die am Schluß dieses Aufsatzes genannten beiden deutschen Brückenbauanstalten in Auftrag gegeben. Die Entwurfsbearbeitung und die Durchführung aller Pläne geschah nach der Auftragserteilung 1921 in Deutschland, und die Auslieferung der Brücke war Ende 1923 beendet. Nach besonderen Signierungsplänen, die ein sachgemäßes Lagern auf der in Frage kommenden Baustelle ermöglicht hätte, wurde die gesamte Eisenkonstruktion der

Überbauten in der Nähe der Baustelle gelagert, da einerseits die Gründungsarbeiten noch nicht beendet waren und andererseits auch noch keine Entscheidung über die Art der Durchführung der Montage gefallen war.

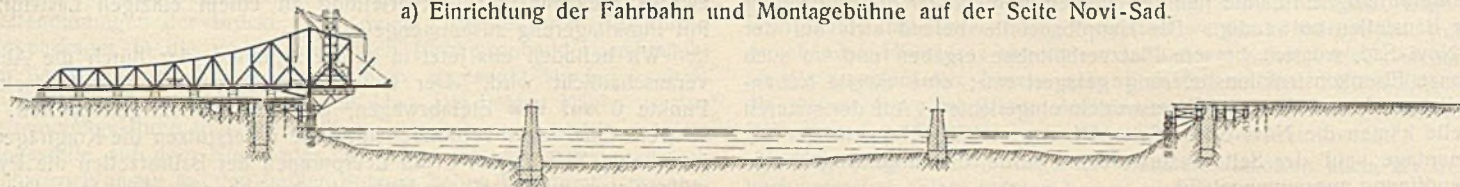
Bei der Ausarbeitung der Pläne der Brücke waren von vornherein verschiedene Montagemöglichkeiten berücksichtigt worden, da die Art ihrer Durchführung, die ja von der serbischen Verwaltung selbst übernommen werden sollte, in keiner Weise festlag. Am meisten Aussicht hatte ein Montagevorgang der drei Hauptöffnungen (die 30-m-Brücke sollte zuerst überhaupt nicht zur Montage kommen, sondern durch einen massiven Bogen kleiner Stützweite ersetzt werden), bei dem die Seitenöffnungen auf festen im Strome gerammten Rüstungen aufgestellt werden sollten; die Kragarme wären hiernach frei vorzubauen gewesen, und die Mittelöffnung sollte bei geschlossenen Gelenken je bis zur Brückenmitte ebenfalls durch Freivorbau montiert werden. Der Zusammenschluß der freien Vorbauten sollte über einem in Strommitte gerammten Joche stattfinden, das die Breite zweier Brückenfelder besitzen sollte. Inzwischen waren nach der Auslieferung der Eisenkonstruktion zwei Jahre verstrichen und die Pfeilerbauten fertiggestellt; es stellten sich jedoch der Durchführung der Montage durch das serbische Bautenministerium immer wieder neue Schwierigkeiten entgegen, so daß schließlich, insbesondere auf das Drängen der Stadtverwaltung Novi-Sad durch ein besonderes Abkommen auch die vollständige Montage der eisernen Überbauten der Brücke den beiden deutschen Lieferfirmen im Herbst 1925 übertragen wurde. Diese Arbeiten konnten im Sommer 1927 abgeschlossen werden, jedoch verging bis zur Inbetriebnahme der Brücke, d. h. bis zur Aufbringung der Fahrbahn und Fahrwegabdeckung, allerdings fast noch ein Jahr.

Die nach Auftragserteilung einsetzenden eingehenden Untersuchungen an Ort und Stelle zeitigten bald die Erkenntnis, daß wegen der ungünstigen geologischen und stromtechnischen Verhältnisse das Rammen von festen Gerüsten in den Seitenöffnungen nicht empfehlenswert sei, insbesondere auch deswegen, weil gegen Strommitte zu und auf der Seite Peterwardein in geringer Tiefe Serpentin angetroffen wurde. Die festen Rüstungen wären außerdem großen Gefahren durch Hochwasser und gegebenenfalls durch Eisgang ausgesetzt gewesen, und außerdem ließen die Schifffahrtsverhältnisse auf der Donau und die hohen Kosten des dadurch notwendigen Warschaudienstes es auch geraten erscheinen, von dem oben kurz geschilderten Montagevorgang abzugehen und sich zu einem anderen Vorgang zu entschließen, bei dem alle drei Öffnungen durch Einschwimmen montiert werden konnten. Es ist dies meines Wissens die erste größere Strombrücke, bei der alle Teile am Lande montiert und durch Einschwimmen, kombiniert mit Einfahren, in ihre endgültige Lage gebracht wurden.

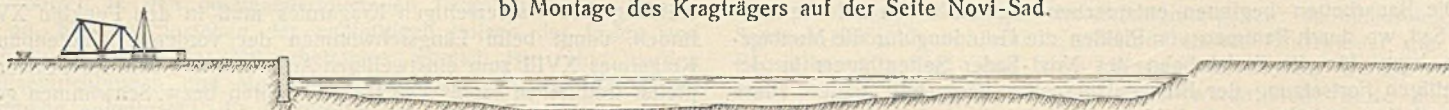
Wir wollen zunächst an Hand der Abb. 11 den Montagevorgang in seiner grundsätzlichen Anordnung besprechen, um dann über die praktische Durchführung zu berichten, bei welcher Gelegenheit auch die teilweisen, allerdings geringfügigen, durch örtliche Verhältnisse bedingten Abweichungen mitgeteilt werden können. Der Montagevorgang erstreckt sich in unserer Beschreibung nur auf die drei Hauptöffnungen, da die 30-m-Brücke, wie schon erwähnt, ganz am Schlusse der Montage als



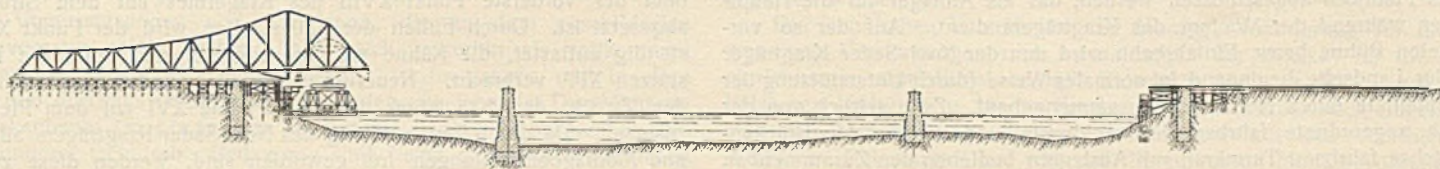
a) Einrichtung der Fahrbahn und Montagebühne auf der Seite Novi-Sad.



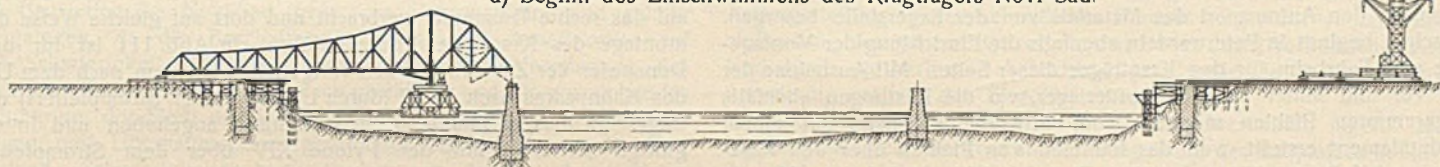
b) Montage des Kragträgers auf der Seite Novi-Sad.



c) Herstellung der Ausfahrbahn für den Schwebeträger und Montage am Novi-Sader Donauufer.



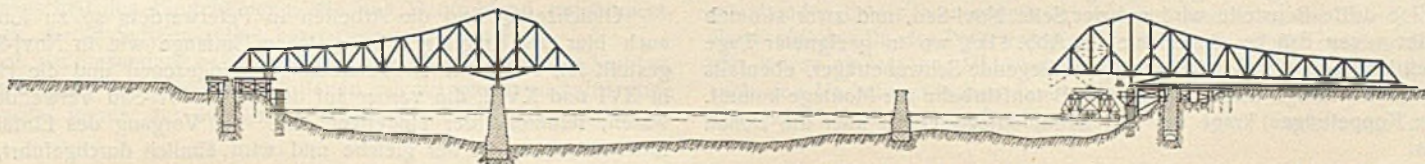
d) Beginn des Einschwimmens des Kragträgers Novi-Sad.



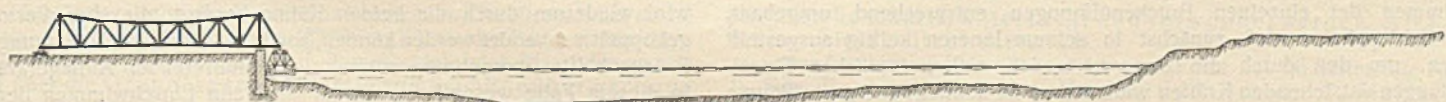
e) Zustand 2 beim Einschwimmen des Kragträgers auf Seite Novi-Sad; Herstellung der Fahrbahn und Aufbau des Kragträgers auf Seite Peterwardein.



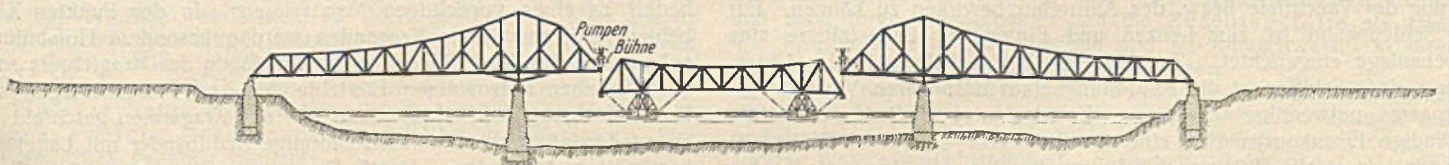
f) Zustand 3 beim Einschwimmen des Kragträgers auf Seite Novi-Sad; Fertigstellung des Kragträgers auf Seite Peterwardein.



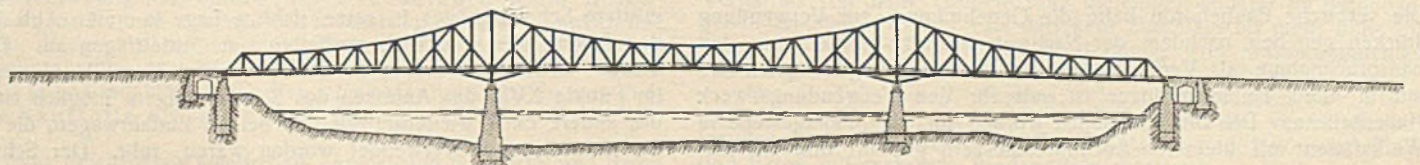
g) Endgültiges Absetzen des Kragträgers auf Seite Novi-Sad aufs Widerlager und Beginn des Einschwimmens des Kragträgers auf Seite Peterwardein.



h) Längsausfahren bzw. Ausschwimmen des Schwebeträgers.



i) Quereinschwimmen des Schwebeträgers, Einhängen und Hochziehen.



k) Gesamtanordnung der Brücke (ohne 30-m-Flutbrücke).

Abb. 11a bis k. Schematische Darstellung des Montagevorganges.

vollständig selbständiges Bauwerk auf festen Gerüsten bereits in der endgültigen Lage montiert wurde. Der zur Ausführung gewählte Montagevorgang sieht das Längseinfahren, bezw. Einschwimmen der beiden Seitenöffnungen einschl. der Kragarme vor, während die Mittelöffnung, d. h. der Schwebeträger zwischen den Gelenken der Kragarme quer zur Brückenlängsachse eingeschwommen, bezw. in den Aufhängevorrichtungen der Kragarme eingehängt wird. Da sämtliche Brückenteile, Seitenöffnungen und Mittelöffnung, am Lande montiert werden mußten, war die Einrichtung zweier Baustellen notwendig. Die Hauptbaustelle befand sich auf der Seite Novi-Sad, wo sich bessere Platzverhältnisse ergaben und wo auch die ganze Eisenkonstruktionslieferung gelagert war; eine zweite Nebenbaustelle wurde auf der Seite Peterwardein eingerichtet. Auf der ersteren Baustelle kamen die Novi-Sader Seitenöffnung und der Koppelträger zur Landmontage; auf der Seite Peterwardein wurde die dorthin gehörige Brückenöffnung zusammengebaut.

Die Bauarbeiten beginnen entsprechend der Abb. 11a auf der Seite Novi-Sad, wo durch Rammen von Pfählen die Gründung für die Montagebühne bezw. für die Einfahrbahn des Novi-Sader Seitenträgers in der landseitigen Fortsetzung der Brückenlängsachse hergestellt wird. Diese Montagebühne erhält vor und hinter dem Landwiderlager entsprechend dem abfallendem Ufer höhere Rüstungen, die wasserseitig durch ein besonders starkes Pfahljoch abgeschlossen werden, das als Auflager für die Hauptpylonen während der Montage des Kragträgers dient. Auf der so vorbereiteten Bühne bezw. Einfahrbahn wird nun der Novi-Sader Kragträger von der Landseite beginnend in normaler Weise (durch Unterstützung der Knotenpunkte durch Holzstapel) zusammengebaut. Zwei seitlich von der Brücke angeordnete fahrbare Schwenkmaste und ein in der Brückenlängsachse fahrbarer Turmkran mit Auslegern bedienen den Zusammenbau dieses Brückenteiles, während fahrbare Dampfkranen auf einer besonderen Gleisanlage den Antransport des Materials von der Lagerstelle besorgen. Inzwischen beginnt in Peterwardein ebenfalls die Einrichtung der Montagebühne und Fahrbahn für den Kragträger dieser Seite. Mit Ausnahme der Teile vor und hinter dem Landwiderlager, wo die Rüstungen ebenfalls auf gerammten Pfählen montiert sind, wird die Fahrbahn auf einem Betonfundament erstellt, weil das Rammen von Pfählen über den Kasetten und Kellergewölben der alten Festung nicht möglich ist. Um die vorhandenen Transporteinrichtungen und Montagekrane zweckmäßig auszunutzen, wird die Montage des Novi-Sader Teiles sehr beschleunigt; Abb. 11b zeigt den Stand der Montage, bei dem eben der Kragarm in Novi-Sad frei vorbauend vollendet ist und abgenietet werden kann. Ein besonderes eisernes Hilfsgerüst trägt eine Montagebühne für den auskragenden Teil. An den Zusammenbau (es wird der vollständige Kragträger, jedoch ohne Blindstäbe des Obergurtes und ohne die wasserseitigen Schrägstützen am Untergurt montiert) schließt sich sofort das Abnieten dieses Brückenteiles an. Auf der Seite Peterwardein ist inzwischen die Montagebühne fertiggestellt und ebenfalls wasserseitig als Abschluß ein kräftiges Pfahljoch hergestellt worden.

Eine dritte Baustelle wird auf der Seite Novi-Sad, und zwar stromab von der neuen Brücke eingerichtet (s. Abb. 11c), wo in geeigneter Lage der mittlere Teil der Brücke, der freiaufliegende Schwebeträger, ebenfalls auf einer, allerdings etwas einfacheren Betonfahrbahn zur Montage kommt. Dieser Koppelträger kragt bei der Landmontage etwas über die Donau hinaus.

Inzwischen sind weitere Vorbereitungsarbeiten für das Einschwimmen gediehen. Zwei Donauschleppkähne von entsprechender Tragfähigkeit werden für mehrere Monate gemietet und für das Einfahren bezw. Einschwimmen der einzelnen Brückenöffnungen entsprechend umgebaut. Jeder Schleppkahn muß zunächst in seinem Inneren kräftig ausgesteift werden, um den durch die zu erwartenden außerordentlichen Einzelbelastungen entstehenden Kräften widerstehen zu können; geeignete Räume werden durch Holzschotte wasserdicht von den übrigen Schiffsräumen abgetrennt, um als Ballastzellen zu dienen und um dadurch eine Veränderung der Tauchtiefe bezw. des Auftriebes bewirken zu können. Für jeden Schleppkahn ist zum Lenzen und Fluten der Ballasträume eine Pumpenanlage eingerichtet. Zur besseren Lastverteilung in der Längsrichtung eines Schiffes ist die Anordnung eines besonderen Versteifungsträgerpaares notwendig. Zu diesem Zwecke wird für jeden Kahn die vollständige Eisenkonstruktion einer Straßenbrücke von 40 m Stützweite verwendet, da solche Brücken gerade um dieselbe Zeit durch die beiden deutschen Brückenbauanstalten, aus einem anderen Liefervertrag heraus, an das serbische Bautenministerium zur Auslieferung gekommen waren.

Die serbische Baubehörde hatte die Genehmigung zur Verwendung der Brücken gegeben, nachdem der Nachweis erbracht worden war, daß die Inanspruchnahme als Versteifungsträger auch bei ungünstigsten Annahmen in allen Teilen geringer ist, als für den Verwendungszweck als Straßenbrücke. Die Brücken selbst wurden für die Montagestöße in den Werkstätten mit kleineren Lochdurchmessern gebohrt und als Versteifungsträger nur verschraubt. Nach Demontage der ganzen Kahnversteifungskonstruktion, nach Beendigung aller Einschwimmerarbeiten wurden die 40-m-Brücken wieder auseinander geschraubt, die Löcher für

die Montagestöße auf das richtige Maß aufgerieben und die Konstruktion nunmehr als Straßenbrücken endgültig abgeliefert.

Außer diesen Einrichtungen zum Einschwimmen bedarf es weiterer geeigneter Wagen, die die am Lande, auf der festen Fahrbahn, fahrenden Brückenenden zu unterstützen haben. Für die Montage wurden zwei Einfahrwagen hergestellt, die wiederum aus je 4 zweirädrigen Einzelwagen bestanden. Je 4 solcher Einzelwagen werden durch einen Balancier zwecks gleichmäßiger Lastverteilung zu einem einzigen Laststützpunkt mit Punktlagerung zusammengefaßt.

Wir befinden uns jetzt in dem Zeitpunkte, der durch die Abb. 11d veranschaulicht wird. Der Novi-Sader Kragträger ruht landseitig im Punkte 0 auf den Einfahrwagen, und die beiden gekoppelten, durch schwere Querträger verbundenen Kähne unterstützen die Kragträgerenden im Punkte XVI, indem durch Leerpumpen der Ballastzellen die Pylonenstützen vom wasserseitigen Hilfsjoch abgehoben worden sind. Die Unterstützung des wasserseitigen Kragarmes muß in den Punkten XVI stattfinden, damit beim Längsschwimmen der vorderste Knotenpunkt des Kragarmes XVIII zum einstweiligen Aufsetzen auf dem Novi-Sader Strompfeiler freibleiben kann. Das Längsverfahren bezw. Schwimmen geschieht durch Winden mit besonderen Seilführungen bei entsprechender Gesamtversicherung des bewegten Brückenteiles. Abb. 11e zeigt das Stadium, in dem der vorderste Punkt XVIII des Kragarmes auf dem Strompfeiler abgesetzt ist. Durch Füllen der Ballastzellen wird der Punkt XVI vollständig entlastet, die Kähne werden abgesetzt und unter die Pylonenstützen XIV verbracht. Neuerliches Anheben und Längsverfahren hat den Zweck, den Kragträger mit dem Punkte XVI auf dem Pfeiler aufzusetzen. Da durch Fertigstellung des Novi-Sader Kragträgers alle Geräte und Montageeinrichtungen frei geworden sind, werden diese zwischen durch samt dem Konstruktionsmaterial der Peterwardeiner Seitenöffnung auf das rechte Donauufer verbracht und dort auf gleiche Weise die Landmontage des Kragträgers durchgeführt. In Abb. 11f ist für das linke Donauufer der Zustand bildlich festgehalten, in dem nach dem Umsetzen des Kahnpaars nach XVIII (durch Umfahren des Strompfeilers) der Kragträger in diesem Punkte zum letztenmal angehoben und in die endgültige Stellung, mit der Pylone XIV über dem Strompfeiler, eingeschwommen wird. Die Einfahrwagen unter den Punkten 0 kommen dabei in ihre äußerste wasserseitige Stellung bis zum Landwiderlager, bis zu welcher Stelle also die Fahrbahn für diese außerordentliche Last berechnet werden muß. Das Untersetzen der Lagerkörper unter die Stützen in XIV und das Absetzen des Brückenendes auf die Lager in 0 (Entfernen der Einfahrwagen) sind die letzten Arbeiten, um den Kragträger in seine endgültige Stellung und Höhenlage zu bringen. Gleichzeitig werden die Hilfsstützen in XVI und XVIII ausgebaut und die wasserseitigen Schrägstäbe am Untergurt eingezogen. Die Einfahrbahn kann jetzt entfernt, die Pfähle können gezogen und allmählich auch die sonstigen Rüstungen neben dem Landwiderlager Novi-Sad ausgebaut werden.

Gleichzeitig sind die Arbeiten in Peterwardein so zu fördern, daß auch hier der Kragträger im gleichen Umfange wie in Novi-Sad fertiggestellt ist, die örtlichen Versteifungen eingezogen und die Hilfsstützen in XVI und XVIII, die vorher auf der Seite Novi-Sad verwendet worden waren, nunmehr hier eingebaut sind. Der Vorgang des Einfahrens und Einschwimmens ist der gleiche und wird ähnlich durchgeführt, bis auch dieser Kragträger in seiner endgültigen Lage montiert erscheint.

Der mittlere Koppelträger ist inzwischen auf dem Novi-Sader Ufer unterhalb der Brücke ebenfalls fertiggestellt worden. Das Einschwimmen wird wiederum durch die beiden Kähne besorgt, die aber diesmal nicht gekoppelt verwendet werden können, sondern einzeln die Abstützung je einer Brückenhälfte übernehmen müssen. Die auftretenden Auflagerkräfte sind in diesem Falle wesentlich geringer als beim Einschwimmen der Seitenöffnungen der Brücke. Da aber die Stabilität eines einzelnen Kahnens wegen Mangels eines Längsschottes im Gefahrfalle nicht sehr groß ist, bedarf es eines vorsichtigen Manövrierens. In den Punkten XVIII der beiden fertig montierten Kragenden werden besondere Hilfsbühnen eingebaut, die die Vorrichtungen zum Aufhängen des Kragträgers sowie die zum Anheben notwendigen Einrichtungen und Pressenanlagen besitzen. Die Aufhängung des Schwebeträgers in den Kragarmen geschieht nämlich zuerst durch besondere flacheisenförmige Stahlbänder mit Langlöchern in bestimmten Abständen. Durch Druckwasserpressen werden die Enden des Koppelträgers allmählich angehoben, bis die richtige Höhenlage das Einziehen der Bolzen für die Gelenke ermöglicht und damit auch der mittlere Schwebeträger in seine richtige Lage kommt. Abb. 11h deutet den Beginn der Einschwimmerarbeiten am Mittelträger an. Dieser ragt um 3 Feldweiten über das Ufer hinaus, so daß mit Hilfe eines Kahnens im Punkte XVIII das Anfassen des Schwebeträgers möglich ist, während das andere Ende wiederum auf den beiden Einfahrwagen, die vorhin für die Kragöffnungen verwendet worden waren, ruht. Der Schwebeträger wird nun so weit in seiner Längsrichtung vorgezogen und einstweilig abgesetzt, bis die Unterstützung durch den Kahn nach dem wasserseitigen Knotenpunkt XX gewechselt werden kann. Nun fahren wir mit der



Brücke weiter aus, bis auch das zweite Schiff unter dem landseitigen Punkt XX angesetzt wird, um dann schließlich den Wagen vollständig zu entlasten und den Schwebeträger auf beiden Kähnen schwimmend abzutransportieren. Geeignete Seilverspannungen und Aussteifungen sorgen dafür, daß Koppelträger und Schiffe fest miteinander verbunden sind und ein stabil schwimmendes System darstellen. Eine besondere Anordnung von Seilen, die durch Winden betätigt werden können, bringt dann schließlich den Schwebeträger so genau zwischen die Kragenden der Seitenöffnungen der Brücke, daß durch Einsetzen von Hilfsbolzen der Koppelträger in die vorhin erwähnten Flacheisenbänder angehängt werden kann und die Kähne durch Fluten abgesenkt werden können. Diesen Bauzustand versinnbildlicht Abb. 11i. Die beiden Kähne werden nun zusammengefahren und wieder längsseitig gekoppelt und gemeinsam zur Liegestelle auf dem Novi-Sader Ufer abgeschleppt und demontiert. Die Hubvorrichtungen auf den beiden Bühnen heben nun durch Umsetzen der Hilfsbolzen in den aufeinanderfolgenden Langlöchern der Hängebänder an, bis das Einziehen der endgültigen Bolzen des festen und beweglichen Gelenkes des Schwebeträgers möglich ist. Nun werden alle Hilfseinrichtungen und Montagebühnen ausgebaut, die Belagelsen der Fahrbahn aufgebracht, die Blindstäbe am Obergurt eingezogen, die Windverbände entsprechend angeschlossen und endlich die drei Hauptöffnungen der Brücke gemäß Abb. 11k fertiggestellt.

Die Voraussetzungen und Annahmen, die zu dem geschilderten Montagevorgang geführt haben, haben sich späterhin als vollkommen richtig erwiesen, und die Montage selbst ist im ganzen und in allen Einzelheiten durchaus gelungen. Wir wenden uns jetzt der Durchführung des Brückenbaues im einzelnen zu, um die Punkte zu besprechen, die von besonderer technischer Bedeutung sind, bzw. die durch die örtlichen Verhältnisse an Bedeutung gewinnen.

Die Baustellen in Novi-Sad bzw. in Peterwardein sind relativ günstig gelegen, da die Beschaffung einheimischer Arbeitskräfte auf keinerlei Schwierigkeiten stieß, Unterbringung und Verpflegung des deutschen Personals sich ebenfalls einfach gestaltete und ein ausreichendes Unternehmertum der Stadt und Umgebung zur Ausführung verschiedener Lieferungen und Übernahme untergeordneter Arbeiten gern zur Verfügung stand. Schwierigkeiten bereitete teilweise die Strombeschaffung, so daß sich die Notwendigkeit ergab, auf der Baustelle eine selbständige Kraftzentrale einzurichten. Allgemein mußte für alle Einrichtungen und für die Ausgestaltung der Baustelle mit Büroräumen, Magazinen, Mannschaftsbaracken für Wohn- und Verpflegungszwecke, Maschinen, Montagegeräten, einer Reparaturwerkstätte, Werkzeugen usw. der Gesichtspunkt maßgebend sein, entsprechend der großen Entfernung von den Heimatswerkstätten ein vollständig selbständiges und unabhängiges Arbeiten auf der Baustelle möglich zu machen. Der Antransport der Baustelleneinrichtungen geschah zum Teil, wo Eile geboten war, vollständig mit der Bahn, zum anderen Teil ab Passau mit Schiff, und die hohen Transportkosten für die Hin- und Rückfracht bedingten eine sorgfältige Auswahl zwischen den Einrichtungen, die von Deutschland mitgebracht, und solchen, die in Serbien selbst beschafft werden mußten.

Hierbei war besonders zu überlegen, daß zollfreie Einfuhr in Serbien, gegen Hinterlegung beträchtlicher Kautionen, nur für wieder auszuführende Waren gewährt wurde, für die einzelnen Montageausrüstungsgegenstände

und Materialien eine eingehende Vorkalkulation über die entstehenden Gesamtkosten unternommen werden mußte.

Die Lage der Hauptbaustelle in Novi-Sad und der Nebenbaustelle in Peterwardein war durch die örtlichen Verhältnisse vorgeschrieben und insbesondere auch durch den notwendigen Transport der lagernden Eisenkonstruktion zur unmittelbaren Stelle der Landmontage der drei einzelnen Brückenteile gegeben. Ein vor der Montage noch vorhandenes, früher militärischen Zwecken dienendes Gebäude, das für Bureau-, Lager- und Wohnräume hätte zweckmäßig verwendet werden können, wurde trotz entsprechenden Hinweises abgerissen, so daß vollständig neue Holzbaracken für die angedeuteten Zwecke gebaut werden mußten. Diese Bauten, für die wegen der zwei Winter überdauernden Montagezeit gediegene Ausführung notwendig war, verursachten erhebliche Mehrkosten.

Ungünstig war die Lage der Baustelle insofern auch, als sie nicht hochwasserfrei gelegt werden konnte und sich daher mehrmals Schwierigkeiten und Unterbrechungen der Arbeiten ergaben; so insbesondere im Sommer 1926, als bei einem außerordentlichen Hochwasser die ganze Baustelle stillgelegt und dem Wasser überlassen werden mußte. Nach Ablauf der großen Wassermengen waren stellenweise mehr als metertiefe Schlammengen zurückgeblieben, und zahlreiche lagernde Konstruktionsteile der Brücke mußten buchstäblich erst wieder ausgegraben werden.

Die technischen Einzelheiten der Montagedurchführung für die notwendigen Verstärkungen und Aussteifungen der Brücke, für die Hilfseinrichtungen zum Einfahren und Einschwimmen, für die eisernen und hölzernen Hilfsgerüste, für die Fahrbahnen usw. wurden nach eingehender statischer Untersuchung, die sich insbesondere mit den verschiedenen möglichen Belastungsfällen während der bewegten Montagevorgänge beschäftigte, nach Plänen zur Ausführung gebracht, die unmittelbar nach Auftragserteilung in den heimatischen Bureaus hergestellt wurden. Eine Beeinflussung des ganzen Bauvorgangs und aller damit verbundenen Arbeiten fand durch die serbische Aufsichtsbehörde weder in der grundsätzlichen Anordnung noch in den Einzelheiten statt.

Die gesamte Eisenkonstruktion für die Überbauten lagerte ziemlich regellos und weit verstreut in der Umgebung des Bauplatzes in Novi-Sad, da zu dem mehr als zwei Jahre zurückliegenden Ausladen der serbischen Behörde weder geeignete Geräte noch geschulte Mannschaften zur Verfügung standen. So ergab sich zunächst ein ziemlich trostloser Anblick, da insbesondere auch aus leicht ersichtlichen Gründen der Grundanstrich stellenweise sehr gelitten hatte. Die ersten, recht umfangreichen Arbeiten auf der Baustelle bestanden daher im Sortieren und Umordnen der Eisenkonstruktion; eine besondere Gleisanlage mußte eingerichtet werden, und mit Hilfe zweier Dampfkrane wurden die einzelnen Teile (soweit als notwendig gereinigt und mit einem neuen Grundanstrich versehen) so gelagert, wie es die nachfolgende Montage verlangte. Außerdem wurden auch verschiedene kleinere Konstruktionsteile, insbesondere aber auch Niete und Schrauben nicht mehr aufgefunden, wofür erst entsprechender Ersatz neu angeliefert werden mußte. Zum Transport der Konstruktionsteile des Peterwardeiner Kragträgers auf das südliche Donauufer wurde ein eigenes Motorboot angeschafft, das außer diesem Zwecke auch den Verkehr zwischen den beiden Baustellen aufrecht erhalten und den Sicherheitsdienst versehen mußte. (Fortsetzung folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

## Anweisung für Mörtel und Beton (AMB).<sup>1)</sup>

Die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hat durch Verfügung vom 20. September 1928 (82. Stmz. 9) für die Baubeamten ihres ganzen Dienstbereiches erstmalig auf dem Gebiete des Massivbaues ein Lehrheft über die Grundlagen der Fertigung und Bauüberwachung von Mörtel und Beton herausgegeben. Wenn auch schon in einigen Bezirken der Reichsbahn Bemühungen vorlagen, den bautechnischen Beamten den neuesten Stand der Wissenschaft und Praxis der Betonbauweise zu vermitteln, so schien es doch geboten, darüber hinaus sämtlichen im Bauwesen tätigen Beamten eine gleiche Wissensgrundlage zu geben. Ferner sollten gleichzeitig über bestimmte Fragen, wie z. B. Wahl der Bindemittel, Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe, Wasserzusatz, Herstellung und Nachbehandlung des Gemenges, Prüfung der Baustoffe und Bauüberwachung, bindende Vorschriften gegeben werden.

Die Herausgabe der AMB ist mithin eine parallele Erscheinung zu den in den letzten Jahren in der Fachwelt zu beobachtenden Bemühungen, die Gewährleistung der Güte der Bauausführung im Beton- und Eisenbetonbau zu sichern. Die Reichsbahn ist danach gewillt, ihre Kunstbauten, die ganz besonders hohen Beanspruchungen unterliegen, mit allen zu Gebote stehenden Mitteln so gut und dauerhaft, d. h. so wirtschaftlich als irgend möglich herzustellen. Es sollen darum in Zukunft sämtliche Baustoffe nur noch nach ganz bestimmten Gesichtspunkten

beschafft, untersucht und verwendet werden. Als Richtschnur hierzu dient die AMB.

Die Anweisung behandelt in knapper Form auf 66 Seiten die Kapitel 1. Die Bestandteile von Mörtel und Beton, 2. Mörtel und Beton, 3. Bauüberwachung.

Im 1. Kapitel sind die Bindemittel unter Zugrundelegung des neuesten Standes der Normung nach ihrer chemischen Zusammensetzung und nach ihren Eigenschaften und die Zuschlagstoffe als natürliche und künstliche feste Zuschlagstoffe und als Anmachwasser in ihren allgemeinen Eigenschaften definiert und erläutert.

Das 2. Kapitel „Mörtel und Beton“ enthält in seinem wichtigen ersten Teil das Allgemeine über die neuzeitlichen Forschungsergebnisse und die daraus gefolgerten Richtlinien über Kornzusammensetzung, Wasserzusatz, Wasserundurchlässigkeit, Festigkeit, Zubereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung und Einwirkungen. Die Bestimmungen über die Kornzusammensetzung des Gemenges gehen in ihren Anforderungen an das Verhältnis von Sand:Grobem über diejenigen anderer im Betonbau maßgebenden Stellen hinaus. Es darf kein Zuschlagstoff mehr ohne Prüfung verwendet werden. Für die Bestimmung von wasserundurchlässigen Mischungen ist ein ausführliches Verfahren ausgearbeitet.

Der 2. Teil des 2. Kapitels bringt Richtlinien für die Wahl der Mörtel- und Betonart. Es werden die verschiedenen Verwendungsgebiete für Kalk- und Zement-Mörtel und -Beton und für Mörtel und Beton mit mehreren Bindemitteln erörtert.

Einige Tabellen über den Stoffbedarf für fertigen Mörtel, Beton und für verschiedene Bauarbeiten bilden den 3. Teil des

<sup>1)</sup> Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft. Anweisung für Mörtel und Beton (AMB). Amtliche Ausgabe, Berlin 1928. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Preis steif geh. 4 R.-M.

2. Kapitels. Sie sollen als Anhalt bei der Veranschlagung von Bauten dienen.

Das 3. Kapitel enthält eingehende Ausführungen über die Untersuchung des Baugrundes und der Baustoffe und über die gesamte Bauüberwachung. Im besonderen wird die chemische Untersuchung des Gründungsbodens und des Grundwassers angeordnet. Es folgen die Bestimmungen über die Lagerung und Prüfung der Bindemittel. Diese sollen nicht nur in der mechanischen Bezirksprüfstelle nach den Normen, sondern auf Abbinden und Raumbeständigkeit (Kochversuch) auch auf der Baustelle untersucht werden. Die Zuschlagstoffe sind sorgfältig auf Reinheit und Kornzusammensetzung zu prüfen. Die richtige Steifigkeit der Mischung wird durch mechanische Wasserzufuhr sowie durch den Setz- und Ausbreitversuch, die Güte des Betons durch Würfel- und Balkenversuche überwacht. Eine übersichtliche Tafel verzeichnet die zu den Versuchen erforderlichen Geräte.

Es folgen Anweisungen für die Prüfung der Schalung und Gerüste, der Einwirkungen auf die Güte des Betons, für die Schalungsfristen und für die Nachbehandlung. Ein sorgfältig geführtes Bautagebuch und gute

Zusammenarbeit der Baustellen mit den chemischen und mechanischen Untersuchungsstellen gelten als eine weitere Notwendigkeit für die Sicherstellung einer guten Bauausführung.

Die vorstehend angedeuteten behelfenden Teile sowie die Vorschriften werden durch 2 Anlagen und 15 Tafeln ergänzt.

Ein ausführliches Sachverzeichnis und zahlreiche Quellenangaben in den Fußnoten des Textes sollen die Anweisung zu einem Nachschlagewerk gestalten, das auch dort zu weiterem Anschluß verhilft, wo seine eigenen Ausführungen knapp gehalten wurden.

Die Bearbeitung geschah unter der Leitung des Herrn Geheimrat Dr.-Ing. chr. Schaper und unter Hinzuziehung der Herren Prof. Burcharz, Prof. Dr.-Ing. Gehler, Dr.-Ing. A. Hüser und Dr.-Ing. Petry. Ihren wertvollen Rat liehen ferner die Herren Dr.-Ing. Bendel, Prof. Graf, Dr. Grün, Dr. Guttman, Dr. Haegermann, Dr. Herfeldt, Prof. Dr.-Ing. Mörsch, Oberbaurat Ing. Spindel und Dr.-Ing. Urbach.

Es darf erwartet werden, daß die Anweisung bei der Reichsbahn und über deren Grenzen hinaus im Sinne des Vorwortes zur Mehrung der Kenntnis der Betonbauweise beitragen wird. Vogeler.

## Vermischtes.

**Technische Hochschule Graz.** Unser geschätzter Mitarbeiter Privatdozent Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Heinrich Leitz in München ist als o. Professor für Baumechanik an die Technische Hochschule Graz berufen worden.

Die neue Ausstellungshalle in Glasgow besteht nach einem Bericht in Eng. News-Rec. vom 21. Juni 1928 aus einem Eisenbetonbogendach, das auf Säulen und Fundamenten aus dem gleichen Baustoff ruht. Der

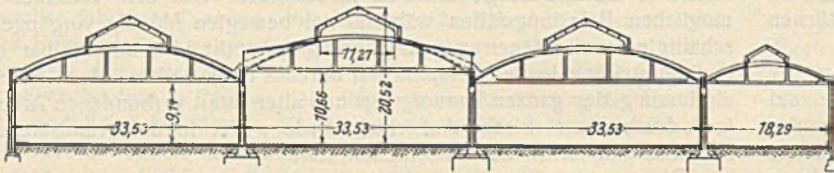


Abb. 1.



Abb. 2.

Ausstellungsraum wird von Gruppen aus drei Bogensehnenbindern von je 33,5 m überdeckt, an die sich auf einer Seite noch ein gleichartiges Dach von 18,3 m Spannweite anschließt. In der Längsrichtung ist die Haupthalle 140 m, die Seitenhalle etwa 100 m lang. In dem ganzen Innenraum sind, um eine freie Sicht zu erhalten, nur 24 Säulen vorgesehen, deren achteckiger Querschnitt etwa 60 cm Durchm. hat.

Das System der Bogenrippen ist aus Abb. 1 ersichtlich, Abb. 2 läßt die Innenwirkung der Halle und die Lage der Oberlichter erkennen. Die Schubkräfte der Bogenbinder werden von Zugbändern aus Rundeisen aufgenommen, die mit Beton ummantelt und an Hängestangen gleicher Ausführung aufgehängt sind.

Von besonderer Bedeutung war bei der Bewehrung der Binder die Berücksichtigung der aus den Formänderungen der Bogen und Zugbänder infolge Eigengewichtes und infolge des Schwindens des Betons sich ergebenden zusätzlichen Spannungen. Eine weitere konstruktive Schwierigkeit ergab sich bei den gewählten, weit gespannten Eisenbetonbogen in der Bewehrung und Ausbildung der Verbindungspunkte zwischen Bogen, Zugbändern und Säulen. Der Bogenschub von etwa 86 t mußte auf eine verhältnismäßig kleine Fläche zur Überleitung in die Zugbänder zusammengefaßt werden, wobei die senkrechten Komponenten möglichst ohne Exzentrizität in die Säulen zu leiten waren.

Da für die verhältnismäßig langen Zugbänder durchgehende Bewehrungsseisen nicht handelsüblich sind und da ferner die sonst gebräuchlichen Überlappungsstöße mit Endhaken bei der in dem kleinen Querschnitt der Zugbänder (22,5 × 33,0 cm) dicht gedrängt liegenden Bewehrung nicht ausführbar waren, so mußte eine Sonderverbindung für die Stöße der Eisen angewendet werden.

Bei der Berechnung wurde vorausgesetzt, daß alle lotrechten Belastungen sowie Temperatur- und Schwindspannungen allein von den Rippen des Bogendaches aufgenommen werden sollten, unter der Annahme,

daß die Rippen an den Säulen bzw. Angriffspunkten der Zugländer gelenkig gelagert wären. Die Rippen sind am Kämpfer 40 cm breit und 80 cm hoch; im Scheitel nimmt die Höhe bis auf 60 cm ab. Die Dachoberlichter werden von Eisenbetonrahmen getragen, die sich auf die Bogenrippen stützen und eine freie Stützweite von etwa 12,2 m haben. Die Dachdecke ist bei den seitlichen Hallen an der Unterkante der Bogenrippen bis zu den Kämpfern entlang geführt, während sie in der mittleren Halle nach den Seiten hin gehoben ist, so daß hier über den Stützenreihen noch Fenster zwischen den Rippen vorgesehen werden konnten (vergl. Abb. 1).

Mit Rücksicht auf mögliche Verschiebungen der ganzen zusammenhängenden Dachkonstruktion erwies es sich als zweckmäßig, die mittleren der drei großen Bogen zuletzt auszuführen. Die rechnerisch ermittelte mögliche Gesamtdehnung des ganzen 118,8 m langen Zugbandes ergab sich zu etwa 30 mm, woraus die in den äußeren Säulen auftretenden Biegemomente abzuleiten waren.

Mit Ausnahme der Säulen, für die eine besonders fette Mischung gewählt wurde, ist das Dach im Mischungsverhältnis 1:1½:3 hergestellt. Nach der Ausschalung wurde die innere Betonfläche des Daches geglättet und mit einer Mischung von weißem Zement und cremefarbenem Sand abgezogen. Zs.

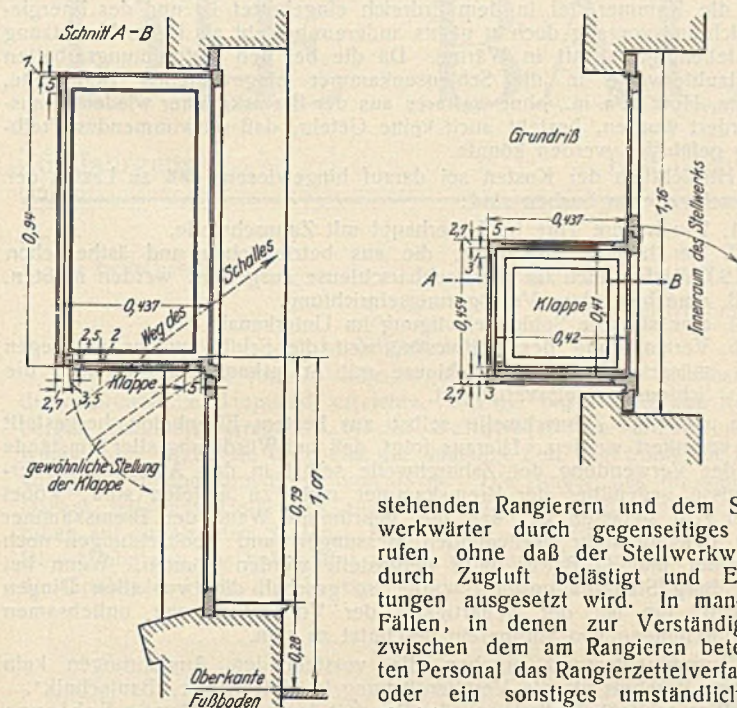
**Der dritte Binnenhafen von Priok.** Ende April 1928 begannen, wie der „Nieuwe Rotterdamse Courant“ 1928 vom 15. April mitteilt, die Vorbereitungsarbeiten für das Absenken der Senkkasten des dritten Binnenhafens von Tandjong Priok in Niederländisch-Ostindien.

Wie bekannt, sind die vor einigen Jahren begonnenen Arbeiten aus finanziellen Gründen unterbrochen worden. Die damals in den Seeboden ausgebagerte Rinne, die nach einer späteren Auffüllung mit Seesand als eine Art Fundierung für die Senkkasten dienen soll, ist teilweise verschlammte, so daß der angespülte Schlamm erst beseitigt werden muß. Ist die Rinne wieder auf die vorgeschriebene Tiefe gebracht worden, so folgt die Auffüllung mit Sand, die sich einige dm über Meeresboden erheben soll. Für diese Arbeiten werden bei einer Kailänge von 500 m insgesamt 110 000 m<sup>3</sup> Sand verbraucht. Nach ausreichendem Einsinken der Auffüllung wird die ganze Fläche eben gebaggert und dann zur Aufstellung der Senkkasten geschritten. Die vor längerer Zeit gelieferten 12 Kasten im Werte von 2 Mill. Gulden haben sich bei einer unlängst vollzogenen Nachprüfung als unbeschädigt erwiesen. Die Senkkasten haben eine Länge von 40 m bei einer Breite und Höhe von 14,5 und 15 m. Sie bestehen ausschließlich aus Eisenbeton. Sohle und Seitenwände sind ungefähr 30 cm stark, während die Zwischenwände etwas weniger stark sind. Für die Herstellung der Senkkasten diente ein besonderes Dock, das später von der General Motors Co. in Tandjong Priok erworben wurde.

Dieser dritte Binnenhafen wird der tiefste von Priok werden. Gegenwärtig ist seine Tiefe 10 m, im Hinblick auf die Tiefe des Suez-Kanales, doch wurde bereits beschlossen, sie auf 12 m zu erhöhen, um das Anlegen der größten Schiffe zu ermöglichen. Der erste und zweite Binnenhafen von Priok haben eine Tiefe von 8 m und 9,5 bis 10 m. Der obengenannte Kai-Unterbau wird voraussichtlich Mitte 1929 fertiggestellt sein. W.

**Eigenartiger Ausbau eines Stellwerkfensters.** Der in der Abbildung dargestellte Vorbau an einem Stellwerkfenster hat zwei verschiedene Zwecke. Erstens ermöglicht er dem Stellwerkwärter, durch Vorbeugen in den kleinen Erker den Stellwerkbezirk zu beobachten, ohne daß der Wärter ein Fenster zu öffnen braucht, und erfüllt in dieser Hinsicht denselben Zweck wie die sonst ausgeführten größeren Erker, ist aber billiger.

Zweitens befindet sich in dem Boden des Vorbaues eine hölzerne Klappe, durch deren Herablassen eine Öffnung entsteht. Diese hat, da bekanntlich kalte Luft nicht nach oben steigt, die Eigenschaft, daß sie den Schall durchläßt, aber keine Zugluft von außen in den Stellwerkraum eintreten läßt. Sie ermöglicht also eine Verständigung zwischen den draußen



kann durch Anwendung dieser Vorrichtung das einfache Zurufverfahren beibehalten und das Rangieren dadurch vereinfacht und beschleunigt werden.

Der beschriebene Vorbau ist auf den Stellwerken So und Sm auf Bahnhof Salzwedel ausgeführt und hat sich gut bewährt. Fahl.

**Beton u. Eisen, Internationales Organ für Betonbau** (Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W8). Das am 5. Oktober erschienene Heft 19 (1,50 R.-M.) enthält u. a. folgende Beiträge: Dr.-Ing. D. Pistriakoff: Eisenbetonbrücke über den Meanderfluß im Vilayet Denizli, Türkei. — Studie über die Wahl der Unbekannten bei der Berechnung hochgradig statisch unbestimmter Systeme. — Dr. Karl Biehl: Zerstörung von Beton durch aggressive Kohlensäure. — Neue russische Eisenbetonbestimmungen.

**Zuschriften an die Schriftleitung.**

**Beobachtungen und Erfahrungen an der umlauflosen Doppelschleuse Ladenburg des Neckarkanals.** Herr Regierungsbaurat Dr.-Ing. Burkhardt hat in seinem Aufsatz in der „Bautechnik“ 1928, Heft 31 unter „II. Unterhaupt“ auf die Versuche Bezug genommen, die seinerzeit im Wasserbaulaboratorium der Technischen Hochschule Darmstadt ausgeführt worden sind. Er vertritt in seinen Ausführungen die Ansicht, daß die in der einen der beiden Schleusen eingebaute Vertiefung mit kammartig angeordneten Pfeilereinbauten weniger zweckmäßig sei als die in der Nachbarschleuse eingebaute Bremskammer nach seinem Patent Nr. 442 339, Kl. 84b. Dieser verallgemeinerten Ansicht vermag ich nicht zuzustimmen. Wenn in Ladenburg das Strömungsbild bei der Vertiefung mit Pfeilereinbauten unruhiger als bei der Bremskammer ist, so ist dies im wesentlichen auf die unzureichende Betriebsweise des Segmentschützes zurückzuführen. Nach Angabe des Herrn Dr.-Ing. Burkhardt werden bei beiden Schleusen die Segmentschützen in den Toren innerhalb 165 Sek. voll geöffnet, und zwar so, daß etwa  $\frac{2}{3}$  der Gesamtöffnungshöhe in 77 Sek., also in weniger als der halben Gesamtöffnungszeit erreicht wird, während für die Freilegung des letzten Drittels der Öffnungshöhe 88 Sek., d. i. mehr als die zweite Hälfte der Gesamtöffnungszeit, verwendet werden. Für die Bremskammer mag eine derartige Öffnungsweise günstig sein, für die Vertiefung mit Pfeilereinbauten ist sie jedoch denkbar ungünstig und steht im Widerspruch zu den Versuchsergebnissen. Diese haben gezeigt, daß bei der Vertiefung mit Pfeilereinbauten, abgesehen von der ruhigen Lage des Schiffes in der Schleuse, auch das Strömungsbild am ruhigsten ist, wenn das Öffnen des Segmentschützes sehr langsam und gleichmäßig erfolgt. Das gleiche Ergebnis stellt sich ein, wenn das anfangs sehr langsame Öffnen gegen das Ende der Öffnungszeit gleichmäßig beschleunigt wird. Eine derartig kurze Öffnungszeit von 165 Sek., wie sie in Ladenburg für beide Anordnungen gewählt ist, ist bei den Versuchen für die Ausbildung der Vertiefung mit Pfeilereinbauten als unzureichend nicht verwendet worden und ist auch keineswegs erforderlich, um bei dieser Anordnung die Schleuse in der geforderten Zeit zu entleeren. Bei den Versuchen betrug die kürzeste Öffnungszeit 257 Sek. Zu besseren Ergebnissen führten jedoch längere zum Teil über die ganze Entleerungszeit der Schleuse ausgedehnte Öffnungszeiten. Wenn bei der Vertiefung mit Pfeilereinbauten trotz der langen Öffnungszeit die Schleuse in der gleichen Zeit entleert werden kann wie bei der Bremskammer mit kurzer Öffnungszeit, so ist das darauf zurückzuführen, daß die bei der Vertiefung in 1 Sek. abgeführte Wassermenge bei gleicher Öffnungshöhe der Segmentschützen und bei gleicher Druckhöhe wesentlich größer ist als in der Bremskammer (bei großer Öffnungs- und Druckhöhe bis zu 80%). Wie

schon die grundlegenden Arbeiten des leider zu früh verstorbenen Vorstandes der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Herrn Prof. Dr.-Ing. Krey, über die Vorgänge beim Schließen von Schiffen gezeigt haben, ist für die ruhige Lage des Schiffes die gleichmäßige langsame Zunahme der ein- und ausströmenden Wassermenge ausschlaggebend. Dieses Ergebnis deckt sich vollständig mit den Versuchsergebnissen im Wasserbaulaboratorium der Technischen Hochschule, es steht jedoch im Widerspruch mit der Betriebsweise der Ladenburger Schleuse. Bei dieser Betriebsweise strömt infolge des raschen Öffnens des Segmentschützes bis zur vollen Öffnungshöhe im Anfang der Entleerung unter dem hohen Druck der nahezu gefüllten Schleuse eine rasch wachsende große Wassermenge aus, die sich erst wesentlich verringert, wenn nach vollem Öffnen des Segmentschützes die Druckhöhe in der Schleuse mehr und mehr abnimmt. Daß die während des ersten Abschnittes der Entleerung ausströmende zu große Wassermenge eine starke Unruhe in das Strömungsbild bringen und die Ursache der verhältnismäßig großen Spiegelabsenkung nach dem Tore hin sein muß, ist ohne weiteres klar. Würde das Segmentschütz in Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen geöffnet, so wäre die Abflußmenge im Anfang der Entleerung kleiner, der Wasserabfluß über die ganze Entleerungszeit ausgeglichener und das Strömungsbild ruhiger.

Daß der Ausfluß der Schleuse Wieblingen aus Umläufen für die ruhige Lage des wartenden Schiffes günstiger sein soll als der Ausfluß über eine Vertiefung mit Pfeilereinbauten, vermag ich nicht einzusehen; ich überlasse es dem Leser, durch Vergleich der Abb. 11 und 15 sich sein eigenes Urteil unter Berücksichtigung des Vorhergesagten zu bilden.

Ferner kann ich es nicht als schiffahrtstechnischen Nachteil bezeichnen, wenn ein Schiff 30 bis 40 m unterhalb des Schleusentores warten muß. Bei aufeinanderfolgenden Tal- und Bergschleusungen soll im allgemeinen das wartende Schiff sogar 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Schiffslängen vom Tor entfernt liegen, damit das ausfahrende Schiff freies Fahrwasser findet. Auch für fortgesetzte Bergschleusungen braucht kein Zeitverlust zu entstehen, da das wartende Schiff schon anfahren kann, während das Tor noch gehoben wird.

Unerklärlich ist mir weiter, warum hervorgehoben ist, daß die Vertiefung mit Pfeilereinbauten in baulicher und betrieblicher Hinsicht eine sehr starke Ufer- und Sohlenbefestigung sowie lange Leitwerke und Zufahrten zur Schleuse verlangt. Nach den Versuchsergebnissen besteht kein Grund, diese Maßnahmen anders als bei der Bremskammer zu treffen.

Zur Beurteilung der Zweckmäßigkeit der einen oder anderen Anlage müssen sämtliche Vor- und Nachteile der beiden Einrichtungen berücksichtigt werden. Zwei wichtige, nicht erwähnte Punkte sind das Verhalten gegen Verstopfung und die Kostenfrage. Die zum großen Teil überdeckte Bremskammer kann durch versunkenes Treibzeug und namentlich durch Eis verstopft werden, die Vertiefung mit den Pfeilereinbauten ist dagegen gesichert. Eine etwaige Verstopfung ist um so unangenehmer, als sie infolge der Unzugänglichkeit der Anlage nur schwer beseitigt werden kann, und unter Umständen die Absperrung und Trockenlegung des Unterhauptes erforderlich macht.

Die Kosten der Bremskammer sind höher als die der Vertiefung mit Pfeilereinbauten. Die große Gründungstiefe der Vertiefung bei Ladenburg und der dadurch bedingte große Betonaufwand (Abb. 12) ist kein Erfordernis, sondern erklärt sich daraus, daß die Baugrube schon für den Einbau einer Bremskammer ausgehoben war, als man sich entschloß, die Vertiefung einzubauen.

Schließlich weise ich noch darauf hin, daß die Schleuse Ladenburg nicht die erste umlauflose Schleuse ist. Vor ihr ist schon für die Staustufe Mettlach der Saarkanalisation eine umlauflose Schleuse gewählt, deren Oberhaupt auf Grund der Versuche im Wasserbaulaboratorium der Technischen Hochschule Darmstadt ausgebildet ist.

Darmstadt, den 28. Juli 1928.

Dr.-Ing. Thürnau.

**Erwiderung.**

Da die Versuche des Herrn Prof. Dr. Thürnau mit der Zahnschwelle bei gleichen Öffnungszeiten des Segments einen dreifach größeren Trossenzug als bei der Bremskammer ergaben, wurde in die Bewegungsvorrichtung der Torsegmente eine besondere Verzögerungseinrichtung eingebaut. Obwohl das Segment im Gefährfalle in zwei Minuten geschlossen werden sollte, wurde entsprechend den Laboratoriumsversuchen die Öffnungszeit auf 250 Sek. festgelegt in der Weise, daß die Gesamtschützöffnung von 90 cm in einem ersten Abschnitt in 75 Sek. auf 56 cm und im zweiten Abschnitt in 175 Sek. vollends auf 90 cm geöffnet werden konnte. Bei der Ausführung wurde der erste Hub auf 45 cm und der zweite auf 65 cm beschränkt. Die Verzögerung geschieht dabei auf elektrischem Wege selbsttätig. Die Öffnungszeit noch weiter und gar auf die ganze Entleerungszeit, womöglich mit wechselnder Geschwindigkeit, auszu dehnen, war mit einfachen Mitteln nicht zu erlangen und hätte die Einschaltung eines sogen. Leonard-Aggregats erfordert, das sehr kostspielig gewesen wäre.

Die Gegenüberstellung des Herrn Thürnau, daß im Tor mit nachfolgender Zahnschwelle in 1 Sek. mehr Wasser abfließt als durch das Tor mit angebaute Bremskammer, spricht nicht zugunsten der Zahnschwelle, sie beweist nur deren geringen Wirkungsgrad, der den Einbau besonderer elektrischer oder mechanischer Verzögerungsvorrichtungen notwendig macht. Hingegen wird bei der Bremskammer allein durch den Energieverrichtungsvorgang die Verzögerung im Abfluß (Massenträgheit, Rotation,

Umlenkung) bewirkt. Die Überlegenheit der Wirkungsweise der Bremskammer ist dadurch bewiesen; sie erfüllt ohne weitere Hilfsmittel die von Krey aufgestellten Forderungen. Dabei darf nicht außer acht gelassen werden, daß diese Versuche für Schleusen ohne Energievernichtung angestellt worden sind. Wenn also bei Zahnschwellen als Energievernichter nach wie vor eine Verzögerungseinrichtung notwendig ist, so kann der Wert der Schwelle nicht besonders groß sein. Im vorliegenden Falle, wo die Schiffe unterhalb der Schleuse liegen und im Gegensatz zu der Lage innerhalb der Schleuse der Energievernichtungsvorgang bei freiem stattfindet, ist Abfluß vor allen Dingen die Größe der lebendigen Kraft  $\frac{m v^2}{2}$  zu beachten. In diesem Ausdruck befindet sich  $v$  in der zweiten Potenz,  $m$  aber linear.

Es ist also weniger die Wassermenge als vielmehr die Geschwindigkeit, die die Wasserwirbel hervorruft, und es wird deshalb auch nicht gelingen, den Scheitel des Energievernichtungsvorganges unmittelbar hinter das Tor, wohin er schiffahrtstechnisch gehört, zu verlegen. Insbesondere gelingt es nicht, die für die Schiffe gefährlichen Wasserwirbel, die durch die bauliche Gestaltung der Zahnschwelle bald hier, bald dort auftreten, zu beseitigen. Wie ungünstig die Wirkungsweise des Energievernichtungsvorganges bei der Zahnschwelle tatsächlich ist, geht auch daraus hervor, daß in dem in Abb. 11 u. 12 wiedergegebenen Falle meines Aufsatzes in der „Bautechnik“ 1928, Heft 31, S. 449 eine Unterwasserhöhe von 6,25 m gegenüber 3,20 m bei den Versuchen vorhanden war.

Es kann bei tieferem Eindringen in die im Bilde wiedergegebenen Strömungsverhältnisse Meinungsverschiedenheit darüber, daß der Ausfluß des Wassers aus den Umläufen der Schleuse Wieblingen für die ruhige Lage des wartenden Schiffes günstiger ist als bei der Zahnschwelle, wohl nicht bestehen, weil

1. bei Umläufen, die einander gegenüberliegen, durch die aufeinander aufprallenden Wassermassen eine ausgiebige Energievernichtung und
2. der Energievernichtungsvorgang an einer bestimmten Stelle und auf verhältnismäßig engem Raume hinter dem Tor stattfindet.

Für den Schiffer hat dies den Vorteil, daß er den Energievernichtungsvorgang sieht und der Gefahrzone fernbleibt. Demgegenüber ist die Energievernichtung bei der Zahnschwelle geringer und wird weiter in das Unterwasser hinausgetragen, so daß der Schiffer gar nicht in der Lage ist, die Gefahrzone und die Gefährlichkeit der Wirbel abzuschätzen. Bei dem Verhalten der Schiffer können hier Warnungstafeln und Verbotstafeln nur wenig nutzen. Es ist verschiedentlich vorgekommen, daß Schiffe losgerissen und gegen das Tor getrieben wurden, wobei in einem Falle das Tor sogar erheblich beschädigt worden ist. Praktisch liegt der Fall in Ladenburg nunmehr so, daß die Schiffer, wenn sie können, die Schleuse mit der Zahnschwelle hinter dem Untertor meiden.

Den Ausführungen des Herrn Thürnau über den Liegeplatz der Schiffe unterhalb des Schleusentores stehen sowohl die Betriebserfahrungen am Rhein-Herne-Kanal als auch die am kanalisiertem Neckar entgegen. Sofern möglich, versucht der Schiffer unmittelbar vor dem Untertor festzumachen. Regierungsbaurat Ostendorf, Duisburg, kommt auf Grund seiner Erfahrungen am Rhein-Herne-Kanal<sup>1)</sup>, wonach bei einer Doppelschleusung auf das Herein- und Herausschleppen des Schiffszuges allein 50 bis 56% der Gesamtschleusungszeit entfallen, zu dem Ergebnis, „daß es zweckmäßig ist, die Schleusenanlagen so auszubilden, daß der Weg, den die Schiffe vom Leitwerk bis zur richtigen Lage in der Kammer zurückzulegen haben, möglichst klein wird“. Hieraus folgt, daß bei der Zahnschwelle die Leitwerke und Zufahrten länger sein und die Schiffe erheblich weiter unterhalb des Untertors auf Schleusung warten müssen als bei der Bremskammer, wo die Schiffe unmittelbar vor dem Tor gefahrlos festmachen können.

Daß weiter bei der Zahnschwelle größere Kolkwirkungen auftreten als bei der Bremskammer, ergibt ohne weiteres die Betrachtung der Strömungsbilder Abb. 12 und 14 a. a. O., sowie die hierüber angestellten Versuche. In dieser Hinsicht sei auch auf die verschiedenen Versuche des Herrn Prof. Dr. Rehbock, Technische Hochschule Karlsruhe, mit Zahnschwellen, der seine Erfindung m. E. mit Recht weniger eine Vorrichtung zur Energievernichtung als vielmehr eine Vorrichtung zur Verlegung des Kolkes von dem fraglichen Bauwerk weg bezeichnet, hingewiesen. Wenn bei Wehren, im breiten Fluß, Kolke in Kauf genommen werden, so ist dies bei schmalen, mit hohen Dämmen eingefassten Schiffahrtskanälen nicht zulässig.

Es war insbesondere bei der Doppelschleuse Ladenburg, die auf Schwemmsand gegründet ist, und wo 40 m unterhalb die Riedbahnbrücke den Kanal überquert, von vornherein darauf zu achten, daß Kolkwirkungen tunlichst vermieden werden. Vorsorglich wurde deshalb auch im Unterkanal der Doppelschleuse bis unterhalb der Eisenbahnbrücke eine starke Sohlenbefestigung ausgeführt.

Die Befürchtungen des Herrn Thürnau wegen der Verstopfung der Bremskammer sind durch die praktischen Erfahrungen im letzten Winter, wo das Eis im Kanal durch die Schleusen abgeführt werden mußte, widerlegt. Das befürchtete Eintreten von solchen Verstopfungen wird nämlich dadurch ausgeschaltet, daß die Energie des durch den Spalt in die Bremskammer eintretenden Wassers sehr groß ist, wozu noch kommt,

daß die Kammer tief in dem Erdreich eingebettet ist und der Energievernichtungsvorgang doch in nichts anderem besteht als in der Umsetzung der lebendigen Kraft in Wärme. Da die bei den Aufräumungsarbeiten unerlaubterweise in die Schleusenkommer eingeworfenen Betonreste, Steine, Holz u. a. m., ohne weiteres aus der Bremskammer wieder herausbefördert wurden, besteht auch keine Gefahr, daß schwimmendes Treibzeug gefährlich werden könnte.

Hinsichtlich der Kosten sei darauf hingewiesen, daß zu Lasten der Zahnschwelle zu buchen sind:

1. 1 m höhere Tore im Unterhaupt mit Zahnschwelle,
2. 1 m höhere Aufbauten, die aus betrieblichen und ästhetischen Gründen auch für die Nachbarschleuse ausgeführt werden mußten,
3. eine besondere Verzögerungseinrichtung,
4. eine stärkere Sohlenbefestigung im Unterkanal,
5. Verlängerung des Leitwerks, weil die Schiffe weiter ab liegen müssen als bei der Schleuse mit Bremskammer, was auch die Schleusungszeit verlängert.

Dazu muß die Zahnschwelle selbst aus bestem Eisenbeton hergestellt und verankert werden. Hieraus folgt, daß bei Würdigung aller Umstände bei der Verwendung der Zahnschwelle selbst in den Anlagekosten Ersparnisse gegenüber der Bremskammer nicht zu erzielen sind, wobei außer acht gelassen ist, daß die gekrümmte Wand der Bremskammer nach den nunmehr vorliegenden Messungen und Beobachtungen noch einfacher und in Beton hätte hergestellt werden können. Wenn bei Ladenburg Stahlguß gewählt wurde, so geschah dies vor allen Dingen deshalb, um bei der Neuartigkeit der Vorrichtung vor unliebsamen Überraschungen von vornherein geschützt zu sein.

Zusammenfassend ergeben die vorstehenden Ausführungen kein anderes Ergebnis als die Veröffentlichung in Heft 31 der „Bautechnik“.

Was schließlich die Frage der Priorität der umlauflosen Schleuse mit Energievernichtung anbetrifft, so bemerke ich hierzu auf Grund eigener Besichtigung des Planmaterials über die Versuche des Herrn Thürnau für die Schleuse Mettlach der Saarkanalisation am 2. März 1926 folgendes:

Die Versuche für die Schleuse Mettlach der Saarkanalisation sind ausgegangen von der Veröffentlichung des Herrn Oberbaurat Loebell, Berlin, über Tore und Schütze für Schiffschleusen in der „Bautechnik“ 1924, Heft 55, S. 659 und 1925, Heft 4, S. 36. Da mit der dort vorgeschlagenen Anordnung für das Oberhaupt eine Energievernichtung, wie inzwischen auch von anderer Seite festgestellt wurde (vergl. „Die Bautechnik“ 1928, Heft 12, S. 163), nicht zu erzielen war, wurde der Loebellsche Vorschlag von Herrn Thürnau schrittweise verbessert und führte zu demselben Ergebnis, wie die von dem Problem der Energievernichtung bei Schleusen ohne Umläufe ausgehenden Versuche der Neckarbaudirektion (vergl. „Die Bautechnik“ 1927, Heft 3, S. 36), die Herrn Thürnau bei der obengenannten Besichtigung gezeigt wurden.

Die von Herrn Thürnau für Mettlach erst während des Baues der Anlage durchgeführten Versuche liegen aber zeitlich hinter den von der Neckarbaudirektion im verwaltungseigenen Versuchserinne und in der Versuchsanstalt für Wasserkraftmaschinen der Technischen Hochschule Hannover durchgeführten Versuchen, die dem Bau von Ladenburg lange Zeit vorausgegangen sind, erheblich zurück. Burkhardt.

Wir schließen hiermit die Aussprache.

Die Schriftleitung.

### Personalmachrichten.

**Sächsische Straßen- und Wasserbauverwaltung.** (1. Oktober 1927 bis 30. September 1928.) Befördert wurden: die Regierungsbaudirektoren Heinze bei der Wasserbaudirektion, Olzsch bei Straßen- und Wasserbauamt Zwickau, Berndt beim Straßen- und Wasserbauamt Döbeln, Lehnert beim Straßen- und Wasserbauamt Pirna, Grohmann beim Straßen- und Wasserbauamt Dresden, Regierungsbaurat Tropitzsch bei der Wasserbaudirektion zu Oberregierungsbauräten, Regierungsbaudirektor Grosser beim Straßen- und Wasserbauamt Plauen zum Oberregierungsbaurat bei der Straßenbaudirektion, Regierungsbaudirektor Kretzschmar beim Straßen- und Wasserbauamt Dresden, Abtlg. Elbe, zum Oberregierungsbaurat bei der Wasserbaudirektion, Regierungsbaurat Rentsch bei der Straßenbaudirektion zum Vorstand des Straßen- und Wasserbauamtes Plauen mit der Amtsbezeichnung „Regierungsbaudirektor“, die Regierungsbaudirektoren Rohland beim Straßen- und Wasserbauamt Meißen und Dr.-Ing. Fickert beim Amt für Gewässerkunde zu Oberregierungsbauräten, Regierungsbaurat Limmer bei der Wasserbaudirektion zum Regierungsbaudirektor unter Versetzung zum Straßen- und Wasserbauamt Dresden als Leiter der Abtlg. Elbe.

**INHALT:** Sprengwirkungen an Eisenbeton. — Die Auswechslung von eisernen Eisenbahnbrücken mit Kranwagen (Fortsetzung). — Die Straßenbrücke über die Donau bei Novi-Sad (Fortsetzung). — Anweisung für Mörtel und Beton (AMB). — Vermischtes: Technische Hochschule Graz. — Neue Ausstellungshalle in Glasgow. — Dritter Binnenhafen von Priok. — Eigenartiger Ausbau eines Stellwerfensters. — Beton u. Eisen, Internationales Organ für Betonbau. — Zuschriften an die Schriftleitung. — Personalmachrichten.

<sup>1)</sup> Erfahrung über die Unterhaltung und den Betrieb des Rhein-Herne-Kanals, Deutsche Wasserwirtschaft 1926, Heft 6, 7 u. 8.