

# DER STAHLBAU

Schriftleitung:

Professor Dr.-Ing. K. Klöppel, Darmstadt, Technische Hochschule

Fernsprecher: Darmstadt 7711, Apparat 599

Professor W. Rein, Breslau, Technische Hochschule. — Fernsprecher: Breslau 421 61

Veröffentlichungsbeiträge an voranstehende Anschriften erbeten

Beilage  
zur Zeitschrift

DIE BAUTECHNIK

Fachschrift für das ge-  
samte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 RM und Postgeld

12. Jahrgang

BERLIN, 30. Juni 1939

Heft 13

Alle Rechte  
vorbehalten.

## Die geschweißte Brücke über den Verschiebebahnhof IJsselmonde in Rotterdam.

Von Ing. Burki, Rotterdam.

Die augenblicklich in Ausführung begriffene Verbindung durch die Stadt Rotterdam zwischen den beiden Reichsautostraßen Rotterdam—Haag und Rotterdam—Dordrecht kreuzt kurz vor dem Erreichen der letztgenannten Autobahn den Verschiebebahnhof IJsselmonde der holländischen Staatsbahnen.

Das Bauwerk besteht aus zwei Zufahrtrampen, welche teils als Aufschüttung, teils als Eisenbetonkonstruktion ausgeführt sind, und der eigentlichen Brücke, die mit 265 m Gesamtlänge und 27 bis 45 m Breite

die größte geschweißte Brücke in Holland ist. Wenn sie auch weder in bezug auf die größte Stützweite (70,2 m) noch auf die Tonnenzahl (2400 t) mit den großen geschweißten Brücken Deutschlands in Wettbewerb treten kann, so dürfte doch eine kurze Beschreibung nicht ohne Interesse sein, da sie

ein Bild gibt von dem heutigen Stande der Schweißtechnik in Holland.

Vom westlichen Widerlager anfangend, kreuzt die Brücke (Bild 1) zuerst eine Stadtstraße mittels einer Deckbrücke, deren Hauptträger über drei Felder von 10,0 + 12,0 + 11,5 m durchgehen. Die Brücke über den eigentlichen Verschiebebahnhof wird gebildet durch zwei Überbauten von je 70,2 m Stützweite, deren Hauptträger als Langersche Balken ausgeführt sind. Bis hier beträgt die Brückenbreite durchweg 27 m. Diese wird jedoch für den jetzt folgenden Teil des Bauwerks auf 45 m vergrößert, weil dieser Teil gleichzeitig den Vorplatz bilden soll für den an der Nordseite der Brücke neu zu bauenden Bahnhof Rotterdam—Süd. Dieser breite Teil besteht aus der Brücke E—F—G (Bild 1), welche die viergleisige Hauptbahn Rotterdam—Dordrecht kreuzt und deren unter der Fahrbahn liegende Hauptträger über zwei Felder von 34,45 + 19,60 m durchgehen, und der Brücke G—H—östliches Widerlager, die eine Stadtstraße mit zwei Öffnungen von 16,25 + 15,75 m überbrückt.

Die Hauptträger der Brücken ruhen auf acht stählernen geschweißten Portalen, wovon die Portale A, B, G und H Pendelportale, die übrigen unten eingespannte Portale sind.

Die sehr schwere Fahrbahn besteht aus Steinpflaster auf einer 20 cm dicken Eisenbetonplatte, die auf den in einem Abstand von rd. 1,4 m angeordneten Längsträgern ruht. Bei den zwei großen Brücken liegen die Oberkanten der Längs- und Querträger bündig, bei den Zufahrtrampen liegen die Längsträger auf den Querträgeroberflanschen. Die Feldweite, welche bei der Hauptbrücke 7,8 m beträgt, wechselt bei den östlichen Zufahrtrampen zwischen 4,57 und 4,90 m. Die Hauptträger liegen in einem gegenseitigen Abstand von 14,0 (Hauptbrücke) bzw. 2,8 m (Zufahrtrampen). Die Längsträger sowie die Querträger der Zufahrtrampen

bestehen aus I-Profilen, die Hauptträger aus geschweißten Vollwandträgern, wobei als Gurte durchweg Union-Nasenprofile (Gesamtgewicht 765 t, davon 311 t St 52) verwendet wurden.

Der Baustoff der Brücke und der Portale mit Ausnahme der Hauptträger E—F—G ist ein St A 37 nach den Vorschriften des Brückenbüros der holländischen Reichswasserstraßenverwaltung ( $\sigma_B > 37 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_S > 24 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\delta_{10} = 25\%$ ,  $C < 0,2\%$ ,  $P < 0,05\%$ ,  $S < 0,05\%$ ). Der für die Hauptträger der Brücke E—F—G verwendete St 52 entspricht

den neuen Vorschriften der Deutschen Reichsbahn, auch hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung. Bevor die Konstruktion der Brücke an Einzelheiten gezeigt wird, seien einige allgemeine Bemerkungen gemacht.

Bei der ganzen Brücke sind, wo möglich, alle Verbindungen

als Stumpfnähte ausgeführt, da diese bei den Dauerversuchen bessere Ergebnisse gezeigt haben als Kehlnähte. Inwieweit die Dauerfestigkeit bei Straßenbrücken wie die vorliegende, wo die statische Vorspannung aus der ruhenden Last verhältnismäßig groß ist und wo die Maximalbelastung nur vereinzelt auftritt, überhaupt zu berücksichtigen ist, möge in dieser kurzen Beschreibung dahingestellt bleiben. Der Stumpfstoß hat hier aber auch Verwendung gefunden, da er die unmittelbare und damit schweißgerechte Verbindung

darstellt, wobei allerdings eine größere Empfindlichkeit gegen Schweißfehler in Kauf genommen werden muß. Hiergegen werden durch sorgfältige Ausführung und Überwachung der Arbeiten in der Werkstatt und auf der Baustelle sowie durch Röntgen der wichtigen Stumpfnähte in den Hauptkonstruktionsteilen Maßnahmen getroffen.

Als Konstruktionsbeispiel sei an erster Stelle genannt die Verbindung zwischen den Querträgern der Zufahrtrampen. Die Flansche sind mit halben Tulpennähten, die Stege mit K-Nähten gegen den Flansch der aus halbierten I-Trägern bestehenden Aussteifungen der Hauptträger geschweißt. In diese Aussteifungen sind wieder Bleche eingeschweißt, welche die Flanschkräfte quer durch das Stegblech des Hauptträgers in den nächstliegenden Querträger führen.

Hierdurch entstehen zwar im Stegblech bedeutende Zug- bzw. Druckspannungen senkrecht zum Träger, diese sind aber bei einwandfrei gewalzten Blechen, wo keine Doppelungen vorhanden sind, nicht zu befürchten, zumal die Beanspruchung in der Trägerebene gering ist, da die Querträger in Höhe der neutralen Linie der Hauptträger liegen.

Die Stöße in den Hauptträgern sind für die Gurte als Tulpennaht, für die Stegbleche als X-Naht ausgeführt. Einen Querschnitt durch die

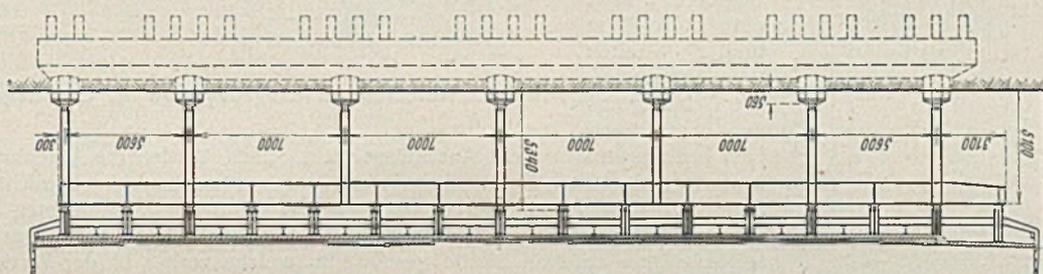


Bild 2. Querschnitt der Zufahrtrampen.

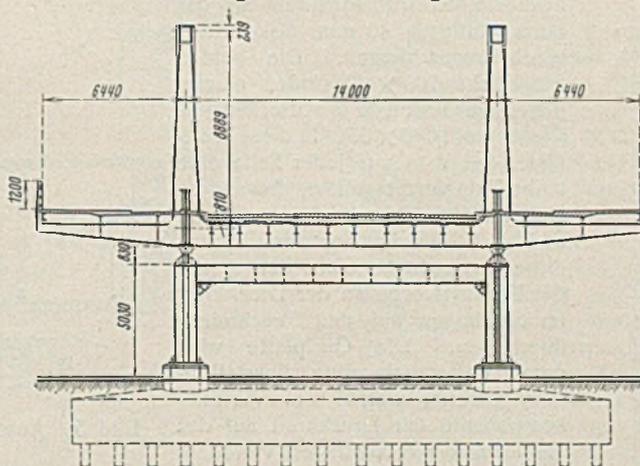


Bild 3. Querschnitt der Hauptbrücke.

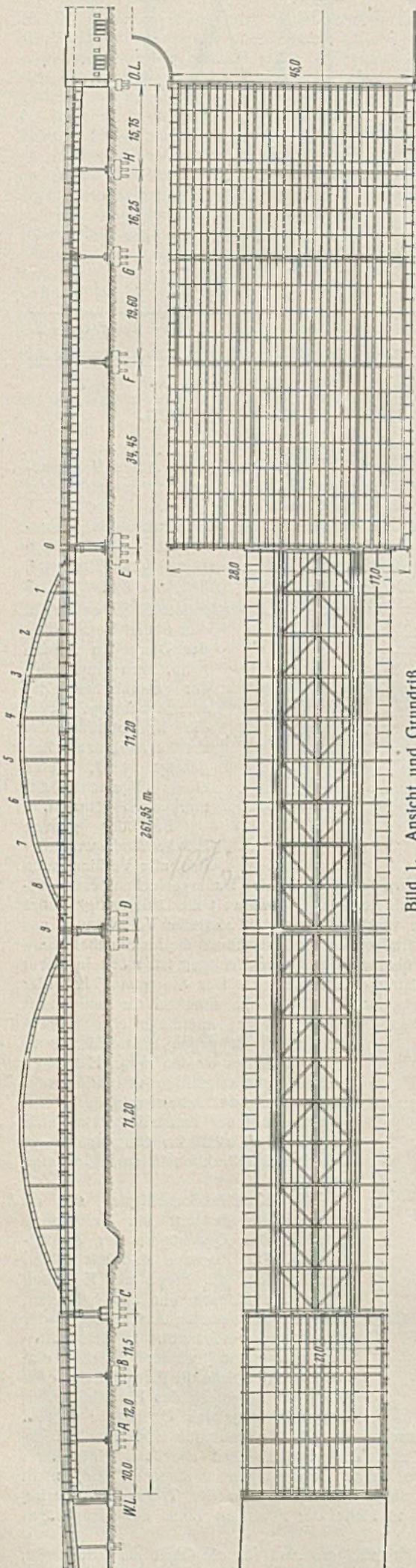


Bild 1. Ansicht und Grundriß.

Zufahrtbrücken gibt Bild 2. Bei den großen Überbauten, die in Bild 3 im Querschnitt dargestellt sind, sind folgende Punkte von Wichtigkeit.

1. Anschluß der Längsträger an die Querträger (Bild 4). Die Hauptträger erhalten nach dem Freisetzen von der Rüstung durch die Aufbringung der schweren Fahrbahntafel und später durch die Verkehrslast eine Dehnung. Da die Betondecke ohne Dehnungsfugen ausgeführt wird, sind in den Längsträgeranschlüssen auch keine Dilatationsmöglichkeiten vorhanden. Damit nun der Einfluß der Dehnung auf die Längsträgeranschlüsse möglichst klein bleibt, sind zwei verschiedene Ausführungen vorgesehen. Vorerst werden die normalen Anschlüsse bei den Querträgern 1, 3 usw. geschweißt, bei denen die Flansche mit Tulpennähten und die Stege mit K-Nähten an die Querträger angeschlossen werden (Bild 4, links).

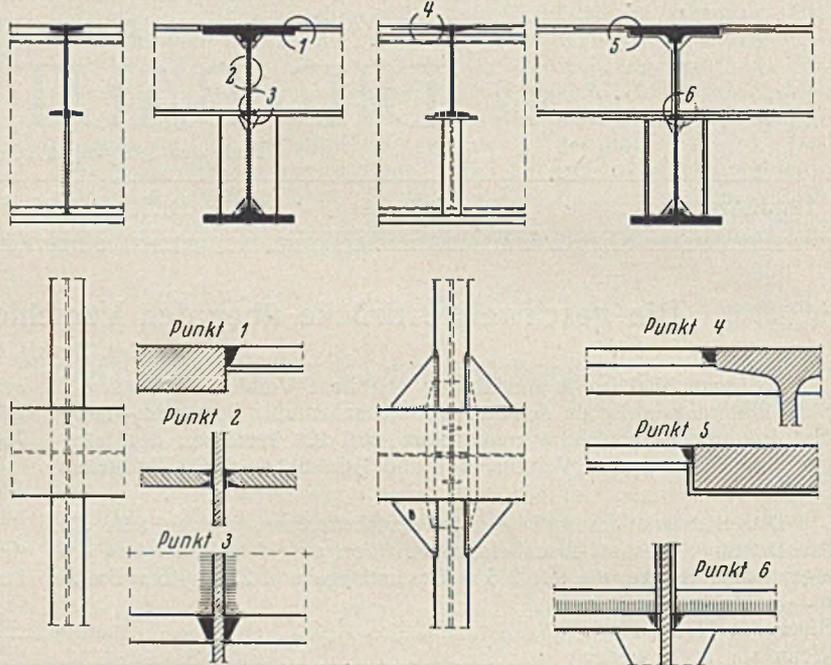


Bild 4. Anschluß der Längsträger an die Querträger bei der Hauptbrücke.

Das Ende eines Längsträgers bei den Querträgern 0, 2 usw. ruht dabei frei auf einer Versteifung dieser Querträger. Nun wird die Gesamtlast der Betondecke sowie des Pflasters aufgebracht, wobei bei den Querträgern 0, 2 usw. ein etwa 1 m breiter Streifen freigelassen wird. Die Dehnung aus der ständigen

Last beeinflußt also diese Anschlüsse nicht. Jetzt werden die Anschlüsse an die Querträger 0, 2 usw. geschweißt. Damit diese nicht durch die immerhin beträchtliche Schrumpfung der Stumpfnahnt beansprucht werden, ist diese Verbindung mit Seitennähten ausgeführt, deren Längsschrumpfung bekanntlich gering ist (Bild 4, rechts). Die Längsträgerflansche werden mittels solcher Nähte an zwei Bleche geschweißt, welche vorher in der Werkstatt an die Querträger geschweißt sind. Hiernach werden die Streifen bei diesen Querträgern ausbetoniert und wird das Pflaster verlegt. Die Anschlüsse erhalten jetzt nur noch Zusatzspannungen durch die Verkehrslast, die aber nur rund die Hälfte von der ständigen Last ausmachen.

2. Anschluß des Druckgurtes an den Streckträger (Bild 5). Dieser Anschluß des zweiwandigen Druckgurtes an den einwandigen Streckträger ist in folgender Weise ausgebildet. Die Kopfplatte  $800 \times 55$  ist geschlitzt und an jeder Seite mit zwei halben Tulpennähten an das beim Auflager 40 mm dicke Stegblech angeschlossen. Die beiden Stegbleche  $700 \times 40$  stoßen stumpf gegen die Gurtplatte des Streckträgers (Nasenprofil  $600 \times 35$ ). In diese Gurtplatte hat man auf jeder Seite eine halbe Tulpennaht gefräst, die andere Hälfte dieser Naht befindet sich im Stegblech des Druckgurtes. Durch diese Stumpfnahnt wird der Anteil der Vertikalbleche an der Druckkraft im Stabbogen auf den Streckträger übertragen. Die Gurtplatte wird durch untergeschweißte Aussteifungen gestützt, welche die Vertikal-komponente der Druckkraft auf das Stegblech des Streckträgers verteilen.

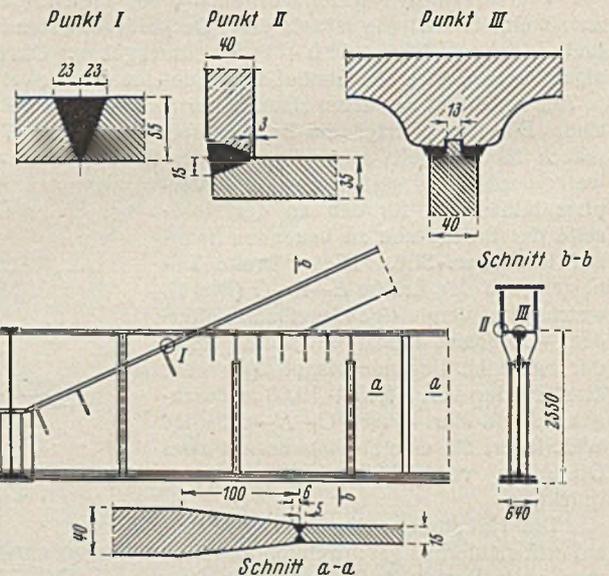


Bild 5. Anschluß des Druckgurtes an den Streckträger.

Das am Auflager 40 mm dicke Stegblech wird abgeschrägt und mit einer X-Naht an das normale 15 mm dicke Stegblech angeschlossen.

3. Stöße des Hauptträgers (Bild 6). Der Querschnitt des Streckträgers ist aus dem symmetrischen Grundquerschnitt  $-2400 \times 15 +$  zwei Nasenprofile  $600 \times 35$  gewonnen durch Verstärkung des Untergurtes mit einem Breitflachstahl  $640 \times 80$ . Da zur Zeit der Materialbestellung solche schweren Flachstähle eine sehr lange Lieferzeit bedingten, ist für diese Verstärkung ein Wulstprofil der Ilseder Hütte, Abtlg. Peiner Walzwerk, gewählt, wobei der Wulst nach unten gekehrt wurde.

Die Hauptträger sind jede 18 m gestoßen, der Mittelstoß wurde auf der Baustelle, die beiden äußeren in der Werkstatt ausgeführt. Die Stöße des Obergurtes sind durchweg als

einfache Tulpennaht ausgebildet, der Stegblechstoß als X-Naht; bei den Untergurtstößen, wo die Gesamtdicke (ohne Nase) 115 mm beträgt, wurde der Werkstattstoß als doppelte symmetrische Tulpennaht ausgeführt, da der Träger in der Werkstatt gedreht werden konnte.

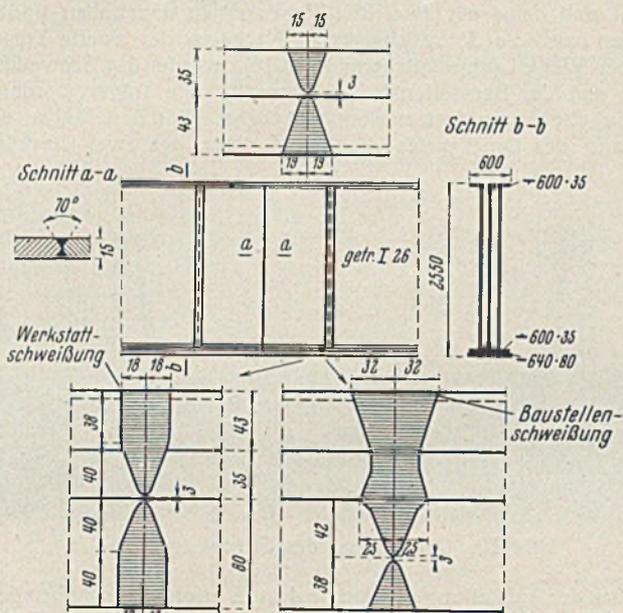


Bild 6. Stöße des Hauptträgers.

Der Baustellenstoß erhielt eine unsymmetrische Ausbildung, da es hier aus baulichen Gründen nicht möglich war, den Träger zu drehen und man die Überkopfschweißung soweit wie möglich beschränken wollte. Die beiden Gurtplatten wurden vorerst durch die mit doppelter Schraffur angegebenen Nähte miteinander verbunden, um ein Klaffen der Fuge zu vermeiden<sup>1)</sup>. Es wurde ein Probestück in natürlicher Größe angefertigt, und diesem wurden, verteilt über die ganze Höhe und Breite des Querschnitts, verschiedene Probestäbe entnommen für Zerreiß-, Biege- und Kerbschlagversuche. Außerdem wurden noch kleine Zug-, Biege- und Kerbbiegestäbe angefertigt, die auf der Hounsfield-Maschine untersucht wurden. Diese Versuche ergaben eine sehr gleichmäßige Materialbeschaffenheit, nur in der Nahtwurzel war die Schweißung etwas härter, was auf eine Abschreckwirkung der großen Materialmassen auf die erste Raupe und auch auf eine Kaltverformung durch Schrumpfung und Winkeländerung beim Schweißen der folgenden Raupen zurückzuführen ist. Bei einem zweiten Probestück wurde deshalb das Stück vorgewärmt auf etwa 200°, welche Temperatur auch während der Schweißung der ersten Raupen beibehalten wurde. Neue Versuche ergaben nunmehr sehr gute und gleichmäßige Werte für den ganzen Querschnitt.

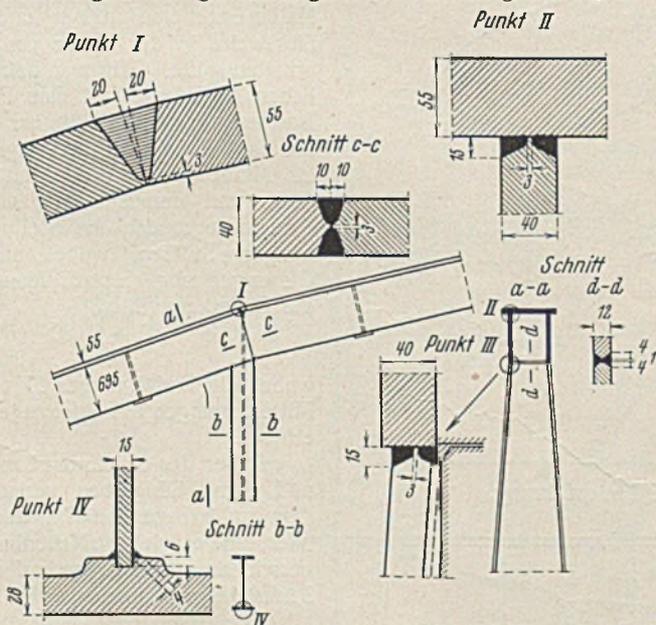


Bild 7. Einzelheiten vom Druckgurt.

Bei der Ausführung auf der Baustelle wurde um den ganzen Stoß ein Schweißhäuschen gebaut<sup>2)</sup>; vor dem Anfang der Schweißung wurde

<sup>1)</sup> Schaper, Bautechn. 1937, H. 37, S. 473.

<sup>2)</sup> Das Schweißhäuschen war ähnlich dem in Elektroschweißung 1938, H. 8, S. 143, gezeichneten ausgeführt.

gleichfalls vorgewärmt; während der Arbeitspausen wurde die Schweißung warmgehalten durch eine untergeschobene flache Blechpfanne, in der ein Schmiedekohlenfeuer glühte. Selbstverständlich wurden mit der Ausführung nur sorgfältig auserwählte erstklassige Schweißer betraut. Die Röntgenprüfung, die mit Rücksicht auf die große Stärke des Gurtes ausgeführt wurde, als die Schweißung 60 mm dick war, ergab eine einwandfreie Beschaffenheit der Naht.

4. Ausführung des Schlußstückes des Druckgurtes. Der Druckgurt, dessen Konstruktion in Bild 7 dargestellt ist, wurde, von beiden Seiten vorgehend, aufgestellt und verschweißt, bis nur der Teil 3—4—5 einzubauen war. Die Schrumpfung der Stumpfnahte im Druckgurt betrug erfahrungsgemäß etwa 3,5 mm je Naht. Damit nun das Einschweißen des Schlußstückes möglichst spannungsfrei stattfand, wurde die Brücke mittels hydraulischer Hebeböcke, welche auf den drei Montagejochen aufgestellt waren, so weit durchgedrückt, bis die Enden des Druckgurtes um 7 mm auseinandergezogen waren. Hierauf wurde von dem genauen Abstand eine Schablone angefertigt, nach der das Schlußstück in der Werkstatt genau auf Maß bearbeitet wurde. Das um 7 mm zu lange Schlußstück wurde nun eingebaut und mit der Hängestange 4 verschweißt. Hierauf wurden die Hebeböcke so weit abgelassen, bis die Berührungsstellen bei 3 und 5 einen kleinen Druck aufeinander ausübten. Jetzt wurde mit der Schweißung in 3 und 5 angefangen. Dem Fortschritt der Schweißung folgend, wurden die Hebeböcke allmählich abgelassen, so daß die Schweißstellen fortwährend unter Druck standen. Die Stäbe erhielten am Ende das genaue theoretische Maß.

Die Konstruktion der Portale bietet wenig Besonderes. Es wurden, soweit möglich, Breitflanschträger verwendet. Der Oberflansch des Riegels geht über die Portalstiele durch, der Unterflansch und der Steg stoßen gegen die Flansche der Stiele. Der Stoß des Oberflansches ist eine Tulpennaht, der Unterflansch ist mit einer halben Tulpennaht, der Steg mit einer K-Naht angeschlossen.

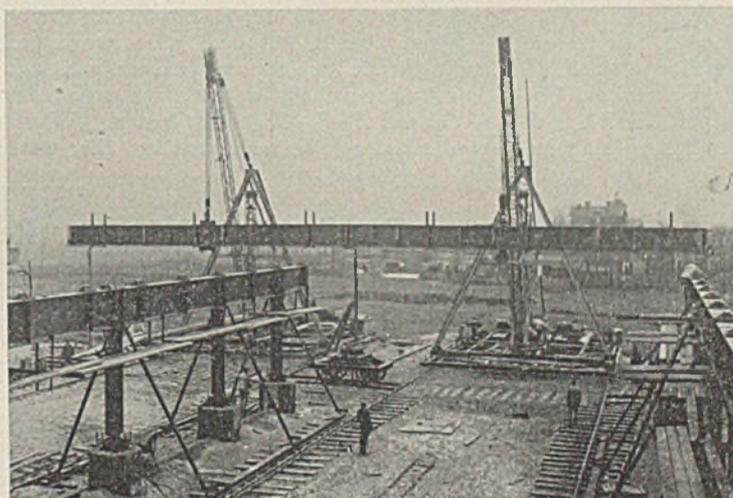


Bild 8. Aufstellung der Träger G—H—OL.

Die Aufstellung wurde durch die Betriebsverhältnisse auf dem Eisenbahngelände weitgehend beeinflusst. Über den Gleisen der Hauptstrecke Rotterdam—Dordrecht, wo am Tage zwischen 6 und 24 Uhr mehr als 200 elektrische Züge sowie noch verschiedene Dampfzüge verkehren, durfte nur zwischen 0 und 6 Uhr gearbeitet werden. Auf dem eigentlichen Verschiebebahnhof dagegen konnte man, da der Nachtverkehr hier überwiegt, nur am Tage von 7 bis 18 Uhr arbeiten. Außerdem durften in der Zeit zwischen dem 1. Oktober und dem 1. April keine Rüstungen, Joche usw. zwischen den Gleisen vorhanden sein.

Mit der Aufstellung wurde am 28. Dezember 1937 angefangen, und zwar bei Portal H und G. Nachdem diese Portale ausgerichtet und verschweißt waren, wurden die Träger G—H—OL in einer Länge von rd. 32 m mit der Bahn angeliefert. Sie wurden paarweise verladen und ruhten auf Eisenbahnwagen, die mit Drehschemeln versehen waren. Senkrecht zu den Eisenbahngleisen war ein Montagegleis angeordnet. Die Träger wurden nun auf Loren, die auf diesem Gleise fuhren, abgesetzt und seitwärts verschoben. Zwischen den Portalen G und H bzw. H und dem östlichen Widerlager waren Krangleise angebracht für zwei 15 t-Derrick-Krane. Diese hoben nun die Träger an und setzten sie auf die Portale ab (Bild 8). Nachdem die Quer- und Längsträger zwischen die Hauptträger geschweißt und die Portale E und F fertiggestellt waren, wurde angefangen mit der Aufstellung der Brücke E—F—G, die die Hauptgleise überquert. Ein erschwerender Umstand war hierbei die Aufhängung der Fahrdrähte für die Elektrozüge, die durch die neue Brücke vollkommen umgebaut werden mußte. Die Fahr- und Abspanndrähte wurden vorübergehend gesenkt. Für die Montage der Träger

wurde in der Nacht über die Gleise ein Montagekran gebaut. Oben auf den fertigen Brückenteil *G—H—OL* wurde ein Transportgleis verlegt, das seine Verlängerung fand in einem Gleis auf dem Montagekran. Die Träger *E—F—G* wurden nun in der ganzen Länge von 55 m (Bild 9) paarweise mit der Bahn vom Werk auf die Baustelle gefahren und, wie oben, seitwärts verschoben. Sie wurden darauf mit den Derrick-Kranen auf das Transportgleis gehoben und über Tag auf den Montagekran gefahren. In der Nacht, nachdem die betreffende Strecke stromlos gemacht war, fuhr dann der Kran mit dem Träger in Gleisrichtung bis an die Stelle, wo der Träger abgesetzt werden mußte. Zu diesem Zweck war

zwischen die beiden Drehschemelwagen ein dritter Wagen geschoben, der gleichfalls mit einer Drehscheibe versehen war und unter den Schwerpunkt des Trägers gestellt wurde. Nachdem die beiden Drehschemelwagen entfernt waren, wurde der Träger auf dem dritten Wagen um 90° gedreht und dann mit zwei 30 t-Wagenkranen angehoben und auf das Auflager bzw. die Joche abgesetzt. Nachdem der zweite Trägereil in ähnlicher Weise aufgestellt war (Bild 10), wurde das Schweißhäuschen gebaut und der Baustellenstoß geschweißt. Die Träger wurden hierbei mit Schraubzwingen fest zusammengezogen. Für den Einbau der Fahrbahn und des Druckgurtes diente einer von den zwei Derrick-Kranen.

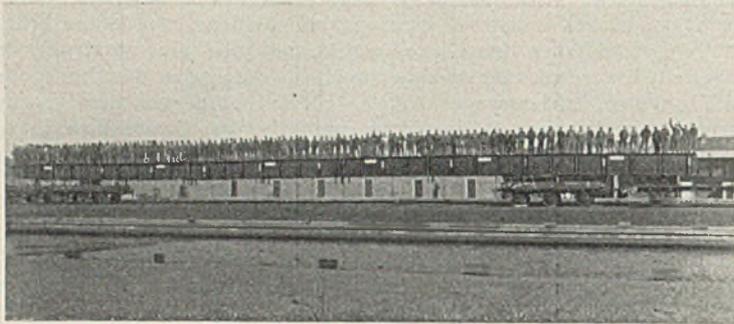


Bild 9. Transport der Träger *E—F—G*.

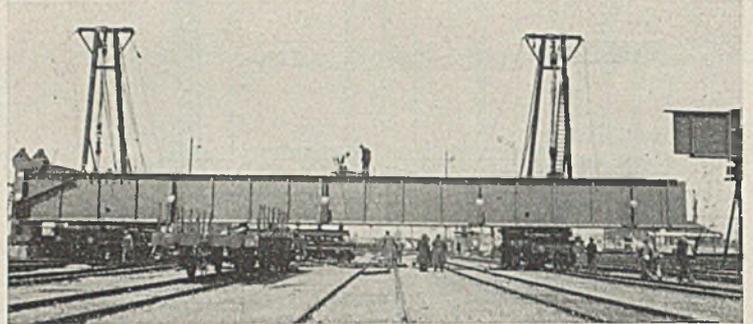


Bild 10. Aufstellung des Streckträgers *D—E*.

der Kran ausgerüstet mit zwei Masten von je 15 t Tragkraft, die den rd. 30 t schweren Träger auf seine Auflager setzten. Der Einbau der Fahrbahnträger erfolgte in derselben Weise wie bei *G—H—OL*.

Bei der Montage der Hauptöffnungen waren unter jedem Hauptträger von den Staatsbahnen drei Montagejoche zwischen den Gleisen zugelassen. Die Träger wurden im Werk in Längen von rd. 36 m und rd. 50 t Gewicht zusammengebaut und, da ein Transport mit der Eisenbahn auf der betreffenden Strecke nicht erfolgen konnte, auf dem Wasserwege nach Rotterdam geschafft. Hier wurden sie im „Spoorweghaven“ mit einem Schwimmkran auf Eisenbahnwagen gehoben, welche auch schon dem Transport der Träger *G—H—OL* und *E—F—G* gedient hatten. Von dem Hafen fuhren sie nun über die Hafengleise zur Baustelle. Hier wurde

Nach der Aufstellung der Portale *A* und *B* erfolgte der Einbau der Hauptträger *WL—A—B—C* in ähnlicher Weise wie auf der Ostseite. Für den Einbau dieser 34 m langen Träger stand der andere Derrick-Kran zur Verfügung.

Die Aufstellung der Stahlkonstruktion wurde Anfang Oktober 1938 beendet, und die Brücke wird nach Fertigstellung der Betondecken und Pflasterarbeiten in diesem Jahre dem Verkehr übergeben werden.

Die Lieferung der Stahlbauteile erfolgte durch eine Arbeitsgemeinschaft holländischer Brückenbaufirmen unter Federführung von Werkspoor, Amsterdam. An der Lieferung waren weiter beteiligt De Vries Robbé, Gorcum; Ned. Electro Lasch Mij., Leiden; Ned. Staalindustrie, Rotterdam, und Braat, Rotterdam. Die Aufstellung der Stahlkonstruktion erfolgt durch Werkspoor.

Alle Rechte vorbehalten.

## Die Aulatalbrücke der Reichsautobahnen bei Hersfeld.

Von Reg.-Baumeister a. D. Hans Walter Schlegel, Kassel.

Die beiden Reichsautobahnstrecken Göttingen—Kassel—Fulda und Frankfurt (Main)—Gießen—Eisenach kreuzen sich im Hessischen Bergland an einer Stelle, deren Bodengestaltung eine Kreuzung in Kleeblattform oder ähnlicher Weise nicht zuläßt. Die Kreuzung wurde deshalb in zwei Abzweigungen derart aufgelöst, daß ein Stück von 5 km Länge beiden Strecken gemeinsam ist. Diese durch hügeliges Gelände führende Teilstrecke überschreitet 10 km südwestlich der Stadt Hersfeld das Aulatal (Bild 1).

Da die Gradienten von der Abzweigung Kirchheim, die auf + 277 m liegt, bis zur Abzweigung Hattenbach mit einer Meereshöhe von + 368 m einen Höhenunterschied von 91 m zu überwinden hat, sollte sie schon möglichst hoch über das Aulatal führen. Man legte sie in eine Höhe bis zu 26 m über der Talsohle, nach Süden 1:200 steigend, so daß zwischen ihren Schnittpunkten mit dem Gelände etwa 400 m liegen. Rechnet man die Längen der Dammstrecken und der Flügel ab, so bleibt für die Brücke selbst eine Länge von etwa 245 m übrig, die in folgende Öffnungen aufzuteilen wünschenswert gewesen wäre:

(Bild 2a) 45 + 50 + 55 + 50 + 45 m

oder

(Bild 2b) 46 + 51 + 51 + 51 + 46 m.

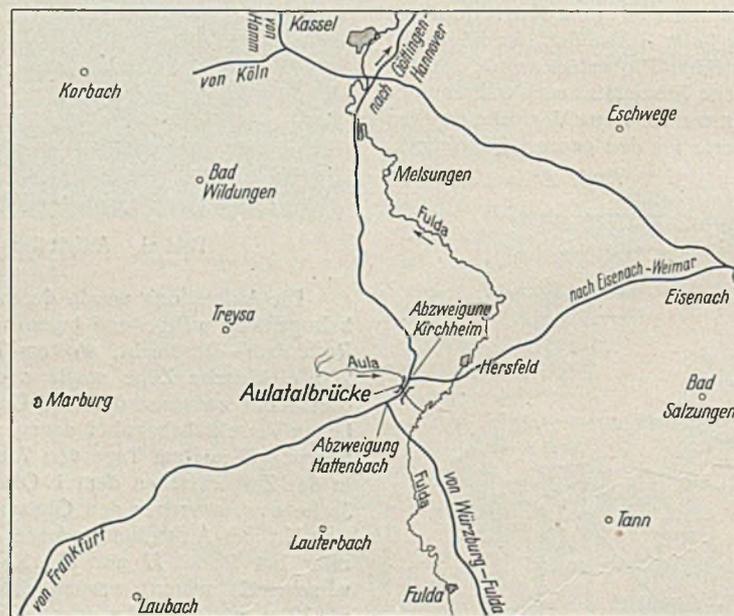


Bild 1. Übersicht über die Linienführung.

Aber die Landstraße, die unter der Brücke gerade eine starke Biegung macht, der Mühlgraben und das Gelände zwischen beiden verlangten eine um 10 m größere Endöffnung, weil die zu verlegende Straße einen Halbmesser von 100 m und eine Sichtweite in der Kurve von 100 m erhalten sollte. Geht man beim nördlichen Widerlager mit dem Fuß des Böschungskegels unmittelbar bis an die Landstraße heran, so ergibt sich als Mindestmaß für die Endöffnung 56 m und daraus zwangsläufig aus Symmetriegründen die Stellung der übrigen Widerlager, wobei nur vier Öffnungen möglich sind. Man wählte die Einteilung (Bild 3)

$$56,10 + 66,30 + 66,30 + 56,10$$

$$= 244,80 \text{ m,}$$

wobei die Endöffnungen 11 und die Mittelöffnungen 13 Felder zu je 5,10 m erhielten.

Außer der erwähnten Landstraße und dem Mühlgraben verlaufen in dem zu kreuzenden Tal der Aulabach, eine eingleisige Nebenbahn und verschiedenen Feldwege, auf die alle Rücksicht genommen werden mußte.

Wie Bild 3 zeigt, wird der Aulabach dreimal geschnitten, weil er unter der Brücke eine Schleife macht. Er wurde im Zusammenhang mit den Bauarbeiten begradigt. Trotzdem die Strecke das Tal schräg kreuzt, wie Bild 1 und 4 zeigen, war eine gerade Brücke möglich.

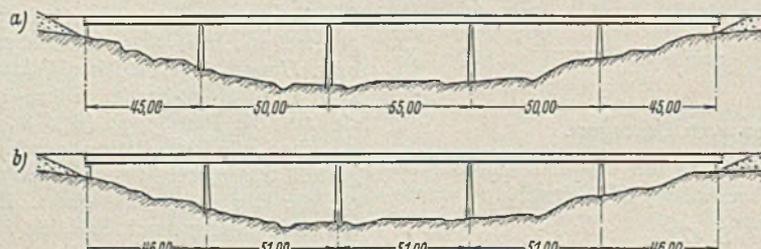


Bild 2. Erwünschte Systeme.

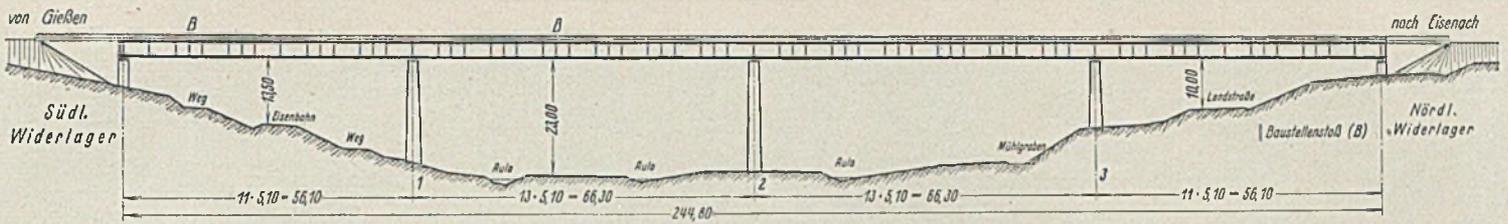


Bild 3. Ausführungsentwurf.

Als Werkstoff wurde für die tragenden Teile der Hauptträger St 52 gewählt, während die Aussteifungen und Anschlüsse sowie die gesamte Fahrbahntafel aus St 37 bestehen. Die Brücke ist gienet.

**Die Konstruktion.**

In den Kurven, die an die Brücke anschließen, war es möglich, den Mittelstreifen auf 3 m einzuschränken und das Maß zwischen den Geländern auf 22 m zu ermäßigen. Mitten über die Brücke zieht sich ein 10 cm hoher Mittelbord von 2,20 m Breite.

Im übrigen mußte die Frage der Querschnittsbildung mit der Frage der Stützung des Bauwerks Hand in Hand entschieden werden. Weil die Pfeiler zur Vermeidung unschöner breiter, in der Ansicht annähernd quadratischer Mauerwerkskörper aus zwei getrennten Teilen mit möglichst breitem Mittelschlitz bestehen sollten, war es am zweckmäßigsten, vier Hauptträger anzuordnen und ihnen gleiche Entfernungen voneinander zu geben, nämlich 5,90 m. Dadurch verbot sich von selbst, die Fahrbahn in der Mitte zu unterbrechen, weil sonst die Querträger in der Mitte hätten zu weit auskragen müssen. So wurde der Querträger über die vier Hauptträger durchlaufend konstruiert und nur außen um 2,31 m ausgekragt (Bild 5).

Um den nicht allzu hoch über dem Tal

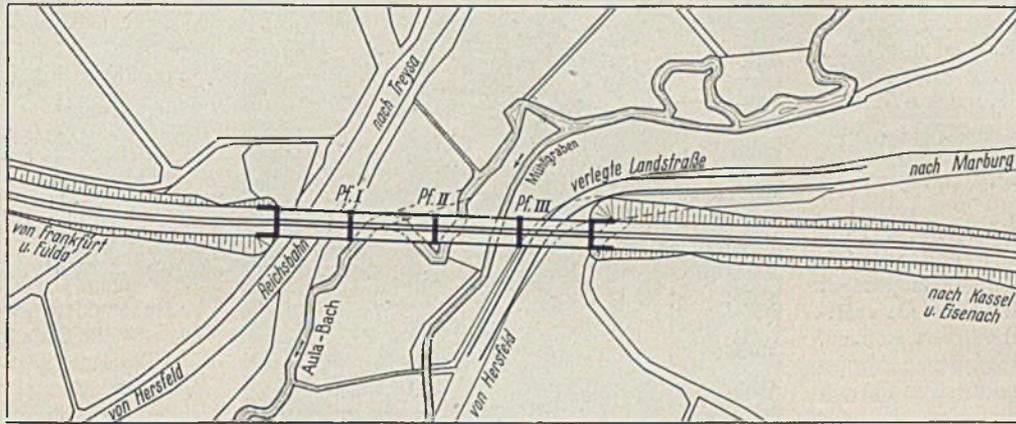


Bild 4. Lageplan.

hoch, weil ihr Untergurt waagrecht liegt und sich der Obergurt dem Quergefälle der Fahrbahn von 1,5% anpaßt. Die Querträgerstegbleche greifen mittels entsprechender Querschnitte um den Obergurt des Hauptträgers herum.

Einen Regelstoß des Querträgers am Hauptträger zeigt Bild 6. Das eigentliche Stegblech des Querträgers reicht zu beiden Seiten des Hauptträgers nur bis zu den Eckaussteifungen. Dort wird es ersetzt durch zwei Bleche in der Art von Knotenblechen, die um die zur Stoßdeckung nötige Breite unter den unteren Gurtwinkel hinabreichen und zur Aufnahme des Hauptträgerobergurts ausgeschnitten sind.

Die beiden seitlichen Stegblechstöße werden durch Stoßlaschen gedeckt, die über die ganze Höhe des Stegblechs reichen. Dabei ersetzen zwei Stoßwinkel

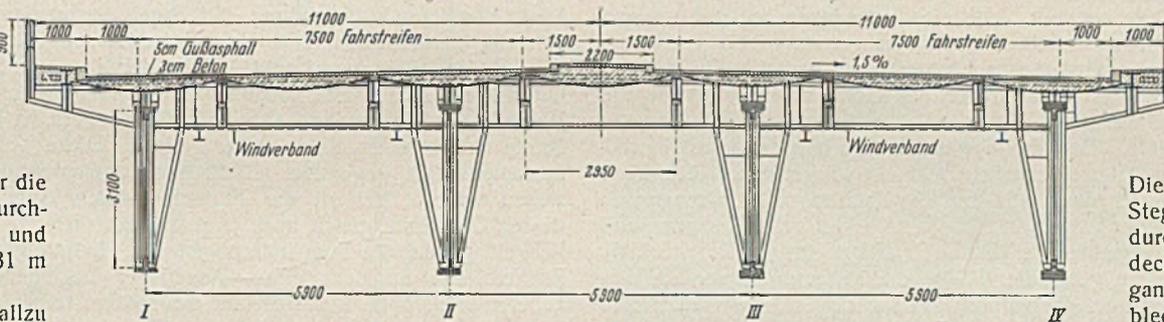


Bild 5. Querschnitt des Überbaues.

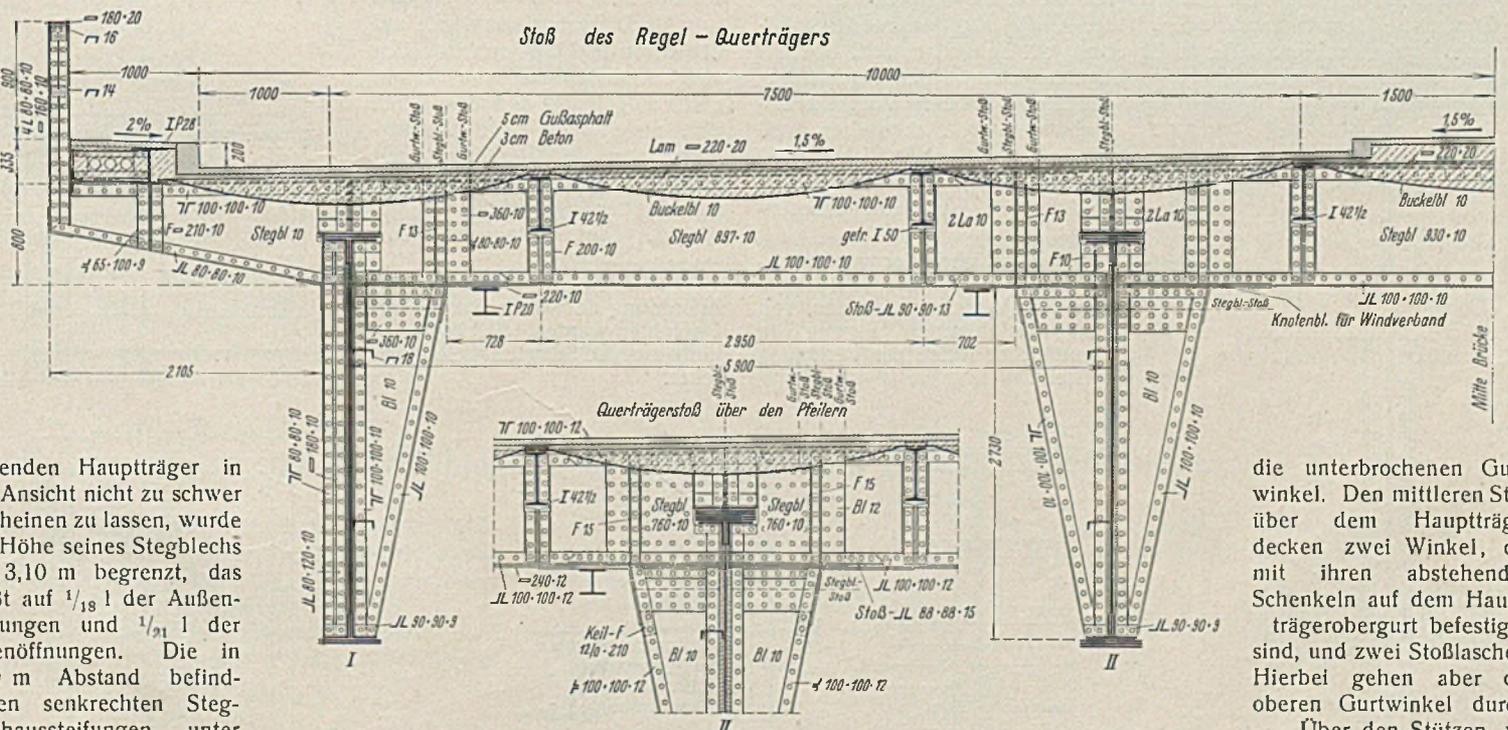


Bild 6. Stoß des Regelquerträgers und des Querträgers über den Pfeilern.

liegenden Hauptträger in der Ansicht nicht zu schwer erscheinen zu lassen, wurde die Höhe seines Stegblechs auf 3,10 m begrenzt, das heißt auf  $\frac{1}{18}$  l der Außenöffnungen und  $\frac{1}{21}$  l der Innenöffnungen. Die in 5,10 m Abstand befindlichen senkrechten Stegblechsaussteifungen unter den Konsolen beim Quer-

trägeranschlüssen teilen die Hauptträger in liegende Rechtecke ein. Die außerdem wegen der Beulsicherheit des Stegblechs erforderlichen senkrechten Aussteifungen in Feldmitte und die waagerechten Aussteifungen liegen nur auf der Innenseite der Hauptträger und sind von außen kaum zu erkennen, da sie nur mit einer Nietreihe in Erscheinung treten. Die Querträger sind in Brückenmitte 930 mm und außen 800 mm



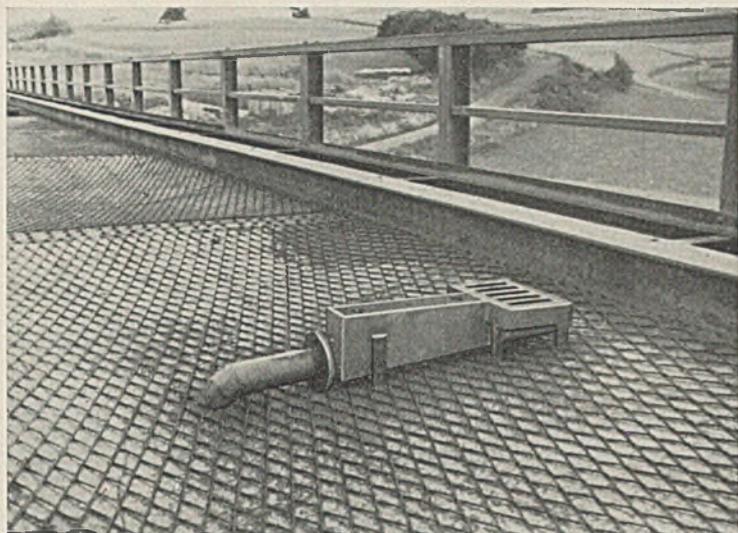


Bild 11. Oberflächeneinlauf und Streckmetallgeflecht in den Buckelblechen.

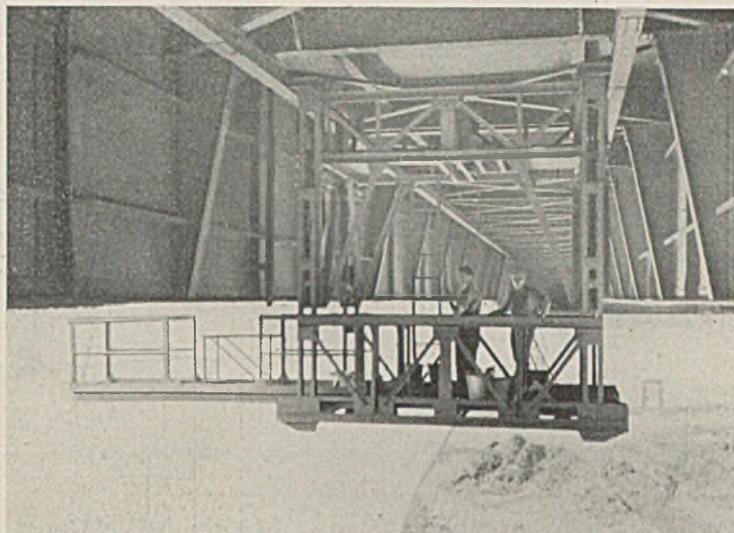


Bild 13.

Besichtigungswagen mit ausgefahrenem Laufsteg.

Der Besichtigungswagen besteht aus dem längsverfahrbaren Oberwagen, dem darin senkrecht beweglichen Unterwagen und dem Laufsteg, der sich nach beiden Seiten seitlich ausfahren läßt, um den Raum zwischen den mittleren Hauptträgern und unter den weit ausladenden Fußwegen zugänglich zu machen (Bild 13). Zur Unterbringung der Besichtigungswagen dienen zwei Kammern, die im nördlichen Widerlager ausgespart wurden und von unten her durch eine Treppe zugänglich sind (Bild 14). Ein Rolladen verschließt jede Kammer und schützt sie vor unbefugtem Betreten. Die Besichtigungswagen sind zum Durchlassen des Rolladens unterbrochen und mit Gelenkstücken versehen, die gleichzeitig die Längenänderung der Brücke aufnehmen.

Der Stahlüberbau hat ein Gewicht von 2377 t, wovon 55 t auf den Stahlguß der Lager und Fahrbahnübergänge, 952 t auf St 52 der Hauptträger und 1370 t auf St 37 aller übrigen Teile entfallen. Das ergibt, bezogen auf die 244,8 m große Brückenlänge, 9,7 t/m.

wässert in die Einlaufschächte, die in Höhe der Abdichtung mit Gefälle nach innen angebohrt sind, und am unteren Fahrbahnübergang neben der Fingerkonstruktion nach unten. Für die Oberflächenentwässerung kommen nur Einläufe am Schrammbord in Frage, weil die Fahrbahnen Gefälle nach außen haben. Es hätte aber die sorgfältig gebnete Brückenansicht gestört, wollte man hier, außerhalb der äußeren Hauptträger, die Wasserrohre senkrecht herunterführen. Weil andererseits die Brücke zu lang ist, um sie nur am tieferliegenden Widerlager zu entwässern, ordnete man ungefähr alle 20 m Einläufe an und neben ihnen Sammelbecken, die auf der Schräge der Buckelbleche aufsitzen und das Wasser seitlich durch 100 mm weite Rohre abführen (Bild 11 und 12). Dieses Rohr durchdringt hinter dem äußeren Hauptträger das Buckelblech und reicht bis zur Unterkante des Hauptträgers hinab. Von dort aus fällt das Wasser frei aufs Gelände.

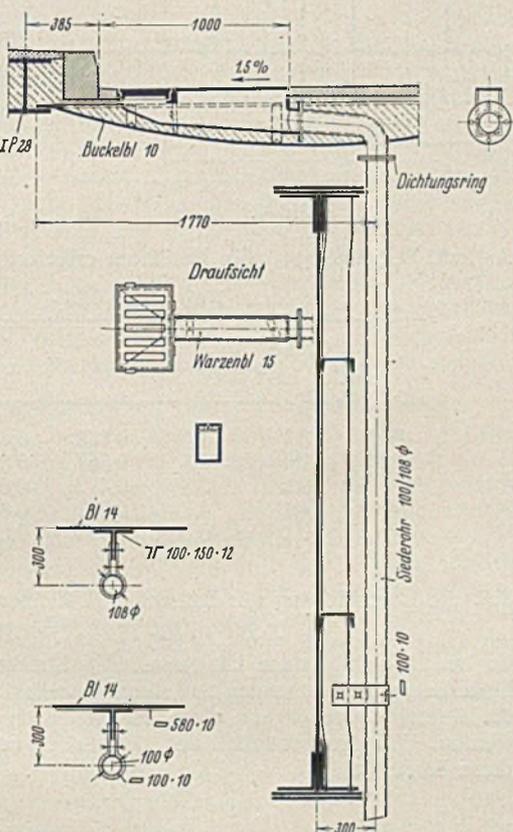


Bild 12. Entwässerung der Fahrbahn.

Zwischen den beiden äußeren Hauptträgern laufen die Besichtigungswagen auf Trägern IP 20, die unmittelbar unter den Querträgern und dem Windverband an die Querträgeruntergurte angeschraubt sind. Dort sind sie dem Auge des Beschauers, selbst wenn er sich steil unter der Brücke befindet, ziemlich verborgen.

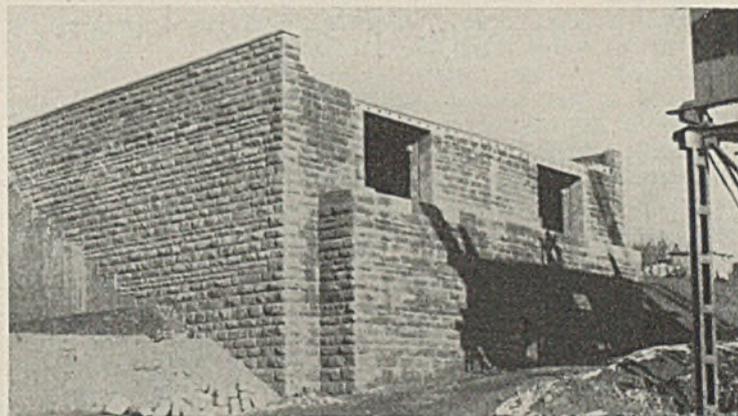


Bild 14. Kammern für die Besichtigungswagen im nördlichen Widerlager.

Andere Lösungen, die Reichsautobahn auf Stahlbrücken mit vier Hauptträgern über flache Täler zu führen, wurden beschrieben von Seywald: Großbrückenbauten an der Reichsautobahnstrecke bei Kaiserslautern<sup>3)</sup>, Ernst: Die Reichsautobahnbrücke über das Urselbachtal<sup>4)</sup>, und mit zwei Hauptträgern, aber sonst sehr ähnlich, von Weiss: Die Brücke über die Kleine Striegis<sup>5)</sup>.

(Schluß folgt.)

<sup>3)</sup> Zement 1936, Heft 28, S. 476. — <sup>4)</sup> Bautechn. 1937, Heft 27/28, S. 358. — <sup>5)</sup> Ztrbl. d. Bauv. 1936, Heft 40.

Alle Rechte vorbehalten.

## Die Durchbiegung des Balkenträgers (Ersatzlastverfahren).

Von Dr.-Ing. Rudolf Hofmann, Sterkrade.

Ein einfaches, leicht einprägsames Näherungsverfahren zur Bestimmung der größten Durchbiegung eines frei aufliegenden Trägers mit konstantem Trägheitsmoment soll beschrieben werden.

Die Gleichung der elastischen Linie eines Balkens, der eine Einzellast  $P$  trägt (Bild 1), lautet

$$y = \frac{P l^3}{6 E J} \cdot \zeta \xi_1 (1 - \zeta^2 - \xi_1^2) \quad 1)$$

Die an der in Fußnote 1) genannten Stelle an-

1) Hütte I. Bd., 23. Aufl., S. 547, oder Boerner, Statische Tabellen, S. 99.

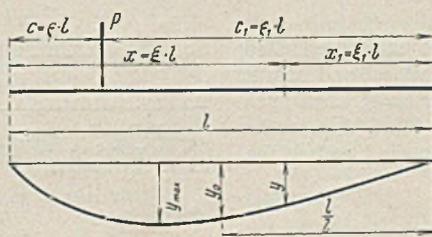


Bild 1.

gegebene Gleichung wurde aus Zweckmäßigkeitsgründen folgendermaßen umgeformt

$$\begin{aligned} y_1 &= \frac{P}{E J} \cdot \frac{c_1^2 c^2}{6 l} \left( 2 \cdot \frac{x_1}{c_1} + \frac{x_1}{c} - \frac{x_1^3}{c^2 c_1} \right) \\ &= \frac{P l^3}{6 E J} \cdot \frac{c}{l} \cdot \frac{x_1}{l} \left( 2 \cdot \frac{c c_1}{l^2} + \frac{c_1^2}{l^2} - \frac{x_1^2}{l^2} \right) \\ &= \frac{P l^3}{6 E J} \cdot \frac{c}{l} \cdot \frac{x_1}{l} \left[ \left( \frac{c}{l} + \frac{c_1}{l} \right)^2 - \frac{c^2}{l^2} - \frac{x_1^2}{l^2} \right] \\ &= \frac{P l^3}{6 E J} \cdot \zeta \xi_1 (1 - \zeta^2 - \xi_1^2). \end{aligned}$$

- $l$  . . . . . Stützweite des Trägers,
- $c = \xi l$  . . . . . Entfernung der Last von einem Auflager,
- $x_1 = \xi_1 l$  . . . . . Abstand des untersuchten Querschnitts vom anderen Auflager.

Für eine bestimmte Laststellung  $0 < \xi < \frac{1}{2}$  hat die Durchbiegung  $y$  den größten Wert bei  $0,58 > \xi_1 > \frac{1}{2}$ . Der Unterschied zwischen der größten Durchbiegung  $y_{max}$  und der Durchbiegung in Trägermitte  $y_0$  ist in Bild 2 als Funktion der Laststellung in Bruchteilen von  $y_0$  angegeben.

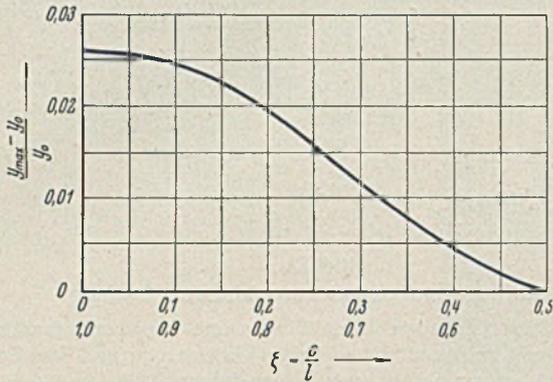


Bild 2.

Daraus ist ersichtlich, daß die größte Abweichung rund 2,6% von  $y_0$  beträgt<sup>2)</sup>. Steht die Last im mittleren Teil des Trägers oder stehen mehrere Lasten zu beiden Seiten der Trägermitte, so wird dieser Unterschied noch bedeutend geringer. Es ist deshalb ohne weiteres zulässig,  $y_0$  an Stelle von  $y_{max}$  zu nehmen. Da  $y_0$  die Durchbiegung an einer ganz bestimmten Stelle, nämlich in Trägermitte ist, gilt dafür das Überlagerungsprinzip, welches für  $y_{max}$  nicht anwendbar ist. Um den Biegepfefel  $f$  bei mehreren Lasten zu erhalten, sind die  $y_0$  der einzelnen Lasten zusammenzuzählen.

Die Durchbiegung in Trägermitte (für  $\xi = \frac{1}{2}$ ) beträgt

$$y_0 = \frac{P l^3}{6 E J} \cdot \frac{\xi}{2} \left[ 1 - \xi^2 - \left( \frac{1}{2} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{P l^3}{12 E J} \cdot \xi \left( \frac{3}{4} - \xi^2 \right) = \frac{P l^3}{12 E J} \cdot X.$$

An Stelle von  $P$  führen wir eine Einzellast  $P_0$  in Balkenmitte ein, welche dieselbe Durchbiegung  $y_0$  hervorruft, also

$$\frac{P l^3}{12 E J} \cdot X = \frac{P_0 l^3}{12 E J} \cdot X_0 \text{ oder } P_0 = P \cdot \frac{X}{X_0} = P \eta,$$

$$X_0 = X \text{ für } \xi = \frac{1}{2},$$

d. h.  $X_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{3}{4} - \frac{1}{4} \right) = \frac{1}{4}.$

Der Wert  $\eta$  ist aus Bild 3 oder aus folgender Zahlentafel zu entnehmen. Er ist bis auf einen konstanten Faktor die Ordinate der Einflußlinie für  $y_0$ .

$c/l = \xi$	$\eta$
0,05	0,150
0,10	0,296
0,15	0,437
0,20	0,568
0,25	0,688
0,30	0,792
0,35	0,879
0,40	0,944
0,45	0,986
0,50	1,000

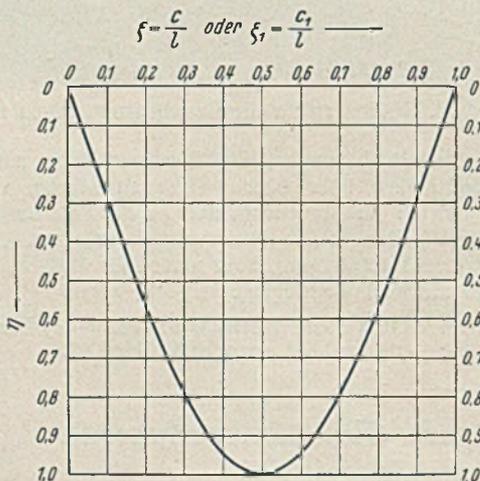


Bild 3.

$\eta$  als Funktion von  $\xi$  ist eine kubische Parabel. Sind mehrere Lasten vorhanden, so wird für jede Last  $P$  das dazu gehörende  $c/l = \xi$  und daraus mit Hilfe von Bild 3 das  $\eta$  bestimmt. An Stelle von  $c/l = \xi$  kann auch  $c_1/l = \xi_1$  ermittelt werden, was zu demselben Wert  $\eta$  führt, d. h. es ist gleichgültig, auf welchen der beiden Auflagerpunkte man die Last bezieht.

Es ist dann  $P_0 = P \eta.$

<sup>2)</sup> Vgl. Stahl im Hochbau, 9. Aufl., S. 398.

Die Ersatzlast  $\mathfrak{P}$ , welche in Balkenmitte stehend dieselbe Durchbiegung  $y_0$  hervorruft wie alle Lasten zusammen, ist gleich der Summe aller  $P_0$ , hat also die Größe

$$\mathfrak{P} = \sum_n P_n \eta_n.$$

Daraus erhält man die größte Durchbiegung

$$f_{max} = \frac{\mathfrak{P} l^3}{48 E J}.$$

Gewöhnlich ist die zulässige Durchbiegung gegeben und das erforderliche  $J$  zu ermitteln, also

$$J_{erf} = \frac{\mathfrak{P} l^2}{48 E f/l}.$$

Darin sind alle Werte in derselben Maßeinheit einzusetzen. In der Praxis sind aber folgende Maßeinheiten üblich

$$J \text{ (cm}^4\text{)}, \mathfrak{P} \text{ (t)}, l \text{ (m)}, E \text{ (kg/cm}^2\text{)}.$$

Mit  $l/f = v$  ist dann bei Stahl ( $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ )

$$J = \frac{1000 \mathfrak{P} (100 l)^2 v}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6} \sim \frac{\mathfrak{P} v l^2}{10}.$$

Für die gebräuchlichsten Werte von  $v$  erhält man demnach bei Stahl

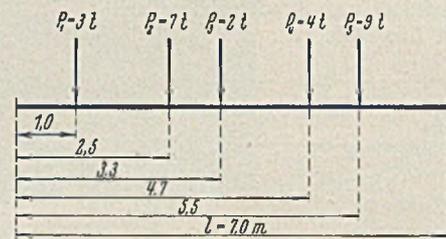


Bild 4.

$v = l/f$	$J_{erf}$
1000	100
500	50
300	30
200	20

$\cdot \mathfrak{P} l^2$

Wie schon erwähnt, ist  $\mathfrak{P}$  in t,  $l$  in m und  $J$  in  $\text{cm}^4$  einzusetzen.

An zwei Beispielen soll das Verfahren erläutert werden.

Beispiel 1 (Bild 4).

Größe der Last	$c$	$c/l$	$\eta$	$P \eta$
$P_1$	3 t	1,0	0,143	0,42
$P_2$	7 t	2,5	0,357	0,89
$P_3$	2 t	3,3	0,472	0,99
$P_4$	4 t	4,7	0,671	0,84
$P_5$	9 t	5,5	0,786	0,60

$$\mathfrak{P} = 18,24 \text{ t}$$

Soll die Durchbiegung des Balkens z. B. kleiner als  $l/500$  sein, dann ist

$$J_{erf} = 50 \mathfrak{P} l^2 = 50 \cdot 18,24 \cdot 7^2 = 31 \text{ 300 cm}^4.$$

Es bedarf wohl keines Hinweises, daß Streckenlasten, die neben den Einzellasten noch vorhanden sind, durch Einzellasten ersetzt werden können, die ihrerseits wieder auf eine Ersatzlast  $\mathfrak{P}$  in Feldmitte zurückgeführt werden. Für den Sonderfall der gleichmäßig verteilten Vollast  $p$  t/m ist diese Ersatzlast

$$\mathfrak{P} = \frac{5}{8} \cdot p l.$$

Bei beweglichen Lasten wird so verfahren, wie es auch sonst bei Einflußlinien üblich ist, d. h. man ermittelt die Laststellung, welche den Größtwert von  $\mathfrak{P} = \sum P \eta$  ergibt. Bei dem häufig vorkommenden Fall von zwei gleichen Einzellasten  $P$  im festen Abstand  $a$  (z. B. Laufkrane) sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1.  $a/l < 0,65$ , maßgebend ist symmetrische Laststellung;
2.  $a/l > 0,65$ , maßgebend ist eine Einzellast in Balkenmitte.

Beispiel 2.

Laufkran  $P = 24,8 \text{ t}$ ,  $l = 7 \text{ m}$ ,  $a = 4 \text{ m}$ ,

$$a/l = 0,571 < 0,65,$$

also symmetrische Laststellung maßgebend.

$$\xi = c/l = \frac{l-a}{2l} = 0,214, \eta = 0,6,$$

$$\text{Ersatzlast } \mathfrak{P} = 2 P \eta = 2 \cdot 24,8 \cdot 0,6 = 29,8 \text{ t}.$$

Soll die Durchbiegung kleiner als  $l/1000$  sein, dann ist

$$J_{erf} = 100 \mathfrak{P} l^2 = 100 \cdot 29,8 \cdot 7^2 = 146 \text{ 000 cm}^4.$$

**INHALT:** Die geschweißte Brücke über den Verschlepbahnhof IJsselmonde in Rotterdam. — Die Aulatabrücke der Reichsautobahnen bei Herfeld. — Die Durchbiegung des Balkenträgers (Ersatzlastverfahren).

Verantwortlich für den Inhalt: Professor Dr.-Ing. K. Klöppel, Darmstadt.  
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W 9.  
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.