

DIE BAUTECHNIK

9. Jahrgang

BERLIN, 17. Juli 1931

Heft 31

Alle Rechte vorbehalten.

Neuerungen im Bau von Triebwasserleitungen.

Von Dr.-Ing. Marquardt, Stadtbaurat, München.

1. Werkkanäle.

Die im letzten Jahrzehnt ausgeführten Kanäle von Nieder- und Mitteldruck-Wasserkraftanlagen zeichnen sich durch ihren großen Querschnitt (Steigerung der Ausbauwassermengen) und ihre große Länge (Zusammenfassung langer Flußstrecken in einer Stufe) aus (vgl. Tabelle I). Infolgedessen war die wirtschaftliche Ausgestaltung ihres Querschnittes und die Verringerung der Einheitskosten eines der wichtigsten Probleme der Nachkriegszeit. Sofern nicht auf Schifffahrt Rücksicht zu nehmen war, wurde zur Beschränkung des Kanalquerschnittes die Wassergeschwindigkeit erheblich gesteigert. Dies erforderte einen besonderen Schutz der Kanalböschungen und der Sohle, der durch Betonauskleidung erzielt wurde.

Wenn auch diese Grundsätze schon länger bekannt waren, so ist man doch erst nach dem Kriege — hauptsächlich wohl durch das Eintreten Hallingers — in größerem Umfange zu der Betonauskleidung der Werkkanäle übergegangen. Und zwar geschah dies durch die heute zu großer technischer Vollkommenheit und Wirtschaftlichkeit ausgebildete Her-

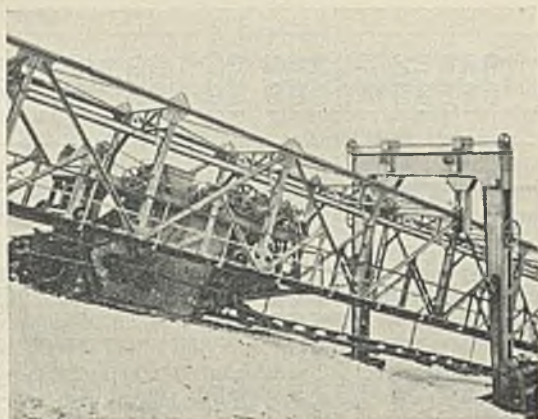


Abb. 1. Böschungsplaniermaschine beim Bau des Rheinkanals Basel—Straßburg (Kraftwerk Kembs).

Ausführung: Dingler'sche Maschinenfabrik AG., Zweibrücken.

stellung zusammenhängender Betondecken im Mischungsverhältnis 1 Zement : 12 Kiessand. Richtunggebend hierfür waren vor allem die Versuche der Mittleren Isar AG. (Mlag), über die Kurzmann wiederholt berichtet hat¹⁾. Das Eigenartige der hierbei angewendeten Ausführung ist, daß man eine magere Betonschicht verwendet, die selbst nicht wasserdicht ist, vielmehr lediglich einen Schutz gegen die Abspülung des Böschungsmaterials und eine Stützschicht für den eigentlichen Dichtungsstoff, die Sinkstoffe, bildet, die das Kanalwasser mit sich führt. Zur Beschleunigung der Kanaldichtung hat man bei der Mlag dem Triebwasser Lehm beigemischt. Weiter hat man, um den mageren Böschungsbeton vor Frostschäden zu schützen, die Böschungsbekleidung im Bereich der Wasserspiegelschwankungen mit Zementschlempe (1 Raumteil Zement : 2 bis 3 Raumteilen Feinsand) mit dem Besen eingerieben. Bei den Oberschwäbischen Illerwerken hat man als Dichtungs- und Konservierungsmittel für den Böschungsbeton Kaltasphalt verwendet. Durch die auf diese Weise erhöhte Dichtung der Kanalwandungen verschwand die früher bestandene Scheu vor hohen Dammschüttungen, so daß man mit lehmig-kiesligem Material Dammhöhen bis zu 15 m ausgeführt hat (vgl. Tabelle I, Spalte 15), die lediglich durch Befahren mit schwerem Transportgerät verdichtet wurden. Hierdurch hat sich auch die Linienführung der Kanäle erheblich vereinfacht. — Von der früher vereinzelt üblichen Verwendung von Betonplatten ist man wegen ihrer Kostspieligkeit und großen Fugenanzahl rasch wieder abgekommen. Auch den eine Zeitlang verwendeten Traßzusatz hat man z. B. bei der Mlag wegen der bei der Herstellung der Böschungsbekleidung bestehenden Notwendigkeit fortwährender Naß-

haltung und des durch die verzögerte Abbindung bedingten Einflusses der Witterung wieder aufgegeben.

Da bei großen Böschungslängen die bei kleineren Kanälen übliche Betonierung von Hand und mit Schüttrinnen nicht mehr möglich ist (Gefahr der Entmischung des Betons und dessen Verunreinigung durch



Abb. 2. Böschungsbetoniermaschine beim Bau des Rheinkanals Basel—Straßburg (Kraftwerk Kembs).

Ausführung: Dingler'sche Maschinenfabrik AG., Zweibrücken.

gelockertes Böschungsmaterial), so hat man bei der Mlag für die Betonierung der 10 bis 20 cm starken Kanalböschungen erstmals und ohne jeden Vorgang neue Bauverfahren entwickelt, von denen das Koppenhofersche in den letzten Jahren zu hoher Vollkommenheit ausgebaut wurde und heute im Tiefbau nicht mehr wegzudenken ist. Abb. 1 zeigt

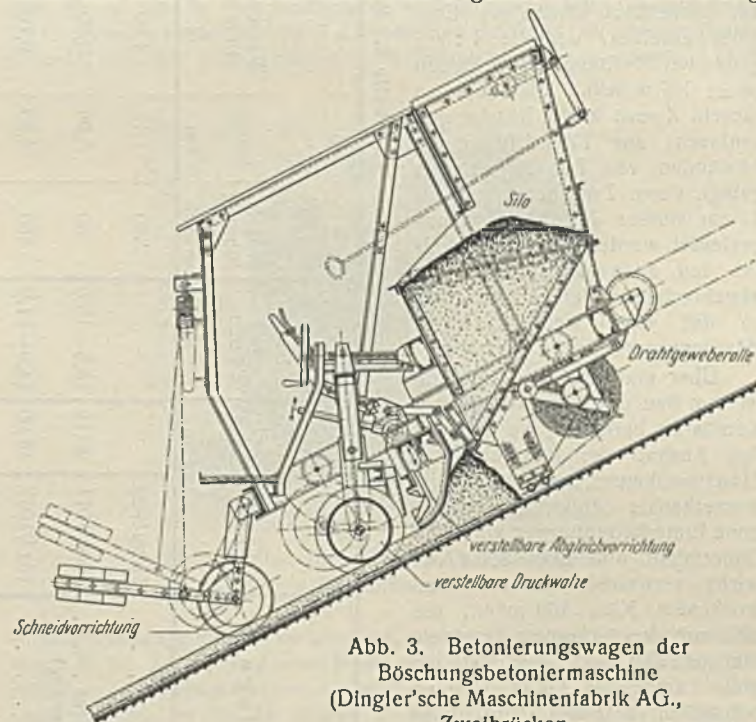


Abb. 3. Betonierungswagen der Böschungsbetoniermaschine (Dingler'sche Maschinenfabrik AG., Zweibrücken).

die erstmals beim Bau des Rheinkraftwerkes Kembs angewendete und ebenfalls auf dem Koppenhoferschen Gedanken beruhende Böschungsplaniermaschine²⁾, die das der Betonierung vorangehende Ausgleichen und Stampfen der roh geschütteten und bis zu 45 m breiten Böschungen

¹⁾ Kurzmann: „Die Betonauskleidung der Werkkanäle“. Bau-techn. 1926, Heft 4 u. 5, und 1930, Heft 38.

²⁾ Vgl. Bautechn. 1931, Heft 4, S. 56.

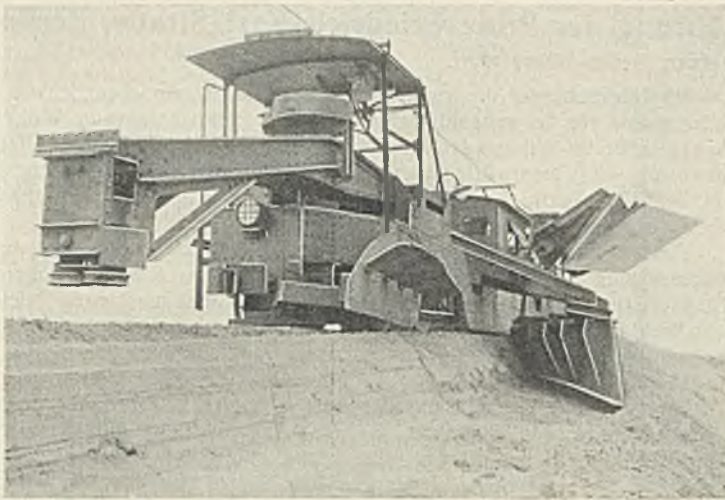


Abb. 4. Elektrischer Kippenräumer in Verbindung mit einem Gleisrückausleger beim Auspflügen einer Mulde.

einem elektrisch angetriebenen Kippenräumer auf zwei Fahrgestellen aufgebaut ist, die den Oberwagen aus Eisenkonstruktion, die vordere und hintere Pflugschar mit den mechanischen Teilen zum Verstellen und das Führerhaus tragen. Die Maschine kann einerseits in beiden Fahrrichtungen das Abpflügen oder Ausgleichen angeschütteter Massen besorgen, andererseits können vom Führerstand aus die Schienen mittels auf die Rollen wirkender Hebel gebogen und gehoben werden, wobei die Gleise im Mittel um 40 cm verschoben werden.

2. Stollen.

Die im Wasserkraftbau verhältnismäßig selten vorkommenden Freispiegelstollen haben bisher in ihrer Querschnittform keine wesentlichen Wandlungen erfahren. Bei günstigen Gebirgsverhältnissen wird immer noch die für die Bauausführung vorteilhafte Hufelsen- oder Rechteckform mit halbkreisförmiger Kalotte verwendet. Obgleich die früher bestandene Vielgestaltigkeit der Querschnittformen in den letzten Jahren erheblich nachgelassen hat, sollte einer Typisierung der Querschnitte von Freispiegelstollen heute nicht mehr viel im Wege stehen. Neuerdings hat man sich bei guten Gebirgsverhältnissen an Stelle der — heute stets satt an den Gebirgsstoß anschließenden — Betonauskleidung vielfach mit einem Torkretüberzug an Sohle und Wänden begnügt, wenn nicht überhaupt der Stollen unverkleidet bleibt und zum Ausgleich des hierdurch verursachten größeren Druckverlustes ein entsprechend größeres Ausbruchprofil erhält, so wie dies in den letzten Jahren wiederholt auch bei Druckstollen geschehen ist. Für diese steht nach den bisherigen Erfahrungen die

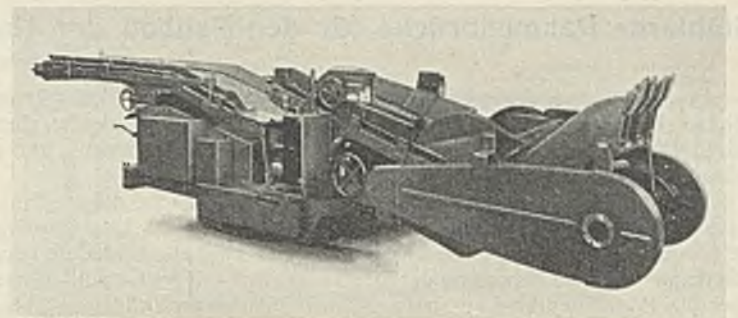


Abb. 5. Schaufellader von Myers-Whaley Co. für den Bau des Sutley-River-Tunnels (Indien).

lichen Druckstollenbaues ist festzustellen, daß vor dem Anbringen der Stollenauskleidung in einzelnen Zonen des ausgebrochenen Stollens Druckversuche zur Ermittlung des Grades der elastischen Ausweitung und Wasserdurchlässigkeit des Gebirges auszuführen sind, nach denen dann die Stollenauskleidung berechnet und gewählt wird. Diese Erfahrung zeitigte einen zweiten wichtigen Baugrundsatz neuzeitlichen Stollenbaues: diesen im Zusammenhang mit der Gesamtanordnung der Wasserkraftanlage zu behandeln.

Hinsichtlich der Bauausführung sei erwähnt, daß man sich neuerdings bei der mechanischen Bohrung der auf Spannsäulen (liegend oder stehend) montierten Bohrhämmer bedient, deren Hauptvorteil gegenüber dem bisher vorherrschenden Handbohrhammer in der wesentlichen Erleichterung der Arbeit für den Mineur sowie darin liegt, ein größeres Hammengewicht verwenden zu können. Auf diese Weise ließ sich die Bohrleistung auf das etwa Vierfache gegenüber dem Handbohrhammer bringen. — Zum Sprengen werden i. a. Ammonsalpeter-Nitroglyzerin-Sprengstoffe bevorzugt. — Für das Abräumen sind in den letzten Jahren, insbesondere in den USA., mit Vorteil elektrisch oder mit Preßluft betriebene Förderbänder (deutsche Hersteller: Flottmann, Axmann & Co. u. a.) und Schaufellader verwendet worden. Abb. 5 zeigt einen der im Sutley-River-Tunnel (Indien) gegenwärtig arbeitenden Schaufellader von Myers-Whaley Co., Knoxville, der mit einem Förderbande vereinigt ist und erstmals im Jahre 1913 beim Bau des Catskill-Stollens der New Yorker Wasserleitung, später dann bei den Arbeiten im Shandaken-, Hetch-Hetchy-, Neuen Cascade- und Pigeon-River-Tunnel Anwendung gefunden hat. Von der Bamag-Meguain AG. werden Verlateschaufeln nach dem Vorbilde von Myers-Whaley Co. gebaut³⁾. Eine andere, ebenfalls bei uns eingeführte und mit Druckluft angetriebene Bauart (für den Eichholz-Stollen des Schluchsee-Werkes von der Demag geliefert⁴⁾) zeigt Abb. 6a u. 6b in der Ausführung von Nordberg-Butler, Milwaukee. Im Gegensatz zu der in Abb. 5 dargestellten Bauform läßt sich die Butler-Schaufel auch bei knappen Raumverhältnissen verwenden, wie sie vielfach

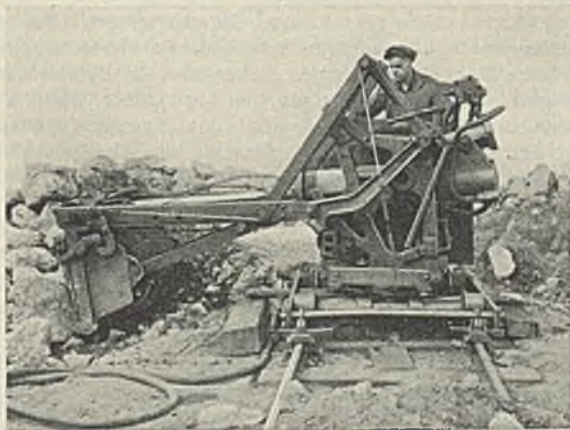


Abb. 6a. Nordberg-Butler-Verlateschaufel beim Aufladen.

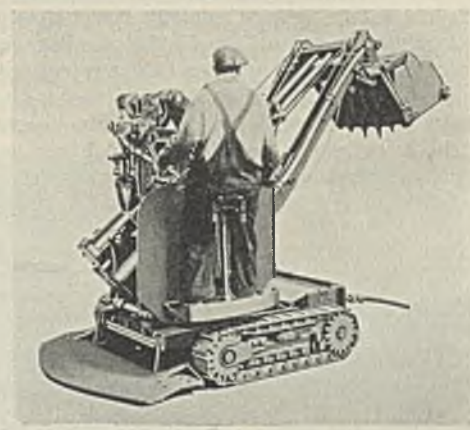


Abb. 6b. Nordberg-Butler-Verlateschaufel beim Entleeren.

bewehrte Kreisform — trotz mancher unerfüllbarer bauwirtschaftlicher Wünsche — im Vordergrund, nachdem sich gezeigt hat, daß die Auskleidung anderer Querschnittformen zu Rissebildungen neigt. Von maßgebender Bedeutung für unsere Erkenntnisse im Bau von Druckstollen, insbesondere hinsichtlich der Feststellung der Wasserdurchlässigkeit verschiedener Gebirgsarten und des Maßes ihrer Zusammendrückbarkeit waren die eingehenden Untersuchungen der Druckstollenkommission der S. B. B. am Ritom-Stollen und hauptsächlich am Druckstollen Amsteg (Bericht vom November 1923). Als wichtigste Erfahrung des neuzeit-

in Wasserleitungs-Stollen vorkommen, da das Gerät nur eine Arbeitshöhe von 1,95 bis 2,45 m und eine Breite von 1,20 m benötigt. Die Vorteile derartiger Abräumemaschinen gegenüber Handarbeit sind u. a.: Verringerung der im Stollen tätigen Belegschaft, Erhöhung der Abräumleistung und somit Ersparnis an Ladezeit, sowie Beschleunigung und Verrbilligung des Vortriebes. (Schluß folgt.)

³⁾ Vgl. auch Randzio: „Stollenbau“. S. 123, Berlin 1927, Wilh. Ernst & Sohn. — ⁴⁾ Bauing. 1930, Heft 43, S. 741.

Stählerne Rahmenbrücke für den Neubau der Unterführung der Prinz-Friedrich-Karl-Straße, Berlin.¹⁾

Alle Rechte vorbehalten.

Von Zivilingenieur Wilhelm Maelzer, Berlin-Wilmersdorf.

Die Einführung der schweren P10-Lokomotiven und der 80-t-Großgüterwagen ergab die Notwendigkeit, einen großen Teil der aus der Zeit der Eröffnung der Berliner Stadtseisenbahn stammenden Brückenbauwerke entsprechend zu verstärken oder durch Neubauten zu ersetzen.

In erster Linie kommen hierfür die Brücken in Betracht, die die Ferngleise überführen. Zu diesen Bauwerken gehört auch die Unterführung der Prinz-Friedrich-Karl-Straße. Es werden hier zwei Gleise der Berliner Stadtbahn und zwei Ferngleise der Strecke Bahnhof Friedrichstraße—Börse über die Prinz-Friedrich-Karl-Straße geführt. Vorhanden sind vier Überbauten, deren jeder ein Gleis trägt.

Die alten schweißeisernen Stadtbahnbauwerke der Unterführung der Stallstraße, später Prinz-Friedrich-Karl-Straße, sind im Jahre 1880 von Dirksen, dem Erbauer der Stadtbahn, zur Ausführung genehmigt worden. Am 7. Februar 1882 wurde das alte Bauwerk dem Betriebe übergeben.

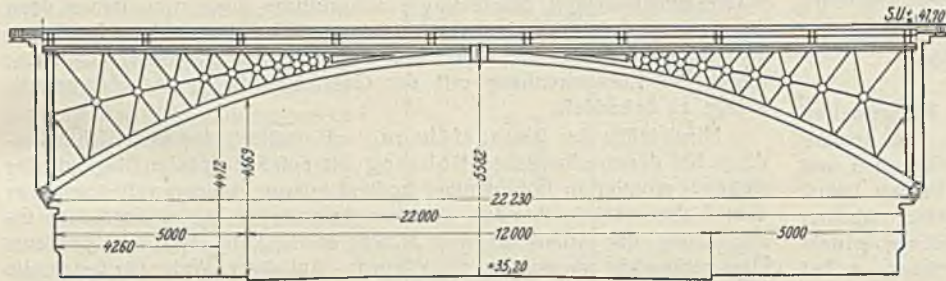


Abb. 1.

Es besteht aus vier eingleisigen Überbauten mit je zwei Hauptträgern. Die Fahrbahn bestand damals aus kastenförmigen Schienenträgern mit Kiesfüllung. Im Jahre 1922 ist die Fahrbahn verstärkt und so umgebaut worden, daß die Schienen in normaler Weise auf Schwellen, Längsträgern und Querträgern gelagert sind. Die Hauptträger sind als Dreigelenkbogen, teils doppeltes Fachwerk, teils vollwandig, ausgebildet.

Das alte Bauwerk ist in Abb. 1 dargestellt. Der Untergurt ist nach einem Kreisbogen geformt, und die Pfeilhöhe des Dreigelenkbogens beträgt 3,36 m. Die Kämpfergelenke liegen 2,285 m über der Straßenkrone. Beiderseits des eisernen Überbaues schließen sich gemauerte Stadtbahnviadukte an.

Bei dem Neubau dieser Unterführung sollte auf alle Fälle die für den neuzeitlichen Verkehr bedingte Mindestdurchfahrthöhe von 4,60 m zwischen den Bordsteinkanten eingehalten werden. Die alsdann noch verbleibende Bauhöhe, bedingt durch die nur unwesentlich veränderliche Höhe von S. O., ergab besondere Schwierigkeiten für die Wahl des neuen Brückensystems. Die Anordnung einer einfachen Blechträger-Deckbrücke wäre — mit Rücksicht auf die geringe zulässige Hauptträgerhöhe — außerordentlich unwirtschaftlich gewesen. Der Fortfall des Bogenschubes hätte außerdem eine erhebliche Verstärkung der Brückenwiderlager bedingt.

Der Brückenbaudezernent der RBD. Berlin, Herr Reichsbahnoberrat Nordhausen, hatte die Fa. Vormals Ravené'scher Eisenhandel und Eisenbau, Berlin, mit der Ausarbeitung von Neubauvorschlägen beauftragt und den Gedanken der Verwendung einer Rahmenbrücke als zweckmäßig empfohlen.

Mit Rücksicht auf die vorhandenen besonderen baulichen Schwierigkeiten wurde von der genannten Firma noch das Bauingenieurbüro Wilhelm Maelzer, Berlin-Wilmersdorf, zur Hilfeleistung mit herangezogen. Dieses hat sowohl die Vorentwürfe als auch die vollständige Durcharbeitung des von der RBD. Berlin ausgewählten Brückensystems, ferner die statische Berechnung und die Konstruktionszeichnungen ausgeführt.

Von den zunächst ausgearbeiteten acht Vorentwürfen für das neue Brückensystem hat die RBD. Berlin, und zwar Herr Reichsbahnoberrat Nordhausen als Dezernent für den Brückenbau und die Herren Reichsbahndirektor Röttcher und Oberbaurat Brademann als Architekten, den neuartigen Rahmenträger mit scharfer Eckausbildung (nach Abb. 2) zur Ausführung gewählt.

Für die neue Überführung der beiden Stadtbahn- und der beiden Ferngleise sind mit Rücksicht auf die Auswechslung der Bauwerke während des Betriebes wieder vier gleiche eingleisige Überbauten vorgesehen. Jeder Überbau besitzt zwei als Zweigelenkrahmen ausgebildete Hauptträger in einem gegenseitigen Abstände von 2,50 m. Die Stützweite von Mitte bis Mitte Kämpfergelenk gemessen beträgt 22,40 m. Die Pfeilhöhe des Rahmens ist auf 4 m vergrößert worden. Hierdurch wurde erreicht, daß die vorhandenen, für die eisernen Überbauten und anschließenden Stadtbahnviadukt gemeinsamen Mauerwiderlager unverändert beibehalten werden konnten. Die Kämpfergelenke liegen 1,76 m über Straßenkrone. Die durch die wesentlich vergrößerten Betriebslasten sich ergebenden Auflagerkräfte, insbesondere des ungünstig wirkenden waagerechten Schubes, treffen sich wesentlich tiefer als bei der alten Brückenordnung. Die Höhenlage des neu angreifenden Kämpferdruckes ist so bestimmt worden, daß die Gesamtergebnisse aus den beiderseitigen Bogenschüben stets innerhalb des Kernquerschnittes des Widerlagermauerwerkes verläuft.

Die Fahrbahn besteht aus Schienen auf hölzernen Schwellen in Kiesbettung auf 10 mm starken verzinkten Buckelplatten. Es sind nur Querträger in gegenseitigem Abstände von 1,42 m vorhanden. Die Buckelplatten lagern einerseits auf diesen auf, andererseits auf dem Obergurt der Rahmenhauptträger.

Die neuartige Form der Hauptträger dürfte bei dem Eisenbauer zunächst auf scharfen Widerspruch stoßen.

Während beim Eisenbetonbau die Ausführung einer scharfen Ecke zur Selbstverständlichkeit geworden ist, sind im Stahlbau die Eckausbildungen bisher durch mehr oder weniger scharfe Ausrundungen hergestellt worden²⁾. Man ging hierbei stets von dem Streben aus, die Gurtkräfte — auch im Bereich der Ecke — durch die vorhandenen Gurtungen zu übertragen. Dies bedingte aber große Krümmungshalbmesser. Die im Stahlbau angestellten Belastungsversuche mit ausgerundeten Rahmenecken sowie theoretische Untersuchungen über die Spannungsverteilungen bei Blechträger-Rahmenecken haben ergeben, daß die in der Nähe der einspringenden Ecke bzw. in dem scharf gekrümmten Innengurt auftretenden Spannungen besonders hoch sind. Derartige Rahmenecken sind nicht mehr nach der allgemeinen Biegungstheorie zu berechnen, sondern es sind die Gesetze für scharf gekrümmte Stäbe zu verwenden. Nach dieser Biegungstheorie ergibt sich mit der Verschärfung der Krümmung ein rasches Anwachsen der maßgebenden Randspannung

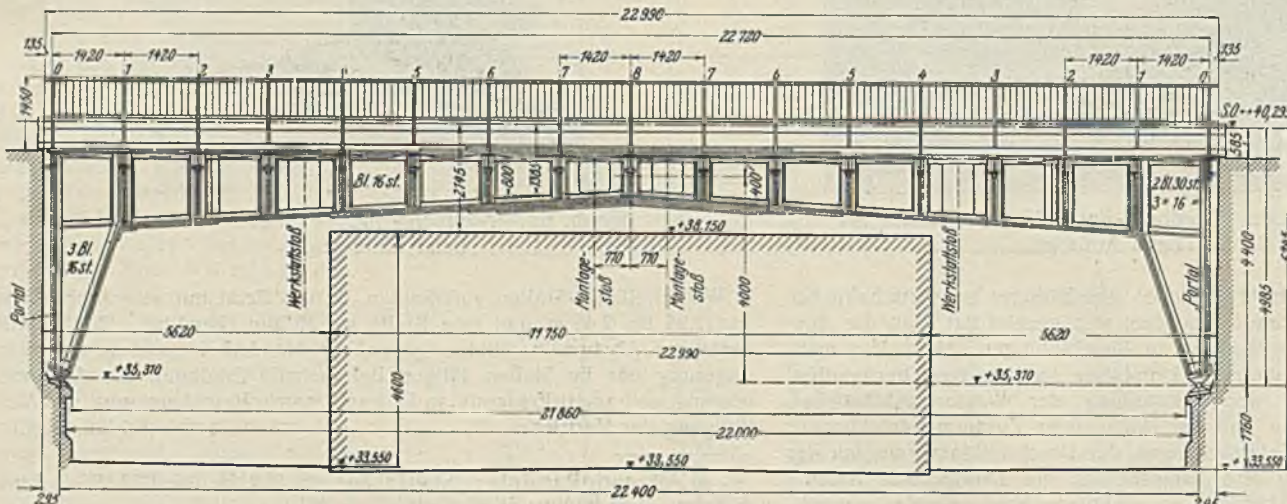


Abb. 2.

im Vergleich zu den bei Anwendung der gewöhnlichen Biegeformeln sich ergebenden Werten.

Bei den für die neuen Brücken gewählten scharfen Rahmenecken bestand demzufolge die Schwierigkeit, die inneren Kräfte in statisch und konstruktiv klarer Weise in

¹⁾ Vgl. Bautechn. 1930, Heft 3, S. 40, Schaper, Der Brückenbau usw. der DRB. im Jahre 1929.

²⁾ Vgl. Bautechn. 1928, Heft 1, S. 8.

der Rahmenecke überzuleiten. Der Entwurfsbearbeiter hat diese Aufgabe, soweit bisher in der Literatur bekanntgeworden ist, erstmalig sehr einfach und einwandfrei gelöst. Die von ihm angegebene Ausbildung scharfer Rahmen-ecken im Stahlbau beruht darauf, daß in den Ecken die Stehbleche des Blechträgerquerschnittes durch Auflegen mehrerer Bleche verstärkt werden. Alsdann sind die Stehbleche des Riegels und die der Rahmenstiele gabelartig ineinander geführt. Das Eckmoment und die Querkraft werden vollkommen durch die die Stehbleche verbindende Nietverbindung übertragen. Hierbei ist die von Herrn Prof. Dr.-Ing. K. Pohl angegebene Berechnung einer derartigen Nietverbindung mit Vorteil angewendet worden. Diese Berechnungsweise beruht auf der Annahme, daß die Schubspannungen dem Abstände vom Querschnittschwerpunkte proportional und tangential gerichtet sind. Es wird also das polare Trägheitsmoment der Nietgruppe in der Rahmenecke in bezug auf den Schwerpunkt der Nietgruppe bestimmt. Hieraus läßt sich dann die größte Beanspruchung in dem vom Nietgruppen-schwerpunkte entferntesten Niet leicht ermitteln.

Diese Berechnungsweise ist zwar theoretisch nicht streng begründet, wie übrigens auch das seit Jahrzehnten allgemein übliche Berechnungsverfahren der Stehblechstöße bei Blechträgern. Jedenfalls aber darf das beschriebene Berechnungsverfahren für die Zwecke der Stahlbaupraxis als genügend genau angesehen werden.

Die Einzelheiten der Rahmenecke für das vorliegend beschriebene Bauwerk sind aus Abb. 3 ersichtlich. Aus dem Querschnitt *a—b* (Abb. 3) ist das gabelartige Übereinandergreifen der Riegel- und Stiel-Stehbleche sowie des Stielgurtes zu erkennen.

Die Stehblechhöhe des Rahmenträgers beträgt im Scheitel 80 cm und nimmt nach den beiden Rahmenecken bis auf 140 cm zu, um von hier aus bis zum Kämpfergelenk wiederum auf 37 cm herabzugehen. Als Baustoff ist von der RBD. Berlin der hochwertige Si-Baustahl (Erzeugnis der Firma Lauchhammer AG) vorgeschrieben worden. Die Anordnung der Stehblechstöße ersieht man aus Abb. 4; dabei ist besonders auf die Einschaltung eines Scheitelstückes hinzuweisen. Dieses Zwischenstück war nötig, um die nachstehend besonders erläuterte eigenartige Montage der Rahmenbrücke zu ermöglichen. Außerdem sieht man im Hintergrunde der Abb. 4 die noch auszubauenden zwei alten Überbauten der Stadtbahn.

Die statische Berechnung der Stelfrahmenbrücke ist nach Müller-Breslau unter Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Hauptträgerquerschnitte mittels Einflußlinien durchgeführt worden. Die nach den Vorschriften für Eisenbauwerke (BE) zu ermittelnde größte Durchbiegung infolge der Verkehrslast — Lastenzug N — wurde trotz geringer Scheitelhöhe und hochwertigen Materials zu nur 1,67 cm = 1/1340 der Stützweite errechnet. Zulässig wäre nach BE eine Durchbiegung von 1/900 der Stützweite = 2,49 cm.

Die Berechnung hat also wiederum bestätigt, daß der Zweigelenkrahmen auch in bezug auf die Durchbiegung ein sehr günstiges Brückensystem darstellt. Von den für Bauwerke aus hochwertigem Baustahl durch Sonderverordnung zugelassenen Erleichterungen hinsichtlich der zulässigen Durchbiegung brauchte im vorliegenden Falle keine Anwendung

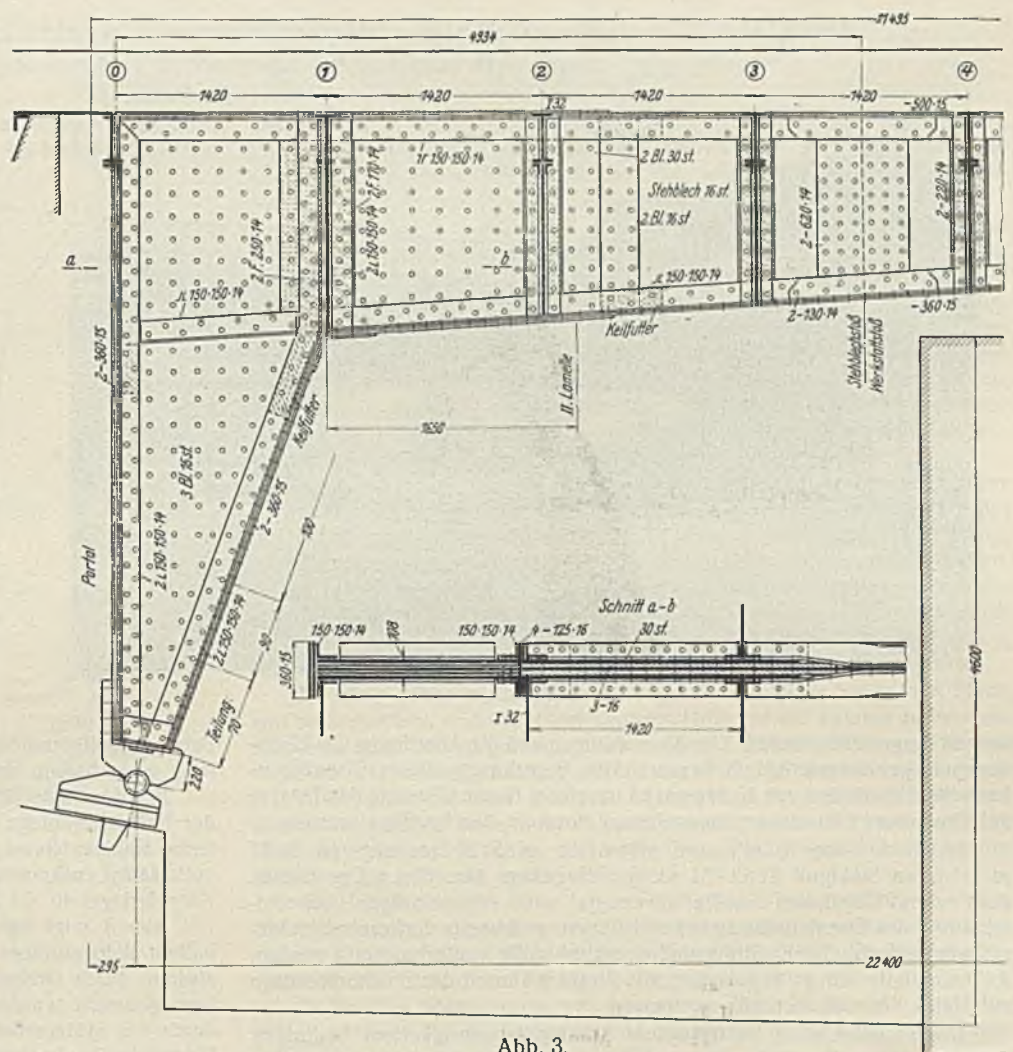


Abb. 3.

gemacht zu werden. Weiterhin aber hat die Bearbeitung des fraglichen Bauwerkes ergeben, daß eine Rahmenbrücke mit dem vorliegenden Verhältnis des Riegels zu den Stielen ein wirtschaftlich vorteilhaftes System darstellt.

Aus Abb. 5 u. 6 des fertigen Bauwerkes geht ferner hervor, wie vorzüglich sich die neuartige Form des Stelfrahmens in das Bild einer Großstadtstraße einfügt. Die vergrößerte freie Durchfahrthöhe ergibt einen schönen Durchblick. Die angrenzenden Stadtbahnviadukte beeinträchtigen das Gesamtbrückenbild in keiner Weise.

Die Tieferlegung der Kämpfergelenke für die neue Rahmenbrücke bedingte die Veränderung der Auflagersteine. Um eine möglichst gleichmäßige Belastung des alten Widerlagermauerwerkes zu erzielen, ist für jeden neuen Überbau ein Eisenbetonbankett an Stelle von Granitauflager-



Abb. 4.

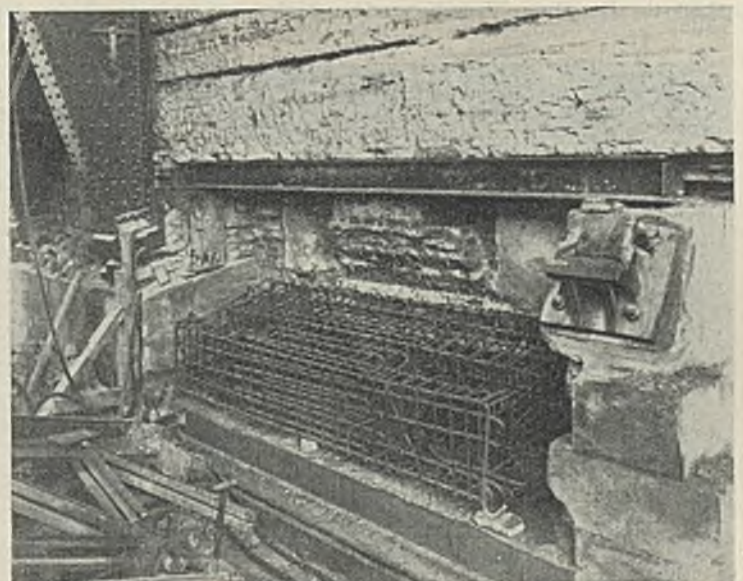


Abb. 7.

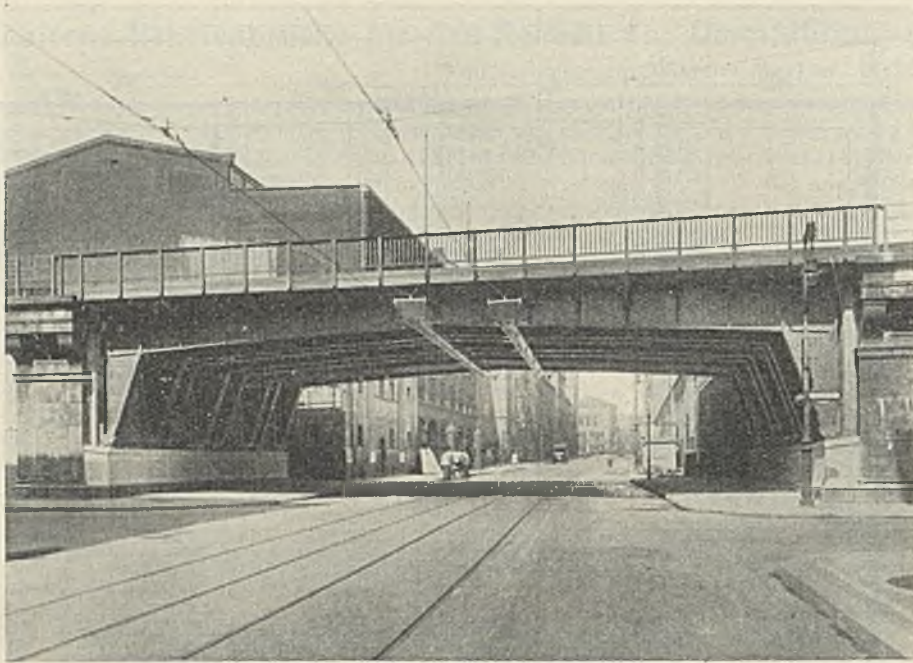


Abb. 5.

steinen hergestellt worden. Die Abmessungen und die Anordnung der Eisenbetoneinlagen gehen aus Abb. 7 hervor. Die Berechnung dieses Eisenbetonbanketts ist nach den von K. Hayashi in seinem Buche „Theorie des Trägers auf elastischer Unterlage“ angegebenen Formeln durchgeführt worden.

Jeder der vier Überbauten erforderte an St 51 rd. 50 t, an St 37 rd. 14 t, an Stahlguß St 52·81 rd. 5 t, insgesamt also 69 t. Der Einbau des neuen Überbaues mußte einerseits unter vollständiger Aufrechterhaltung des Eisenbahnbetriebes stattfinden, andererseits durfte der Straßenverkehr einschließlich Straßenbahn nicht völlig unterbrochen werden. Äußerstenfalls war es zugelassen, die Straße während der Brückenmontage zur Hälfte für den Verkehr zu sperren.

Diese gleichzeitig auftretenden Montageschwierigkeiten bedingten daher besondere Baustelleneinrichtungen. Die Aufrechterhaltung des über die Brücke geführten Eisenbahnbetriebes wurde durch den Einbau von Behelfsbrücken erreicht. Zu diesem Zweck wurde unter dem auszuwechselnden alten Überbau in Straßenmitte ein eiserner Gerüstbock, bestehend aus vier Peine-Trägern mit senkrechten und schrägen Verstreben errichtet. Zur Lastverteilung auf das Straßenpflaster ruhte der Gerüstbock auf einem mehrfachen Schwellenstapel. Die auf diesem Gerüst gelagerte Behelfsbrücke bestand aus je zwei Peine-Trägern unter jeder Schiene. Da das Gerüst nur als Pendelstütze wirken sollte, ist der zwischen den Trägern der Behelfsbrücke angeordnete Verband für Seitenstöße und Winddruck auf das Verkehrsband auf die ganze Überbaulänge berechnet worden. — Die zweite Bedingung, die Aufrechterhaltung des Straßenverkehrs unter der Brücke, wurde dadurch erfüllt, daß man den zweigleisigen Straßenbahnverkehr durch Einbau von Weichen vor und hinter der Brücke während der Montagedauer eingeleisig unter der Brücke durchführte. Der übrige Verkehr wurde außerdem auf die halbe Breite der

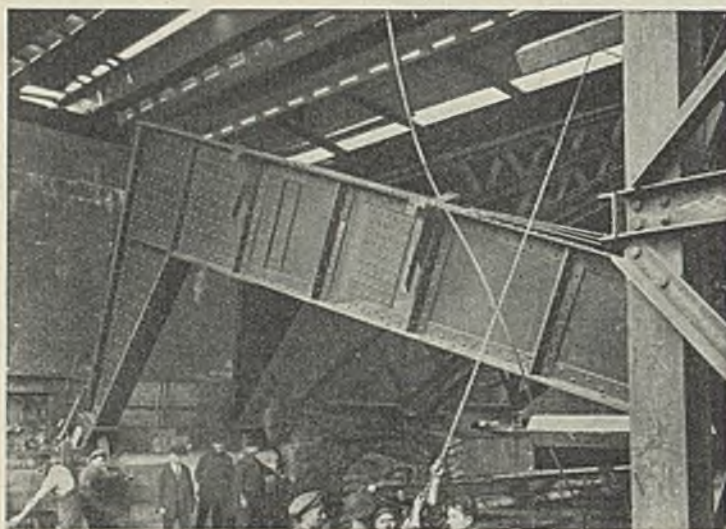


Abb. 8.



Abb. 6.

Straße beschränkt, so daß für die Brückenauswechslung die halbe Straßenbreite durch einen Bauzaun vollkommen von allem Verkehr abgesperrt war. Die Auswechslung einer halben Brücke konnte somit ungestört vorgenommen werden.

Bei der eigentlichen Brückenmontage bestand noch die Schwierigkeit der Rahmenmontage und des Einbaues der Buckelplatten-Fahrbahn. Das halbe Rahmenbauwerk wurde in eigenartiger Weise in einer Schräglage vollständig zusammengebaut, vernietet und dann durch Drehung auf dem Kämpferlager in die endgültige Lage gebracht.

Abb. 8 zeigt den in schräger Lage auf dem Kämpfergelenk ruhenden halben Rahmenträger. In dieser Lage ist der Träger fertig vernietet und alsdann durch Drehung um den Gelenkpunkt in die endgültige Brückenlage gebracht worden. Die Abstützung geschah dann in Brückenmitte durch das Stützgerüst (Abb. 9). Nachdem in ähnlicher Weise die andere Brückenhälfte fertiggestellt war, wurden die Rahmenträger im Scheitel zusammengeschlossen. Um den für die Drehung der beiden Brückenhälften bedingten Spielraum zu schaffen, ist ein zum Schluß einzuschaltendes Zwischenstück vorgesehen. Die mittelste Buckelplatte wurde zum Schluß während der äußerst kurz bemessenen Betriebspausen eingebracht und vernietet. Mit Rücksicht auf die Einschränkung und Verlegung des Straßenbahnbetriebes ist jeweilig der Einbau von zwei neuen Brücken vorgenommen worden. Dazu waren zwei mittlere Gerüstböcke und dazugehörige Behelfsbrücken erforderlich. Zunächst wurden die zwei Brücken ausgewechselt, die die Ferngleise tragen, alsdann folgten die Brücken der Stadtbahngleise.

Der Entwurf der neuartigen Rahmenbrücke wurde, wie bereits auf S. 462 erwähnt, im Bauingenieurbüro des Verfassers ausgearbeitet. Die Ausarbeitung der Werkstattzeichnungen, die Ausführung in der Werkstatt und die gesamte Montage geschah durch die Brückenbauanstalt „Vormals Ravené'scher Eisenhandel und Eisenbau, Berlin“. Die Ausführung der Eisenbetonbankette unter den Kämpfergelenken der neuen Rahmenbrücken besorgte die Hoch- und Tiefbaufirma Friedrich Schalhorn, Berlin.

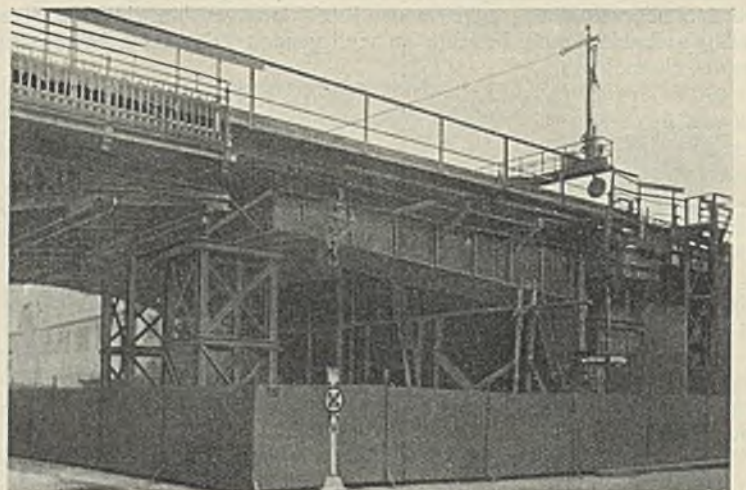


Abb. 9.

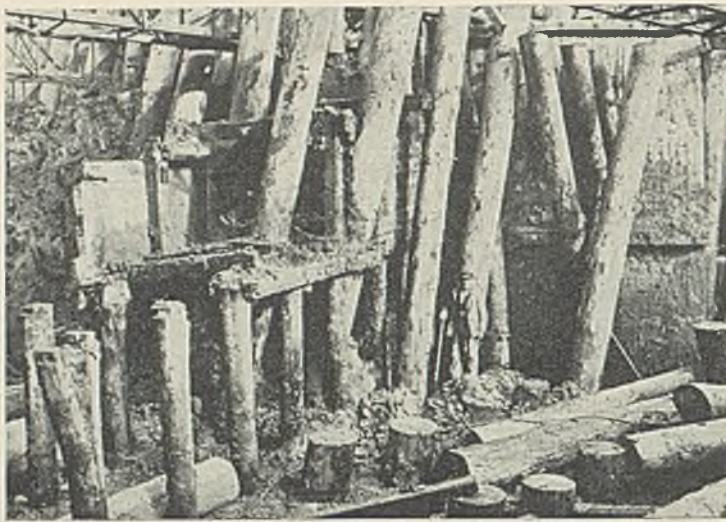


Abb. 19. Durchrammtes Siel.

Nachrammung brachte eine weitere Eindringung des Pfahls in den Boden von 22 cm. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, setzte sich der Pfahl nur langsam in Bewegung, zum Schluß machte sich schon wieder eine Abnahme der Einzelmaße bemerkbar. Im Anschluß hieran wurde dem Pfahl eine neue Ruhepause von 72 Stunden gegeben und dann, also 96 Stunden nach dem Ansetzen, die Rammung nochmals fortgesetzt. Auch diesmal wurde wieder für die Dauer von 10 Hitzten zu je 10 Schlägen gerammt. Hiernach betrug dann das Gesamtmaß der erneuten Eindringung $2\frac{1}{2}$ cm.

Auf Grund dieses und ähnlicher Ergebnisse bestanden keine Bedenken mehr, für sämtliche Pfähle die rechnerisch ermittelten Belastungen zuzulassen.

Bei den Rammarbeiten auf der Ostseite des Außenvorhafens ergab sich die Notwendigkeit, ein 25 Jahre altes, hölzernes, gedecktes Siel zu durchrammen (Abb. 19). Da sich das Siel im Landesschutzdeich befand, war keine Möglichkeit, dieses Hindernis vorher zu beseitigen. Das Siel befand sich etwa 6 m unter Gelände, hatte einen Querschnitt von 2×2 m und war aus 10 cm starken Holzspundbohlen hergestellt, die von kräftigen Holmen gehalten wurden.

Immerhin war damit zu rechnen, daß etwa 50 bis 60 Pfähle auf das unterirdische Holz treffen würden. Den in Frage kommenden Pfahlspitzen wurden daher scharfkantige, eiserne Schuhe aufgesetzt. Bei der Rammung sind dann rd. 10 % der so verstärkten Pfähle gebrochen, so daß hierfür Ersatz erforderlich war.

Bei der späteren Freilegung zeigte sich, daß diejenigen Pfähle Schaden erlitten hatten, die beim Rammen auf Versteifungsholme des Siels gestoßen waren; hatten die bewehrten Pfahlspitzen lediglich die 10 cm starken Spundbohlen der Sieldecke bzw. -sohle getroffen, so war dort das Holz des Siels restlos zersplittert.

4. Spundwandrammungen.

Bei den Schleusenhäuptern und bei der Trockendockverlängerung hatte das Rammen der Larssenbohlen unmittelbar im Anschluß an die Baugrubenherstellung begonnen werden können. Bei den Kajen war dies jedoch immer erst möglich nach beendeter Pfahlrammung für den betreffenden Baublock, bzw. nachdem vorher im Bereich der künftigen Eisenbetonschürze des Kajenmauerwerkes und im Schutze einer kurzen Holzspundwand die Baugrubensohle um etwa 3 m vertieft worden war (Abb. 20).

Die Laufsclenen für die Rammunterwagen der Eisenrammen konnten daher auf die aus dem Erdboden herausragenden Pfahlköpfe gelegt werden; die vorderen Lotpfähle dienten gleichzeitig zur Abstützung der hölzernen Führungszangen.

Auch die Spundwandrammung wurde in gleicher Weise überwacht wie bei den Pfählen; auch hier wurden Rammdiagramme laufend aufgezeichnet. Die gegebenen Bestimmungen schrieben für das Spundbohlenrammen u. a. Bärgeichte vor, die dem Gewicht der zu verarbeitenden Doppelbohlen entsprechen sollten. 1928 konnte diesem Verlangen noch annähernd entsprochen werden, als jedoch 1929 und 1930 beim Bau der Mole und der Außendeichkajen Larssenbohlen der Profile V und VI von 25 bis 28 m Länge und gleichzeitig noch mit Lamellenverstärkung verwendet werden mußten, war dies nicht mehr möglich. Schwierigkeiten sind hierdurch im allgemeinen jedoch nicht entstanden, wenn auch ohne Zweifel beim Molendbau manche Rammverzögerung bei größerem Bärgewicht hätte verkürzt werden können, als große, mit Steinen beschwerte Sinkmatten, die unter dem Fuß des Landesschutzdeiches lagen, durchrammt werden mußten.



Abb. 20. Bodenaushub mit Hilfe von Förderbändern.

Beim Rammen der Larssenwand für die Mole waren auf der Strecke, auf der der Landesschutzdeich bis auf Ordinate + 8,00 hinaufragte (Abb. 21), mehrfach Gesamtschlagzahlen zwischen 8000 bis 10000 Schlägen bei 5 t schwerem Dampfhammer erforderlich, so daß die Beanspruchungen des Materials außerordentlich groß waren.

Auch die Rammmaßen mußten aus bestem Material sein, um den ununterbrochenen Schlägen (etwa 30/min) widerstehen zu können. Mehrfach brannte das Futterholz hell auf und mußte immer wieder erneuert werden, um eine Berührung des eisernen Bärkörpers mit den Rippen der Rammmaße zu verhindern.

Da sowohl bei der Mole wie auch beim Bau der auf der Ostseite des Außenvorhafens außerhalb des alten Landesschutzdeiches liegenden Kajestrecken die Spundwandverankerungen für die unter NW liegende Eisenbetonrostplatte nachträglich von der Außenseite der Larssenwände her nicht mehr eingebaut werden konnten, wurden bei diesen Bauten die Spundbohlen in Höhe der späteren Ankerlage während des Rammens mit kurzen Anschlußbolzen versehen und diese dann nach Einfettung und Umwicklung zusammen mit der Spundwand auf endgültige Tiefe — teilweise bis zu 10 m — gerammt. Wie die spätere Freischachtung gezeigt hat, haben die Anschlußbolzen während des Rammens keinerlei Beschädigungen erlitten.

Ein Aufreißen der eisernen Spundbohlen am Bohlenkopfe während des Rammens ist bei den schweren Profilen von Larssen V und Larssen VI kaum vorgekommen. Bei besonders langen Bohlen der Profile III und IV ist dies zwar bei ausnehmend hohen Schlagzahlen hin und wieder beobachtet worden, doch sind hierdurch Bau-schwierigkeiten nicht entstanden.

Auch das Mitziehen bereits im Boden befindlicher Bohlen war nur ganz vereinzelt und kam eigentlich nur vor, wenn es sich um Einzelbohlen handelte. Das Lieferwerk hatte auf Verlangen des Hafenbauamtes die Bohlen größtenteils zu Doppelbohlen zusammengezogen und diese in den gemeinsamen Schlössern zusammengepreßt.

Anfangs lagen die Preßstellen alle 30 cm auseinander und waren mittels eines schmalen, langen Preßstempels ausgeführt worden. Durch diese Art des Zusammenpressens waren 1928 jedoch bei den Bohlen von Profil V

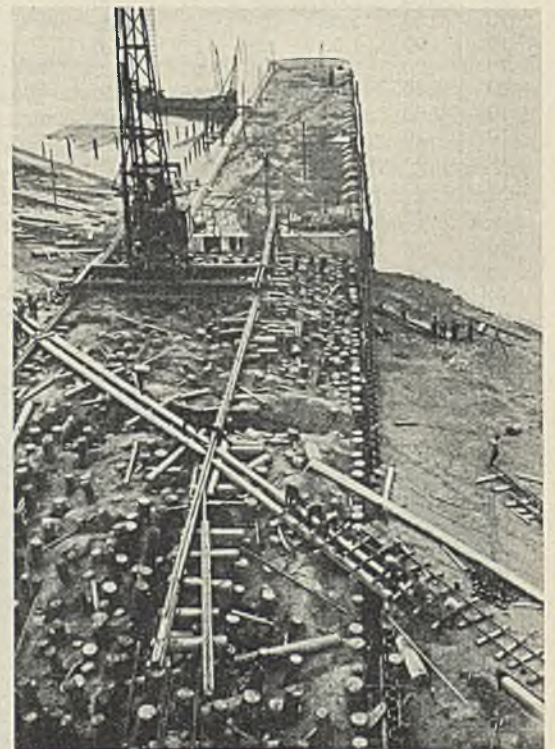


Abb. 21. Durchbauung des Seedeiches bei der Mole.

mit Buckelform verschiedentlich doch wohl Zusatzspannungen entstanden, so daß einige dieser Bohlen während der Rammung an den Preßstellen senkrecht zur Bohlenlängsachse aufrissen. Obwohl diese gesprungenen Bohlen bereits 8 bis 10 m im Boden steckten, wurden sie sämtlich wieder herausgezogen und durch einwandfreies Material ersetzt.

Auf Grund dieser Erfahrungen wurden in der Folgezeit die Preßstellen in einem Abstand von 50 cm angeordnet und vor allem mit Hilfe eines runden Flachstempels weniger fest ausgeführt. Materialbrüche sind dann nicht wieder eingetreten.

Bei den Rammarbeiten für die Schleusenhäupter und die Verlängerung von Kaiserdock II wurde es während der Bauausführung mehrfach erforderlich, die Larssenbohlen durch alte Pfahlroste und Holzspundwände hindurchzurammen. Die Ergebnisse waren in jeder Weise zufriedenstellend, sowohl beim Durchrammen von lotrechten und schrägen Pfählen (Abb. 22) wie auch beim Durchschlagen von hölzernen Spundwänden (Abb. 23), deren Dicke bis zu 32 cm betrug.

Es ist stets davon Abstand genommen worden, den Spundwandfuß vorher anzuschärfen, um auf alle Fälle eine Schwächung des Eisens an dieser Stelle zu vermeiden. Erschwernisse sind auch dann nicht eingetreten, wenn es sich nicht vermeiden ließ, das Schloß einer Larssen-spundbohle durch die ganze Länge einer im Erdboden befindlichen Holzspundwand hindurchzutreiben.



Abb. 22. Durchrammte Schrägpfähle.

Sand hindurchgeschlagen werden mußten. Verwendet wurde eine schnellschlagende Freifallramme, das Bärgewicht war 2,2 t, die Schlaghöhe 1,75 m und die Schlagzahl rd. 20/min. Nach rd. 500 bis 700 Schlägen erreichten die Bohlen die Solltiefe.

Bei der im Anschluß an die Rammarbeiten geschehenen Freilegung der Spundbohlen bis zur Sandgrenze zeigten sich bis zu dieser Tiefe bei beiden Bohlen systemen keinerlei Beschädigungen; auch waren die Schösser vollkommen dicht. Ein Unterschied zwischen beiden Spundwandarten wurde allerdings insofern festgestellt, als die Larssenbohlen mit ihrem Bohlenfuß zurückgeblieben, die Hoeschbohlen dagegen mit ihrem Bohlenfuß vorgeeilt waren.

Erwähnenswert ist noch die auf Veranlassung der Vereinigten Stahl-

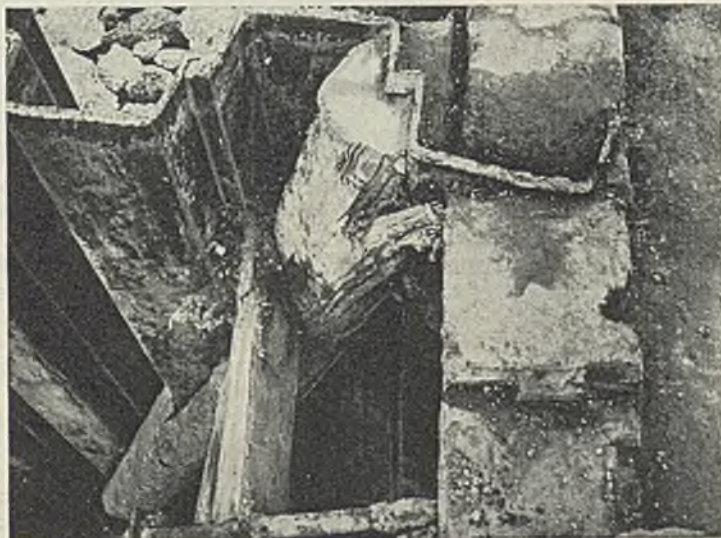


Abb. 23. Durchrammte Holzspundwand von 32 cm Stärke.

werke vorgenommene Rammung einer 35 m langen Kastenbohle, die aus stumpf aneinander geschweißten Stücken von 17 und 18 m bestand.

Der Antransport der Bohle nach Bremerhaven geschah auf fünf Eisenbahnwagen, davon liefen drei als Schutzwagen, die anderen beiden führten je ein Drehgestell. Die Rammung wurde am 28. September 1928 von der Fa. Köhnke & Co., Bremen, ausgeführt. Da die zur Verwendung kommende 25-m-Ramme auf einen 5 m hohen Rammwagen gestellt worden war, ergab sich eine Nutzhöhe von 30 m.

Beim Hochnehmen wurde die außerordentlich schwere und lange Bohle etwa 12 m vom Kopfe von der Stahltrasse gefaßt. Da der Bohlenfuß über den Rammunterwagen hinweggehoben werden mußte, so überragte schließlich der Bohlenkopf die Bärrolle um etwa 10 m. Als man dann die Bohle vor dem Mäklar auf den Erdboden stellte, sank sie infolge ihres Eigengewichtes zunächst um etwa 2 m ein.

Sodann wurde am unteren Ende der Bohle der rd. 3 t schwere Bär angehängt und solange etwa 0,5 m hochgezogen und wieder fallengelassen, bis die Bohle so weit weggesackt war, daß der Bär über dem Bohlenkopf Platz zum Aufsetzen hatte. Bei einer Fallhöhe von etwa 1,5 m ließ sich dann die Rammung ohne Schwierigkeit so weit durchführen, bis die auf etwa halber Bohlenlänge befindlichen beiden waagerechten Schweißstellen noch eben über Gelände standen. Die Rammung wurde hierauf eingestellt, da die Schweißstellen im Werk untersucht werden sollten. Sie hatten sowohl die großen Biegebeanspruchungen bei dem schwierigen Transport bis unter die Ramme wie auch alle Beanspruchungen während des Rammens selbst einwandfrei ausgehalten.

5. Zugarbeiten.

Das Ziehen von Pfählen. Besonders zu erwähnen sind noch die Arbeiten zur Beseitigung alter, vorübergehend gerammter oder zerbrochener Pfähle.

Im allgemeinen wurden Pfähle, die während der Rammung zerbrachen, nicht wieder aus dem Boden herausgezogen, sondern Ersatzpfähle dazugeschlagen. Um jedoch die Art solcher Brüche genau untersuchen und Rückschlüsse bei etwa gebrochenen Zugpfählen bezüglich der noch vorhandenen Widerstandskraft machen zu können, wurde ein gebrochener Pfahl gezogen.

Mit Hilfe von Ölpresen gelang es, nachdem eine Zugkraft von rund 70 bis 90 t an drei Tagen hintereinander mehrere Stunden lang hatte einwirken können, den Pfahl wieder aus dem Boden herauszuholen, wobei das abgebrochene, etwa 4 m lange untere Pfahlende allerdings im Boden verblieb. Ohne Frage wäre es möglich gewesen, den Pfahl in kürzerer Zeit aus dem Boden herauszubekommen, wenn nicht infolge Trossenbruchs die Arbeit während der Nachtzeiten hätte eingestellt werden müssen und hierdurch ein erneutes Festsaugen des Pfahles die Folge gewesen wäre.

Vorübergehend gerammte Gerüstpfähle sind häufiger gezogen worden, vor allem beim Molenbau. Unter Anwendung von Spülung und bei gleichmäßig wirkender Zugkraft war es hier verhältnismäßig leicht, die Pfähle wieder aus dem Boden herauszuholen, obwohl sie mit der Spitze gleichfalls bis in den Sand hineingerammt waren.

In großem Umfange gelang es auch, eine 16 m lange hölzerne Spundwand von 25 cm Stärke in Tafeln bis zu 70 cm Breite unversehrt wiederzugewinnen. Das Holz hatte sich während der Dauer von fast 15 Jahren im Boden befunden, war aber von noch vollkommen einwandfreier Beschaffenheit, so daß es zum Bau der hölzernen Schwimmfelder wieder verwendet werden konnte.

Bei an anderer Stelle ausgeführten Versuchen, 20 m lange Pfähle, die etwa zwei Jahre im Boden gestanden hatten, mit Hilfe eines Demag-Union-Pfahlziehers (Modell B Z 4 — 1930 —) zu ziehen, zeigte sich, daß es fast nur bei Anwendung von Spülung möglich war, diese Stämme unversehrt aus dem Untergrund herauszuholen.

Da beim Pfahlzieher die Zugkraft in kurzen, harten Schlägen ausgeübt wird, sich andererseits die Pfähle wegen der fehlenden Spülung äußerst fest im Boden hielten, war es nicht immer möglich, den Pfahlkopf so zu fassen, daß ein Abreißen des an sich zwar gesunden Holzes vermieden wurde.

Schlechte Erfahrungen sind beim Ziehen alter Rammpfähle in den Baugruben für die Schleusenhäupter gemacht worden, wenn diese Tatsache an sich auch von weniger großer Bedeutung für die Bauausführung war, da sich später herausstellte, daß die zu rammenden Larssenbohlen die im Boden verbliebenen Pfähle spielend durchschlugen.

Die Baugruben waren bereits im Jahre 1927 leergepumpt worden, und seitdem hatte die Witterung ununterbrochen auf das Holz einwirken können, so daß bei den späteren Zugversuchen die Pfahlköpfe ausnahmslos abrissen. Bei entsprechender Freilegung der Pfähle wäre es ohne Zweifel möglich gewesen, noch völlig gesundes Holz zu erreichen. Der hierzu nötige Arbeitsaufwand würde jedoch in keinem Verhältnis zum Ergebnis gestanden haben.

Das Ziehen von Larssenbohlen. In recht beträchtlichem Umfange sind während des Baues der Nordschleuse auch Larssenbohlen wieder aus dem Erdboden herausgezogen worden.

Es handelte sich hierbei um Spundwände, die nur zu vorübergehenden Zwecken erforderlich gewesen waren, so z. B. bei Fangedämmen und

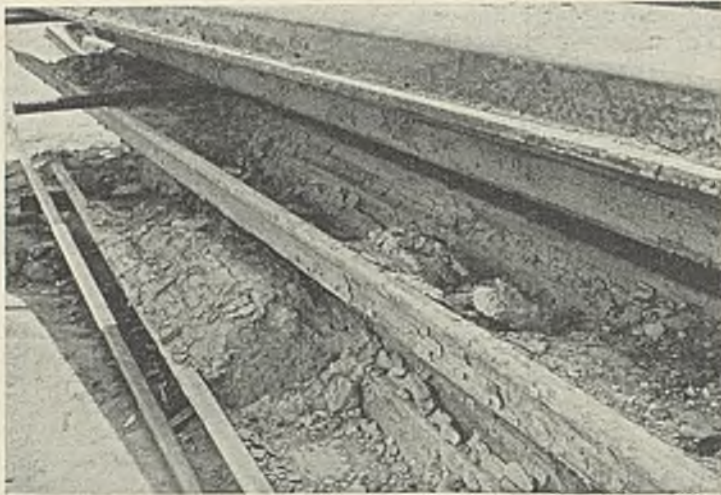


Abb. 24. Gezogene Spundbohlen mit anhaftendem Klei.

Baugrubenaussteifungen. Insgesamt sind auf diese Weise rd. 3000 m² Spundbohlen der Profile II, III und IV in Bohlenlängen bis zu 14 m wiedergewonnen worden. Der Befund war in jedem Falle einwandfrei, so daß diese Bohlen ausnahmslos für andere Arbeiten wieder zur Verfügung standen.

Das Ziehen selbst geschah mit Hilfe eines Demag-Union-Pfahlziehers (Modell B Z 4 — 1930 —), der an einem eigens hierzu gebauten Zuggerüst aufgehängt wurde; Spülung ist nicht angewendet worden.

Die Bohlen von 14 m Länge, die selnerzeit bis zur Baugrubensohle völlig weggerammt worden waren, ließen sich im Durchschnitt innerhalb von 15 min ganz aus dem Boden herausziehen. Von größter Wichtigkeit war beim Ziehen die Dampffrage. Der Kessel muß unbedingt so groß sein, daß der Pfahlzieher mehrere Minuten lang mit voller Kraft arbeiten kann. Denn bei andauerndem, gleichmäßig starkem Schlagen setzt sich dann die zu ziehende Bohle schon bald in Bewegung.

Außergewöhnlichen Beanspruchungen sind u. a. auch die Aufhängeschäkel ausgesetzt; da Brüche nur Verzögerungen bedeuten, müssen hierbei die Materialstärken sehr reichlich gewählt werden.

Immer wieder konnte beim Ziehen der Spundbohlen die Beobachtung gemacht werden, mit welcher Zähigkeit sich der Kleiboden an den Bohlen festgesetzt hatte (Abb. 24). Die Haftkraft des Kleis am Eisen konnte in der vorerwähnten kurzen Zeit nur überwunden werden mit Hilfe der kurzen Schläge des Zuggerätes.

Als Mitte 1928 Spundbohlen, die während des Rammens gesprungen waren, wieder aus dem Erdboden herausgeholt werden mußten, wurde dieses anfänglich mit Hilfe von Winden und Flaschenzügen versucht. Dabei war es oft nötig, die hier ausgeübte Zugkraft bis zu 24 Stunden lang einwirken zu lassen, bevor sich die 8 bis 10 m im Klei befindlichen Bohlen langsam in Bewegung setzten. Aber auch hier gelang es wenig später, ohne Verwendung eines Pfahlziehers, die für das Ziehen erforderliche Arbeit auf die Dauer von wenigen Stunden herabzudrücken, als man die zu ziehende Bohle nicht nur durch straffes Andrehen der auf den Flaschenzug wirkenden Winde mit einer ununterbrochenen Zugkraft belastete, sondern bei Verwendung einer zweiten Windentrommel gleichzeitig durch kurze Rammschläge nochmals in Bewegung zu setzen versuchte.

6. Rammerfahrten.

Die Keilbohlen. Da die Spundwände der Schleusenhäupter und der Schleusenammer mit ihrem Bohlenfuß wenigstens 2 m im wasserundurchlässigen Urton stehen sollten, mußte im allgemeinen nach einer 10 bis 15 m mächtigen Kleidecke eine 5 bis 10 m starke Sandschicht durchrammt werden. Bei derart gegebenen Verhältnissen war es außerordentlich schwierig, das Voreilen der Spundwandoberkanten auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Selbstverständlich kam noch hinzu, daß die beim Außenhaupt verwendeten Larssenbohlen von Profil III bei 23 bis 24,50 m Länge eine weniger große Steifigkeit gegen Verbiegen besaßen als gleich lange Bohlen schwererer Profile.

Da zuerst Bohlen von Profil III zu rammen waren, mußte schon zu Beginn aller Rammarbeiten grundsätzlich dazu Stellung genommen werden, auf welche Weise überhaupt beim Überneigen der Wände diesem Übelstande abgeholfen werden sollte.

Die Versuche der ausführenden Firmen, durch Schrägbrennen des Bohlenfußes das Zurückbleiben des unteren Spundwandendes zu verhindern, führten bei der vorhandenen Bohlenlänge zu keinem befriedigenden Ergebnis. Auch schien es nicht ratsam, bei einmal eingetretenem Überneigen das aus dem Erdboden noch herausragende Bohlenstück durch allzu starken Trossenzug gewaltsam wieder in die lotrechte Lage zu bringen. Da es für das Material gleichfalls nicht zweckmäßig sein konnte, die unteren 8 bis 10 m der Bohlen auseinanderzupressen, um auf diese Weise eine Keilform der Bohle zu erhalten, wurde den Unternehmern grundsätzlich vorgeschrieben, vor allem fachweise zu rammen (Abb. 25),

im übrigen aber stets dann eine Keilbohle zu schlagen, wenn die Gesamtnelung der Bohlen 20 cm erreichte.

Das fachweise Rammen führt ohne Zweifel zum Ziel, wenn beim Stellen in die noch hoch aus dem Erdboden herausragenden Bohlen die nachfolgenden auch eingefädelt werden können und wenn dann, nach dem lotrechten Herunterrammen der ersten und letzten Bohle des Faches, auch unbedingt darauf geachtet wird, daß möglichst stockwerkartig, d. h. in Streifen von etwa 3 bis 5 m (je nach Länge der Bohlen) weitergerammt wird.

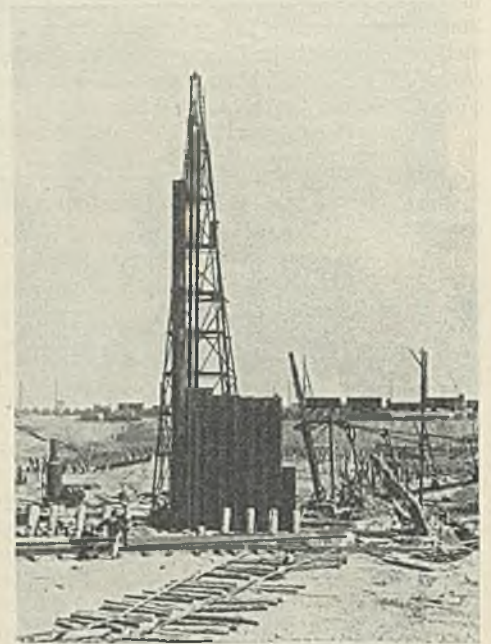
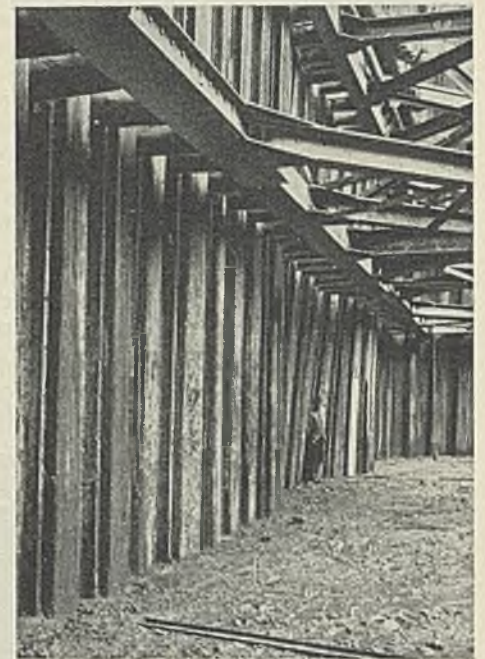
Schon die erste Bedingung kann bei Bohlen von über 20 m Länge aber auf Schwierigkeiten stoßen, sofern nicht ein Turmkran von ausreichender Höhe zur Verfügung steht, da es sonst eintreten kann, daß man mit der Rammwinde die Bohlen vor der Ramme nicht hoch genug hinaufziehen kann. In solchen Fällen kann man etwa vorhandene Aufhängelöcher an den Spundbohlen nicht mehr benutzen, da ja das untere Ende der neu einzuschleibenden Bohle vielleicht mehr als 10 m vor der Ramme hochgezogen werden muß. Man wird dann schon gestatten müssen, daß die Bohlen auf etwa $\frac{1}{3}$ ihrer Länge mit der Stahltrasse unter Zuhilfenahme von Holzfüßern gefaßt werden. Immer besteht aber dann die Gefahr, vor allem bei nassem Wetter, daß die Bohlen aus der Schlaufe herausrutschen.

Aber auch die zweite Bedingung kann Widerstände hervorrufen, und zwar von seiten des Rammunternehmers, da dieser dann gezwungen ist, bei einem Fach von etwa 8 bis 10 Doppelbohlen um ein Vielfaches mehr als sonst die Ramme zu verfahren und die Rammhauben dauernd umzuwechseln. Gerade dann aber, wenn die Bohlen schwer ziehen, können sich oft die Rammhauben so festklemmen, daß für das Herunternehmen jedesmal eine beträchtliche Spanne Zeit verloren geht. Es ist selbstverständlich, daß bei diesem Verfahren auch die Rammelstung heruntergehen kann.

Da aber auch trotz des fachweisen Rammens der Verbrauch an Keilbohlen nicht vermieden werden konnte, lag es nahe, nach den Ursachen für das Überhängen der Larssenwände zu forschen. Eine wesentliche Ursache konnte darin liegen, daß die Bohlen mit ihrem Fuß aus der Rammebene heraustraten waren.

Bei dem späteren Freischachten der Hauptbaugruben bis auf Ordinate — 17,50 hat sich diese Annahme bestätigt gefunden, und es zeigte sich, daß der Weg, den die Spundwand mit ihrem Bohlenfuß im Untergrund zurückgelegt hatte, eine Wellenlinie darstellte (Abb. 26) und somit den Verbrauch an Keilbohlen erklärte.

Daß dies jedoch nicht der einzige Grund für den Keilbohlenverbrauch sein kann, zeigten spätere Feststellungen an einer Spundwand im Außenvorhafen. Es war beobachtet worden, daß bei der in Frage kommenden Wand die nacheinander gerammten Doppelbohlen aus der lotrechten Lage

Abb. 25 Fachweises Rammen
24½ m langer Larssenbohlen Profil III.Abb. 26. Außenhaupt.
Wellenlinie einer freigelegten Umfassungswand.

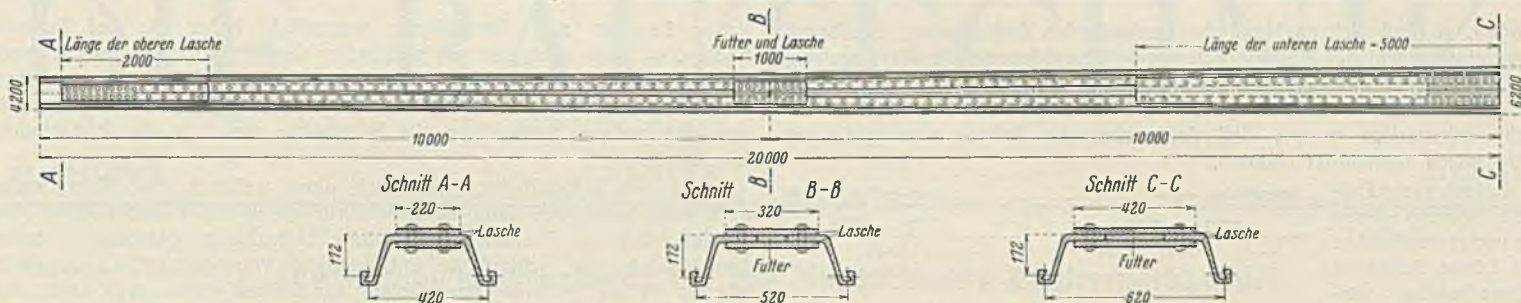


Abb. 27. Keilbohlienausbildung.

herausgekommen waren und mehr und mehr mit ihrer Oberkante voraus-eilten.

Die Ermittlung der einzelnen Neigungen möge beispielsweise folgendes Ergebnis gehabt haben:

Bohle Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Neigung:	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4

Da es sich um 25 m lange Bohlen handelte, hatte also die Bohle Nr. 10 auf ihrer ganzen Länge 10 cm Überneigung. Nach den Rammvorschriften war eine Keilbohle erst bei einer Gesamtüberneigung von 20 cm erforderlich.

Nach Fortsetzung der Rammung bei Bohle Nr. 11 wurde nun plötzlich für diese Bohle eine Überneigung von 10 mm/lfdm festgestellt!

Die Erklärung für diese plötzliche und bedeutende Neigungszunahme fand sich beim Nachprüfen der Neigungen für die Bohlen Nr. 1 bis 10: sämtliche vorhergehenden Bohlen hatten in ihren Schlössern nachgegeben, so daß nun die Ermittlung der einzelnen Neigungen beispielsweise folgendes Ergebnis brachte:

Bohle Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Neigung:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Es ergab sich hieraus also die Forderung, mit allen Mitteln das Nachgeben der bereits im Boden befindlichen Bohlen in ihren Schlössern zu verhindern.

Vom Rammunternehmer wurde daher grundsätzlich verlangt, etwa die letzten 10 bis 12 der bereits auf endgültige Tiefe gerammten Doppelbohlen mittels eines starken Flaschenzuges aufs äußerste zusammenzuziehen und dann erst mit dem Rammen einer neuen Bohle fortzufahren.

Von jetzt ab sank der Keilbohlenverbrauch sofort weit unter den bisherigen Durchschnitt. Das Ergebnis konnte sogar noch bedeutend günstiger gestaltet werden, sobald nun eine Keilbohle so rechtzeitig geschlagen wurde, daß ihr freies, unteres Schließende, auf die ganze Bohlenlänge bezogen, etwa 5 bis 10 cm vorausgeeilt war.

Hiernach war es wesentlich leichter, die Bohlenköpfe zusammenzuhalten und ein Arbeiten in den Schlössern zu verhindern, da nunmehr auch die Rammschläge mit dazu beitrugen, die zu rammende Bohle gleichfalls gegen die vorherigen zu drücken.

Der Flaschenzug mußte allerdings nach beendeter Rammung einer Bohle jedesmal umgebaut werden, doch konnten ja die Aufhängelöcher in den Spundbohlenköpfen zum Ansetzen des Flaschenzuges benutzt werden.

In der Folge wurde dann bei Bohlen von über 20 m Länge vom fachweisen Rammen ganz abgesehen, jede neu gesetzte Bohle vielmehr gleich auf endgültige Tiefe geschlagen.

Wenn nun auch die beim Bau der Nordschleuse verausgabten Beträge für die Herstellung von Keilbohlen bei insgesamt über 4 km Eisenspundwand eine immerhin beachtliche Summe erreichten, so war doch mit diesen Auslagen einigermaßen die Gewähr verbunden, daß die hergestellten Spundwandflächen auch wasserdicht sind.

Überall dort, wo später Freilegungen der Bohlen stattfanden — im Außenhaupt z. B. bei Profil III mit Bohlenlängen bis zu 24,50 m von Ordinate — 4,00 bis — 17,50 — war diese Bedingung der Wasserundurchlässigkeit vollkommen erreicht. — Im allgemeinen wurden die Keilbohlen so hergestellt, daß eine normale Einzelbohle von z. B. 400 mm Breite zur Keilform 400/600 mm umgearbeitet wurde (Abb. 27). Aber auch bei 400/650 mm haben sich keine Ramm Schwierigkeiten gezeigt.

Abweichend von vorstehendem wurden gelegentlich bei weniger wichtigen Wänden auch Keilbohlen in Breiten von 500/700 bzw. 300/500 mm verrammt. Schwierigkeiten bei der Nietarbeit ergaben sich hierdurch nicht; auf der Bohlenrückseite der besonders schmalen Keilbohlen wurde für die hier erforderlichen Laschenisen im oberen Teil einfach ein Überstand zugelassen.

Die Eck- und Anschlußbohlen. Die Herstellung der Eck- und Anschlußbohlen entsprach im allgemeinen der für die Keilbohlen. Es erwies sich jedoch auch hier auf Grund der Erfahrungen mit der Zellenbauweise bei den Schleusenhäuptern als zweckmäßig, bei späteren, ähnlichen Bauwerken (z. B. Mole, Kaje Vorhafen Ost, Drehpfeiler, Dockverlängerung) diese Bohlen bei leistungsfähigen Firmen am Ort herstellen zu lassen, also nicht mehr bei der Lieferfirma für die Spundbohlen, da sich so für die Hin- und Rücktransporte bedeutende Zeitverkürzungen erreichen ließen.

Bei der für die Schleusenhäupter angewendeten Zellenbauweise wurden die Querwände nur lose in die bereits vorhandenen Umfassungswände eingeschlossen. Die Abzweigbohlen wurden daher als sogenannte Taschenbohlen ausgebildet, d. h. zwischen zwei aufgenieteten Winkeln konnte die Zunge der anzuschließenden Querwandbohle eingeschoben werden (Abb. 28).

Selbst bei Berücksichtigung einer Auframmung von rd. 5 mm/lfdm Wand ergab sich im allgemeinen immer die Möglichkeit, die freie Zunge der letzten Querwandbohle in ihrer Breite so passend zu brennen, daß ein reichliches Ineinandergreifen der Eisen erreicht wurde.

Wenn auch beim späteren Freischachten nur vereinzelt beobachtet wurde, daß sich in größeren Bodentiefen die Zungen aus den Winkeln gelöst hatten, so schien es doch richtig und technisch ohne weitere Schwierigkeiten ausführbar, bei den späteren Bauten mit ähnlichen Verhältnissen für den Anschluß von Querspundwänden nicht mehr die oben geschilderte Zungenanordnung zu wählen, sondern mit fest vernieteten Eck- und Anschlußverbindungen, unter Einschaltung sogenannter Schlußbohlen, bei denen dann Schloß in Schloß geschoben werden konnte, zu arbeiten.

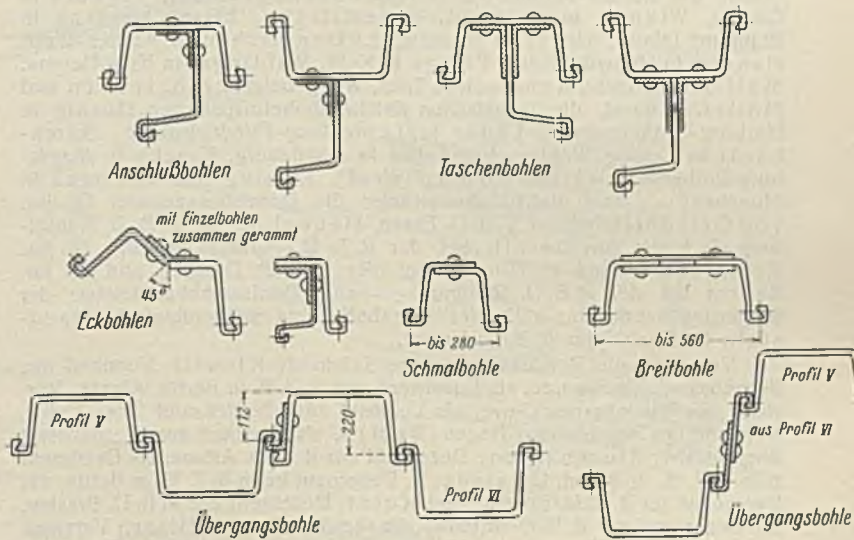
Die Schlußbohlen. Die anfangs gehegten Bedenken gegen die Schlußbohlen erwiesen sich als unbegründet, wie sich schon bald bei den Rammarbeiten für die westliche Kammermauer zeigen sollte. Die Rammung dieser Kammerspundwand hatte an beiden Schleusenhäuptern begonnen, so daß zuletzt die Lücke zwischen den von zwei Seiten aufeinander zukommenden Wandflächen geschlossen werden mußte.

Zunächst war hierzu erforderlich, daß die der Lücke benachbarten Bohlen mit Hilfe von Keilbohlen auf gleiche Neigung gebracht wurden; lotrecht brauchten sie deswegen noch nicht zu stehen. Schwierigkeiten haben sich hierbei niemals ergeben, obwohl alle Messungen für die Neigungsermittlung stets nur mit Wasserwaage und Zollstock ausgeführt wurden. Darüber hinaus war aber noch dafür zu sorgen, daß die letzten Bohlen auch mit ihrem Schloßabstand in die vorhandene Lücke genau hineinpaßten.

Nur äußerst selten dürfte sich diese Bedingung ohne besonderen künstlichen Ausgleich erfüllen lassen, da sie völlig von der Spundwandauframmung abhängig ist und die Teilung irgend einer Wandlänge durch die theoretische Bohlenbreite nicht ohne weiteres die zu benötigende Bohlenzahl ergibt.

Bei der rd. 360 lfd. m langen Eisenspundwand der westlichen Kammermauer zeigten die Bohlen von Profil IV eine Gesamtaufammung von rd. 200 cm, d. h. statt 900 Bohlen waren nur 895 erforderlich.

Das Schließen von Spundwandlücken vereinfachte sich nun meistens dadurch, daß die in Frage kommende Änderung der Schloßabstände schon bei benachbarten Keilbohlen berücksichtigt werden konnte. Mußte daher z. B. 20 m vor der die Lücke schließenden Bohle eine Keilbohle gerammt



Die schrafflierten Querschnitte beginnen erst 300 mm unter den nicht schrafflierten.

Abb. 28. Beispiele umgearbeiteter Larsenbohlen.

werden, so ließ sich an Hand der beobachteten Auframmung annähernd ermitteln, um welches Maß hier schon eine Vergrößerung oder Verringerung der Keilbohlenbreite zweckmäßig war.

Vereinzelte ist es auch vorgekommen, daß Keilbohlen in solchen Fällen nicht erforderlich waren, daß dafür aber die Bohlen womöglich um 180° falsch zueinander standen.

Bei schweren Profilen wurden dann die vorletzten Bohlen der Lücke derart zu Schmalbohlen umgearbeitet, daß die Bohlen in ihrer Längsachse aufgeschnitten und durch Aufeinanderlegen der so entstandenen Einzelteile von 40 bzw. 42 cm Anfangsbreite auf bis zu 28 cm Schloßabstand gebracht werden konnten. In dem als Beispiel gezeigten Fall (Abb. 29) wäre es also möglich, die Schließung einer Spundwand mit Hilfe von zwei Schmalbohlen zu erreichen.

Natürlich läßt sich das Gleiche auch erzielen, wenn man statt der Schmalbohlen sogenannte Breitbohlen verwendet, wobei allerdings der Schloßabstand dieser Breitbohlen von dem Widerstandsmoment der betreffenden Spundwand abhängig ist. In diesem Falle liegen aber die Herstellungspreise wegen der größeren Nietarbeit und der überdies erforder-

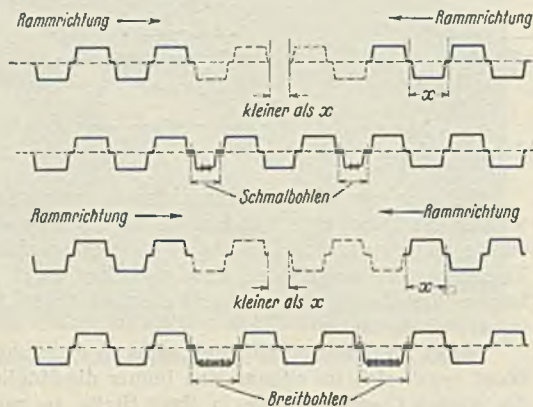


Abb. 29. Beispiel für eine Schlußbohlenrammung.

lichen Laschen und Futterbleche wesentlich höher als bei Schmalbohlen. — Aber auch ein rein praktischer Grund spricht gegen die Breitbohlen: nämlich das Aufsetzen der Rammhauben. Dieses ist nur dann möglich, wenn man einen Steg der Breitbohle wegbrennt, da vorher die neu entstandene Bohlenform der Breitbohle nicht in die Rammhaube hineinpaßt.

Bei den Schmalbohlen läßt sich ohne weiteres eine Rammhaube auch nicht aufsetzen, dafür ist aber soviel Eisen auf kleinem Raum vorhanden, daß bei Freifallrammen ohne Rammhaube gearbeitet werden kann, sofern die Schlaghöhe entsprechend verringert wird. Da es in solchen Fällen bei schwerem Ziehen der Bohlen vorkommen kann, daß der Kopf der Bohle beschädigt oder sogar umgeschlagen wird, empfiehlt es sich, diese Schmalbohlen etwa 0,5 m länger zu machen, damit auf alle Fälle genügend Spundwandlänge vorhanden ist, um den Bohlenfuß auf die gewünschte Tiefe herunterrammen zu können.

V. Zusammenfassung.

Der Bau der Nordschleusenanlage in Bremerhaven hat gezeigt, daß trotz kurz befristeter Bauzeit auch bei den Erd- und Rammarbeiten beachtliche Leistungen möglich gemacht werden konnten.

Mit dazu beigetragen hat einerseits die Maßnahme, die Bauarbeiten gleichzeitig an mehreren Stellen beginnen zu lassen und sie soweit wie möglich ineinander zu schalten. Andererseits jedoch war für die Innehaltung aller Fristen der Einsatz leistungsfähiger Geräte Voraussetzung. Bei den Erdbewegungen war die Verwendungsmöglichkeit von Großgeräten stets gegeben, solange die Bodenbelastung im allgemeinen unter $0,5 \text{ kg/cm}^2$ gehalten wurde. Bei den Rammarbeiten endlich war von ausschlaggebender Bedeutung, daß sämtliche Rammssysteme bei entsprechender Beaufsichtigung ihre Brauchbarkeit bewiesen, wenn auch wegen ihrer verschiedenen Leistungsfähigkeit über die jeweilige Zweckmäßigkeit ihrer Verwendung von Fall zu Fall entschieden werden mußte.

Vermischtes.

Technische Hochschule Hannover. Die akademische Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber wurde verliehen dem Oberbaudirektor Heinrich Tillmann in Bremen, dem hervorragenden Gestalter von Seehäfen und Hafenbahnhöfen.

Personalnachrichten.

Deutsches Reich. Reichsbahn-Gesellschaft. Ernann: zum Reichsbahnoberrat: die Reichsbahnräte Dr.-Ing. Köhle, Dezernent der R. B. D. Osten in Frankfurt (Oder), Harre, Vorstand des Betriebsamts Glogau 1, Reitmeister, Vorstand der Gießerei-Versuchsabteilung beim Ausbesserungswerk Brandenburg-West, Prang, Referent bei der Hauptverwaltung in Berlin, Dr. jur. et rer. pol. Berndt, Dezernent der R. B. D. Ludwigshafen (Rhein), Dr. jur. Weidner, Dezernent der R. B. D. Nürnberg, Kaufmann, Vorstand des Verkehrsamts Nürnberg 1, Andre, Dezernent der R. B. D. Augsburg, Dr.-Ing. Schultheiß, Dezernent der R. B. D. Regensburg, Fruhmänn, Vorstand des Betriebsamts Schweinfurt; — zum Reichsbahnrat: der Reichsbahnoberamtmann Mohler und die Reichsbahnbaumeister Solveen und Wehrmeister bei der R. B. D. Berlin, Koch und Dr.-Ing. Kettler beim R. Z. M. in Berlin, Nocon beim Ausbesserungswerk Berlin-Grünwald, Weyher beim Betriebsamt Berlin 10, Adams beim Betriebsamt Duisburg 3, Hoffmann bei der R. B. D. Stettin, Dr.-Ing. Söllner beim Betriebsamt Oelsnitz (Vogtl.) und Gut bei der R. B. D. Karlsruhe, die Reichsbahnassessoren Dr. jur. Engel bei der R. B. D. Trier und Dr. jur. Haßlinger bei der R. B. D. Regensburg; — zum Reichsbahnoberamtmann; die Reichsbahnoberinspektoren Heilig und John bei der Hauptverwaltung in Berlin; — zum Reichsbahnrat: die Reichsbahnoberinspektoren Jonsson in Altona, Lindner in Götting, Wömer in Dortmund, Schemitzki in Essen, Mertens in Frankfurt (Main), Horst in Bremen, Lützenkirchen in Aachen-West, Hansen in Hohenbudberg, Frings in Köln, Waldinger in Köln-Gereon, Müller in Oppeln, Knorreck in Trier, Werg beim R. Z. B. in Berlin und Müller in Basel, die technischen Reichsbahnoberinspektoren Hornig in Harburg-Wilhelmsburg, Lüder in Lichtenberg-Friedrichsfelde, Burckhardt in Leipzig-Wahren, Lupprian in Magdeburg, Kracke in Magdeburg-Rothensee, Weiß in Münster (Westf.), Ruising und Hofmann in München; — zum Reichsbahnassessor: die Gerichtsassessoren Dr. jur. von Gersdorff bei der R. B. D. Essen, Heubel bei der R. B. D. Königsberg (Pr.), Dr. jur. Hereth bei der R. B. D. Münster (Westf.), Dr. jur. Kretzschmar und Hoffmann bei der R. B. D. Dresden und Dr. jur. Sauter bei der R. B. D. Stuttgart; — zum Reichsbahnbaumeister: der Regierungsbaumeister a. D. des Eisenbahn- und Straßenbauamts Hannstein im Bezirk der R. B. D. Kassel.

Versetzt: die Reichsbahnoberräte Schmidt-Klewitz, Vorstand des Betriebsamts Eberswalde, als Dezernent zum R. Z. B. in Berlin, Abels, Vorstand des Betriebsamts Cleve, als Vorstand zum Betriebsamt Trier, Erbe, Vorstand des Betriebsamts Hagen (Westf.) 3, als Vorstand zum Betriebsamt Wuppertal 1, Stockhausen, Dezernent der R. B. D. Altona, als Dezernent zum R. Z. E. in Berlin, Ottersbach, Dezernent beim R. Z. E. in Berlin, als Dezernent zur R. B. D. Breslau und Küssel, Dezernent der R. B. D. Breslau, als Dezernent zur R. B. D. Altona; die Reichsbahnräte Ritter, Vorstand des Betriebsamts Eisenach, als Vorstand zum Betriebsamt Cleve, Fölsing, Vorstand des Betriebsamts Krefeld, als Vorstand zum Betriebsamt Eisenach, Krause, Vorstand des Neubauamts Horrem, zum Betriebsamt Koblenz 1,

Dr.-Ing. Gottschalk, bisher beim R. Z. B. in Berlin, als Vorstand zum Betriebsamt Eberswalde, Richter-Devroe, bisher bei der R. B. D. Trier, zur R. B. D. Breslau, Dr.-Ing. Baumann, bisher beim R. Z. B. in Berlin, zur R. B. D. Essen, Grasseit, bisher bei der R. B. D. Breslau, zur R. B. D. Trier, Koch, bisher bei der R. B. D. Dresden, als Vorstand zum Neubauamt Stralsund, Panzer, bisher bei der R. B. D. München, als Vorstand zum Neubauamt Augsburg-Oberhausen, Johann Grimm, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Weiden (Opf.), zum Maschinenamt Regensburg, Fischer, Werkdirektor des Ausbesserungswerks Dresden, als Werkdirektor zum Ausbesserungswerk Neumünster, Schwager, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Gotha, als Werkdirektor (auftragsweise) zum Ausbesserungswerk Dresden, Wagner, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Leipzig, in gleicher Eigenschaft zum Ausbesserungswerk Chemnitz, Körner, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Cottbus, in gleicher Eigenschaft zum Ausbesserungswerk Leipzig, Roitzsch, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Zwickau, in gleicher Eigenschaft zum Ausbesserungswerk Cottbus, Dietze, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Chemnitz, in gleicher Eigenschaft zum Ausbesserungswerk Gotha, Wappler, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Chemnitz, in gleicher Eigenschaft zum Ausbesserungswerk Delitzsch, Lorenz, Leiter einer Abteilung beim Ausbesserungswerk Chemnitz, in gleicher Eigenschaft zum Ausbesserungswerk Zwickau, Kirchhoff, bisher beim Ausbesserungswerk Stendal, als Leiter einer Abteilung zum Ausbesserungswerk Oppeln und Hacker, bisher bei der R. B. D. Erfurt, als Vorstand zum Verkehrsamt Aschersleben; die Reichsbahnratmänner Duerkop, bisher bei der R. B. D. Magdeburg, zum R. Z. B. in Berlin und Koch, Bahnhofsvorstand in Küstrin-Neustadt, als Bahnhofsvorstand nach Berlin-Charlottenburg; die Reichsbahnbaumeister Werner, bisher beim Neubauamt Stettin, zum Neubauamt Stralsund und Schmidt, bisher beim Ausbesserungswerk Dresden, als Leiter einer Abteilung zum Ausbesserungswerk Chemnitz.

Übertragen: den Reichsbahnoberräten Landenberger, Vorstand des Betriebsamts Wuppertal 1, die Geschäfte eines Dezenten bei der R. B. D. Wuppertal und Keßler, Vorstand des Betriebsamts Trier, die Geschäfte eines Dezenten bei der R. B. D. Trier.

In den einstweiligen Ruhestand getreten: die Reichsbahnräte Lichtenfels, Vorstand des Betriebsamts Lübben, Arnoldt beim Betriebsamt Berlin 10 und Nicolai bei der R. B. D. Dresden.

In den Ruhestand getreten: der Vizepräsident Caesar bei der R. B. D. Essen; die Reichsbahnoberräte Altenschöpfer, Dezernent der R. B. D. München, Queitsch, Vorstand des Maschinenamts Magdeburg 2, Behle, Dezernent der R. B. D. Trier, Wolff, Dezernent der R. B. D. Berlin; Reichsbahnrat Eggebrecht bei der R. B. D. Altona und die Reichsbahnratmänner Petermeyer in Hohenbudberg, Mücke in Oppeln, Kraft in Trier, Koerber beim R. Z. B. in Berlin, Bergler in Augsburg und Schroth in Wülknitz.

Gestorben: der Reichsbahnoberrat Dyes, Dezernent der R. B. D. Frankfurt (Main).

INHALT: Neuerungen im Bau von Triebwasserleitungen. — Stählerne Rahmenbrücke für den Neubau der Unterführung der Prinz-Friedrich-Karl-Straße, Berlin. — Der Bau der Nordschleusenanlage in Bremerhaven. Die Erd- und Rammarbeiten. (Schluß) — Vermischtes: Technische Hochschule Hannover. — Personalnachrichten.