

## Die neuen Hafen- und Industrieanlagen der Stadt Köln bei Köln-Niehl.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Oberbaurat Bock, Köln.

### I.

Köln ist durch seine verkehrsgeographische Lage von jeher dazu bestimmt gewesen, als Handelsplatz eine große Rolle zu spielen. Zur Römerzeit an der Stelle gegründet, wo die Niederrheinische Tiefebene durch die sogenannte Kölner Bucht trichterförmig in das enge felsige Stromtal zwischen Bonn und Mainz überleitet, erfüllte damals wie heute die Stadt die Aufgabe, die von Norden aus dem Mündungsgebiet des Rheins kommenden Handelsstraßen mit den von Gallien heranziehenden Landstraßen zu sammeln und sie durch die Stromspalte des mittelhheinischen Gebirges überzuleiten. War zur Römerzeit der Handel an die Benutzung der Landstraßen gebunden, da die Flußschiffahrt eine nur geringe Bedeutung hatte, so bemächtigte sich der Verkehr, nachdem die Römerstraßen während der Völkerwanderung verfallen waren, etwa vom Jahre 1000 ab der natürlichen Wasserstraße. Köln wurde dadurch zum Sammelpunkt einer handeltreibenden Bevölkerung, und diese Bedeutung für sein Wirtschaftsleben erkennend, schuf es schon damals entsprechende Einrichtungen für den Empfang und Versand von Gütern auf dem Wasserwege. Starke Förderung seiner Stellung als Handelsplatz erfuhr Köln im späteren Mittelalter, insbesondere durch die Verleihung des Stapelrechtes im Jahre 1355 durch Karl IV. Alle Waren mußten hiernach in Köln ausgeladen werden und durften erst dann wieder zur Weiterbeförderung ins Schiff gebracht werden, wenn sie in Köln drei Tage zum Verkauf ausgestellt waren. Die zahlreichen Zollschranken, die in der Folgezeit von großen und kleinen Fürsten an der Rheinwasserstraße errichtet wurden, ließen indessen die Bedeutung dieser Schifffahrtsstraße nach und nach zurücktreten, und trotz kraftvoller Anstrengungen der Stadt im 17. und 18. Jahrhundert, durch Verbesserung der Werftanlagen den Handel von neuem zu beleben, verfielen diese Einrichtungen gegen Ende des 18. Jahrhunderts bis zur völligen Verwahrlosung. Der neue Aufstieg Kölns wurde eingeleitet durch die Schaffung eines Freihafens in den Jahren 1804/05, wo 1830 der erste eiserne Handkran Aufstellung fand, und durch die Anlage eines Sicherheitshafenbeckens auf dem heute von den Anlagen des Deutschen Ringes eingenommenen Gelände. Dann brach das Zeitalter der Eisenbahnen an, und die Geländegestaltung in der weiteren wie engeren Umgebung Kölns führte zwangsläufig dazu, daß Köln, wie ehemals Sammelpunkt der Landstraßen, nunmehr der Knotenpunkt für die Schienenstränge wurde, die von Westen, Norden und Osten zum Mittelrhein hinströben, um auf beiden Ufern des Stromes Anschluß an das süddeutsche Schienennetz zu gewinnen. Der internationale Charakter dieses Verkehrsknotenpunktes wurde begründet durch die Überleitung des Schienenweges von Paris nach Berlin und dem Nordosten Europas an dieser Stelle über den Strom und durch die Linienführung der anderen großen europäischen Transversale an dieser Stelle an den Rhein, die von England ausgehend über Belgien bzw. Holland und die Rheinlinie nach Italien einerseits und nach den Donauländern und dem Balkan andererseits strebt. Die Zusammenführung von neun Hauptbahnlinien neben mehreren Linien zweiter Ordnung, die Kreuzung des Stromes mit sechs Gleisen und die Anlage von vier großen Verschiebebahnhöfen für die Neuordnung der Güterzüge kennzeichnen heute die überragende Stellung Kölns als Eisenbahnknotenpunkt unter allen Städten des deutschen Westens.

Die Ausnutzung der natürlichen Wasserstraßen war in den letzten Jahrzehnten des Eisenbahnverkehrs ganz in den Hintergrund geraten; neue Impulse seines Handels konnte daher Köln von der Wasserstraße erst empfangen, als sich die preußische Regierung entschloß, in den 80er

Jahren des vergangenen Jahrhunderts an die Regulierung des Rheins heranzutreten, und auch die süddeutschen Uferstaaten die Regulierung durchführten. Dieser wesentlichen Verbesserung der Schifffahrtsstraße folgte in Köln in den 90er Jahren die Schaffung neuer großzügiger Hafenanlagen an der Rheinauhalbinsel, die damals mit Recht als eine Großtat bewertet wurde und auch heute noch die Bewunderung der Ingenieurwelt verdient. Durch die Regulierungsarbeiten wurde der Rhein ein Verkehrsweg erster Ordnung, seine Mündungshäfen Rotterdam und Antwerpen vermittelten den Anschluß dieser Schifffahrtsstraße an den Weltverkehr, und zwar in allernächster Nähe der Hauptweltverkehrsstraße, des Kanals von Dover. Die Schifffahrtsverhältnisse erfuhren eine so wesentliche Verbesserung, daß die Küstenschifffahrt bis nach Köln hinauf vordringen konnte und durch den Rhein-See-Verkehr Köln und die übrigen niederrheinischen Hafenplätze in unmittelbare Verbindung setzte mit den heimischen und fremdländischen Häfen der Nord- und Ostsee.

Das Wirtschaftsgebiet, das die Stadt mit ihrem Hinterland umfaßt, gehört in die Reihe der wirtschaftlich höchstentwickelten Landstriche des Deutschen Reiches. Die Stadt selbst zeichnete sich zu allen Zeiten als bedeutender Handelsplatz aus, und während im Mittelalter das zukunftsreiche Handwerk und das Kunstgewerbe sich eines großen Ansehens in allen Ländern erfreuten, entwickelten sich in der neuesten Zeit in der Stadt bzw. ihrem Weichbilde Fabrikbetriebe von Weltruf: Werke der Eisenerzeugung und Eisenverarbeitung, insbesondere Maschinenfabriken, Drahtziehereien und Kabelwerke, elektrotechnische Fabriken, Werkstätten für Fördereinrichtungen und Hebezeuge, für Lokomotiv- und Waggonbau, Fabriken feuerfester Produkte, bedeutende Unternehmungen der chemischen und der Farbenindustrie, der Papierfabrikation, der Holzverarbeitung, Mühlenunternehmungen und Genußmittelfabriken und andere mehr. Und im Hinterlande des Kölner Platzes, das sich linksrheinisch bis an die Reichsgrenze, rechtsrheinisch weit in das Bergische Land und in das Siegerland ausdehnt, trifft man bergbauliche Unternehmungen von starker Produktion an, den Steinkohlenbergbau im Aachener Bezirk, Braunkohlenbergbau bei Düren und vor allem am Vorgebirge in dem Gebiet zwischen Brühl und Bergheim, Erzgewinnungstätten bei Stolberg und im Siegerland mit entsprechenden Werken der Zubereitung und Verarbeitung. Nicht unerwähnt dürfen auch bleiben die Steinbruchbetriebe im Bergischen Land, in der Eifel und auf dem Westerwald, die in Köln umzuschlagen pflegen. Köln als Handelsstadt ist zu bekannt, als daß ein besonderer Hinweis an dieser Stelle notwendig wäre. Seine Börse, insbesondere seine Warenbörse erfreut sich eines immer kräftiger werdenden Zuspruchs, seine Messen reihen es ein unter die Zahl der ersten Meßplätze des deutschen Vaterlandes.

### II.

An einem so durch die Verkehrs- und Wirtschaftsfrage ausgezeichneten Platze findet das Speditionsgewerbe natürlich eine lohnende Beschäftigung. In den drei stadtkölnischen Häfen sind darum fast ausnahmslos alle bedeutenden, der Rheinschifffahrt dienenden Speditionsfirmen mit Haupt- und Zweigniederlassungen anzutreffen, auch sind mehrere angesehene Reedereien in Köln beheimatet.

Die vorhandenen Hafenanlagen (Abb. 1) wurden, wie schon erwähnt, im Anschluß an die Regulierung des Rheins ausgeführt. Unter ihnen nehmen dem Umfange nach und wegen ihrer Bedeutung die erste Stelle ein die linksrheinischen Hafenanlagen, die in den Jahren 1892 bis 1897 ausgebaut wurden. Die ganze Hafenanlage ist der alten Wohn- und Geschäft-

stadt unmittelbar vorgelagert und durfte aus militärischen Gründen über die Festungslinie nicht hinausgehen. Das Hafengebiet wurde zum Teil durch Hinausschieben der Uferlinie in den Strom gewonnen, es fand Anlehnung an das durch die sogenannte Rheinau-Halbinsel vom offenen Strom abgetrennte, als Sicherheitshafen ehemals benutzte Becken am Bayen. Der bedeutendste Teil der Umschlagufer wurde in der neuen Korrekionslinie am offenen Strom ausgebaut, das genannte Hafenbecken wurde auch mit neuen Ufermauern eingefäßt, und zwar das stadtseitige Ufer erst in den Jahren 1907 bis 1912, indessen konnten durch diese Arbeiten keine tief-räumigen Lagerplätze gewonnen werden. Den Eisenbahnanschluß erhielt das linksrheinische Hafengebiet vom Bahnhof Bonntor her; da aber das Anschlußgleis innerhalb der Festungslinie seinerzeit eingeführt werden mußte, ergaben sich für die Entwicklung der Ordnungsgleisgruppen in betrieblicher Hinsicht Schwierigkeiten, die die Ausnutzung der Hafeneinrichtungen ziemlich erheblich beeinträchtigten.

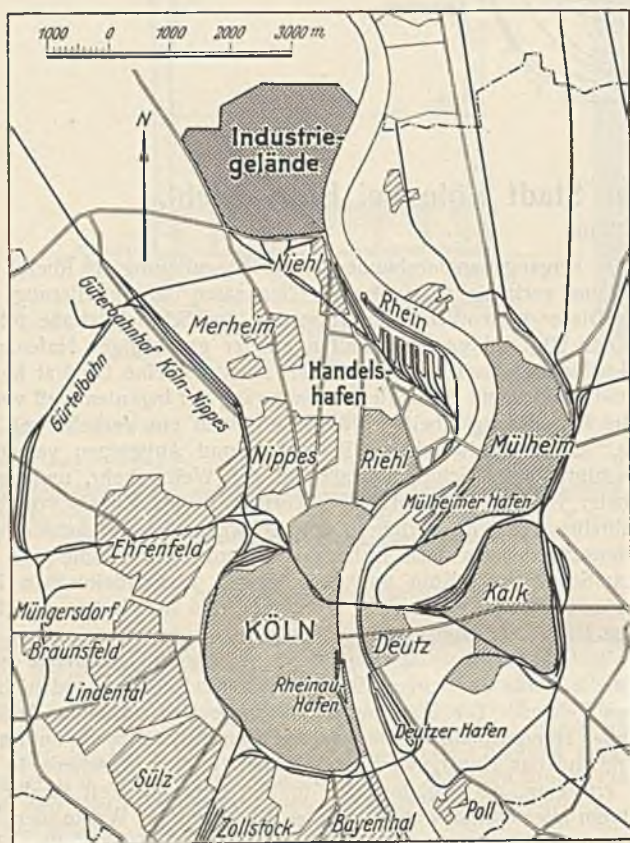


Abb. 1.

Den Umfang der linksrheinischen Hafenanlagen veranschaulichen folgende Zahlen:

Gesamtwertflänge 8300 m, davon 6800 m am offenen Strom, 1500 m am Rheinau-Hafenbecken. Für den Umschlagverkehr nutzbar sind von 8300 m aber nur 4700 m; diese Uferstrecke ist allenthalben mit senkrechten Ufermauern ausgestattet. Das Hafengebiet weist 28 Lagerhäuser, Getreidespeicher und Schuppen auf, die größtenteils von der Stadt errichtet und verpachtet wurden. An städtischerseits geschaffenem Lager-raum stehen in diesem Hafengebiet etwa 100 000 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Auf der Spitze der das Hafenbecken begrenzenden Landzunge ist stromseitig der Zollhof mit drei großen Zolllhallen untergebracht, monumentalen Gebäuden, deren Architektur an das noch vorhandene aus dem 16. Jahrhundert stammende Stapelhaus lebhaft erinnert. Zu diesem Zollgebiet führt über den 21,3 m breiten Hafenmund eine Drehbrücke. Das Gegenstück zu diesen monumentalen Zollspeichern bildet das am Südende des Stromwerftes errichtete prächtige städtische Lagerhaus, das die Rhein- und Seeschiffahrtsgesellschaft beherbergt. Ungefähr inmitten der langen Stromwerftstrecke ragt das neue Lagerhaus der Dampfschiffahrtsgesellschaft Neptun (Bremen) hervor. Ein weiterer Lagerhausneubau, in dem erstmalig im hiesigen Bezirk Pilzdecken zur Anwendung kamen, ist auf dem Bayenwerft errichtet worden (Getreidespeicher der Allg. Speditions-Gesellschaft Duisburg). Die Stromwerfte unterhalb des Rheinhafens bis über die Hohenzollernbrücke hinaus sind mit einigen wenigen kleinen Schuppen besetzt und dienen vorwiegend dem Eilgüter- und Personendampferdienst.

Während die linksrheinischen Hafenanlagen nur dem Handel dienen, erfüllen die rechtsrheinischen beiden Häfen vorwiegend den Zweck, der Industrie, die auf den Wasserverkehr angewiesen ist, eine Heimstätte zu sein.

Die ältesten dieser Anlagen sind die in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts geschaffenen Umschlagwerfte in Mülheim am Rhein, die infolge der Eingemeindung dieser Stadt im Jahre 1914 an die Stadt Köln fielen. Die ganze Anlage lehnt sich an den staatlichen Sicherheitshafen an, der zur Aufnahme der Schiffe zur Zeit des Hochwassers oder zur Überwinterung dient; in diesem Hafen hat die Strombauverwaltung größere Flächen an einzelne Industrien vergeben, u. a. an die Schiffswerft von Sachsenberg. Die städtischen Werfte beginnen auf dem Ostufer des Sicherheitshafens und ziehen sich hin bis nahezu an die Mülheimer Schiffbrücke in einer Längenausdehnung von 1 km, die allenthalben senkrechte Ufermauern aufweisen. An das Werft sind angeschlossen außer einem Mühlenunternehmen (Syberberg) mehrere Farbenfabriken, ferner die Gasmotorenfabrik Deutz, die Waggonfabrik Van der Zypen & Charlier und die Stahlwerke Van der Zypen. Auch sind für den Handelsverkehr eine Zollniederlage und mehrere Schuppen in diesem Hafengebiet errichtet. Die Hafenbahn hat am Reichsbahnhof Köln-Deutz ihren Anschluß gefunden. Ohne Verbindung mit diesen Anlagen ist unterhalb der Schiffbrücke für einige industrielle Unternehmungen, vor allem für das Carlswerk, eine Umschlagbrücke errichtet worden. Diese Umschlagrichtungen haben Anschluß an die Reichsbahn gefunden durch eine besondere Werftkleinbahn Mülheim-Nord.

Bis zum Jahre 1904, das die Entfestigung von Deutz brachte, boten die Mülheimer Hafenanlagen die einzige Möglichkeit zur Unterbringung von industriellen Unternehmungen in unmittelbarem Anschluß an die Rheinschiffahrtstraße. Die Rayonbeschränkungen, die mit der Festungseigenschaft der Stadt verbunden waren, ließen eine weitergehende Ansiedlung von Industrien am Strom bis zu diesem Jahre nicht zu. Als diese Beschränkungen für die Deutzer Seite fielen, schritt daher die Stadt sofort zum Bau des Deutzer Industriehafens unter Ausnutzung eines alten Rheinarmes, des sogenannten Schnellert. Der Hafen liegt zwischen Hängebrücke und Südbrücke und besteht aus einem 1090 m langen und 88 m breiten Becken mit 925 ar Wasserfläche und unterhalb anschließendem Werft am offenen Strom von 700 m Länge mit senkrechten Ufermauern. Die Ufer des Hafenbeckens weisen eine aufgesetzte Mauer auf geböschter Senksteinschüttung auf. Die Industrieflächen beiderseits des Hafenbeckens, deren Tiefe von 30 bis 150 m wechselt, sind restlos vergeben; außer zwei großen Mühlenwerken (Auer und Leysieffer & Lietzmann) fanden Holzverarbeitungsbetriebe, Asphaltwerke, Petroleumlager mit Schiffsanfahrtsstellen am offenen Strom, die Lindesche Blockeisfabrik mit Gefrierhaus, chemische Fabriken und andere Betriebe darin Platz. Weitere größere Betriebe sind ohne unmittelbare Wasserlage an die Hafenbahn angelehnt, die ihren Anschluß an die Reichsbahn in dem Verschubbahnhof Kalk-Nord gefunden hat. Durch die Verbindung der Hafenbahn mit der Köln-Porzer städtischen Bahn genießen auch die industriellen Betriebe des Porzer Bezirks den Vorteil, mittelbar an den Hafen angeschlossen zu sein.

Die beschriebenen Hafenanlagen mußten wegen ihrer durch die Festungseigenschaft bedingten zerstreuten Lage mit vier verschiedenen Anschlüssen an die Reichsbahn ausgestattet werden und haben somit ebenso viele verschiedene Bahnbetriebe; so erklärt sich die hohe Zahl von 13 Hafenlokomotiven. Aus dem gleichen Grunde weisen diese Hafenanlagen die verhältnismäßig große Zahl von 82 Kranen auf, da in jedem einzelnen Hafengebiet für jede Art von Umschlag entsprechendes Krangerät vorgehalten werden muß. Die Tragkraft dieser Krane liegt zwischen 1,8 und 30 t, die Antriebskraft ist Druckwasser (Rheinau-hafen) oder Dampf oder Elektrizität, wobei alle Stromarten, Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom, zur Anwendung kommen.

In den beschriebenen Anlagen ist bisher als größter Jahresumschlag ein Verkehr von etwas über 2 Mill. t verzeichnet worden (1913), wobei auf die Einfuhr etwa 1,4 Mill. t und auf die Ausfuhr etwa 600 000 t

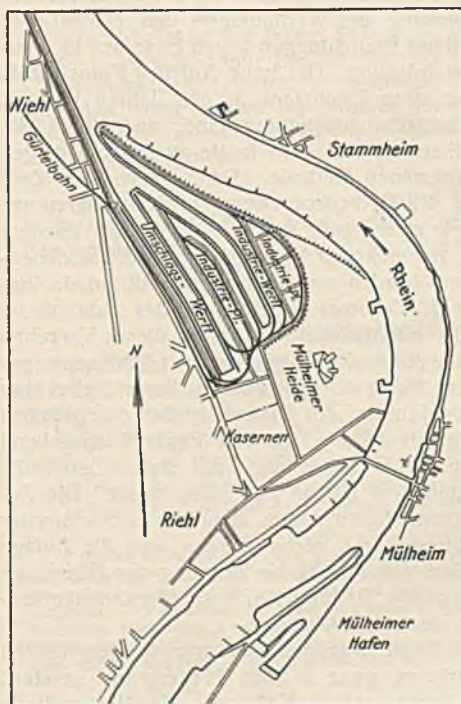


Abb. 2.

entfielen. Um dieselbe Zeit belief sich der Eisenbahn-Ortsgüterverkehr auf sämtlichen Kölner Bahnhöfen auf rd. 9,5 Mill. t.

Eigentümlich, aber durch die Festungseigenschaft erklärlich ist es, daß sämtliche Häfen der Wohnstadt unmittelbar vorgelagert sind und daß dadurch weite Viertel der Stadt vom Rhein abgetrennt werden. Darin liegt gleichzeitig auch der Grund dafür, daß die vorhandenen Hafenanlagen nicht erheblich erweiterungsfähig sind. Im Jahre 1912 entschloß sich daher die Verwaltung, auf einem Gelände zwischen den Vororten Riehl und Niehl eine neue Hafenanlage vorzusehen, in der sowohl Handelsverkehr als auch vorwiegend neue Plätze für die Ansiedlung von Industriefirmen geschaffen werden sollten (Abb. 2). Der Grunderwerb wurde damals für diese neuen Anlagen durchgeführt, den Baubeginn verhinderte aber der Ausbruch des Weltkrieges.

III.

Als infolge des unglücklichen Ausgangs des Krieges die Entfestigung der Stadt durchgeführt werden mußte und hierdurch umfangreiche Geländestücke, die bisher den Rayonbeschränkungen unterworfen waren, frei wurden, bestand eine der wichtigsten Aufgaben der Stadtverwaltung darin, eine Prüfung darüber anzustellen, wie die frei werdenden Grundstücke am zweckmäßigsten erschlossen werden sollten. Das Ergebnis dieser Untersuchungen sind u. a. die umfangreichen Pläne, die auf die Schaffung eines Handelshafens oberhalb des Vorortes Niehl und eines großen Industriegeländes mit Wasseranschluß unterhalb dieses Stadtteils abzielen.

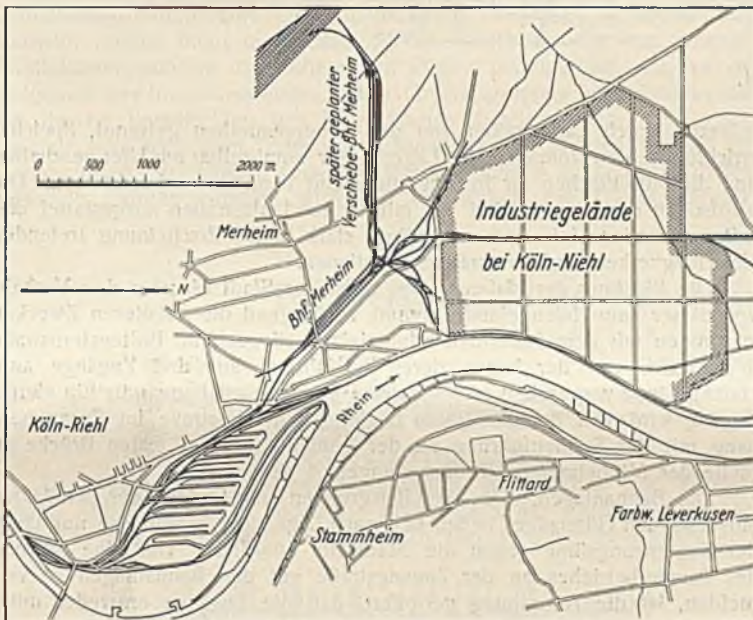


Abb. 3.

Der neue Handelshafen (Abb. 3) wird nach diesen Plänen auf dem Gelände zur Anlage kommen, das für den Bau des Handels- und Industrielhafens im Jahre 1912 bereits in Aussicht genommen war, jedoch erfährt das eigentliche Hafengelände gegenüber dem älteren Plan eine bedeutende Ausdehnung nach Süden hin, also auf die Kernstadt zu. Das neue Industriegelände soll geschaffen werden auf der weiten vom Rhein begrenzten Fläche, die sich nördlich der Militärringstraße bis nahe an den Ort Merkenich in nahezu hochwasserfreier Lage erstreckt und die, da auf ihr zum Teil die Rayonbeschränkungen ruhten, zum Teil auch der über 300 ha große Exerzierplatz untergebracht war, fast völlig unbebaut war. Beide Anlagen lassen sich in glücklicher Weise an das Eisenbahnverkehrsnetz anschließen durch eine die Stadt im Nordwesten umziehende Gürtelbahn, die in die Reichsbahnhöfe Köln-Ehrenfeld und Köln-Nippes einmündet und zugleich die unmittelbare Fortführung der schon bestehenden, aus dem rheinischen Braunkohlenbezirk ausgehenden Köln-Frechen-Benzlrather Eisenbahn darstellt.

Das Industriegelände wird in dem außerordentlich großen Ausmaß von 550 ha angelegt, es würde somit eine Fläche bedecken von der halben Größe der Kernstadt innerhalb des bekannten Eisenbahnringes, während der neue Handelshafen mit einer Gesamtlandflächengröße von 108,5 ha das Zweifache der zurzeit vorhandenen links- und rechtsrheinischen Hafenanlagen zusammengenommen darstellt. Die Ausmaße sind also sehr bedeutend, und dieser Umstand hat in manchen Kreisen zu der Anschauung geführt, die Stadt jage uferlosen Plänen nach, die sich nie in der beabsichtigten Weise würden verwirklichen lassen können.

Es erscheint daher angebracht, auf die Gründe, die zur Fassung solcher Pläne führten und die trotz der gewaltigen Ausmaße von der Stadtverordnetenversammlung einstimmige Annahme fanden, näher einzugehen.

Die Industrie hatte sich in den vergangenen Jahrzehnten vorwiegend in den Vororten ansiedeln müssen; manche dieser Vororte, wie Ehrenfeld, Nippes, Mülheim, Deutz und Kalk haben durch die Massierung großer und mittelgroßer Industrien den Charakter von Arbeiterstädten angenommen. Nur ein ganz geringer Bruchteil dieser Industrie Gründungen erfreute sich der unmittelbaren Wasserlage. Ein großer Teil besitzt noch nicht einmal Bahnanschluß. Für die Wohngebiete ergeben sich infolge der Einschachtelung der industriellen Werke, vor allem auch wegen der westlichen Lage bei vorherrschenden westlichen Winden, in hygienischer Hinsicht viele Unzuträglichkeiten. Es drängt sich darum von selbst der Gedanke auf, für industrielle Unternehmungen ein Gelände bereitzustellen, das einesteiis unmittelbar an der Rheinschiffahrtsstraße liegt, des weiteren den Eisenbahnanschluß für jedes einzelne Fabrikgrundstück ermöglicht, das ferner eine solche Lage zu den Wohnstätten haben muß, daß diese weder Rauch- noch Lärmbelästigungen durch das Vorhandensein der Fabriken erfahren. Diese Bedingungen lassen sich dank der vorzüglichen Lage restlos erfüllen in dem neuen Industriegelände bei Niehl.

Im Umkreise dieser zukünftigen Industriestadt ist noch so viel unerschlossenes Land, vor allem in dem Gebiete der zu diesem Zwecke im Jahre 1922 eingemeindeten Bürgermeisterei Worringen, verfügbar, daß Arbeitersiedlungen in ländlicher Weise in gesunder Lage dort angelegt werden können. Für Handelshafenzwecke mußte andererseits, da die vorhandenen Hafen nicht erweiterungsfähig sind, Neuland bereitgestellt werden, und zwar in einem solchen Umfange, daß für Jahrzehnte hinaus in schrittweiser Anpassung an die Bedürfnisse gesorgt ist; aus betriebswirtschaftlichen Gründen muß diese Anlage möglichst einheitlich zusammengefaßt sein. Diese Absicht ließ sich am zweckmäßigsten verwirklichen in dem vom Strom in groß ausholendem Bogen begrenzten Gelände südlich von Niehl. In der Anlage der einen Bahnlinie, der Gürtelbahn, für Hafenziele wie Industriegelände ist zugleich die Gewähr für die glückliche Ergänzung in verkehrstechnischer Beziehung gegeben. Niehl bildet mit diesen beiden Anlagen den Kern zu einem neuen großen Stadtgebilde, das nunmehr der Entwicklung der Stadt eine der Talbildung folgende Richtung gibt und Köln endlich befreit von der seit zwei Jahrtausenden bestehenden zwangsläufigen ringförmigen Entwicklung, wie sie durch den Festungscharakter bedingt war.

Diese weitsichtigen Pläne finden ihre Stütze aber auch in gewichtigen wirtschaftlichen Bedingtheiten.

Die Rheinschiffahrtsstraße, vor dem Kriege noch ein Stamm ohne Äste, da sie ausgebaute Zubringerwasserstraßen von großer Bedeutung entbehrte, ist durch den Rhein-Herne-Kanal in unmittelbare Verbindung gebracht worden mit dem rheinisch-westfälischen Industriegebiet; der Anschluß dieses Kanals an die Dortmund-Ems-Wasserstraße und durch diese an den Mittellandkanal vermittelte die Verbindung mit dem Weserstromgebiet, und da in einigen Jahren mit der Durchführung des Mittellandkanals bis zur Elbe zu rechnen ist, wird auch das Elbstromgebiet mit den märkischen Wasserstraßen und dem Oder- und Weichselgebiet in den Bereich der Rheinschiffahrt gebracht werden. Ganz ähnlich vollzieht sich eine Erweiterung des Bereiches der Rheinschiffahrt durch die Weiterführung der Mainkanalisierung über Frankfurt-Offenbach hinaus und durch die Erfüllung des tausendjährigen Planes der Verbindung von Main und Donau durch den Main-Donau-Kanal, wodurch das ganze Donaustromgebiet bis hinunter zum Schwarzen Meer der Rheinschiffahrt erschlossen wird. Die Fortführung der Neckarkanalisation erstrebt ein ähnliches Ziel. Diese Verflechtung der bedeutendsten deutschen Ströme mit dem Rhein wird zu einer außerordentlichen Belebung der Binnenschiffahrt auf dem Rhein führen und zur Folge haben, daß Handelsprodukte wie Rohstoffe für die Industrie mehr als bisher die Schiffahrt in Anspruch nehmen werden. Für Köln besonders ist in der Tatsache, daß es in günstiger Lage zum rheinischen Braunkohlenbezirk liegt, dessen Erzeugnisse mehr und mehr an Bedeutung für das deutsche Wirtschaftsleben gewinnen, die weitere Voraussetzung für die Erstarkung seiner Hafenausfuhr gegeben. Köln ist des weiteren in verstärktem Maße die Vermittlerin des Verkehrs und des Handels zwischen Mitteleuropa und den Weststaaten geworden. Diesen neuen wirtschaftlichen Faktoren sich anzupassen, war der Leitgedanke gewesen, als sich die Stadt gerade in dieser schweren Zeit zur Schaffung so großer Anlagen entschloß.

IV.

Die technische Planung dieser Anlagen (Abb. 4) ergibt folgendes Bild: Der der Altstadt zunächst gelegene neue Handelshafen bei Niehl ist in das vom Rhein umzogene weite Gelände zwischen Riehl und Niehl hineingebettet und liegt unter dem Schutze eines Hochwasserdeiches. Das ganze Hafengelände gehört dem Hochwasserüberflutungsgebiet des Rheines an; durch die neue Deichführung wird diese Hochwasserbegrenzungslinie weit vorgeschoben, und das Hochwasserbett erfährt hierbei eine Regulierung durch entsprechende Abgrabungen im Deichvorlande. Diese Arbeiten, die eine Bodenbewegung von 350 000 m<sup>3</sup> erfordern, sind als Auftakt zu den Hafenbauten im Jahre 1922 ausgeführt worden und haben bei dem Hochwasser vom November 1924 (Wasserstand + 8,82 a. K. P.) und Januar 1926 (+ 9,62) ihre Belastungsprobe bereits bestanden. Den Zugang



Abb. 4.

zum Handelshafen bildet ein in der Mittelwasserlinie (etwa + 3,0 a. K. P.) 90 m breiter, tangential an der Stromkrümmung bei Niehl anschließender Hafenumd, der sich binnenwärts zu einem trichterartig gestalteten Vorbecken mit einem Wendeplatz von 180 m Durchm. erweitert. An dieses Vorbecken ist gleichgerichtet mit der Deichführung der Hafenkanal in das Gelände eingeschnitten, der zwischen seiner stromseitigen Begrenzungslinie und der äußeren Deichoberkante einen Geländestreifen von 95 m Tiefe beläßt, der für Lagerung von Massengut, wie Kohle, Holz, Steinen, Chemikalien, vorgesehen ist. Der Hafenkanal mißt vom Vorbecken bis zum Anfange des an seinem Ende angeschlossenen vierten Hafenbeckens etwa 1200 m, von ihm sind seitlich unter einem Anschlußwinkel von etwa 120° in nahezu südlicher Richtung vier gleichlaufende, jeweils 70 m breite Stichbecken abzweigend, deren erstes Becken eine Länge von 500 m, die drei anderen der Reihenfolge nach 600, 700 und 520 m aufweisen. Der Hafenkanal hat bis zur Abzweigung des ersten Beckens 100 m Spiegelbreite und verringert seine Breite hinter dem Anschluß eines Beckens jedesmal um 10 m; zwischen den Stichbecken bleiben Landzungen von 180 m Breite stehen, mit einziger Ausnahme der Kaizunge zwischen Stichbecken I und dem Vorbecken, die eine Breite von 125 m besitzt. Der Grundriß des Hafenplanes weist also die Zungenform auf; wie die Finger zweiter Hände greifen die Kaizungen in die Wasserflächen ein. Die Uferbefestigung im Vorbecken besteht aus einer Senksteinerschüttung, die bis zur 3-m-Linie hinaufreicht, mit aufgesetzter Betonmauer; in der gleichen Weise wird das stromseitige Ufer des Hafenkanals ausgebildet, mit Ausnahme des Ufers längs der Einfahrt, das mit senkrecht stehenden Kastenprofil-Spundwandisen (Dortmunder Union) ausgeführt wurde. Die Befestigung der Stichbecken dagegen wird durch senkrechte Ufermauern gebildet. Die Hafensohle liegt 5,5 m unter der 3-m-Linie, und es ist die Möglichkeit der Vertiefung um 1 m beim Bau der Uferbefestigung vorgesehen. Da der niedrigste Wasserstand etwa in der 0,5-m-Linie liegt, ist hierbei eine gewährleistete Fahrwassertiefe von 3 bzw. bei späterer Vertiefung von 4 m vorhanden, so daß bei größter Eintauchtiefe (2,8 m) der Rheinkähne eine sichere Schwimmlage auch bei diesem Wasserstande gewährleistet ist. Die Oberkante der Ufermauern ist in der 8,5-m-Linie angeordnet, so daß zwischen Hafensohle und Werftfläche ein Höhenunterschied von 11 bzw. von 12 m bei späterer Vertiefung vorhanden ist. Das höchste Hochwasser, das in der Regel in einem Zeitraum von 100 Jahren ein einziges Mal und dann nur für wenige Tagesstunden auftritt, erreicht eine Höhe von 9,6 m. Da die Laderampen der Schuppen und Speicher um 0,3 m über dieser Marke angeordnet werden, ist für Lagerräume genügende Sicherheit gegen Überflutung gegeben. Die Werftoberkante längs dem Massenumschlagufer am Hafendeich ist in der 9,5-m-Linie festgelegt.

Sämtliche Werfte, mit Ausnahme der Kopfseiten der Zungen, sind an der Uferkante mit drei Gleisen ausgerüstet, die untereinander Weichenverbindungen besitzen; das mittlere Gleis dient dem Betrieb, die beiden äußeren Gleise dem Ladegeschäft. Auf den Kaizungen sind hinter diesen Gleisen Plätze von 39 m Tiefe vorgesehen zur Aufnahme von Lager-schuppen oder Speichern; dahinter läuft eine Verkehrsstraße, die gleichfalls von Ladegleisen eingesäumt ist; die Kaizungen weisen, wie die Lagepläne zeigen, hinsichtlich der Bebauungsmöglichkeit eine Dreiteilung auf, indem entweder auf den äußeren Seiten Schuppen und in der Mitte,

jederzeit durch Ladestraßen von den Schuppenreihen getrennt, Speicher errichtet werden können, oder Lagerhäuser unmittelbar am Ufer geschaffen und die Mittelflächen für frei lagerndes Gut benutzt werden können. Die Kopfseiten der Zungen sind nur mit breiten Ladestraßen ausgestattet und sollen in erster Linie dem neuerdings stark in die Erscheinung tretenden Umschlagverkehr auf Lastkraftwagen dienen.

Die Richtung der Hafenstraßen weist zur Stadt hin; für den Verkehr von dieser zum Hafengelände kommt vorwiegend die zu diesen Zwecken zusammen mit dem Hafenbau schon jetzt fertiggestellte Boltensternestraße in Betracht, von der bzw. deren Fortführung aus drei Zugänge zum Hafengelände vorgesehen und teilweise schon geschaffen sind. Ein vierter Zugang wird von der den Rhein begleitenden Uferstraße im Zusammenhang mit der Straßenführung zu der geplanten neuen festen Brücke an Stelle der Mülheimer Schiffbrücke angelegt werden.

Die Bahnanlagen, d. h. die Gleisgruppen zum Ordnen der den Hafen aufsuchenden Güterzüge, ließen sich nach Lage der Verhältnisse nur längs der Begrenzungslinie gegen die Stadtseite anordnen. Um eine Störung des Rangierbetriebes an der Zugangstraße mit den Bahnanlagen zu vermeiden, ist die Anordnung getroffen, daß die Zugänge entweder unter den hochgelegenen Bahnanlagen untergeführt oder der im Anschluß an die Rampenstraße zur Mülheimer festen Brücke ohnehin hochliegende Zugang zum Hafen an dieser Stelle über die tieferliegenden Bahngleise übergeführt wird.

Es sind für das ganze Hafengebiet drei Betriebsbahnhöfe vorgesehen, die jeweils einen bestimmten, möglichst nahe gelegenen Hafenteil zu bedienen haben; diese Bezirksbahnhöfe bestehen aus einer Aufnahmegruppe und einer damit durch Ablaufberg verbundenen, nach der Hafenseite zu vorgelagerten Ladestellengleisgruppe, von der aus die Verbindungsgleise zu den einzelnen Werftbezirken ausgehen. Das Auflösen der Züge nach den einzelnen Hafenbezirken geschieht in dem zwischen Niehl und der Ortschaft Merheim angelegten Betriebsbahnhof, der auch das weiter unten beschriebene Industriegelände gleichzeitig bedient. In den Bezirksbahnhöfen vollzieht sich also nur die Weiterordnung nach Ladestellen; in dieser Teilung des Rangiergeschäftes ist eine schnelle Bedienung der Ladestellen im Hafengebiet gewährleistet. Die Bahnanlagen sind entsprechend den Arbeiten von Geheimrat Cauer, Berlin, über die Eisenbahnausrüstung von Häfen ausgearbeitet. Die Einführung der Gürtelbahn in das Hafengelände geschieht am Zusammenstoß von Boltensternestraße und Amsterdamer Straße auf der Höhe des Vorbeckens.

Es war bei Erörterung der wirtschaftlichen Grundlage für den neuen Hafenbau auf die Aufgabe dieses Hafens als Umschlagplatz für die Produkte der linksrheinischen Kohlenreviere hingewiesen. Für diesen Verkehr wurde die Stadtverwaltung eine besonders leistungsfähige Umschlagvorrichtung in der Gestalt eines Kipperbauwerkes, das durch eine sinnreiche Konstruktion zugleich die Behandlung der demnächst in den Bahnverkehr einzustellenden nicht kippfähigen Großraumgüterwagen gestattet. Diese Wagenart wie auch die kippfähigen Wagen geben ihre Ladung über einen Bunker an ein Stahlförderband ab, das in einer besonderen schwenkbaren Konstruktion das Ladegut bis in den Schiffsraum befördert. Es sind zwei Kipperbauwerke am Vorhafen geplant, von denen eins unmittelbar vor dem Hafenumd bereits hergestellt worden ist. Die Leistungsfähigkeit

einer Kipperanlage ist auf 20 Wagen zu je 20 t, also auf 400 t stündlich bemessen, wobei vorausgesetzt ist, daß die Wagen vorher im zugehörigen Bezirksbahnhof nach Ladegutsorten geordnet werden.

Bei vollem Ausbau wird der Hafen 8500 m neue Kaianlagen haben und eine Jahresleistungsfähigkeit von etwa 4,7 Mill. t an den gewöhnlichen Umschlagkais und von etwa 2,5 Mill. t an den beiden Kippern bei einer durchschnittlichen Beschäftigungsdauer dieser Umschlagvorrichtung von 12 Stunden arbeitstäglich und bei 275 Arbeitstagen im Jahre aufweisen.

Das neue Industriegelände kommt nördlich von Niehl zur Anlage, es stößt mit einer Werfffront von 2400 m an den Strom und ist südlich von der Militärringstraße und westlich von der Neußer Straße begrenzt. Die Uferausbildung ist in der gleichen Weise gedacht wie im Vorbecken des Handelshafens, nur wird die auf die Steinschüttung aufgesetzte Mauer mit Basaltsäulen verblendet. Auf dem Kai liegen wie im Hafen drei Gleise, dahinter ist eine Werftstraße angeordnet. Parallel zum Rhein durchzieht die vorderste Zone rückwärts begrenzend ein breiter, beiderseits von Gleisen begleiteter Straßenzug das Gelände. An die Stammgleise werden die Anschlüsse für die einzelnen Fabrikgrundstücke angelehnt. In halber Tiefe des Geländes durchzieht auf hohem Damm ein weiterer breiter Straßenzug das Gebiet als Durchgangsverkehrsstraße nach dem nördlich des Industriegeländes vorgesehenen großen Siedlungsgebiet in der ehemaligen Bürgermeisterei Worringen; dieser Damm wird zugleich die Schnellbahn nach Dormagen aufnehmen, die im Industriegelände selbst Haltestellen erhalten wird. Die senkrecht zum Strom verlaufenden Straßen zur weiteren Aufteilung des großen Geländes sind unter dieser Dammstraße untergeführt. Von dem schon erwähnten Betriebsbahnhof Merheim werden längs der Neußer Straße, ferner zu der erstgenannten Parallelstraße und zu dem Rheinwerft Gleise herangeführt, die an der Südgrenze des Industriegebietes Ladestellengleisgruppen aufweisen werden wie die im Bericht über den Handelshafen beschriebenen. Das ganze Gelände wird nach dem Trennsystem kanalisiert, im übrigen reichlich mit Stammgleisen, Stromkabel, Gas- und Wasserleitungen ausgestattet; jedem einzelnen Fabrikgrundstück wird die Möglichkeit des Gleisanschlusses

gewährleistet. Während die dem Rhein zunächst gelegene Zone für Fabriken vorbehalten ist, die unbedingt wegen ihres großen Bezugs von Rohstoffen auf die Wasserlage angewiesen sind, sind die rückwärtigen Zonen mehr für Betriebe bestimmt, die nur hin und wieder von der Schifffahrt Gebrauch machen; sie empfangen die Güter in diesem Falle an dem öffentlichen Industriebahnhof durch Umladen auf Bahnwagen, die ihnen im inneren Hafenbahnverkehr auf ihrem Grundstück zugestellt werden.

Die Möglichkeit der Eigenverladung auf Lastkraftwagen ist natürlich nicht ausgeschlossen, diesem Verkehr dient die Werftstraße. Das ganze Gelände wird an allen drei Landseiten durch breite Grünstreifenanlagen eingefasst, die einmal dazu dienen, eine belebende Note in die Industriestadt hineinzutragen, zum anderen die Arbeiter nach der Schicht sofort in die freie Natur führen sollen. Die Verbindung zur Stadt werden drei Straßenbahnen vermitteln, die bis an die Straßen des Industriegebietes herangeführt werden.

Handelshafen wie Industriegelände stehen zurzeit vor der Vollendung des ersten Baustadiums. Im Handelshafen handelt es sich vorwiegend um die Ausführung des Vorbeckens, des ersten Betriebsbahnhofs und der Boltensterstraße; der Tatsache, daß die Regulierungsarbeiten für das Hochwasser bereits vollendet sind, war schon gedacht. Im Industriegelände sah der erste Bauabschnitt den Bau der Stadt zunächst gelegenen Teile der ersten Zone und eines größeren Teiles des rückwärtigen Geländes längs der Militärringstraße vor. Im Handelshafen wie im Industriegelände haben bereits Interessenten mit eigenen Bauausführungen begonnen, und der Zuspruch der beiden Anlagen ist schon so groß, daß alle im ersten Bauabschnitt im Handelshafen baureif werdenden Plätze bereits vergeben sind und daß von dem ganzen Industriegelände heute schon ein bedeutender Teil verschiedenen industriellen Unternehmungen übergeben werden konnte. Die Gürtelbahn hat ihre Gleise bereits in den Hafen wie in das Industriegelände vorgestreckt und leistet in der Heranschaffung der Baustoffe schon große Dienste. Auch der Empfang von Baustoffen auf dem Schifffahrtwege ist wegen der Inbetriebnahme der Straßen bereits möglich. (Schluß folgt.)

Alle Rechte vorbehalten.

## Die Delaware-River-Brücke zwischen Philadelphia und Camden.

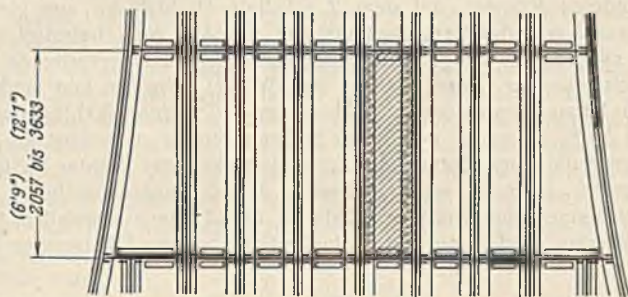
Von Prof. Dr.-Ing. W. Schachenmeier, München.

(Schluß aus Heft 55, 1926.)

### V. Experimentelle Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Entwurf der Brücke.

#### a) Knickfestigkeit versteifter Blechwände.

Der Aufbau des Pylonen-Querschnittes aus Blechen und Winkeln gemäß Abb. 20a und b rückt die Frage nach der Knicksicherheit der Bleche in den Vordergrund. Sie läßt sich auch so ausdrücken: Wie groß



Der schraffierte Teil ist als Versuchsstab nachgebildet worden

Abb. 20a. Senkrechter Schnitt durch die Pylone.

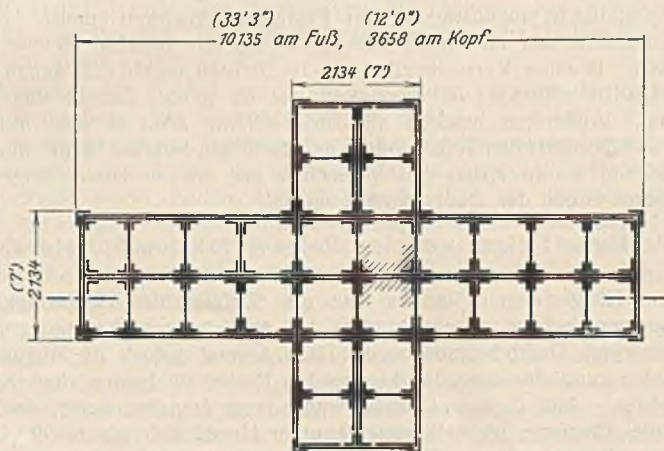
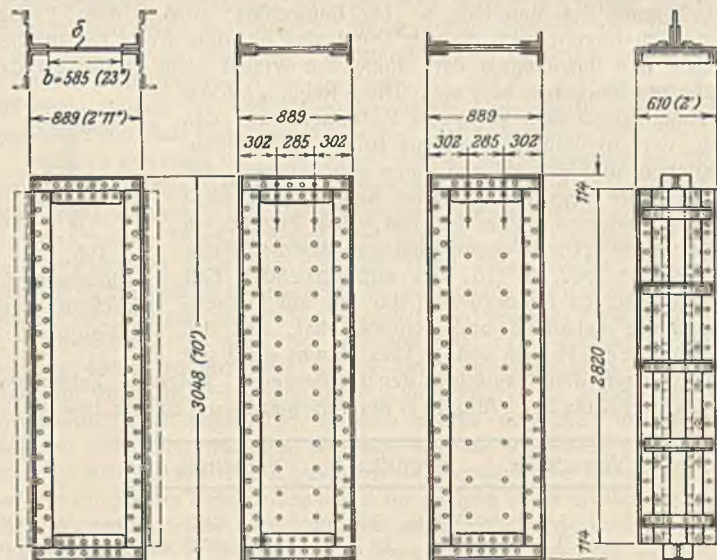


Abb. 20b. Wagerechter Schnitt durch die Pylone.

darf die freie Breite ( $b$  in Abb. 21a) eines solchen Bleches zwischen den Winkeln höchstens sein, damit der Querschnitt als ein Ganzes wirkt und die Bleche nicht vorzeitig ausknicken?

Der schraffierte Teil der Abb. 20a wurde in Versuchsstäben gemäß Abb. 21a, b, c nachgebildet, und die wirklichen Einspannungsbedingungen wurden in sinnreicher Weise ersetzt durch die lose angelegten „Ver-



Einfache Stabbleche von  $\frac{3}{8}, \frac{1}{2}, \frac{5}{8}, \frac{3}{4}, 1'' = 3,5, 12,7, 15,3, 19, 25,4 \text{ mm}$

Doppelte Stabbleche  $\delta = \frac{7}{8}'' = 12,7 \text{ mm}$   $\delta = \frac{3}{4}'' = 19 \text{ mm}$

Abb. 21 a, b, c. Versuchstäbe für die Knickversuche.

Abb. 21 d. Führungsträger für die Knickversuche.

stiefungsträger“ gemäß Abb. 21 d, die man besser „Führungsträger“ nennen würde. Die Stabbleche der Versuchsstäbe hatten Dicken von  $\frac{3}{8}, \frac{1}{2}, \frac{5}{8}, \frac{3}{4}, 1$  und  $1\frac{1}{2}''$ ; die kleinste Blechdicke im Entwurf der Pylone war  $\frac{3}{4}''$ .

Die Knickerscheinung an den Versuchsstäben läßt sich wie folgt beschreiben: Bei den dünneren Blechen waren die Verformungsflächen der Blechwand einfach eine Weiterbildung der schon von Anfang an vor-



Abb. 22.



Abb. 23.

Abb. 22 u. 23. Sichtbar gemachte Fließfiguren infolge der Druckbelastung.

handenen Abweichungen des Bleches von einer genauen Ebene. Diese Abweichungen wurden durch Messung bis zu etwa  $\frac{1}{10}$ '' festgestellt. Man kann diesen Knickvorgang demjenigen eines schlanken Stabes im elastischen Knickbereich vergleichen. Die dickeren Bleche dagegen widerstanden der Beanspruchung ohne besonders große Verformungen bis kurz vor Erreichung der eigentlichen Materialfestigkeit. Sie knickten dann in der Hauptsache an einer einzigen Stelle aus, ähnlich der Knickerscheinung eines gedruckten Stabes im plastischen Knickbereich. Während des Versuchsvorganges wurde die Wirkung der zunehmenden Beanspruchung an den Fließfiguren beobachtet. Diese wurden besser sichtbar gemacht durch einen leichten Überzug mit Zementmilch, der im trockenen Zustande an denjenigen Stellen absprang, wo das Material zu fließen begann. Die Abb. 22 und 23 zeigen zwei solcher Bilder von sichtbar gemachten Fließfiguren.

Örtliche Formänderungen wurden in doppelter Weise gemessen, nämlich durch einen unmittelbar wirkenden Dehnungsmesser und durch einen fernanzeigenden Apparat.

Die Versuche bewiesen, daß die durchschnittliche Druckfestigkeit der Pylonenstäbe auf 44000 bis 46000 lbs/□'' = 3100 bis 3240 kg/cm<sup>2</sup> festgesetzt werden darf, da diese Festigkeiten von den Versuchskörpern mit mindestens  $\frac{3}{4}$ '' dicken Blechen erreicht wurden. Es ist dies zugleich die Quetschgrenze des Materials, s. „Die Bautechnik“ 1926, S. 838. Es bestätigte sich hiermit auch die alte Regel, daß die freie Weite des Bleches zwischen den Innenkanten der säumenden Winkel nicht größer als das 30fache der Blechdicke sein soll. Diese Regel wird von den Amerikanern dem Engländer Fairbairn aus den Tagen der berühmten Britannia-Brücke (1850) zugeschrieben, und es wird von ihnen angenommen, daß eine genauere Begründung dieser Regel bisher nicht vorliege. Indessen stelle ich fest, daß Engeßer in seinem Buche „Die Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken“ 1892, S. 115, den entsprechenden Fall eines einwandigen Druckgurtes (Abb. 24) auf theoretischem Wege behandelt und gefunden hat, daß das Verhältnis  $v : \delta \leq 16$  sein soll.<sup>1)</sup> Dies stimmt recht gut mit der obigen amerikanischen Regel zusammen. Folgende Zahlentafel gibt das Verhältnis  $b : \delta$  (Abb. 21 a) der verschiedenen Versuchsstäbe an:

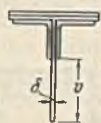


Abb. 24. Einwandiger Druckgurt Vergleich.

Versuch Nr.	Stegdickte $\delta$	Verhältnis $b : \delta$
1	$\frac{3}{8}$ '' = 9,5 mm	61,3
2	$\frac{1}{2}$ '' = 12,7	46,0
3	$\frac{5}{8}$ '' = 15,9	36,8
4	$\frac{3}{4}$ '' = 19	30,7
5	1'' = 25,4	23,0
6	$1\frac{1}{2}$ '' = 38	15,3

Bei den Versuchen Nr. 1 und 2 knickte das Blech vorzeitig aus und konnte seinen vollen Anteil an der Belastung nicht aufnehmen. Versuch Nr. 3 war schon besser, und bei Versuch Nr. 4 knickte das Blech erst, als auch die Winkel nachgaben, d. h. der Querschnitt wirkte als ein Ganzes zusammen, wie es sein soll. Bei den Versuchen Nr. 5 und 6 war dies natürlich in noch höherem Maße der Fall.

<sup>1)</sup> Siehe a. „Hütte“ III, 24. Aufl., S. 1119, Abb. 120, 11 u. 12.

b) Drahtverbindung.

Die Versuche ergaben nur 2 bis 3 % Abminderungen der Bruchfestigkeit infolge der Muffenverbindung, s. „Die Bautechnik“ 1926, S. 838, Abb. 17. Dieses Ergebnis ist überraschend, wenn man bedenkt, daß der Kernquerschnitt an der Wurzel des Schraubengewindes  $\approx 18$  % kleiner als der volle Querschnitt ist. Die Erklärung dafür ist zweifellos in der Verfestigung des Materials infolge der Kaltbearbeitung bei Herstellung des Gewindes zu erblicken. Im Gesamtquerschnitt des Kabels liegen auf je 10' Länge verteilt nur etwa 60 Stoßstellen, d. i.  $\approx \frac{1}{3}$  % des ganzen Querschnitts. Daher ist der Einfluß der durch die Muffenverbindungen verminderten Drahtfestigkeit auf die gesamte Kabelfestigkeit nur  $0,003 \cdot 0,03 \approx 0,0001$  oder  $\approx \frac{1}{100}$  %; also vernachlässigbar klein.

c) Festigkeit des einzelnen Drahtes in den verschiedenen Querschnittschichten.

Es galt, die von mancher Seite erhobene Behauptung zu widerlegen, daß die günstige Wirkung des Ziehvorganges auf die Festigkeit des Drahtes beschränkt bleibe auf die äußersten Schichten des Drahtquerschnittes. Daher habe schon ein geringes Abrosten vom Draht bedenkliche Folgen.

Es wurden daher Drähte vom ursprünglichen Durchm. 0,189'' abgeschliffen auf die Durchm. 0,184, 0,174 usw. bis 0,099'' und jeweils dem Zerreißversuche unterworfen. Das Ergebnis ist in folgender Zahlentafel zusammengestellt:

Nr.	Durchmesser	Zerreißfestigkeit
1	0,189'' = 4,8 mm	229 215 lbs/□'' = 16 120 kg/cm <sup>2</sup>
2	0,184'' = 4,68	231 300 = 16 260
3	0,174'' = 4,42	232 900 = 16 370
4	0,149'' = 3,78	236 600 = 16 640
5	0,123'' = 3,12	233 700 = 16 420
6	0,099'' = 2,52	229 500 = 16 150

Man sieht daraus, daß die Materialfestigkeit des Drahtes sehr gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt ist. Die entgegenstehenden Behauptungen sind hiermit widerlegt.

d) Festigkeit des Drahtes bei gleichzeitiger Querpressung.

An den Auflagerstellen, d. h. an den Pylonensätteln und sonstigen Umlenkungspunkten des Kabels, erleiden die untersten Drähte eine Querpressung, die insbesondere an den Pylonensätteln 1800 bis 2800 lbs/lfd. Zoll, d. i. 320 bis 500 kg/lfd. cm beträgt. Es wurden nun einzelne Drähte auf Zug geprüft unter gleichzeitiger Anwendung von Druck der Quere nach. Hierbei lag der Draht seiner ganzen Länge nach auf einer bearbeiteten Fläche, ähnlich der des Kabelsattels. Der Druck wurde ausgeübt mittels eines anderen Körpers, auf dem 2 parallele Drahtstücke von gleichem Durchmesser wie der Versuchsdraht und von 1'' Länge befestigt waren, so daß sie sich der Länge nach berührten. Der zu untersuchende Draht legte sich also der Länge nach in den Winkel zwischen den beiden erwähnten kurzen Drahtstücken. Bei einem Druck von 4300 lbs./Zoll, der also um 50 % höher als der in der fertigen Brücke zu erwartende Druck war, betrug die Abminderung der Zerreißfestigkeit des Drahtes nicht mehr als 1 bis 2 %. Es ist somit erwiesen, daß die oben erwähnten Querbeanspruchungen des fertigen Kabels an den Umlenkungsstellen keinen nennenswerten Einfluß auf die Sicherheit des ganzen Bauwerkes haben können.

e) Festigkeit des um eine Rolle geführten Drahtes.

Es war die Frage zu beantworten, ob die Umlenkung der Drähte um die Schuhe am Ende eines jeden Stranges (s. „Die Bautechnik“ 1926, S. 610, Abb. 8) vielleicht ungünstig auf ihre Festigkeit einwirken könnte. Daher wurden Drähte um eine Rolle von 18'' = 457 mm Durchm. geführt und zerrissen. In einer Versuchsreihe von 10 Drähten ergab sich genau derselbe Durchschnittswert der Festigkeit wie für gerade Drähte ohne Umlenkung. Außerdem brachen alle diese Drähte nicht in dem mit der Rolle sich berührenden Teil, sondern auf der freien Strecke. Eine ähnliche Feststellung wurde später bei Versuchen mit ganzen Drahtsträngen in natürlicher Größe des Querschnitts gemacht.

f) Festigkeit eines um eine Rolle geführten Spiraldrahtseiles.

Die Hängestangenseile, die um die Schellen des Haupttragkabels geschlungen sind, bieten ein Problem dar, ähnlich dem oben unter c) für den einzelnen Draht besprochenen. Dazu kommt jedoch die ungünstige Schneidwirkung der einander kreuzenden Drähte im Innern eines Spiraldrahtseiles. Aus diesem Grunde wurde von mancher Seite eine bedeutende Abnahme der Seilfestigkeit, unter Umständen bis zu 50 %, erwartet und vorausgesagt. Dabei ist zu erwähnen, daß es sich hier um ein sogenanntes „Brückenseil“ handelt, das keine Hanfseile, sondern eine

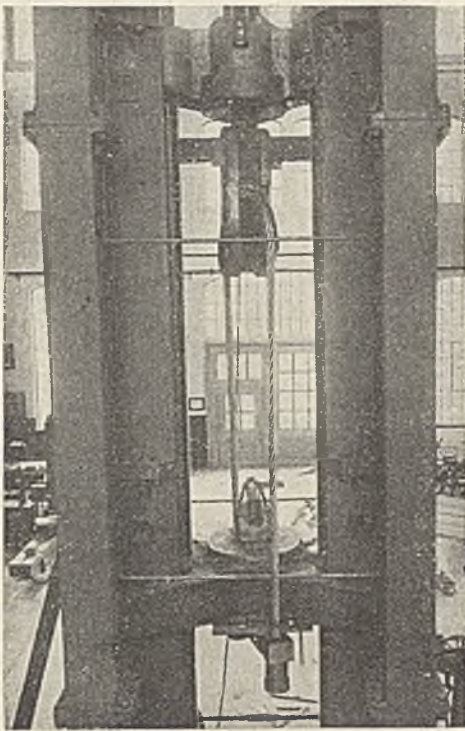


Abb. 25.  
Versuch mit dem Hängestangenseil.

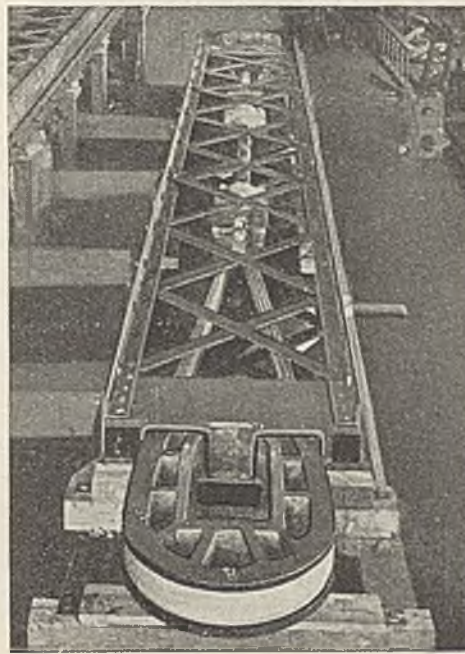


Abb. 26.  
Versuch mit einem Strang aus 306 Drähten.

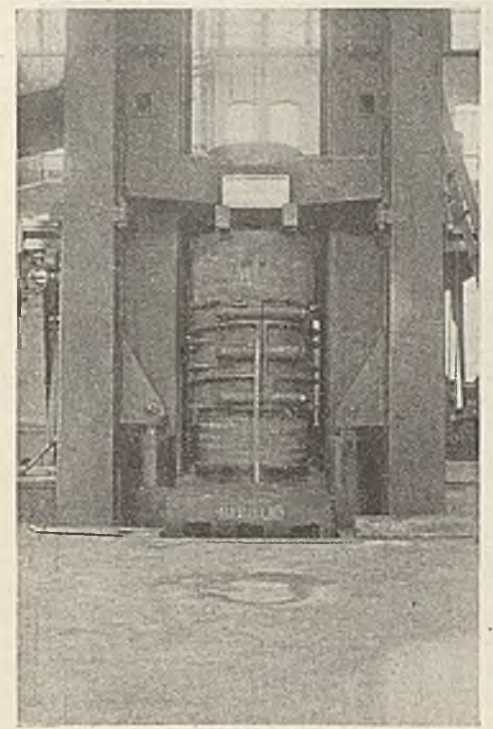


Abb. 27. Reibungsversuch mit Kabel und Schelle in natürlicher Größe.

Drahtlitzenseele hat. Es lagen keinerlei frühere Versuche vor, außer an Seilen mit Hanfseele, die für das vorliegende Problem keinen Anschluß geben konnten.

Die Hängeseile der Delaware-Brücke von  $2\frac{1}{4}'' = 58$  mm Durchm. sind an den Schellen nach einem Halbmesser von  $16'' = 406$  mm gekrümmt. Dementsprechend wurden die Versuche mit einem Rollendurchmesser von  $32'' = 813$  mm ausgeführt (Abb. 25). Der Querschnitt einer großen Zahl von Versuchen ergab einen Verlust an Festigkeit gegenüber der einfachen, unmittelbaren Zugbeanspruchung von 11 %. Diesem Umstande kann natürlich bei Bemessung des erforderlichen Seilquerschnitts leicht Rechnung getragen werden durch Vergrößerung des Querschnitts bzw. Verminderung der zulässigen Beanspruchung.

#### g) Festigkeit des Drahtes innerhalb eines Stranges.

Während bezüglich der Festigkeit des Einzeldrahtes volle Klarheit herrscht, darf man Zweifel hegen über die Art des Zusammenwirkens der vielen tausend Drähte im Gesamtquerschnitt. Gemäß „Bautechnik“ 1926, S. 838, sind es 18 666 Drähte. Versuche an paralleldrätigen Strängen, die George S. Morrison vor 30 Jahren für seine Hudson-Brückenentwürfe gemacht hatte, ergaben nur etwa 80 % der Summe der Drahtfestigkeiten. Ein Kabel von 30'' Durchm., wie es in der Delaware-Brücke verwendet werden sollte, dem Zerreißversuche zu unterwerfen, war unmöglich. Das Einzige, was man tun konnte, war, Stränge von verschiedener Drahtzahl zu zerreißen und aus den verschiedenen Wirkungsgraden Schlüsse zu ziehen, wie die Festigkeit des Stranges durch die zunehmende Drahtzahl beeinflusst wird.

Versuch Nr. 1: Ein Strang aus 37 Drähten von etwa 1' Länge ergab 96 % der Summe der Drahtfestigkeiten, die wir theoretische Festigkeit nennen wollen. Man kann also von einem Wirkungsgrade von 96 % sprechen.

Versuch Nr. 2: Ein Strang von 80 Drähten, von denen jeder einzelne gestoßen war. Die Länge betrug ebenfalls etwa 1'. Der Wirkungsgrad war etwas größer als 95 %.

Versuch Nr. 3: Ein Strang aus 80 Drähten, wie bei Nr. 2, jedoch ohne Stoßstellen. Der Wirkungsgrad war 95 %.

Das überraschende Ergebnis der beiden letztgenannten Versuche beruht offenbar darauf, daß die Einzeldrähte des Versuchskörpers Nr. 2 zufälligerweise etwas höhere Festigkeiten besaßen als die des Körpers Nr. 3, bzw. der Vergleichsdrähte, aus denen man die theoretische Festigkeit ableitete. Bei den Versuchen 1 bis 3 handelte es sich um kurze Probestücke von etwa 0,3 m Länge, bei denen die Drahtenden in ringförmigen Köpfen mittels Zink vergossen waren.

Versuche Nr. 4 und 5: Es wurden Stränge von je 306 Drähten gemäß Abb. 26 in der bedeutenden Länge von  $\approx 10$  m hergestellt und in einem käfigartigen Fachwerkgehäuse zur Prüfungsmaschine transportiert. Der Zerreißversuch ergab bei beiden Versuchen einen Wirkungsgrad von 94 %. Die Drähte waren um Gußstahlschuhe geschlungen, ähnlich wie im fertigen Kabel. Hierbei war es schwierig, den Draht bei der Herstellung des Versuchskörpers stets gleichmäßig anzuspinnen. Die

Amerikaner sind mit Recht davon überzeugt, daß die Forderung genau gleichmäßiger Anspannung aller Drähte im wirklich ausgeführten Brückenkabel sich leichter und besser verwirklichen lasse als bei den hier in Rede stehenden Versuchskörpern.

#### h) Biegung des fertigen Kabels.

Die Frage nach der Biegsamkeit des Kabels hängt eng zusammen mit derjenigen nach den Nebenspannungen im Kabel. Es wurden 10' lange Probekörper von 9,4'' Durchm. hergestellt, die mit Bandeisen in gewissen Abständen zusammengehalten und an beiden Enden sowie in der Mitte mit gußstählernen Schellen versehen waren. Zwischen diesen Schellen wurde das Versuchskabel vollständig mit Draht umwickelt, der von Hand aufgebracht und so gut als möglich angespannt wurde.

Diese Probekörper wurden dem Biegeversuch unterworfen und die Durchbiegungen gemessen. Die Belastung wurde in kleinen Stufen aufgebracht und öfters unterbrochen, bzw. wieder entfernt, um die Anteile der elastischen und bleibenden Formänderungen zu bestimmen. Die gemessenen Durchbiegungen wurden verglichen mit den gerechneten Werten für einen Balken von zusammenhängendem Querschnitt gleicher Größe und mit denselben Hohlräumen wie der Drahtkabelquerschnitt.

Wie zu erwarten war, verhielten sich diese Probekörper nur für die geringeren Anfangsbelastungen so steif wie ein Balken, während mit zunehmender Belastung die Durchbiegungen viel schneller zunahm als die gerechneten Durchbiegungen des Balkens. Die Unsicherheit, die in der unbekanntenen Spannung der von Hand aufgetragenen Umwicklung sowie in dem ebenfalls unbekanntenen Wirkungsgrade der Kabelschellen liegt, machte die Versuchsergebnisse ziemlich unbrauchbar. Was nützt es z. B. zu wissen, daß unter der Last von 9000 lbs. = 4080 kg die Durchbiegung 45mal so groß war als die eines entsprechenden Balkens mit gleichem aber zusammenhängendem Querschnitt? Es wurden zwar die Probekörper noch abgeändert, nämlich straffer umwickelt und dafür die Schellen gelockert, trotzdem scheinen uns die Zahlenergebnisse wenig Wert zu haben. Keinesfalls gestatten sie, irgendwelche sicheren Schlüsse auf die Größe der Nebenspannungen im fertigen Brückenkabel zu ziehen. Die Nebenspannungen erreichen bekanntlich Größtwerte in der Nähe der Pylonensättel, wo ja die Drähte so stark aufeinandergepreßt werden, daß von ihrem Gleiten innerhalb des Kabels keine Rede mehr sein kann.

#### i) Reibungswiderstand der Kabelschellen.

Gemäß Abb. 27 wurde der Versuch an einem Kabelstück in natürlicher Größe des Durchmessers, nämlich 30'' = 762 mm ausgeführt. Eine Kabelschelle wurde mittels Schraubenbolzen aus hochwertigem Stahl aufgeschraubt, genau wie im fertigen Brückenkabel vorgesehen. Mittels eines übergestülpten Gußstahlringes wurde die Druckkraft der Prüfungsmaschine auf die Schelle übertragen und stufenweise so lange gesteigert, bis ein Gleiten der Schelle eintrat. Dies geschah bei 190 000 lbs. = 86 200 kg, was etwa 60 % der angewandten Spannkraft aller Schraubenbolzen zusammen entspricht. Diese ungewöhnlich hoch erscheinende Reibungszahl erklärt sich aus zwei Gründen:

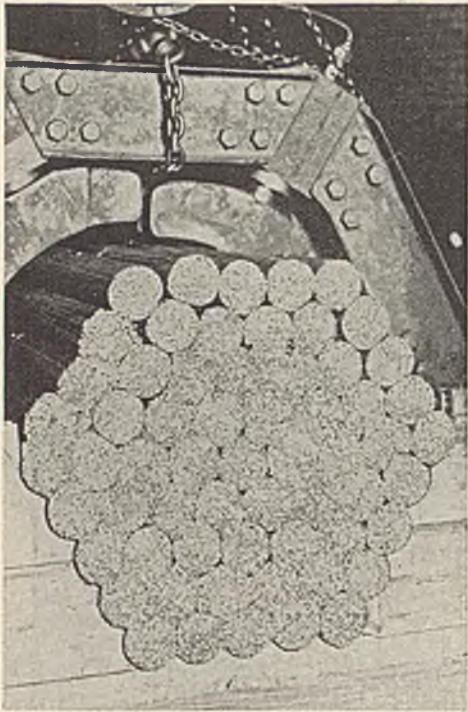


Abb. 28. Kabel in Sechseckquerschnitt vor dem Zusammenpressen.

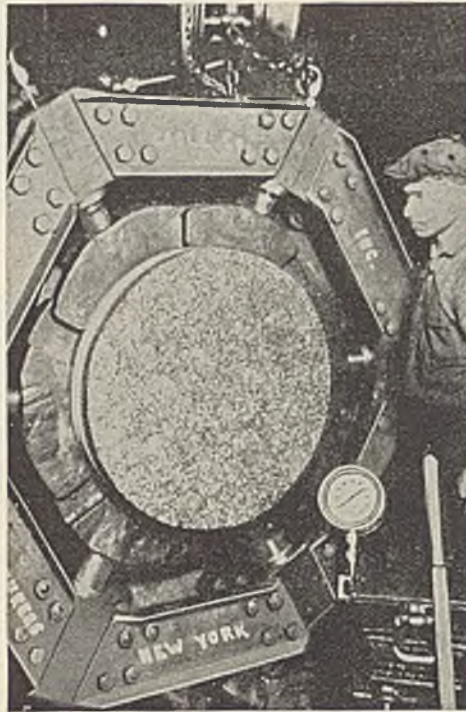


Abb. 29. Kabel in Kreisquerschnitt nach dem Zusammenpressen.

1. Jede Bolzenkraft wirkt auf beide Schalen der Schelle, also auf zwei reibungerzeugende Flächen. Daher entsprechen die obigen 60 % eigentlich einer Reibungszahl von 0,3.
2. Die Kabelschelle preßt das Kabel etwas zusammen, so daß das Kabel zu beiden Seiten der Schelle etwas dicker ist als unter der Schelle selbst. Daher tritt einer Verschiebung der letzteren außer der Reibung auch noch eine Art Keilwirkung entgegen.

Es wurden übrigens außer diesen Versuchen in natürlicher Größe auch noch folgende Vorversuche angestellt: Die oben unter h) beschriebenen Probekörper von 9,4" Durchmesser wurden ebenfalls mit entsprechenden Gußstahlschellen versehen, und es wurde die Kraft gemessen, die nötig war, um diese Schellen zu verschieben. Es ergab sich ebenfalls ein Gleitwiderstand von reichlich 60 %, der die Schelle zusammenhaltende Kraft. Ferner wurden Versuche im kleinen angestellt, bei denen ein Stahlstück von 1" Länge unter bestimmtem Druck auf einen verzinkten Draht gepreßt und zum Gleiten gebracht wurde. Die Oberfläche des Stahlstückes wurde in verschiedenen Rauheitsgraden angewandt, und man fand als Reibungszahl 0,25 bei derjenigen Oberflächenbearbeitung, die auch bei den Schellen der fertigen Brücke angewandt wurde. Für die Bemessung der letzteren ist übrigens nur mit 0,15 als Reibungszahl gerechnet worden.

#### k) Form und Durchmesser des zusammengepreßten Kabelquerschnittes.

Der eigentliche Grund für die Herstellung des Kabelprobekörpers von einigen Fuß Länge und von dem vollen Durchmesser wie in der fertigen Brücke gemäß Abb. 28 und 29 war die Frage nach der Gestalt und dem genauen Durchmesser des fertigen, zusammengepreßten Kabels. Die Kenntnis dieser Dinge war unbedingt erforderlich, um die Innenfläche

der Kabelschellen im voraus auf den genauen Durchmesser bearbeiten zu können. Die Herstellung des Probekörpers geschah in gebündelten Strängen, die in Sechseckform zusammengelegt wurden, genau wie es auf der Baustelle geschehen sollte. Mittels der in Abb. 28 zu erkennenden Maschine wurde das Kabel auf zylindrische Form gebracht. Jede der sechs über den Umfang verteilten Druckwasserpressen übte 30 t Druck aus, wodurch die Drähte in sehr satten Berührung miteinander kamen. Der endgültige Durchmesser wurde gemessen zu 29 und 15/16", in sehr guter Übereinstimmung mit dem auf Berechnung beruhenden, erwarteten Werte von 30".

#### VI. Zusammenfassung und Schlußwort.

Jeder Brückenbauer, besonders aber jeder Freund der Hängebrücken, wird in der oben beschriebenen Delaware-Brücke eine hervorragende Meisterleistung unserer amerikanischen Fachgenossen erblicken und die bedeutenden Fortschritte gegenüber den früheren Bauwerken ähnlicher Art neidlos anerkennen. Diese Fortschritte beruhen u. E. zunächst in der gewaltigen Steigerung des Kabelquerschnittes und in der außerordentlich raschen, vollkommen sicher und programmäßig ausgeführten Montage dieser aus je 18666 Einzeldrähten bestehenden Kabel. Die Entwicklungstendenz der Hängebrücken, wie überhaupt des Großbrückenbaues im allgemeinen, ging und geht offenbar dahin, immer

größere kompakte Querschnittseinheiten der Haupttragorgane auszuführen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet bedeutet es ein Zurückfallen auf eine überholte Stufe, wenn z. B. neuerdings beim Wettbewerb für die Rheinbrücke Köln-Mülheim Kabelquerschnitte von ähnlicher Flächengröße wie bei der Delaware-Brücke, aber in völlig aufgelöster Form vorgeschlagen wurden.

Sodann erblicken wir den Fortschritt in der erfolgreichen Durchführung der oben unter V. beschriebenen wertvollen Versuche in großem Maßstabe. Wenn auch noch nicht alle mit dem Hängebrückenbau zusammenhängenden Fragen restlos geklärt sind, so bilden doch diese Versuche eine wesentliche Bereicherung unseres Wissens auf diesem Gebiete. Als Fragen, die noch offen sind, betrachten wir 1. diejenige nach den Nebenspannungen im Kabel, und 2. diejenige nach der sogen. genaueren Theorie der Berechnung oder „Deflection-Theorie“ der Hängebrücken.

Endlich halten wir das Bauwerk auch in ästhetischer Hinsicht für in hohem Maße gelungen und befriedigend. Wir stellen vor allem nochmals fest, daß der Versteifungsträger als Fachwerkträger ausgeführt ist und keineswegs unschön wirkt, wie uns alle Augenzeugen bestätigen, die die Brücke in der Wirklichkeit und nicht nur auf dem Papier gesehen haben. Leider ist ja heute in Deutschland eine Moderichtung vorherrschend, die den Fachwerkträger als Versteifungsträger der Hängebrücke ablehnt und den vollwandigen Blechträger unter allen Umständen bevorzugt auch dort, wo er zu ganz unsinnigen Abmessungen und zur Unwirtschaftlichkeit zwingt. So kommt es, daß mit mir wohl mancher deutsche Brückenbauer nicht anders als mit einem gewissen Gefühl der Wehmut auf die Leistungen der Amerikaner blicken kann. Sie haben eben nicht nur die weit größeren Aufgaben und Hilfsmittel vor uns voraus, sondern sie haben auch mit weniger Widerständen zu kämpfen.

Alle Rechte vorbehalten.

### Zur Frage der Eisabführung an Wehren.<sup>1)</sup>

Von Regierungsbaumeister a. D. W. Lutz, Stuttgart.

In den Ausführungen von Oberbaurat Geisse zu dem von Dr.-Ing. Ottmann erstmals behandelten Gegenstände sind hauptsächlich Walzen- und Segmentwehre betrachtet und ist das Schützenwehr als Großwehr nur kurz gestreift. Bei diesem liegen jedoch hinsichtlich der besonderen Regelvorrichtungen, ohne die künftig zur Feinregelung des Staus und zum Abführen von Geschwemmsel, kleineren Hochwassern und Eis bewegliche Wehre nicht mehr gebaut werden sollten, die Verhältnisse ähnlich und lassen bei genauer Untersuchung und auf Grund von Erfahrungen eine klare Stellungnahme zu.

Wie aus den Veröffentlichungen hervorgeht, dienen als solche besonderen Regelvorrichtungen an Schützenwehren das wagerecht geteilte

<sup>1)</sup> Vergl. die gleichnamigen Aufsätze in der „Bautechnik“ von Ottmann, Geisse und Kulka, 1925, Heft 18, S. 237 und 1926, Heft 5, S. 60; Heft 21, S. 304; Heft 55, S. 835.

Doppelschütz und die Eisklappe. Ersteres ist als M.A.N.-Patent-Doppelschütz bekannt, bei dem die obere, erheblich kleinere Schütztafel hinter der nach oben auskragenden Stauwand des Unterschützes abgesenkt wird. Die Eisklappe wird wie am Rheinwehr Augst-Wyhlen ausgeführt oder in der verbesserten Form mit torsionsfester, durchgehender Welle und mit vom Hauptantriebe betätigtem Antriebe, wie sie die Firma Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen, baut.

Beide Vorrichtungen sind in frostfreien Zeiten wohl gleich betriebssicher, jedoch nicht, wenn es sich darum handelt, Eis durch Absenken der Wehrkrone über den Wehrkörper hinweg abschwimmen zu lassen, da die infolge von Vereisung auftretenden zusätzlichen Bewegungswiderstände eine Absenkung bei dem Doppelschütz unmöglich machen können. Es treten nämlich nicht nur Vereisungen an den Seitendichtungen und an der wagerechten Dichtungsfuge auf, sondern es bildet sich auch auf der ganzen oberwasserseitigen Stauwand des Schützes eine zusammenhängende, je



nach Stärke und Dauer des Frostes mehr oder minder dicke Eisschicht, die im Gegensatz zu den durch Spritzwasser hervorgerufenen, auf der Unterwasserseite meist als Eiszapfen sichtbaren Hindernissen künstlich kaum entfernt und sehr hinderlich werden kann.

Bei der Klappe, die sich um eine Achse und in Richtung des Wasserdrukkes dreht, setzt sich dem Umlegen infolge der letztgenannten Art von Vereisung bei rechtzeitigem Eingreifen nur geringer Widerstand entgegen; das Umlegen der Klappe wird zudem durch den auf sie wirkenden Wasser- und Eisdruck gefördert, und gegebenenfalls kann durch den Antrieb noch eine Zusatzkraft übertragen werden. Anders dagegen bei dem versenk- baren Doppelschütz. Hier wird durch die Bewegung des Oberschützes senkrecht zum Wasser- und Eisdruck an und für sich schon vermehrte Reibung hervorgerufen, dazu kommt noch, daß die auf der Tafel haftende Eisschicht beim Absenken entlang der ganzen Höhe des Oberschützes ab- geschert werden müßte, und zwar schon, wenn die Eisschicht nur wenige Millimeter stark ist. Eine solche bildet sich aber mit dem Einsetzen von Frost sehr rasch, weil die eisernen Schütztafeln als gute Wärmeleiter den anliegenden, fast ruhenden Wasserschichten sofort die Lufttemperatur mit- teilen und ihr Gefrieren ähnlich wie an einem freien Seespiegel ermög- lichen. Die Erfahrung zeigt, daß die zur Verfügung stehende Kraft, d. i. das Eigengewicht des Schützes, nicht ausreicht, um die Eisschichten abzuscheren bzw. deren Adhäsion an der eisernen Tafel zu überwinden, so daß die Bewegbarkeit des Oberschützes lahmgelegt ist. Es muß dann entweder abgewartet werden, bis sich das Eis geraume Zeit nach Eintritt von Tauwetter von selbst von der Tafel abgelöst hat, oder es muß mit dem zum einfachen Schütz gewordenen Doppelschütz geregelt werden. Daraus geht hervor, und dies lehrt auch ein sachgemäßer und gut geführter Betrieb, daß man, wie schon Dr.-Ing. Ottmann betont hat, bereits während der Eisbildung einzugreifen hat und nicht etwa abwarten darf, bis alles zusammengefroren ist, sich das Eis im Oberwasser ineinander- geschoben und aufgetürmt hat und im Gefahrfalle — insbesondere beim Einsetzen von Tauwetter, Schneeschmelze und Hochwasser — unter Außer- achtlassung aller Vorsicht und Nichtachtung der Bedürfnisse der Kraft- nutzung, der Schifffahrt und Fischerei sowie unter Gefährdung der Gesamt- anlage die Verschlüsse gewaltsam entfernt werden müssen. Bei der Eis- abführung hängt außer von erprobten und im Ernstfalle nie versagenden Verslußeinrichtungen viel von dem Verständnis des Betriebsleiters für die Verhältnisse seiner Anlage ab.

Als Beispiel für das mehrfach nachweisbare Versagen des Versenk- schützes eines M. A. N.-Doppelschützes diene ein Vorkommnis an dem neuen Neckarwehr des Elektrizitätswerkes Stuttgart-Untertürkheim, das aus 4 Rollschützen von je 17 m Lichtweite und insgesamt 4,5 m Höhe, wo- von 1,25 m auf das Oberschütz entfallen, besteht. Die mittlere Tages- temperatur der Gegend betrug am 1. Dezember 1925 noch + 1,8° C, an den folgenden Tagen — 1,6, — 2,2, — 8,6, — 10,2, — 10,7, — 9,5, — 6,6° C, so daß sich im Staubereich des Wehrs eine etwa 10 cm starke Eisdecke gebildet hatte. Am 9. Dezember 1925 setzte plötzlich bei + 5,3° C mittlerer Tagestemperatur Tauwetter ein, und der infolge der Schneeschmelze rasch ansteigende Wasserspiegel brachte die bis da- hin geschlossene Eisdecke zum Bersten. Es fand plötzlicher Eisaufbruch statt, und die zunehmende Wasserführung trieb die Eisschollen gegen das Wehr. Nun wurde am 12. Dezember 1925 mit allen Mitteln ver- sucht, die Oberschützen zu senken; dies gelang aber zu dieser Zeit noch nicht, und man mußte wegen Hochwassergefahr und um gefährlichen Eis- druck zu verhüten, das Eis durch Heben der Doppelschützen unten ab- ziehen lassen, was außer Sohlenangriffen und Wasserverlust eine schwere Schädigung des Fischbestandes zur Folge hatte. Wie gefährlich Eisdrücke

durch das abgehende Oberflächeneis für ein bewegliches Wehr werden können, hatte sich gezeigt, als bei einem solchen Eisgang im Winter 1917/1918 das frühere, aus Holzgleitschützen und Losständern bestehende Wehr derselben Wasserkraftanlage eingedrückt wurde.

Da nach dem Gesagten derartige Störungen bei Anordnung einer Eis- klappe nicht zu befürchten sind, wird Dr.-Ing. Ottmann zuzustimmen sein, daß die Klappe als Regelvorrichtung künftig eine vorherrschende Stellung einnehmen wird, jedoch nicht nur auf Segmentwehren, sondern auch auf Schützenwehren.

Um noch kurz auf die Frage einzugehen, ob die Eisabführung besser durch Versenken des ganzen Verslußkörpers oder durch Abschwimmen- lassen mittels besonderer Regelvorrichtung geschieht, so hat m. E. hierbei Oberbaurat Geisse das Maß der Absenkbarkeit der Wehrkrone wohl nicht genügend beachtet. Soll nämlich auf die Eisbildung und auf die Eis- abführung ausreichend eingewirkt werden, so muß die Absenkbarkeit möglichst groß gewählt werden, namentlich dann, wenn nur ein Teil aller Öffnungen oder gar nur eine Öffnung absenkbar ist. Nun beträgt die übliche Absenkbarkeit von Walzen etwa 0,5 m, bei der Anlage Viereth a. M. mit 6 m Verslußhöhe 1,10 m. Dies genügt zur Feinregelung des Staus, auch für die Abfuhr von Geschwemmsel und Unreinigkeiten, aber kaum, um die Eisbildung und Eisabfuhr entscheidend beeinflussen oder kleinere Hochwasser ohne Anheben des Wehrkörpers abführen zu können. — Die Klappe gestattet Absenkungen der Wehrkrone, die nahezu ein Drittel der Höhe des Verslußkörpers betragen, das ist bei einer Verslußkörper- höhe von 4,5 m rd. 1,5 m und bei einer solchen von 6 m rd. 2 m Ab- senkung, womit alle Forderungen hinsichtlich Feinregelung, Hochwasser- und Eisabfuhr erfüllt werden können. Dabei ist die Klappe konstruktiv einfach und betriebsicher. — Bei einem Versenkehr über offener Wehrgrube birgt die Vertiefung der Flußsohle, d. h. ein Raum zwischen Überfallstrahl und Schwelle bzw. unmittelbar unter dem durchschießenden Wasser, wo sich Unterdrücke einstellen, die Gefahr der Verlegung durch mittels Einspülstromes nicht zu beseitigendes Geschiebe, Geröll und Eis in sich und hat deshalb wohl ihre Grenze bei den obengenannten Maßen. Auch wird ein solches Wehr sich schlecht absenken lassen, wenn das Unterwasser vollständig eingefroren ist. Dieser Nachteil der möglichen Verlagerung kommt noch zu der empfindlichen Sohlendichtung in der Ver- tiefung und zu der an sich schon schwierigen Sohlenausbildung, die allen Abflußvorgängen zu genügen hat. Dem Vorschlag von Oberbaurat Geisse, eine Klappe nur dann anzuordnen, wenn die Versenkungsmöglichkeit des beweglichen Wehrkörpers ausgeschlossen ist, ist daher m. E. nicht zuzu- stimmen. Anders liegt der Fall, wenn an Stelle des teilweise in einer gegen das Unterwasser offenen Wehrgrube versenkbaren Staukörpers der vollkommen versenkbare Staukörper tritt, dem auch Prof. Kulka volle Zweckerfüllung beimißt, da hierbei die Dichtung stets gewahrt bleibt und der Hohlraum unter dem Wehrkörper geschlossen und zugänglich ist. Eine derartige Ausführung ist das seit über 15 Jahren im Betriebe befindliche, von der M. A. N. gebaute Sektorwehr in Bremen von 2 × 54 m Länge und, 4,6 m Stauhöhe, das sich auch bei Frost und Eisgängen gut bewährt hat, sowie ein von der Fa. Fried. Krupp-Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau, neuerdings als Versenkschütz konstruiertes Wehr von 21 m Länge und 3,5 m Stauhöhe bei Sulz am oberen Neckar<sup>2)</sup>, das zur Staubeseitigung ebenfalls vollständig in die Sohle versenkt werden kann. Diese Art der Ausführung ist allerdings der hohen Kosten wegen auf besondere Fälle beschränkt.

<sup>2)</sup> Vergl. Mitteilungen 1926 des Württ.-Hohenz. Wasserwirtschafts- verbandes, Stuttgart.

Alle Rechte vorbehalten.

### Die zulässigen Spannungen massiver Bogen.

In seinem Aufsätze „Zum Einsturz des Betonbogens in Flensburg“ in „Beton u. Eisen“ 1925, S. 188 hat v. Emperger bereits diese Frage an- geschritten. Er war dort zu dem Ergebnis gekommen, daß die Knick- bedingungen der Verminderung der Scheitelstärke eine Grenze setzen müßten, und daß diese Grenze bei manchen Ausführungen bereits über- schritten sei. Im Anschluß an seine Forderung, daß die amtlichen Eisen- beton-Bestimmungen in dieser Richtung zu ergänzen seien, soll im folgenden gezeigt werden, daß die Deutschen Bestimmungen 1925, sinn- gemäß angewandt, eindeutige und genaue Richtlinien für die Bemessung der Bogen mit Hinsicht auf die Knickgefahr liefern, und damit auch die zulässigen Spannungen festlegen.

Jeder Bogen unterliegt in seiner Ebene einer Knickgefahr, die am zweckmäßigsten gekennzeichnet wird durch Angabe der Länge  $l_k$  eines Ver- gleichstabes gleichen Querschnitts, der bei gelenkiger Lagerung dieselbe Knickkraft aushält. Die Formeln für diese Knicklängen sind in Überein- stimmung mit Versuchen in den Werken über die Statik der Eisen- konstruktionen entwickelt<sup>1)</sup> und ihre Anwendung im Eisenbau ist allgemein üblich. Die Knicklängen flacher Bogen sind:

<sup>1)</sup> Siehe Bleich, Theorie und Berechnung der eisernen Brücken, ferner R. Mayer, Die Knickfestigkeit.

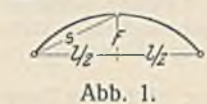


Abb. 1.

Dreigelenkbogen (Abb. 1):  $l_k = 1,28 [1 + 7(f/s)^2] s$ ,

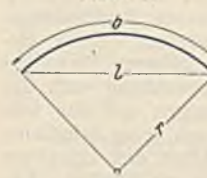


Abb. 2.

Zweigelenkbogen (Abb. 2):  $l_k = \sqrt{\frac{1}{\frac{4}{b^2} - \frac{1}{\pi^2 r^2}}}$ ,

Eingespannter Bogen:  $l_k = \sqrt{\frac{1}{\frac{9}{b^2} - \frac{1}{\pi^2 r^2}}}$ .

Im Grenzfall ergibt sich für sehr flache Bogen in derselben Reihenfolge  $l_k = 0,64 l, 0,50 l, 0,33 l$ , wo  $l$  die Spannweite des Bogens.

Damit ist das Problem zurückgeführt auf die Knickung gerader Stäbe, unter Biegung mit Achsialdruck. Die Summe aller Theorie und Erfahrung hierüber ist jedoch niedergelegt in den Vorschriften über die Säulen in den amtlichen Bestimmungen, die demnach für diesen besonderen Fall auszulegen sind.

Der Hauptinhalt der Säulenvorschriften ist, daß die Normalkraft mit dem Werte  $\omega$  multipliziert einzuführen ist, um der Knickgefahr Rechnung zu tragen. Dieser Wert  $\omega$  ist abhängig von dem Verhältnis  $h/d$  der

Säulenhöhe  $h$  zur kleinsten Dicke  $d$  des Querschnitts. Um auch anderen Querschnitten als rechteckigen Rechnung zu tragen, drücken wir  $d$  durch den Trägheitshalbmesser  $i$  aus; bei rechteckigem Querschnitt ist  $d = i\sqrt{12}$ , also  $\frac{h}{d} = \frac{h}{i\sqrt{12}}$ , und wenn man  $h/d$  mit  $\lambda$  (Schlankheitsgrad) bezeichnet, so entspricht dem Verhältnis  $h/d$  die Größe  $\frac{\lambda}{\sqrt{12}}$  für beliebige Querschnitte.

Bei Eisenbeton beginnt die Knickgefahr bei einem Verhältnis  $h/d = 15$  oder  $\lambda = 52$  mit einem Wert  $\omega = 1$ , und schlankere Stützen als mit  $h/d = 25$  oder  $\lambda = 86,70$  mit  $\omega = 1,75$  sind in den Bestimmungen nicht vorgesehen, und demnach, wie auch Gehler in den „Erläuterungen“, S. 170 angibt, wohl nicht zulässig. Führt man die Knicklänge der Gewölbe (wie oben angegeben) in diese Bestimmungen ein, so erhält man bei massiven Gewölben (mit geringer Berechnung) für die Fugenstärke, bei der die Knickgefahr zu berücksichtigen ist:

	Dreigelenk- bogen	Zweigelenk- bogen	Eingespannter Bogen
Knicklänge $l_k =$	0,64 $l$	0,50 $l$	0,33 $l$
Knickgefahr bei einer Fugen- stärke von . . . . .	1/23,5 $l$	1/30 $l$	1/45,5 $l$
Geringste zulässige Fugen- stärke mit $\omega = 1,75$ . . . .	1/39,1 $l$	1/50 $l$	1/76 $l$

Bei hohlen Querschnitten oder solchen von gespreizter Form mit erheblicher Bewehrung (3 %) ergibt sich der Trägheitshalbmesser bis zu  $i = 0,415 d$ , wo  $d$  die Dicke des Querschnitts, und man erhält:

	Dreigelenk- bogen	Zweigelenk- bogen	Eingespannter Bogen
Knickgefahr bei einer Fugen- stärke von . . . . .	1/35,8 $l$	1/43,3 $l$	1/64,8 $l$
Geringste zulässige Fugen- stärke mit $\omega = 1,75$ . . . .	1/56,3 $l$	1/72 $l$	1/108 $l$

Im allgemeinen wird es genügen, wenn die für das Ausknicken maßgebende Fuge diese Stärke hat, bzw. wenn man den ganzen Bogen mit dem  $\omega$  dieser Fuge bemißt, doch sei hervorgehoben, daß die Knickkraft eines Stabes, dessen Trägheitsmoment (nicht dessen Höhe) nach einer Parabel nach den Enden zu abnimmt, nur  $\frac{8 EJ}{l^2}$  ist, an Stelle von  $\frac{\pi^2 EJ}{l^2}$ .

Ein günstiger Einfluß liegt in der Mitwirkung der Fahrbahn. Geht diese ununterbrochen durch und ist sie etwa durch Stützen mit dem Bogen verbunden, so kann ihr Trägheitsmoment um ihre eigene Achse additiv zu dem des Bogens hinzugefügt werden, wodurch dessen Trägheitshalbmesser vergrößert und seine Schlankheit verringert wird. Das Trägheitsmoment des gesamten Querschnitts zwischen Bogen und Fahrbahn darf natürlich nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn die Verbindung zwischen beiden auch die entsprechenden Scherkräfte aufnehmen kann. Bei Bogen mit kräftigen Stirnmauern und Auffüllung dürfte die Knickfrage keine Rolle spielen.

Aus dem oben Dargelegten sieht man, daß der eingespannte Bogen wesentlich kleinere Knicklängen hat als die beiden anderen Bogen; sein  $\omega$  ist daher geringer und die Knickzuschläge sind kleiner (etwa die Hälfte),

so daß ihm auf diesem Wege wieder etwas gegeben wird, was ihm durch Inrechnungstellung der Temperaturspannungen gegenüber dem Dreigelenkbogen genommen wurde; dies entspricht durchaus dem gesunden statischen Empfinden.

Bei Melan-Gewölben mit Vorspannung muß der Querschnitt natürlich für die ganze Normalkraft knicksicher sein, d. h. die Betonspannung, die sich aus der  $\omega$ -fachen Gesamtnormalkraft abzüglich der Vorspannung errechnet, muß unter der zulässigen Beanspruchung bleiben.

$$\sigma_b = \frac{\omega N - N_0}{F_i} \pm \frac{M}{W_i}$$

wo  $N$  = Gesamtnormalkraft,  $N_0$  = Normalkraft der Vorspannung,  $M$  = Biegemoment,  $F_i$  und  $W_i$  = ideelle Fläche bzw. Widerstandsmoment.

Eine weitere Frage ist die des Prozentsatzes der Eiseneinlagen. Für Säulen ist ein Mindestsatz von 0,5 bzw. 0,8 % vorgeschrieben, damit die Eisenbetonbestimmungen Anwendung finden können; es ist kein Grund vorhanden, von dieser Forderung bei Gewölben Abstand zu nehmen, ebensowenig wie von den Vorschriften bezüglich der Bügel. Der Höchstbetrag einer losen Bewehrung ist für Säulen mit 3 % festgesetzt; auch diese Bestimmung erscheint für Gewölbe gerechtfertigt; größere Prozentsätze sollten mit steifer Bewehrung ausgeführt werden und mit solchen Gitterversteifungen, daß der bedeutende Beitrag der Eisen zum Trägheitsmoment in diesem Falle auch tatsächlich vorhanden ist.

Von nicht geringerem Interesse ist es, die Auswirkung der Bestimmungen für Stampfbeton zu betrachten, worunter auch Säulen bzw. Gewölbe mit weniger als 0,5 % ( $h/d = 5$ ) und 0,8 % ( $h/d = 10$ ) Bewehrung fallen. Hier ist vorgeschrieben für ein  $h/d$  (d. h. sinngemäß  $\lambda/\sqrt{12} = 1, 5, 10$ , je ein Wert  $\omega = 1, 2, 4$  mit einem Größtwerte der normalen zulässigen Spannung von 50 kg/cm<sup>2</sup>. Man hat daher, wenn eine Mitwirkung der Fahrbahn oder Stirnmauern nicht vorhanden ist, unter Verwendung der oben angegebenen Knicklängen:

	Dreigelenk- bogen	Zweigelenk- bogen	Eingespannte Bogen
eine kleinste Fugenstärke von	1/16,5 $l$	1/20 $l$	1/30 $l$
mit einer zulässigen Beanspruchung von 12,5 kg/cm <sup>2</sup> .			

Wie v. Emperger zeigt, ist man in manchen Fällen schon darüber hinausgegangen; allerdings ermittelt er das Schlankheitsverhältnis aus der Scheitelfuge, während die Knickfuge maßgebend ist, die etwa mit der jeweiligen sogenannten Bruchfuge zusammenfällt. Trotzdem gehen einige Brücken noch über die angegebenen Schlankheiten hinaus. Die obigen Forderungen erscheinen auch, weniger hinsichtlich der Fugenstärke als der zulässigen Beanspruchung, sehr streng. Jedoch ist schwer einzusehen, welche Gründe für eine wesentliche Besserstellung des Gewölbes gegenüber dem Stampfbetonpfeiler sprechen sollten. Die Knicklängen der Gewölbe sind durch Versuche bestätigt, und auch der Eisenbau behandelt Stützen und Gewölbe nach gleichen Grundsätzen. Man könnte vielleicht für Gewölbe den Sicherheitsgrad anders festsetzen, aber eine grundsätzliche Festsetzung der zulässigen Spannungen auf Grund der Knickgefahr ist notwendig, schon aus Gründen der gleichmäßigen Sicherheit und gerechten Beurteilung der verschiedenen Systeme von Bogenträgern.

Dr.-Ing. Hch. Leitz.

## Vermischtes.

**Technische Hochschule Berlin.** Als ordentl. Professor ist berufen worden der Obergeringieur der Siemens-Bauunion Dr. rer. pol. Georg Garbotz zu Berlin.

**Straßenbautagung Leipzig 1927** vom 31. August bis 2. September. Während der Herbstbauernesse veranstalten das Leipziger Meßamt und der Straßenbau-Verein Leipzig eine Straßenbautagung unter der wissenschaftlichen Leitung von Geh. Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. Brix und Ministerialrat Dr.-Ing. Speck. Am 31. August werden von 9 $\frac{1}{2}$  Uhr ab im Festsaal des Neuen Rathauses Fachvorträge von Oberbergrat Prof. Dr. Steuer, Darmstadt, Prof. Höpfer, Danzig, Prof. Spangenberg, Kommerzienrat Dr.-Ing. ehr. A. Deidesheimer und Direktor E. Lauber gehalten. Am 2. u. 3. Tage finden Besichtigungen der Bauernesse und von Straßen statt, u. a. der Versuchsstrecke auf der Provinzialstraße Leipzig—Merseburg.

**Ein Haus der Technik in Essen.** Schon im Jahre 1912 ist in Essen in wissenschaftlicher Form die Grundlage der modernen Fortbildungsbestrebungen des höheren Technikers niedergelegt worden. Diese Bestrebungen zielen dahin, dem in der Praxis stehenden höheren Techniker in Vorträgen und Arbeitsgemeinschaften den Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Forschung zu bieten, ihm Anregungen aus den verschiedenen Industrie- und Gewerbebezügen zu geben, um seine Schaffenskraft zu erproben, Verbesserungen zu ersinnen und damit den einzelnen Betriebs- und Gewerbebezügen neue Möglichkeiten zu erschließen. Die Stadt Essen und die technisch-wissenschaftlichen Vereine haben nunmehr beschlossen, ein „Haus der Technik“, das diesen Zielen dient, in Essen zu errichten. Das Haus soll im Jahre 1928 gelegentlich der in Essen stattfindenden Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure eingeweiht werden. Alle Zweige der Technik, des Berg-, Hütten- und Maschinenwesens, der Gas- und Elektrotechnik, der chemischen Technik, der technischen Betriebswirtschaft und des Wirtschaftswesens, die physikalisch-mathematischen Wissenschaften usw. sollen zur Geltung kommen. Insbesondere soll auch dem Verkehrs- und Bauwesen Beachtung ge-

schenkt werden, damit auch der Architekt, der Bauingenieur, der Siedlungsfachmann, der Bautechnologe und höhere Gewerbetreibende hier Gelegenheit zur Fortbildung und Berührung mit neueren Erkenntnissen seines engeren Fachgebietes findet. Das Institut will keine Hochschule sein, sondern nur in Ergänzung der Hoch- und Fachschulen die Anwendung neuer Wissensstoffe in der Wirklichkeit anregen und diese an Berufsangehörige der Technik vermitteln.

**Der Dammsprung bei Rühlow (Meckl.)** ist Gegenstand eines Berichtes von Reichsbahnoberrat Wolgast, Schwerin (Meckl.), in der „Reichsbahn“ 1927, Heft 17. Angesichts der Aufmerksamkeit, mit der man heute in Fachkreisen den Ursachen solcher Unfälle nachgeht, und der wachsenden Bedeutung rationeller Bodenforschung<sup>1)</sup> sei der Bericht nachstehend im Auszuge wiedergegeben:

Die eingleisige Bahnlinie von Neubrandenburg nach Strasburg (Uckerm.) überschreitet zwischen den Stationen Sponholz und Neetzka bei Rühlow auf zweigleisigem Unterbau ein etwa 70 m breites Moor, ein sogenanntes Soll, wie es in Norddeutschland von der Eiszeit her tausende gibt (Abb 1). Am 21. November 1926 wurde gegen Mittag auf dem Damm ein 2 bis 3 cm breiter, rd. 35 m langer Riß festgestellt. Nachdem Langsamfahrsignale aufgestellt waren, fuhren bis zum Dienstscluß gegen 11 $\frac{1}{2}$  Uhr abends noch 8 Züge über den Damm, ohne daß weitere Änderungen am Bahnkörper beobachtet wurden. Wahrscheinlich zwischen 1 und 2 Uhr nachts, also etwa 12 Stunden nach der Beobachtung des Risses, ist dann die Rutschung vor sich gegangen; sie wurde jedoch erst kurz vor 6 Uhr morgens bemerkt. Das Betriebsgleis schwebte auf rd. 65 m in der Luft, und ein großer Teil des Bahndammes war etwa 6,5 m tief in das Moor versackt.

Wie Abb. 2 zeigt, hatte sich das neben dem Bahndamm im Moor

<sup>1)</sup> Vergl. „Die Bautechnik“ 1927, Heft 20, S. 294: Backofen u. Hoyer, Bautechnische Bodenerforschungen als Vorbedingung zum rationellen Bauen (Vortragsbericht).

stehende Strauchwerk nach dem Damm zu geneigt. Der Bock des am Damm verlaufenden Telegraphengestänges hatte sich schräg gestellt, weil die scharf angespannten Telegraphendrähte ihn oben in der alten Lage festhielten, und die Moordecke war unmittelbar am Bahnkörper — zum Teil auf 7 m Breite — 1 m tief nach unten gerissen und weiterab bis zu 1,4 m hoch angehoben. Es waren etwa 3800 m<sup>3</sup> Boden verschwunden. Die Aufblähungen des Moores betrug nur rd. die Hälfte, so daß die Rutschung das Moor erheblich entwässerte und verdichtete.

Der Bahndamm war vor 60 Jahren beim Bau der Bahn durch das Moor geschüttet, dessen Oberfläche heute Pferd und Wagen tragen kann. Zur Zeit des Bahnbaues soll sie noch weich gewesen sein, so daß der Boden mitsamt den Schüttgerüsten wiederholt im Moor verschwand. Die bei den Schüttungen entstandenen Mooraufreibungen sind nach Fertigstellung des Dammes durch Einebnung wieder beseitigt. Erst drei Jahre nach der Betriebseröffnung soll der Bahnkörper über dem Moor einigermaßen zur Ruhe gekommen sein. Doch mußte das Gleis auf dem Damm bis zuletzt in jedem Frühling und Herbst nachgestopft werden. Risse wurden vor der jetzigen Rutschung nur zweimal beobachtet, zuerst im Jahre 1890, wo das Gleis gleichzeitig 15 cm wegsackte, und dann im Jahre 1923, wo sich die südliche Dammböschung um etwa 40 cm senkte. In beiden Fällen sind nach Wiederherstellung des Bahnkörpers weitere Schäden nicht eingetreten.

Um die Ursachen der Rutschung vom 22. November 1926 zu finden, wurden in dem Dammquerschnitt bei km 211,411 zahlreiche Bohrungen ausgeführt. Den nach den Bohrergebnissen gezeichneten Dammquerschnitt stellt Abb. 3 dar.

Der Schüttboden des Dammes besteht aus Lehm mit Sandzusatz, die Rutschfläche läßt sich mit Sicherheit nur in dem oberen Teil, der nach der Rutschung offen dalag, feststellen. Nach den Beobachtungen beim Vortreiben der Bohrlöcher, besonders bei Bohrloch 3, schien es, als ob in dem unteren Teil der Schicht Hohlräume vorhanden wären. Auffällig ist in dem Dammquerschnitt die starke Neigung der Moorsole nach Süden zu.

Für die Rutschung sind noch zwei weitere Punkte von Belang. Zunächst ist das Gleis im Herbst 1926 mit Schotter versehen und dabei um 35 cm angestopft worden. Von dem bei der Gleisbeschotterung ausgebauten Altkies wurde eine erhebliche Menge in 0,5 m Höhe auf der südlichen Dammböschung abgelagert, so daß die Mehrbelastung des abgestürzten Dammteils etwa 5% des bisherigen Gewichtes ausmachte. Zweitens waren die Regenverhältnisse in den Herbstmonaten 1926 besonders ungünstig. Das Wasser in dem Sand unter dem Bahnkörper stand demnach unter außergewöhnlich hohem Druck.

Es ergeben sich somit folgende Ursachen der Rutschung:

1. die starke Neigung der Dammunterkante,
2. der moorige, schmierige Boden unter dem Damm, der von unten her stark unter Wasserdruck stand und eine gute Gleitfläche für das seitlich ausweichende Moor abgab,
3. die geringe Widerstandsfähigkeit gegen Druck der aus Moor und Holz bestehenden Schicht unter dem südlichen Dammfuß,
4. die durch die Anstufung und Altkiesablagerung hervorgerufene Mehrbelastung des Dammes.

Diese Ursachen bewirkten einerseits eine Erhöhung des Dammdruckes auf das Moor, andererseits verringerten sich die dem Dammdruck widerstehenden Kräfte. Das unglückliche Zusammentreffen aller Wirkungen hatte die Rutschung zur Folge.

Eine befriedigende Aufklärung des Vorganges von der Rissebildung bis zur Rutschung geben diese Ausführungen jedoch nicht: Die Ursachen zu 1 bis 3 werden auch in den Jahren 1890 und 1923 vorgelegen haben, als sich größere Risse im Damm zeigten und doch keine größere Rutschung eintrat. Auch die unter 4 genannte Lagerung von Kies dürfte an und für sich die Rutschung nicht ausreichend begründen, weil sie schon am 20. Oktober stattfand und sie sich wahrscheinlich unmittelbar nach der Rissebildung und nicht erst 12 Stunden später ausgewirkt hätte, wo unter gewöhnlichen Umständen die den Damm stützende Reibung in der Rißfläche wieder größer geworden war. Warum hatte es nicht auch 1926 mit der Rissebildung sein Bewenden?

Wahrscheinlich stellt die wasserführende Sandschicht unter dem Moor nicht eine in sich abgeschlossene Ablagerung dar, sondern sie ist nach dem östlichen Moorrande zu in zwei Lagen gespalten. In mehreren Bohrlöchern, auch mitten im abgerutschten Teil des Dammes in Bohrloch 1, wurde nur eine dünne Sandlage mit starkem Wasserdruck festgestellt. Könnte nicht der beim Entstehen des Risses gebildete Hohlraum durch einen unglücklichen Zufall Anschluß an die Sandablagerung und damit an das unter Druck stehende Wasser erhalten, so daß unten stark genäßter Sand und weiter oben Wasser in die Rißfläche gelangt wäre? Der Lehm wäre unter dem Einfluß des Wassers in der Rißfläche aufgeweicht, und die Reibung in ihr wäre außerordentlich verringert. Gleichzeitig mit der Verringerung der Reibung erhöhte sich der Druck des südlichen Dammfußes auf das ihn gewissermaßen wie ein Widerlager stützende Moor und konnte nach Verlauf von 12 Stunden so groß werden, daß das Moor nachgab und der Damm nachstürzte.

Um die Erfahrungen aus der Rutschung zu verwerten, ist zunächst angeordnet, daß auf Böschungen von Bahndämmen in Mooren nur unter besonderen Umständen Boden abgelagert werden darf. Ferner werden

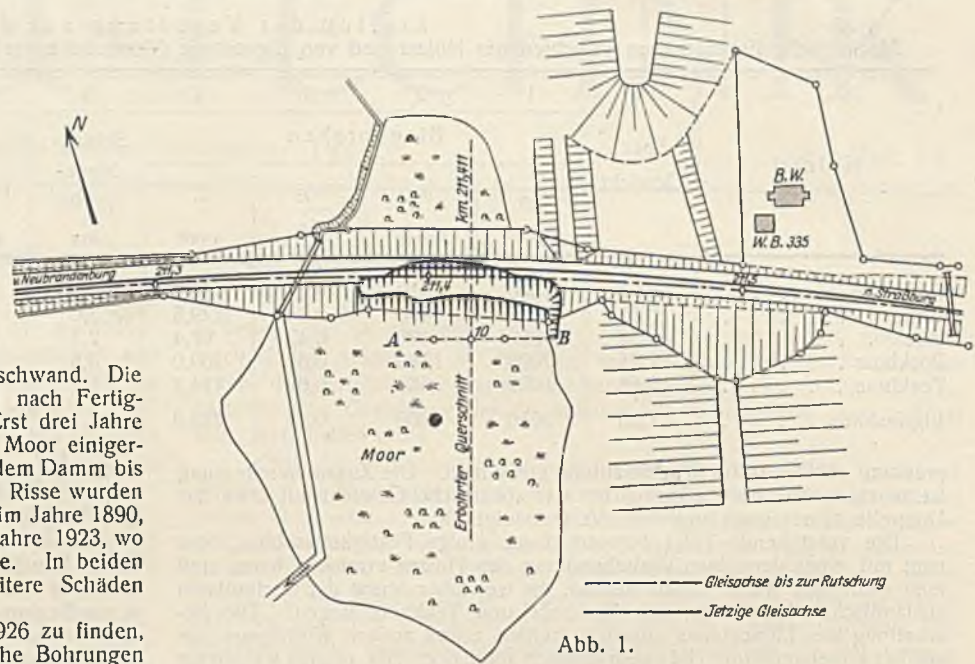


Abb. 1.

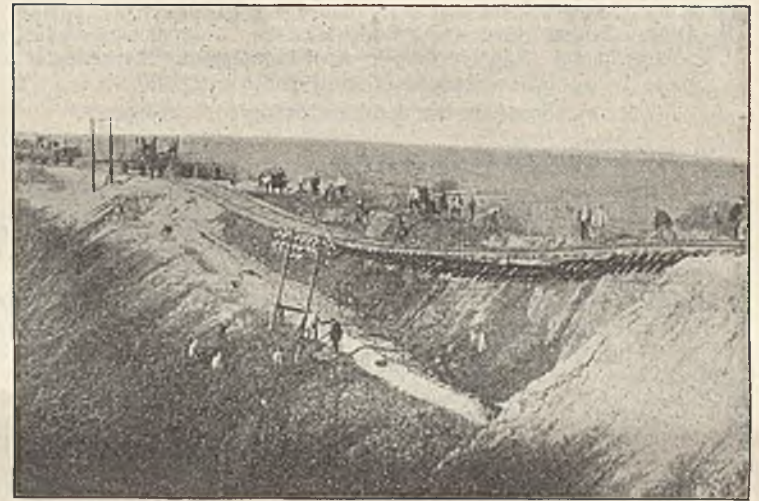


Abb. 2.

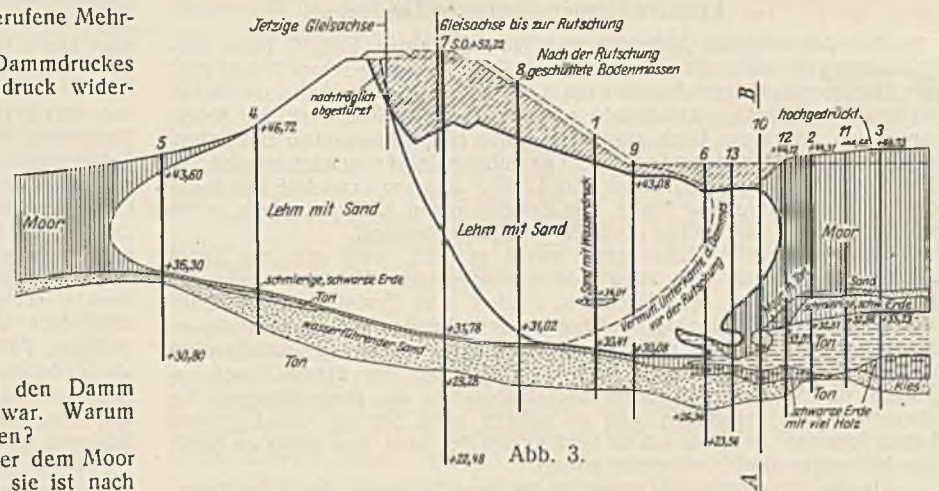


Abb. 3.

die durch Moore geschütteten Bahndämme, die noch nicht ganz zur Ruhe gekommen und bei denen Risse aufgetreten sind, näher untersucht werden.

**Veredlung des Holzes (Lignostone).** In der Z. d. V. d. I. 1927, Heft 28, findet sich ein Aufsatz von L. M. Cohn-Wegner über Begriffsbestimmung, Aufbau und Festigkeitswerte des Sperrholzes, aus dem einiges über die Veredlung des Holzes vor der Verleimung und das alsdann unter dem Namen Lignostone in den Handel kommende Holzzeugnis wiedergegeben sei.

Durch das auf Grund jahrelanger Versuche ausgearbeitete Verfahren ist es gelungen, die Festigkeitseigenschaften des Holzes außerordentlich zu steigern und dabei möglichst gleichmäßige Furniere zu erzielen. Lignostone wird, vorzugsweise aus deutscher Buche, durch Tränkung bei bestimmter Temperatur und unter gleichmäßiger, allseitiger Zusammen-

## Einfluß der Veredlung auf das Holz.

Mechanische Eigenschaften verschiedener Hölzer und von Lignostone (Versuche unter 10% Feuchtigkeit, berechnet auf die Trockensubstanz).

Holzart	Spez. Gewicht	Biegeproben				Schlagbiegeprobe mkg	$\sigma_B$ achstal kg/cm <sup>2</sup>	Härte			Spaltfestigkeit	
		$\sigma_B$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_E$ kg/cm <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_E}{\sigma_B}$	E t/cm <sup>2</sup>			nach Janka	nach Ago	nach Brinell	radial	tangential
Rotbuche . . . . .	0,67	1300	610	0,47	134,0	2,8	610	—	—	—	45	26
Birke . . . . .	0,69	1180	400	0,34	129,5	3,0	570	660	30	—	43	32
Erle . . . . .	0,54	950	400	0,42	97,4	2,1	420	550	25	—	27	18
Pockholz . . . . .	1,21	2090	1380	0,61	160,0	4,6	1080	2400	104	—	55	47
Teakholz . . . . .	0,68	1090	660	0,61	124,2	1,7	530	570	26	—	31	18
Lignostone . . . . .	1,35	2610	1260	0,48	242,8	7,1	—	—	150	27	106	92

pressung senkrecht zur Wuchsrichtung gewonnen. Die Zusammenpressung ist so stark, daß bei einigen Arten das spezifische Gewicht auf etwa das Doppelte seines ursprünglichen Wertes steigt.

Die vorstehende Tafel beweist durch einige Festigkeitszahlen, was man mit einer derartigen Vorbehandlung des Holzes erreichen kann, und man sieht, daß Werte erzielt werden, die weit über denen der wertvollsten ausländischen Harthölzer wie Pockholz und Teakholz liegen. Die Bearbeitung des Lignostones erfordert freilich etwas andere Werkzeuge, als sie bei unbehandeltem Holz gebräuchlich sind, doch läßt es sich wie dieses messern, zu Furnieren verarbeiten und ergibt ein Sperrholz, das mindestens die in der Zusammenstellung angegebenen Fertigkeitswerte erreicht.

Diese Zahlen sind den Berichten der Untersuchungsstelle der N. V. Maatschappij „Ago“ in der Ter-Apel entnommen. Es bedeutet

- Spalte 1  $\sigma_B$  Bruchspannung (Zugfestigkeit) in kg/cm<sup>2</sup>,  
 2  $\sigma_E$  Spannung an der Elastizitätsgrenze in kg/cm<sup>2</sup>,  
 3  $\frac{\sigma_B}{\sigma_E}$  Wert der Biegsamkeit,  
 4 E Elastizitätsmodul in t/cm<sup>2</sup>,  
 5 Dynamische Arbeit bei der Schlagbiegeprobe in mkg beim Bruch eines Stabes von 4 cm<sup>2</sup> Querschnitt und 24 cm Länge,  
 6  $\sigma_B$  Bruchspannung bei achsialer Druckbelastung in kg/cm<sup>2</sup>,  
 7, 8, 9 Härte senkrecht zur Faserrichtung. Das Verfahren nach Brinell und auch das von Janka versagen hier bei den weicheren Hölzern. Die Maatschappij „Ago“ hat in Anlehnung an Janka ein eigenes Verfahren ausgebildet, bei dem statt einer Halbkugel ein Stahlzylinder von 2 mm Durchm. und 1 mm Höhe verwendet wird. Die Härtezahle nach Brinell verhält sich zu der nach „Ago“ wie 1:5,5 bis hinauf zu Brinellhärten von 100. Das Verhältnis von Janka zu Ago beträgt 1:22,  
 10, 11 Spaltfestigkeit. Kraft in kg, die notwendig ist, um 4 cm<sup>2</sup> zu trennen (Verfahren Nördlinger).

Der schrittweise Abbruch und Neubau einer Fabrik ohne Betriebsstörung wird von C. F. Haglin in Eng. News-Rec. vom 7. Juli 1927 aus Minneapolis beschrieben, wo das aus Holz und Kalksteinmauerwerk bestehende fünfstöckige Gebäude einer Wollweberei Stockwerk für Stockwerk, und zwar vom Dach aus, durch einen Eisenfachwerkbau mit Betonummantelung, Backsteinwänden und Eisenbetondecken ersetzt worden ist. Der alte, 1864 auf einer Fläche von 17,37 × 38,10 m errichtete Bau hatte im Laufe der Jahre eine Reihe von Erweiterungen erfahren, deren letzte in dem Aufbau der beiden obersten Geschosse bestand.

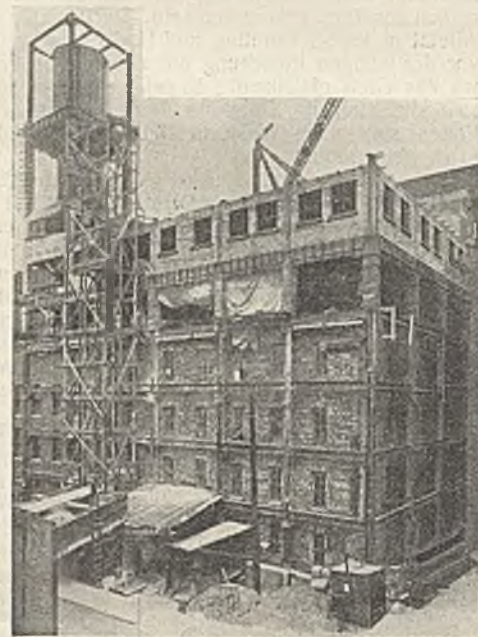
Die genannte Ausführungsart wurde gewählt, weil man vor allem einen feuersicheren und allen Anforderungen des Webereibetriebes in bezug auf Stellung der Maschinen, Fehlen aller Erschütterungen, Luftzuführung und Trockenheit entsprechenden Neubau herzustellen hatte. Sie besaß den weiteren wichtigen Vorzug, daß man nur so von oben her mit dem Abbruch des alten und der Errichtung des neuen Baues beginnen, die Maschinen aus dem nächstunteren in das eben fertiggestellte obere Geschöß verbringen und so nahezu ohne Störung des Betriebes bauen konnte. Das war um so leichter, als der neue Bau sechs an Stelle der bisherigen fünf Stockwerke erhielt.

Da die alte Dachkonstruktion für die neue Belastung durch die Krane, Baumaschinen und Bauteile nicht stark genug gewesen wäre, wurde ein neues behelfsmäßiges Traggerüst errichtet, das von Außenwand zu Außenwand reichte und auf dem zwei Derricks mit 26 m langen Auslegern aufgestellt wurden. Sie dienten gleichzeitig für Abbruch- wie Neubaurbeiten und für die Versetzung der schweren Webstühle und Maschinen in das jeweils nächstobere Stockwerk.

Während man diese Vorarbeiten über dem Dach des alten Gebäudes ausführte, wurden für die neue Gründung Senkbrunnen bis auf den tragfähigen Baugrund getrieben und auf ihnen so schnell als möglich die eisernen Säulen für das neue Tragwerk aufgestellt. Das machte für die äußeren Säulen keinerlei Umstände, da die Grundrißabmessungen des neuen Gebäudes etwas größer als die des alten waren und die Säulen infolgedessen ohne weiteres an den Außenseiten des letzteren hochgeführt werden konnten. Um so schwieriger gestaltete sich die Aufstellung der Innenstützen, die zunächst genau zusammengenietet, zum Dach hinaufgeschafft und dann von oben her durch Öffnungen von höchstens 60 cm

im Geviert bis ins unterste Geschöß herabgelassen, dort aufgestellt und angeschlossen werden mußten. Übrigens wurden nicht nur die Säulen, die ja von Beginn der Umbauarbeiten an die Last der Obergeschosse aufzunehmen hatten, sondern auch der größte Teil der Unterzüge und Deckenträger vor dem Abbruche der einzelnen Geschosse eingebaut, was in Rücksicht auf die im Betriebe befindlichen Maschinen zum Teil recht schwierig war und allerlei behelfsmäßige Absteifungen durch Balken, Drahtseile usw. erforderlich machte.

Die Abbildung zeigt das im Bau befindliche Gebäude mit dem neu aufgesetzten, annähernd vollendeten sechsten Obergeschöß, dem im Abbruch befindlichen alten fünften Stockwerk und den an den Außenseiten vorbeigeführten Säulen und Wandträgern, zwischen denen das alte Kalksteinmauerwerk erkennbar ist.



Schwere Schienen in den Vereinigten Staaten von Amerika. Das Gewicht der Schienen ist zwar nicht allein maßgebend für die Tragfähigkeit von Eisenbahngleisen, es vermittelt aber wenigstens ein Bild, was man einem Gleis an Verkehr zumuten darf. In Amerika ist die Erzeugung von Schienen von mehr als 50 kg/m Gewicht in den letzten zehn Jahren auf mehr als das Doppelte gesteigert worden, eine Folge der Einführung von schwereren Betriebsmitteln, zugleich aber die Voraussetzung für weitere Steigerung der Gewichte dieser Fahrzeuge und für die Einführung höherer Fahrgeschwindigkeiten. In der ersten Zeit des Eisenbahnwesens hielt man ein Schienengewicht von 16,5 und 17,5 kg/m für ausreichend; im Laufe der Zeit wurde dieses Gewicht zunächst auf 25 und 32,5 kg gesteigert, und bis 1914 war man im allgemeinen bei 42,5 und 45 kg Metergewicht angekommen. Heute werden in weitem Umfange Schienen von 50 kg/m und sogar bis 62,5 kg/m verwendet. Von den in amerikanischen Walzwerken erzeugten Schienen waren nach „Railway Gazette“ vom 17. Juni 1927 61,1% schwerer als 50 kg/m; 24,8% wogen zwischen 42,5 und 50 kg/m, 7,97% zwischen 25 und 42,5 kg/m, und 6,13% waren leichter als 25 kg/m. Erst in den letzten vier Jahren hat die Erzeugung von Schienen mit mehr als 50 kg Metergewicht die Million Tonnen überschritten, noch im Jahre 1919 wurden nicht mehr als 500 000 t derartige Schienen gewalzt.

Schwerere Schienen bedingen allerdings auch erhöhten Aufwand für Herstellung des Oberbaues. Nach einer englischen Berechnung bedeutet der Übergang von 42,5 kg/m schweren Schienen zu solchen von 50 kg/m Gewicht eine Vermehrung des Eisengewichtes um 25 t auf die Meile (1,61 km) Gleis. Bei einem Preise von 7 £ 5 Sh (145 R.-M.) für 1 t bedeutet das einen Mehraufwand von 180 £ für die Meile oder von 2280 R.-M. für 1 km. Bei einer Verzinsung mit nur 5% müssen also für je 1000 km Gleis über 110 000 R.-M. mehr Zinsen für das Anlagekapital aufgebracht werden.

INHALT: Die neuen Hafen- und Industrieanlagen der Stadt Köln bei Köln-Niehl. — Die Delaware-River-Brücke zwischen Philadelphia und Camden. (Schluß) — Zur Frage der Eisabführung an Wehren. — Die zulässigen Spannungen massiver Bogen. — Vermischtes: Technische Hochschule Berlin. — Straßenbautagung Leipzig 1927. — Haus der Technik in Essen. — Dammrutsch bei Rühlow (Meckl.). — Veredlung des Holzes (Lignostone). — Schrittweiser Abbruch und Neubau einer Fabrik ohne Betriebsstörung. — Schwere Schienen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Schriftleitung: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.  
 Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.  
 Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.