

DIE BAUTECHNIK

13. Jahrgang

BERLIN, 29. November 1935

Heft 51

Alle Rechte vorbehalten.

Zur Ausbildung der Bauingenieure in Vermessungskunde.

Von Prof. Dr. Edwin Feyer, Technische Hochschule Breslau.

Das deutsche Vermessungswesen steht heute im Zeichen der Überwindung einer hundertjährigen Zersplitterung, die sich historisch als Folge vielstaatlicher Gruppierung mit entsprechender Eigenliebigkeit der deutschen Länder ergab. Eine außerordentlich große Verschiedenheit hinsichtlich Unterstellung, Organisation und Zuständigkeit der Vermessungsbehörden kennzeichnet diese Uneinheitlichkeit, die allen Gleichrichtungsbestrebungen vergangener Jahrzehnte standhielt. Erst mit der Machtübernahme durch den Nationalsozialismus ist auch hier in kraftvoller Weise durch Verkündigung des Gesetzes zur Neuordnung des Vermessungswesens vom 3. 7. 1934 der Weg angebahnt worden, um zugunsten einer Vereinheitlichung für das ganze Deutsche Reich Wandel zu schaffen, indem die gesamte Leitung des Vermessungswesens dem Reichsministerium des Innern übertragen wurde.

Der Zustand des Eingefrorenseins geht nun allmählich in den des Tauwetters über, und man ist darauf bedacht, die freiwerdenden Strömungen so abzuleiten, daß eine möglichst große Nutzwirkung entsteht. Mit dem Erlaß des Reichs- und Preußischen Ministers des Innern vom 8. 6. 1935 ist zunächst das Reichsamt für Landesaufnahme mit der einheitlichen Gestaltung des Reichsfestpunktnetzes 1. und 2. Ordnung, des Reichshöhennetzes und der Reichskartenwerke der Maßstäbe 1:50 000 bis 1:1 000 000 beauftragt worden. Mit dem Erlaß des Reichs- und Preußischen Ministers des Innern vom 28. 5. 1935 ist der erste Schritt getan worden, um ein einheitliches großmaßstäbliches Kartenwerk 1:5000 zu schaffen, indem als Vorarbeit zu einer topographischen Grundkarte des Deutschen Reiches in diesem Maßstabe erst einmal das vorhandene, aber im allgemeinen schwer zugängliche Katasterkartenmaterial gesichtet und zusammengefaßt werden soll zu einer „Katasterplankarte“ im Maßstab 1:5000 „für diejenigen Teile des Reiches, für die ein besonders dringendes Bedürfnis besteht und die über kein einheitliches großmaßstäbliches Netzkartenwerk verfügen“.

Diese Maßnahme entspricht einem „sofort zu befriedigenden Bedürfnis der Wirtschaft, der Technik, der Reichs- und Landesplanung, der Verwaltung, vor allem auch dem der Landesverteidigung“. Zur Herstellung der Katasterplankarte „müssen alle schon vorhandenen Unterlagen einschließlich etwaiger Luftbilder verwendet werden. In geeigneten Fällen kommen auch neue Luftbildaufnahmen in Frage, während terrestrische Aufnahmen nur insoweit durchgeführt werden sollen, als sie sich mit den vermessungstechnischen Vorarbeiten zur Reichsbodenschätzung verbinden lassen und als trigonometrische und polygonometrische Messungen zur Bestimmung von Paßpunkten notwendig sind“.

Es ist klar, daß die außerordentlich große Verschiedenartigkeit des Vermessungswesens der Länder sich auch auf die Ausbildung der Vermessungsingenieure an den deutschen Hochschulen übertragen hat. So sagt Min.-Rat Pfitzer¹⁾: „Notwendig sind zuerst einheitliche Vorbildungs- und Prüfungsvorschriften für den höheren Vermessungsdienst, damit endlich auch die leitenden Vermessungsbeamten in allen Sachgebieten und Verwaltungen gleichmäßig und gleichberechtigt verwendet werden können. Bis jetzt ist es noch ein Ding der Unmöglichkeit, daß ein preußischer, bayerischer, württembergischer, badischer, hessischer, sächsischer, mecklenburgischer Vermessungsingenieur außerhalb der Grenzen seines Heimatlandes zu amtlichen Katastervermessungen herangezogen werden kann, obwohl doch alle geometrische Vermessungsarbeit auf dem Naturgesetz beruht, daß das Lot nach unten hängt und mit der Ebene des ruhenden Wasserspiegels in jeder Richtung einen rechten Winkel bildet“. In dem Rahmen der Vereinheitlichung des Vermessungswesens wird demnach auch eine gründliche Neuordnung des Studiums der Vermessungsingenieure an den deutschen Hochschulen unumgänglich notwendig. Es ist annehmbar, daß hiervon auch andere Fachgruppen betroffen werden, die eine sichere vermessungstechnische Grundlage nötig haben. Daher ist es angebracht, auch das Studium der Bauingenieure in betreff der vermessungskundlichen Ausbildung einer Überprüfung zu unterwerfen.

Wie ist der Aufgabenkreis des Bauingenieurs gegen den des Vermessungsingenieurs abzugrenzen?

Man kann dieser Frage nähertreten, indem man die Einstellung beider zur Karte, als dem vermessungstechnischen Grundgehalt ihrer Betätigung, untersucht.

Während der Vermessungsingenieur die Herstellung der Karte von einem gegebenen Erdoberflächenstück als Zweck und Ziel betrachtet, ist für den Bauingenieur die Karte Ausgangspunkt seines Planens. Der Vermessungsingenieur greift alle Verfahren auf und baut sie aus, die ihn befähigen, Ortsbestimmungen durchzuführen, um ihre Ergebnisse kartennäßig festzulegen. Er sieht es als sein Hauptziel an, ein metrisch zuverlässiges Abbild der Erdoberfläche zu erhalten, sowohl im großen wie im kleinen, d. h. die Bestimmung der Erdfigur auf Grund von Meßverfahren jeder Art — geodätisch, geophysikalisch, astronomisch — gehört ebenso zu seinem Arbeitsbereich wie die Herstellung von Karten kleinen und großen Maßstabes begrenzter Erdflächen. Immer aber wird er sein Hauptaugenmerk richten auf die Herstellung des Kartenbildes als dem Abbild eines gegebenen, gleichsam im stabilen Gleichgewicht befindlichen Geländestücks. Der Bauingenieur dagegen steht der vorhandenen Karte immer unter dem „feindlichen“ Gesichtspunkte der Abänderung des Gegebenen gegenüber. Er baut Eisenbahnen, Straßen und Städte, regelt Flüsse, baut Talsperren und bringt ständig die mühsam kartennmäßig festgelegte Gegebenheit in Unordnung, so daß der Vermessungsingenieur sozusagen aus den Aufräumarbeiten nicht herauskommt. Der Vermessungsingenieur blickt auf das Gegebene schlechthin, der Bauingenieur fragt: Was kann man aus dem Gegebenen machen? Gegensätze, die sich etwa wie Statik und Dynamik zueinander verhalten. Diese verschiedene Einstellung gegenüber dem Kartenbilde muß notwendigerweise auch den geodätischen Unterricht für die beiden Fachrichtungen auf den Hochschulen beeinflussen. Der Vermessungsingenieur muß seine Blickrichtung ganz besonders den Meßverfahren zuwenden, in weiser Abwägung, wie die zu fordernde Genauigkeit je nach der „Ordnung“ seiner Meßaufgabe erreicht wird in dem ständigen Bestreben nach möglicher Verbesserung und Erhöhung der Meßgenauigkeit. Das Gegenständliche des Aufnahmeinhalts ist für ihn höchstens von einem gewissen Typisierungsstandpunkte aus in bezug auf meßmethodische Notwendigkeiten und Möglichkeiten von Belang, weil er ja ein möglichst lückenloses Bild des schlechthin Gegebenen schaffen will. Dagegen übt gerade das Gegenständliche den Hauptreiz auf den Bauingenieur aus. Er will an dem vollführten Bauwerk lernen, er will die Abmessungen des Bauwerks, seine Einfügung in die gewachsene Landschaft, die Einzelheiten seiner Teile genau kennen. Die Vermessung im großen liegt ihm nicht so am Herzen wie die meßtechnische Bestimmung eines Bauwerks im Rahmen des umgebenden Geländes. Hier kann er erkennen, wie sich die auf langjährigen Erfahrungen fußenden „Bestimmungen“ in der Wirklichkeit bewähren, hier findet er Anregung zu neuen Lösungen bautechnischer Art. Selbstverständlich kann er seine Entwürfe auch um so sicherer gestalten, je bessere Karten ihm zur Verfügung stehen, und eine topographische Grundkarte 1:5000 wird willkommener sein als die so oft benutzte, auf diesen Maßstab vergrößerte Meßtischaufnahme. Aber die Karte wird er immer nur so weit verwerten, als sie seinen Entwurf umrahmt und für dessen Auswirkung in Betracht kommt.

Hier scheiden sich also die Belange von Vermessungs- und Bauingenieur, und man könnte fragen, ob denn der Bauingenieur überhaupt über eine Kenntnis der Vermessungsmethoden verfügen muß, wenn er sowieso doch nur die fertige Karte als Mittel zum Zweck braucht. Man könnte ebenso fragen, ob ein Kapellmeister den Kontrapunkt kennen muß, da er doch „bloß“ nach fertigen Noten dirigiert. Entscheidend ist, daß der Bauingenieur die Karte nicht als ein zweidimensionales Bild betrachtet, in dem er, etwa wie der Wirtschaftsgeograph, seine Kreise einzeichnet, um eine statistische Gegebenheit zu veranschaulichen, sondern daß die Karte von ihm immer als ein dreidimensionales Abbild des wirklichen Geländes betrachtet wird, an dem die Höhenmaße eine wichtige Rolle spielen. Er arbeitet auf der Karte im kleinen wie in der Wirklichkeit im großen. Er verändert, wie bereits gesagt, die gegebene Geländegestalt für seine Zwecke, steht andauernd in einem unmittelbaren Verhältnis zu dem stofflichen Gehalt des Dargestellten. Erdbewegung für Auftrag und Abtrag, Steigung und Gefälle, Formgebung und Einfügung sind seine ständigen Arbeitsbegriffe. Wollte er sich mit einer rein zeich-

¹⁾ A. Pfitzer, Das Vermessungs- und Kartenwerk, ein Mittel und Werkzeug der Raumbherrschaft und die Neuordnung des Vermessungswesens. „Reichsplanung“, Heft 6, Juni 1935. Abdruck in Z. f. Vermesswes. 1935, Heft 19.

nerischen Planung begnügen und die Vermessung als eine ihm wesensfremde Hilfsarbeit betrachten, so würde er die Beziehung verlieren zu der Substanz, die er schöpferisch beleben will. Damit soll nicht gesagt sein, daß er selbst nun die grundlegende Einmessung seines Entwurfs in dem Geländerahmen durchführen müßte, aber er muß den Meßvorgang kennen. Denn bei seinem Planen muß er andauernd vermessungstechnisch denken. Bestimmt er eine Linienführung auf dem Höhenschichtenplan, so schwebt ihm im Geiste schon der Längenschnitt mit den notwendigen Querschnitten vor Augen, die ihm die Grundlage geben für alle notwendigen Massenberechnungen und für eine zweckmäßige und wirtschaftliche Verteilung der Erdmassen. Pfitzer sagt in dem genannten Aufsatz mit Bezug auf das Vermessungswesen „im Hilfsdienst des Bauwesens“: „Mancher wird nun fragen: Da hat doch sicherlich die kraftvoll schaffende Technik das Werkzeug der im vergangenen Reich allgewaltigen Wirtschaft dem Vermessungswesen und der Kartenherstellung einen wirkungsvollen Antrieb gegeben? Die Antwort lautet: Nein, gerade sie kümmerle sich am wenigsten darum. Sie baute zwar Eisenbahnen, zog Kanäle durch das Land und regulierte und überbrückte die Ströme. Sie sah aber nur ihre Linien, die sie baute, und die Plätze, die sie vergrößerte und untereinander verband. Sie dachte in Linien und nicht, wie es heute der Agrar- und Siedlungspolitiker, der Siedlungsfachmann und Landesplaner tun muß, in Flächen. Karten sind Flächenbilder, die hatte sie nicht nötig. Ihre Strecken ließ sie 50 m rechts und 50 m links von der Achse aufnehmen und mit Kilometersteinen versehen. Daraus entstand die Streckenkarte, und die genügte ihr.“

Mir scheint, daß man hier dem Bauingenieur nicht ganz gerecht wird. Wohl bleibt die bedauerliche Feststellung zu Recht bestehen, daß die Herstellung einer einheitlichen großmaßstäblichen Karte auch durch das Bauwesen nicht gefördert worden ist. Man kann es verstehen, weil eben der Bauingenieur in erster Linie immer gegenständlich dachte. Aber er würde sich sicherlich niemals dagegen gestraubt haben, wenn man ihm eine großmaßstäbliche zuverlässige Grundkarte in die Hand gegeben hätte, da er ja dadurch der Notwendigkeit enthoben worden wäre, kostspielige Sondermessungen durchführen zu lassen, um für seine Entwürfe die unentbehrliche zuverlässige Kartengrundlage zu bekommen. Hier ist vielleicht auch zu bedenken, daß das Vermessungswesen doch selbst erst in den vergangenen Jahrzehnten um seine Geltung rang und sich in seiner Zersplitterung sehr am Schlepptau der verschiedensten Kreise von Nutznießern befand. Wie sollte da eine so große Stoßkraft zustande kommen können, die die Herstellung einer topographischen Grundkarte 1:5000 ermöglicht hätte! Sicherlich kann aber die Ursache nicht in dem Umstande gesucht werden, daß der Bauingenieur nur in Linien gedacht hätte. Er muß sehr wohl in Flächen und Räumen denken. Denn, ganz abgesehen von seiner Abhängigkeit von geologischen Befunden gewinnt doch zum Beispiel die Anlage von Talsperren mitunter eine erhebliche flächenmäßige Ausdehnung nicht bloß in bezug auf den Beckenumfang. Gerade der Beckeninhalte in Rücksicht auf die Wasserspeicherung ist doch von einem weit ausgedehnten Erdgebiet abhängig, das gerade in seinem gestaltlichen Aufbau mit Wasserscheiden und Falllinien eine wesentlich dreidimensionale geometrische Anschauung voraussetzt. So ist es ja zu verstehen, daß der Bauingenieur lieber mit den vergrößerten Meßtischblättern arbeitet als etwa mit den großmaßstäblichen Katasterkarten, die ihm nichts über die Höhenentwicklung aussagen können, und die er nur zur Regelung von Eigentumsfragen verwenden kann. Ebenso ist auch die Anlage von Deichen zur Bewältigung und Abführung des Hochwassers eine Angelegenheit, die durchaus körperliches, mindestens aber flächenhaftes Denken voraussetzt.

Zieht man hieraus die Folgerungen für den vermessungskundlichen Unterricht des Bauingenieurs, so wird man nicht bestreiten können, daß für den Bauingenieur alle Vermessungsverfahren von besonderer Wichtigkeit sind, die ihm dazu verhelfen, die gestaltliche Eigenart des Geländes zu bestimmen unter Berücksichtigung der für ihn vorwiegend auftretenden Arbeitsbegriffe. In erster Linie wird er demgemäß eine gründliche Ausbildung für die Durchführung von Nivellementsarbeiten beanspruchen müssen, sowohl Punktnivellements wie Profilmessungen und Tiefenpeilungen. Ferner wird für ihn die Kenntnis der tachymetrischen Aufnahmeverfahren wichtig sein, die ihn in die Lage versetzen, von einem Geländestück die Oberflächengestaltung vermessungstechnisch als Höhenlinienplan niederzulegen. Aber auch die einfacheren Punkteinschaltungsverfahren und Polygonierung müssen ihm geläufig sein, weil sie erst die Grundlage und das Rüstzeug abgeben für eine zuverlässige Tachymetrie. Der Bauingenieur kann die ihm vom Reichsamt für Landesaufnahme und den Vermessungsämtern an die Hand gegebenen Festpunkt- und Höhenpunktnetze sozusagen unbesehen entgegennehmen, aber er muß in der Lage sein, wenn nötig, weitere Punktbestimmungen durchzuführen oder ihre Notwendigkeit zu erkennen, um sein Bauwerk in dem vorhandenen System koordinaten- oder höhenmäßig zu verankern. Selbstverständlich ist dabei eine gründliche instrumentenkundliche Ausbildung unentbehrlich.

Diese Forderungen beziehen sich auf die Hochschulausbildung des Bauingenieurs und auch auf die spätere praktische Ausbildungszeit zu

dem Zweck, ihn vermessungstechnisch denken zu lehren, weil seine spätere Tätigkeit so eng mit der des Vermessungsingenieurs verflochten ist, daß beide Berufsvertreter in weitem Ausmaße Kenntnis von den Arbeitsweisen des Mitarbeiters haben müssen. So kann es auch keinem Zweifel unterliegen, daß der Bauingenieur vom Grundbuch und Kataster die Kenntnis haben muß, die es ihm ermöglicht, die hier auftretenden Fragen bei der Planung seiner Bauten geziemend zu würdigen. Es ist deshalb auch notwendig, daß schon der studierende Bauingenieur einen Einblick in das behördliche Vermessungswesen erhält, daß er mit den ihm später ständig begleitenden Kataster- und Grundbuchurkunden umzugehen weiß.

Wie schon hervorgehoben, ist für den Bauingenieur das Gegenständliche im Kartenbilde und in der Landschaft das vorwiegend Belangvolle. Er sieht das Kartenbild nicht als totes Abbild, wie etwa eine Mondlandschaft, sondern für ihn ist es lebensvoller Inhalt, der unter den verschiedensten Gesichtspunkten ein kräftiges Pulsieren zeigt. Er belebt die Starrheit des Kartensymbols mit seinem Schöpfergeist und regelt und bessert und siedelt und wirtschaftet an ihm wie an einem lebendigen Körper.

In diesem Sinne ist das Luftbild und der Luftbildplan von einer ganz besonders wertvollen Eigenart. Denn er zeigt uns ohne Symbolik ein wirkliches Abbild von photographischer Treue. Hier findet die belebende und schöpferische Tätigkeit des Bauingenieurs Hilfen, die die abstrakte Symbolik einer gewöhnlichen Karte nicht gewähren kann. Hier findet er etwa für eine Siedlungsplanung die ganz ins Einzelne gehende Landschaftsaufteilung mit Straßen und Flußläufen, mit Waldungen und Feldern in ihrer naturhaft bedingten Besonderheit, die eine wesensgemäße Lösung der Siedlungsaufgabe verlangt. Hier kann er mit sicherem Gefühl Wohn- und Arbeitsbezirke trennen, Verkehrs-, Wirtschafts-, Erholungs- und Sportanlagen abgrenzen.

So ist gerade eine gewisse Luftbildlesekunde für den Bauingenieur von ganz besonderer Bedeutung. Das Luftbild gibt mit außerordentlicher Klarheit die Kulturgrenzen wieder, es zeigt in erstaunlicher Ausprägung den Wasserlauf in seiner erdgebundenen Form. Anlandungen, Kolke und alte Flußschlingen werden deutlich sichtbar. Es zeigt die verschiedenen Feuchtigkeitsgrade des Bodens durch Flecken abgestufter Tönung an, so daß man sogar die unterirdischen Dränanlagen auf dem Bilde deutlich erkennen kann, wenn die Aufnahme während der nach Regenperioden eintretenden Trocknung gemacht wird, die zwischen und über den Dränröhren verschieden schnell verläuft. Es vermittelt in unübertroffener Klarheit die Hochwassergrenzen, wenn die Aufnahme zum geeigneten Zeitpunkte durchgeführt wird. Es würde zu weit führen, wollte man hier eine ausführliche Darstellung der rein bildhaften Verwendungsmöglichkeit des Luftbildes geben. Es sei nur noch an seinen urkundlichen Wert etwa bei gerichtlichen Auseinandersetzungen erinnert.

Aber auch in bezug auf eine schnelle Beschaffung naturgetreuer Kartenunterlagen ist das Luftbild für den Bauingenieur unentbehrlich. Man denke an Aufgaben der Flußregelung, der Linienführung von Straßen, Kanälen und Eisenbahnen. Wie schnell und leicht lassen sich hier die Kartenunterlagen für Hunderte von Kilometern beschaffen, für die sonst Jahre terrestrischer Vermessung nötig sind. So ist die Luftbildmessung überhaupt gerade für den Bauingenieur von der allergrößten Bedeutung, weil diese Art der Kartengewinnung die Unterlagen gewährt, die ihm seiner ganzen Einstellung zur Karte entsprechend in unübertroffener Weise das Gegenständliche der Landschaft vermittelt. Erst die Ausmessung der Luftbilder an den stereoskopischen Entzerrungsgeräten vermittelt in Hinsicht auf die Formgestaltung des Geländes ganz zuverlässige Höhenschichtenpläne, da hier die Höhenlinien nicht durch unsichere Interpolation gewonnen werden, sondern an dem stereoskopischen Geländemodell des Gerätes auf Grund der Bilder unmittelbar abgetastet werden.

So erweist sich die photographische Vermessung als überaus nützlich für den Bauingenieur. Er muß daher auch zu diesen Meßverfahren in einer erfolversprechenden Beziehung stehen. Aufnahme- und Auswertungsverfahren der Luftbildmessung müßten längst zu den Pflichtfächern in der vermessungskundlichen Prüfung der Bauingenieure an den Hochschulen gehören. Denn selbstverständlicherweise gibt es auch für diese Meßverfahren günstige und ungünstige Umstände, und leicht verfällt man der Gefahr, die Anwendbarkeit dieser Verfahren falsch einzuschätzen oder ihre Schwierigkeiten zu unterschätzen. So schrieb ich schon einmal²⁾: „Es besteht so die Aussicht, daß die junge Bauingenieurgeneration, die mit photogrammetrischen Vermessungsmethoden vertraut ist, diesen Methoden auch leichter den Eingang in die Praxis vermitteln wird. Von diesem Gesichtspunkte aus gewinnt die Frage der Aufnahmetechnik erhöhte Bedeutung. Bei Betrachtung fertigen Luftbildmaterials vergißt man nur zu oft, unter welchen schwierigen Verhältnissen zuweilen die Aufnahmen ermöglicht wurden, und ist daher geneigt,

²⁾ Feyer, Das Aerophotogrammetrische Praktikum an der Technischen Hochschule zu Breslau. „Bildmessung und Luftbildwesen“ Nr. 4, 1931.

etwa bei Auftragserteilung die Kosten und die Gestellungsfrist zu unterschätzen. Dagegen wird ein Bauingenieur, der den ganzen Weg von der Aufnahme bis zur Auswertung selbst gegangen ist, viel eher in der Lage sein, gerechte Forderungen anzuerkennen und zu entscheiden, welcher Vermessungsmethode der Vorzug einzuräumen ist.“

Mit diesen Ausführungen wurde der Versuch gemacht, die wesentlichsten Gesichtspunkte zu entwickeln, die für den vermessungstechnischen Unterricht der Bauingenieure an den Hochschulen maßgebend sein müssen. In dieser Hinsicht muß ganz besonders auf die Auswahl der den Studierenden zu stellenden Vermessungsaufgaben geachtet werden. Bei dem alljährlich stattfindenden 14-tägigen geodätischen Praktikum³⁾ wird man daher Auf-

³⁾ Vom geodätischen Unterricht an der Technischen Hochschule Breslau. „Allgemeine Vermessungs-Nachrichten“ Nr. 22, 1935.

gaben stellen müssen, die in einer unmittelbaren Beziehung zu dem Arbeitsfelde des Bauingenieurs stehen. Es kommt nicht bloß auf die praktische Vertiefung der Kenntnis der Vermessungsverfahren an sich an, sondern vor allem darauf, daß diese Vermessungsverfahren in Verbindung mit einem Bauwerk oder Bauplan angewendet werden, ob es sich nun um Straßenbauanlagen, um Eisenbahnlinien oder um Talsperren handelt. Hier hat der junge Bauingenieur zum ersten Male die Gelegenheit, die Wechselwirkung der Betätigungsweisen beider Fachgruppen kennenzulernen, und er bekommt durch diese Einführung eine sichere Einstellung zu dem Aufgabenkreise, in dem er später leben soll. So steht an der Spitze der Forderungen zur vermessungskundlichen Ausbildung des Bauingenieurs das Motto:

Betrachte die Landschaft nicht als starres, sondern als lebendiges Gebilde im Sinne des Bauingenieurs!

Alle Rechte vorbehalten.

Die Bauarbeiten zur Erweiterung des Rheinhafens Karlsruhe.

Von Stadtoberbaurat A. Wittinger und Stadtbaurat G. Glanzmann, Karlsruhe.

(Schluß aus Heft 49.)

Die bautechnische Versuchsanstalt für Beton und Eisenbeton an der Technischen Hochschule Karlsruhe empfahl auf Grund von drei Versuchsreihen folgende Mischung je m³ Festmasse: 330 kg Zement (Portlandzement Bonner Pfeil): 500 l Rheinsand (0 bis 7 mm): 750 l Rheinkies (7 bis 25 mm); Wasserzementfaktor 0,62; wirklicher Zementgehalt 297 kg/m³ fertiger Beton. Der Unternehmer erhöhte diesen Zementzusatz auf 330 kg/m³ fertigen Beton. Von Traßzusatz oder anderen Mischzementen wurde abgesehen. An den Enden wurden die einzelnen Rohre, um sie schwimm-

sein, glaubte man, Vorkehrungen treffen zu sollen, die gegebenenfalls ein Aufschwimmen der Rohre im Dock auch bei niedrigen Wasserständen ermöglichten. Man dachte hierbei daran, die Schwimmkörper an Gerüste anzuhängen und unter ihnen nach Öffnen des Docks dessen Sohle so weit abzubaggern, daß sie genügend Schwimmtiefe bekamen.

Als vorbereitende Maßnahme hierfür wurden bei der Herstellung der Schwimmkörper an den ohnehin für die Versenkung vorzusehenden Aufhängepunkten in der Mittelrippe zwischen den beiden Rohren, in etwa 8,8 m Abstand von den Rohrenden, je vier schwere eiserne Spindeln eingebunden, die am oberen Ende mit Gewinde versehen waren. Diese Verankerungen waren dafür berechnet, daß sie zusammen je das halbe Gewicht des Schwimmkörpers bei einer Wassertiefe von 1,50 m im Dock (Pegel 4,0 m) im Betrag von etwa 100 t auf ein Gerüst übertragen konnten. Natürlich mußte auch die Längsbewehrung der Schwimmkörper für diese zusätzliche Beanspruchung durch die Aufhängung an zwei Punkten verstärkt werden.

Ende September war die Dockgrube nach dem Stichkanal zu geöffnet, die Rohre lagen zum Ausschwimmen bereit; man wartete nur noch auf den erforderlichen Rheinwasserstand. Unerwartet stieg dieser am 4. November für die kurze Dauer von wenigen Stunden auf 4,65 a. P. Obwohl er also nicht ganz an die errechnete Höhe heranreichte, genügte diese Höhe doch, die Rohre von ihrer Unterlage zu lösen und sie ohne

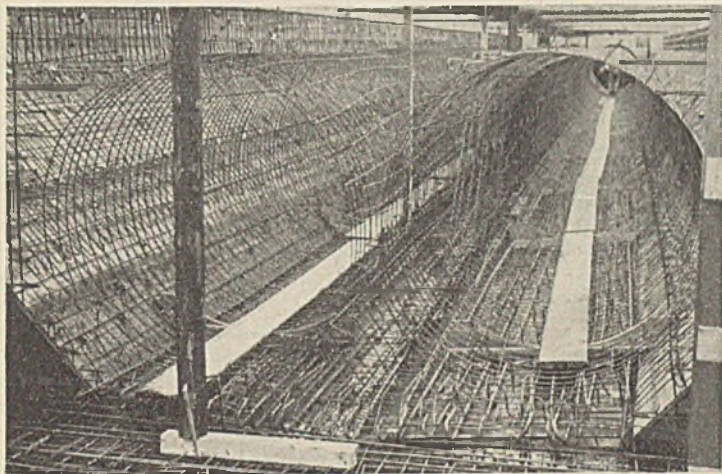


Abb. 16. Bewehrung eines Schwimmkörpers im Bau.

fähig zu machen und die spätere Schließung der Rohrstöße zu ermöglichen, durch schmiedeiserne Deckel verschlossen, die mit Mannlöchern und Ventilen versehen waren (Abb. 16 u. 17).

Zum Aufschwimmen der Rohre war nach der Rechnung eine Wassertiefe von etwa 2,20 m erforderlich; da die Sohle des Docks auf 2,5 a. P. lag, ergab sich diese Wassertiefe bei einem Rheinwasserstand

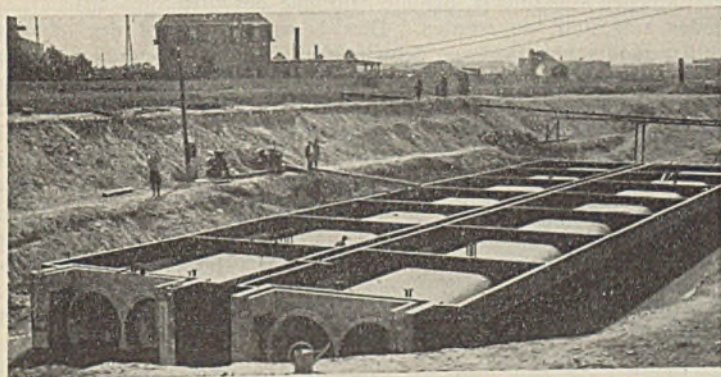


Abb. 17. Schwimmkörper, ausgeschalt, im noch geschlossenen Dock.

von etwa 4,70 a. P. Maxau. Nach Fertigstellung der Schwimmkörper Ende August 1933 konnte bis zu dem Zeitpunkte, zu dem nach dem Programm die Rohre versenkt werden sollten, nach der Ganglinie des Rheins nicht mehr mit dieser Rheinspiegelhöhe gerechnet werden. (Auf die im allgemeinen außergewöhnlich niedrigen Wasserstände im Jahr 1933 wurde bereits oben kurz hingewiesen.) Um daher in der Beendigung der Bauarbeiten nicht ganz von den Wasserstandverhältnissen abhängig zu

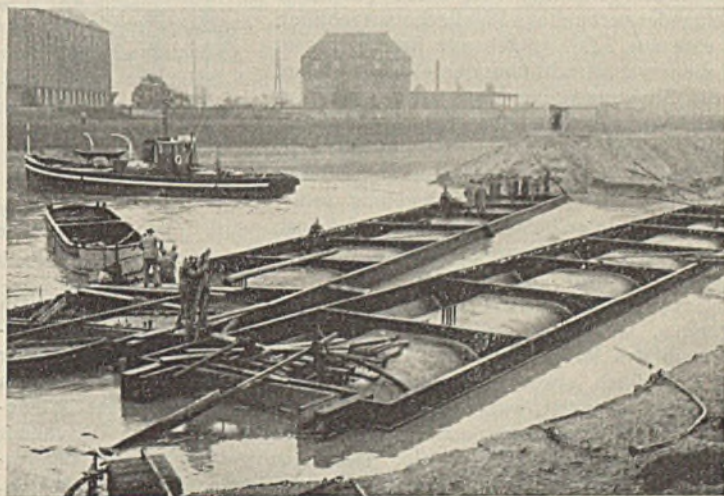


Abb. 18. Die Schwimmkörper werden am 4. November 1933 aus der Dockgrube ausgeschwommen. Wasserstand 4,65 a. P. Maxau.

besondere künstliche Maßnahmen flott zu bekommen. Man konnte sie mit einem Schleppdampfer der Hafenverwaltung in die Nähe der Dükerbaustelle schleppen und sie dort in genügend tiefem Wasser am neuen Stichkanalufer einstweilen festmachen (Abb. 18).

Bis zu ihrer Versenkung war vor allem noch der Graben quer zum Stichkanal auszuheben, wobei auf den zeitweise recht lebhaften Schiffsverkehr Rücksicht genommen werden mußte, der damals noch ausschließlich auf den alten, unverbreiterten Stichkanal angewiesen war. Die ursprünglich auf 0,0 a. P. gelegene Sohle der Fahrinne war überlagert von einer etwa 1 m hohen schlammartigen Feinsandschicht. Diese mußte zuvor mit Eimerbagger entfernt werden. Nach Zugabe von Wasser spülte man den Schlamm unmittelbar aus den Schuten in das am Vorhafen liegende Gelände. Danach erst konnte der eigentliche Dükergraben in

einer Tiefe von etwa 4,65 m unter der planmäßigen Stichkanalsole und mit Böschungen 1:4 ausgehoben werden.

Die Feinarbeit bei der Herstellung des Grabenquerschnitts bereitete erhebliche Schwierigkeiten, indem seine Böschungen da, wo feinere Sandschichten anstanden, teilweise wohl unter der Einwirkung der Schiffschrauben, immer wieder auf die Grabensohle nachrutschten. Dazu kamen noch Kies- und Sandeinbrüche an den beiden Enden des Grabens. Man hatte hier auf den Köpfen der auf Senkkasten liegenden Rohre eiserne Spundwände aufgesetzt und sie mit den Rohren versenkt. Sie wurden im Ufer nach hinten verankert und beiderseits durch eingerammte Spundwände auf die Grabenbreite verlängert. Die so gebildete Stützwand verhinderte das Nachrutschen des Ufers in den Dükergraben. Zwischen dem aufgesetzten und dem eingerammten Teil der Stützwand waren einige Undichtigkeiten verblieben, die zur Verhinderung der erwähnten Einbrüche durch Sandsäcke und Spundbohlen in langwieriger Arbeit unter Einsatz von Tauchern gedichtet werden mußten.

Zunächst wurde das Grabenstück für das nördliche Schwimmrohr hergestellt. Ein parallel zur Dükerachse arbeitender Elmerkettensbagger besorgte die erste Baggerung. Für die genauere Aushubarbeit und die Fertigstellung des Grabens im Anschluß an den aufsteigenden Dükerast jedoch wurde ein schwimmender Greifbagger eingesetzt, der auch die Kieseinbrüche an der Spundwand zu beseitigen hatte. Die abschließende Feinarbeit endlich wurde durch Taucher geleistet. Mit Hilfe einer Lehre stellten diese alle, auch kleinste Erhebungen über die planmäßige Grabensohle fest. Die Lehre bestand aus Rundisen und wurde mit einem Kahn in Richtung der Dükerachse über die ganze Länge des Grabens bewegt; ihre Höhenlage konnte entsprechend dem Rheinwasserstand eingestellt werden. Größere Erdmassen, die noch in das Grabenprofil hineinragten, wurden dann wiederum mit dem Greifer beseitigt; kleinere Erhebungen, soweit sie erreichbar waren, mit einer an einem Schwimmkran hängenden und vom Taucher geführten Mammutpumpe abgesaugt oder mit einem Druckwasserstrahl weggespült.

Inzwischen waren auch die beiden Absenkgerüste für das nördliche Schwimmrohr geschlagen und die übrigen Vorbereitungen für das Absenken getroffen worden. Die Gerüste waren als doppelte, im Abstand von 1,45 m voneinander gerammte und durch Querträger miteinander verbundene Pfahljoche ausgebildet, die eine aus 2 I 50 bestehende Brücke trugen. Auf diese war lotrecht über den oben erwähnten, in die Schwimmkörper eingebauten vier Aufhängeankern eine Spindelvorrichtung aufgesetzt, an der mittels Gestänge der Schwimmkörper aufgehängt wurde, nachdem er unter die Joche eingeschwommen war. Zur Regelung seiner Querlage wurde er beiderseits der Spindel noch durch je einen Flaschenzug gehalten, der unmittelbar am Joch hing (Abb. 19).

Am 28. Februar 1934 um 11 Uhr wurde mit dem Abspindeln begonnen. Es wurde dadurch eingeleitet, daß die oberen Schwimmkammern des Rohrkörpers mit Wasser gefüllt wurden. Der Rohrkörper erhielt dadurch etwas Schräglage, die durch einseitiges Einfüllen von Kiesballast beseitigt wurde. Die Spindeln wurden mit einer Windschraube von Hand abgelassen. Die Gleichmäßigkeit des Absenkens erreichte man durch Klopfsignale. Das Spindelgestänge wurde im Verlauf des Absenkens durch Einsetzen weiterer Gestängglieder verlängert. Während dieses Vorgangs ruhte die Last des Schwimmkörpers jeweils auf einer Hilfsvorrichtung, die aus je zwei am Joch befestigten Hängestangen und einer von ihnen getragenen starken Traverse bestand. Die gesamte Absenktiefe betrug, da der Rhein beim Absenken auf 3,29 a. P. stand, etwa 6 m.

Um 16 Uhr 45 min, also nach 5³/₄ Stunden, saß das Rohr auf Grund, leider aber nur an einigen Stellen, wo während des Absenkens wiederum Erdmassen in den Graben nachgerutscht waren. Versuche, diese Massen mit Mammutpumpe und Druckwasserstrahl unter dem Rohr zu beseitigen, hatten keinen Erfolg. Man mußte sich entschließen, das Rohr wieder hochzuspindeln, auszuschwimmen und den Graben erneut mit dem Greifbagger auszuräumen.

Nach etwa 36 Stunden ununterbrochener Arbeit war dies geschehen und gleichzeitig, den bisherigen Erfahrungen Rechnung tragend, der Graben etwa 35 cm unter planmäßige Tiefe ausgehoben. Am 10. März konnte das Rohr innerhalb 8 Stunden erneut versenkt werden. Es genügte jetzt, durch Taucher nochmals nachgerutschte geringe Massen wegzusaugen oder

zu spülen, um die endgültige, planmäßige Rohrlage herzustellen. Eine geringfügige Schräglage wurde mit den Flaschenzügen beseitigt.

Jetzt wurde mit dem Hinterfüllen des Rohres begonnen, während man die Aufhängung an den Spindeln und Flaschenzügen noch beibehielt. Zur Hinterfüllung benutzte man Rheinkies, der von der Stromverwaltung in Klappschuten angeliefert und unmittelbar hinter die Seitenwände des Rohrkörpers neben den Absenkgerüsten verklappt wurde. Dabei hatten die Taucher zu prüfen, ob die Schüttmassen die erwartete Lage unter den Seitenflächen einnahmen; nötigenfalls mußten sie durch Druckluftspülung nachhelfen. Nach 7 Tagen war die Hinterfüllung beendet. Die Spindel und die Flaschenzüge wurden nun gelöst und beide, bis jetzt wasserdicht abgeschlossene Rohre durch besondere Leitungen mit Wasser gefüllt. Man stellte dabei fest, daß sich der Schwimmkörper unter dieser neuen Belastung nur um einige Millimeter in den Baugrund einpreßte. Über den Schwimmkörpern wurde der Rohrgraben mit Aushubmassen aus der Verbreiterung des Stichkanals und mit einer etwa 80 cm hohen Lage von Bruchsteinen aufgefüllt. Diese sollen das Einsinken von Schiffsankern verhindern, die das Dükerbauwerk beschädigen könnten. Die Enden der beiden Schwimmkörper wurden mit Rücksicht auf die spätere Schließung der Rohrstöbe vorerst nicht verfüllt. Eine nochmalige Prüfung der Höhenlage des fertig mit Kies und Steinen überdeckten nördlichen Schwimmkörpers ergab eine neuerliche Senkung von durchschnittlich 13 mm.

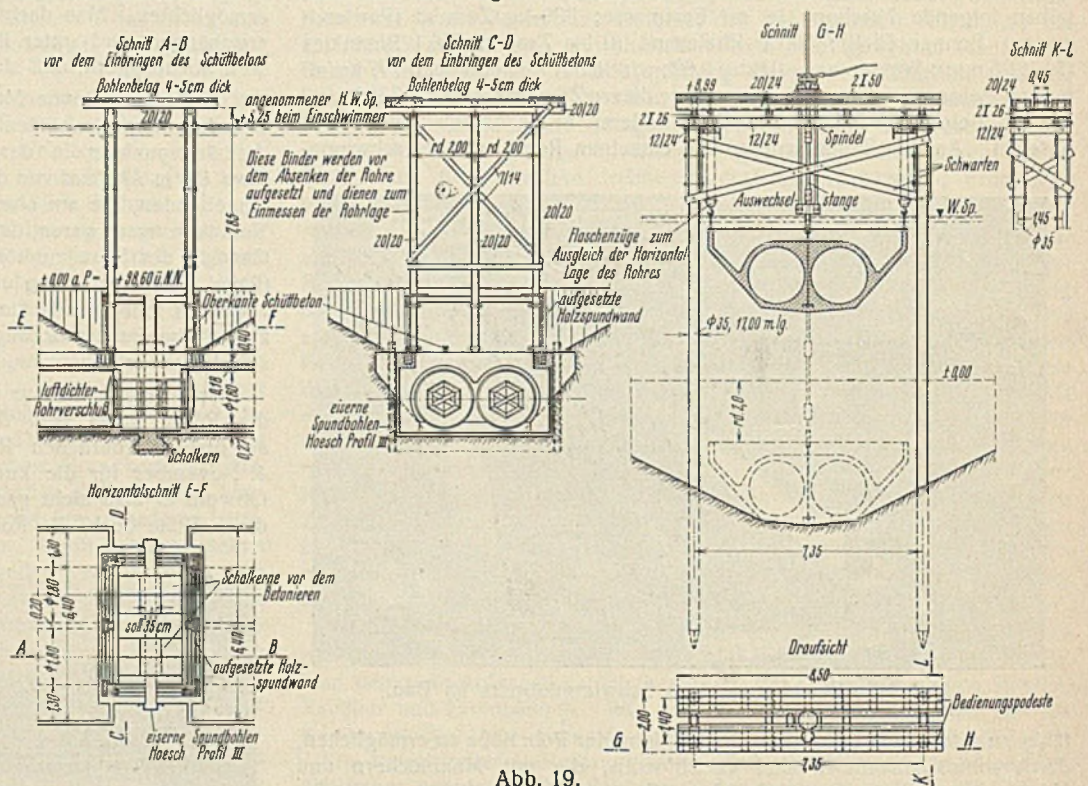


Abb. 19.
Arbeitsgerüst zum Schließen der Mittelfuge (links und Mitte)
und Gerüst zum Absenken der Schwimmkörper (rechts).

Gerüste und Spindeln wurden nun abgebaut, um für die Versenkung des südlichen Rohrkörpers, der die Fahrrinne des alten Stichkanals kreuzt, wieder aufgestellt zu werden. Dies begegnete infolge des lebhaften Schiffsverkehrs hier größeren Schwierigkeiten als beim nördlichen Rohr. Immerhin stand der Schifffahrt zwischen den beiden Absenkgerüsten noch eine lichte Durchfahrtbreite von 24 m zur Verfügung. Man mußte jedoch, um eine zeitweise völlige Sperrung der Schifffahrt zu vermeiden, diesen Schwimmkörper nachts absenken. Die Aufenthalte, die beim nördlichen Schwimmkörper durch die Beseitigung der nachgerutschten Erdmassen entstanden waren, vermied man dadurch, daß man die Sohle des Grabens von vornherein 50 cm unter planmäßige Tiefe legte und so einen genügend großen Aufnahmeaum für diese Massen schuf. So gelang es, das Rohr in einer Nacht innerhalb 7 Stunden ohne störenden Zwischenfall zu versenken. Die übrigen Arbeiten wickelten sich ähnlich ab wie beim nördlichen Schwimmkörper (Abb. 20).

Für die Verbindung der abgesenkten Rohrkörper unter sich und mit den Dükerästen wurden von der Firma Wayss & Freytag mehrere Vorschläge bearbeitet, die alle eine starre Verbindung der einzelnen Dükertelle vorsahen. Bewegliche Fugen, die etwaige Bewegungen der Rohre sowie Längenänderungen durch Schwinden und Wärmeschwankungen oder verschieden starke Setzungen infolge der verschiedenartigen Gründungsart der einzelnen Bauteile zugelassen hätten, wären in der Ausführung sehr teuer gewesen, ohne daß man unter den gegebenen Verhältnissen eine sichere Wirkung hätte erwarten können. Da zudem die Einheitsbelastung des Baugrundes durchweg sehr gering ist, verzichtete

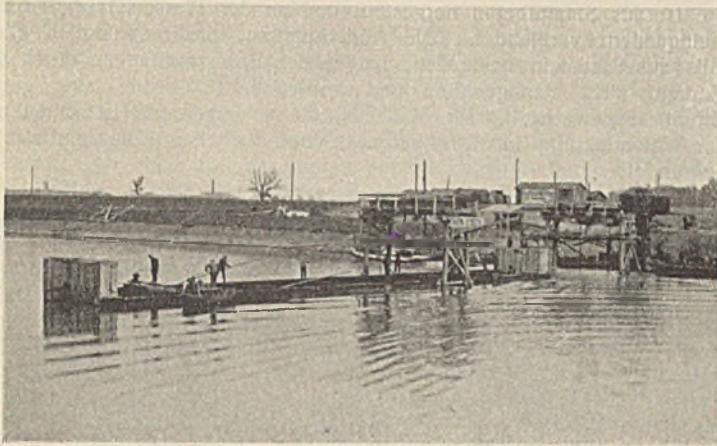


Abb. 20. Einschwimmen des südlichen Schwimmkörpers unter die Absenkspindeln (an beiden Enden die aufgesetzte Holzspundwand).

man bewußt auf Ausgleichfugen und sonstige künstliche Vorkehrungen ähnlicher Art.

Die Erörterung der Frage, ob die drei Rohrstöße unter Wasser oder in offener Baugrube geschlossen werden sollen, führten zu dem Entschluß, die Unterwasserarbeit vorzuziehen, zumal es ja möglich war, die Unsicherheit bezüglich Planmäßigkeit und Güte der unter Wasser hergestellten Bauteile durch Einsetzen von Tauchern und Überwachung vom Rohrinneren aus wesentlich zu vermindern oder ganz zu beheben.

Die Enden der Schwimmkörper und die wasserseitigen Köpfe der auf Senkkasten ruhenden Dükeräste waren für die Herstellung der Anschlüsse in einer Länge von etwa 1 m als rechteckige, oben offene Kästen ausgebildet worden, deren lichter Querschnitt für die Durchführung beider Rohre genügend Platz bot. Diese Kästen standen sich nach Versenkung der Rohrkörper paarweise mit einem Abstände von etwa 35 cm gegenüber und bildeten zusammen jeweils einen Trog von rechteckigem Grundriß. Die Seitenwände der drei Tröge wurden, um das Hineinrutschen von Erdmassen, mit denen die Schwimmkörper hinterfüllt wurden, zu verhindern, durch hölzerne Aufsatzspundwände, die man vor dem Versenken der Schwimmrohre auf die Trogwände aufgesetzt und einbetoniert hatte, bis auf 0,0 a. P. erhöht. Im oberen Rande der Trogwände waren zu diesem Zweck rechteckige, 40 cm tiefe Rillen ausgespart worden (Abb. 21).

Nach dem Absenken der Schwimmrohre wurden zunächst die etwa 35 cm weiten Lücken in den Seitenwänden der Tröge durch eine eiserne Spundwand-Doppelbohle geschlossen. Nachdem hierauf der durch die Lücken inzwischen eingedrungene Schlamm und Kies mit der Mammutpumpe durch den Taucher entfernt war, konnte auch die Lücke im Kastenboden durch Schüttbodyeton ausgefüllt werden. Damit war ein allseitig geschlossener Arbeitsraum um die herzustellenden Verbindungsstücke geschaffen, dessen Wände allerdings nicht über den Wasserspiegel reichten. Diese sollten ja auch lediglich das Eindringen von Hinterfüllungserde in die Baugrube verhindern, ruhiges Wasser zum Einbringen des Schüttbodyetons gewährleisten und in ihrem unteren Teil zugleich als äußere Schalung für den Beton dienen.

In den Querseiten des Troges endigten die Rohre der beiden zu verbindenden Dükerteile so, daß jeweils zwei Rohrenden in einem Abstände von 2,35 m einander gegenüberstanden, in der südlichen Bau-

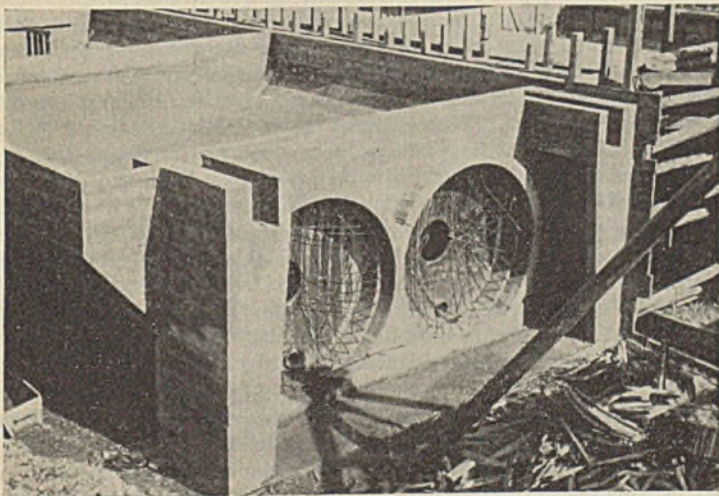


Abb. 21. Ausbildung der Schwimmkörperenden. Oben: Rille für die Spundwand; die Rohre mit Blechdeckeln verschlossen (vgl. Abb. 9).

grube z. B. die Rohrenden des absteigenden Dükerastes und des südlichen Schwimmkörpers. Die Enden der Schrägrohre waren vor ihrer Absenkung auf Senkkasten mit Backsteinmauern, die der Schwimmrohre, wie schon erwähnt, mit schmiedeeisernen Deckeln abgeschlossen worden.

Zwischen die sich gegenüberliegenden Rohrenden wurden nun hölzerne Schalkkerne von sechseckigem Querschnitt eingeschoben (Abb. 22). Der Durchmesser des Sechsecks betrug etwa 1,20 m, war also kleiner als der lichte Rohrdurchmesser. Die Schalkkerne wurden durch Taucher auf leichten Rundelgestellen aufgesetzt und so ausgerichtet, daß ihre Achsen etwa mit denen der anschließenden Dükerrohre zusammenfielen. Um die Kerne leicht handhaben und möglichst satt zwischen die Rohrenden einschieben zu können, waren sie in drei Teile zerlegt. Danach wurde der Raum zwischen den Trogwänden und den Schalkkernen bis an den Fuß der Aufsatzspundwand mit Schüttbodyeton (450 kg Zement je m³ fertigen Betons) ausgefüllt, den man durch ein mit den Eiseneinlagen der anschließenden Dükerteile verbundenes Eisengeflecht bewehrte.

Man begann mit diesen Arbeiten an der Südfuge, also zwischen absteigendem Dükerast und dem südlichen Schwimmkörper, nachdem die Hinterfüllung der Schwimmrohre größtenteils beendet war und die Nachprüfung ihrer Höhenlage ergeben hatte, daß ein weiteres Nachgeben des Baugrundes nicht mehr zu befürchten war. Anschließend wurde die Mittel- und dann die Nordfuge geschlossen. Man bediente sich dabei fester Gerüste, die auf den Trogwänden aufgesetzt und (Abb. 19) an den Innenseiten der Spundwände verankert waren. Nach Beendigung der Arbeiten konnten die hölzernen Aufsatzspundwände abgeschnitten und die drei Verbindungsstücke ebenfalls mit Kies und Bruchsteinen überdeckt werden.

Nach Erhärten des Schüttbodyetons wurden nun die Rohrverschlüsse geöffnet, die Schalkkerne herausgenommen und die dadurch freigelegten sechseckigen Verbindungsgänge zum runden Dükerrohrquerschnitt erweitert. Diese Arbeiten wurden vom Rohrinneren aus vorgenommen. Man setzte hierzu die Rohre unter Druckluft. Die Einrichtungen dazu waren von den Gründungsarbeiten her auf der Baustelle vorhanden und betriebsbereit; sie nur für diese Restarbeiten heranzuschaffen und aufzubauen, hätte sich wohl kaum gelohnt. Man hätte sich in diesem Falle wahrscheinlich zu anderen Maßnahmen für die Schließung der Rohrstöße entschließen müssen.

Die Verwendung der Druckluft bot den großen Vorteil, daß die Arbeiten nicht durch die unvermeidlichen Undichtigkeiten behindert wurden, die namentlich an den Fugen festzustellen waren und erheblichen Wassermengen von außen den Zutritt ins Rohrinnere gestattet hätten. Unter Druckluft konnten diese Undichtigkeiten selbst leicht und einwandfrei gegen den Wasserdruck gedichtet werden.

Die Druckluftschleuse wurde, während man noch an der Schließung der Lücke zwischen dem nördlichen Schwimmkörper und dem aufsteigenden Dükerast arbeitete, auf den Einstelgschacht am Fuße des südlichen Dükerastes aufgesetzt. Querschnitt und Abmessungen dieses Schachtes waren zu diesem Zweck von vornherein passend ausgeführt worden. Der Beton des Schachtes erwies sich allerdings an einigen Stellen für die Druckluft von etwa 1 atü stark durchlässig. Man dichtete diese Stellen mit Sika und konnte dadurch die Luftverluste wesentlich verringern (Abb. 9).

Die südlichen Schrägrohre wurden für den Druckluftbetrieb etwa in halber Höhe durch Mauern abgeschlossen; damit wurde in diesen Rohren zwischen den oberen und unteren Abschlüssen ein geschlossener Raum geschaffen. Diesen setzte man dann vom Einstelgschacht aus unter Druckluft. Von diesem Druckluftraum aus wurde nun, unbehindert durch Wasser

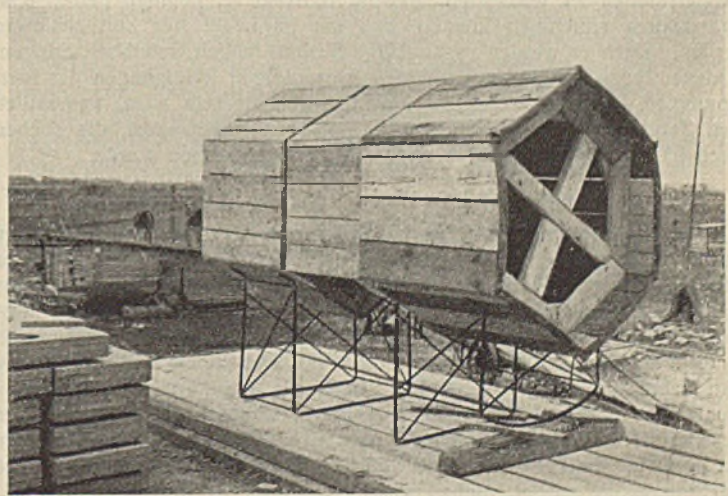


Abb. 22. Schalkkerne für die Herstellung der Verbindungsstücke zwischen den einzelnen Dükerteilen (vgl. Abb. 19).

die Verbindung zwischen den Schrägrohren und den anschließenden südlichen Schwimmrohren hergestellt. Man brach zunächst die Abschlußwände an den unteren Enden der Schrägrohre heraus, entfernte darauf die anschließenden hölzernen Schalkerne und erweiterte den dadurch freigelegten sechseckigen Lichtraum durch Ausstemmen des noch etwas weichen Betons mit Preßfluthämmern zu einem runden Querschnitt von etwa 1,90 m Durchm. Dieser war also 10 cm größer als der endgültige Rohrdurchmesser und gestattete, in dem Verbindungsstück einen Rabitzverputz von 5 cm Dicke aufzubringen, der, um möglichst wasserdicht zu werden, einen Zusatz von Sika 4 (Sika G. m. b. H. Chemische Fabrik, Durmersheim in Baden) erhielt (Abb. 9 u. 19).

Nachdem so die Verbindungsrohre hier fertiggestellt waren, wurden die Ventile in den anschließenden eisernen Abschlußdeckeln der südlichen Schwimmrohre geöffnet und dadurch auch diese Rohre mit Druckluft gefüllt; durch völliges Entfernen der Deckel wurde der Arbeitsraum auch hierhin ausgedehnt. Dann wurden die Deckel am nördlichen Ende dieser Rohre entfernt, und beim weiteren Durchbruch der so freigelegten Mittelfuge wurde ähnlich verfahren, wie soeben für die Nordfuge dargelegt. Die nördlichen Schwimmrohre blieben während dieser Arbeit noch durch die an die Mittelfuge anstoßenden eisernen Abschlußdeckel vom Druckluftraum getrennt.

Gleichzeitig mit diesen unter Druckluft durchgeführten Arbeiten von der Südseite her begann man zur Beschleunigung des Bauvorgangs, die Nordfuge durch die Auslaufschrägrohre von Norden her in freier Luft durchzubereiten. Das von außen, hauptsächlich durch den noch unverputzten Schüttbeton und durch kleine Undichtigkeiten in den Rohrwandungen zufließende Wasser konnte durch Pumpen entfernt werden. Die Schlußarbeiten jedoch wurden auch hier unter Druckluft ausgeführt. Dazu wurden auch diese Schrägrohre an ihrem oberen Ende durch Betonwände abgeschlossen. Die Druckluft wurde zunächst von den Südrohren her durch Ventile in die Nordrohre und von da in die Auslaufschrägrohre eingelassen. Nach Druckausgleich schnitt man die Abschlußdeckel heraus und vollendete den Innenausbau der Nordfuge unter Druckluft.

Nach Fertigstellung aller Fugen und Beseitigung der Druckluftanlagen war noch ein Fernsprechkabel der Rheinstromverwaltung, das bisher schon den unverbreiterten Stichkanal an anderer Stelle gekreuzt hatte, im östlichen Dükerrohr zu verlegen. Es wurde an der äußeren Rohrwand, da wo diese am stärksten ist, mit Kabelschellen befestigt, die vorher, noch unter Druckluft, eingelassen worden waren. Man vermied dadurch, daß etwaige Undichtigkeiten, die beim Ausspitzen der Löcher in der Wand entstanden wären, wohl unter erheblichen Schwierigkeiten gegen den hohen äußeren Wasserdruck hätten gedichtet werden müssen.

Im Juni 1934 waren die gesamten Bauarbeiten vollendet. Die Prüfung und Abnahme des fertigen Bauwerks folgte natürlich erst nach Ablassen der Druckluft, da sich erst dann etwaige Undichtigkeiten zeigen konnten. Abgesehen von einigen unbedeutenden Schweißstellen, erwiesen sich die Rohre als dicht. Bei einer zweiten Prüfung, die etwa ein halbes Jahr nach der Inbetriebnahme vorgenommen wurde, zeigten sich nach dem Auspumpen einige weitere undichte Stellen, durch die bei einem äußeren Wasserüberdruck von 7,8 m Höhe etwa 0,5 l Wasser eindringen. Insbesondere fiel hierbei ein lotrechter Riß auf, der in der Verbindungsnaht zwischen den beiden Senkkasten am Südufer lag und wohl auf ungleiche Setzungen der beiden Senkkasten zurückzuführen ist. Für den Bestand des Bauwerks sind auch diese Undichtigkeiten ohne Zweifel belanglos, und im Verhältnis zur Wasserführung des Dükers auch die eindringenden Wassermengen unbedeutend, zumal nur bei höheren Wasserständen im Rhein ein stärkerer äußerer Überdruck vorhanden ist. Die Undichtigkeiten gehen über das nicht hinaus, was man bei dem Entschluß, auf künstliche Ausgleichfugen zu verzichten, bewußt in Kauf zu nehmen hatte; man wird zudem annehmen können, daß sie im Laufe der Zeit zusintern werden. Darüber werden regelmäßige Nachprüfungen Gewißheit bringen, zu denen ja in Verbindung mit den notwendigen Reinigungen der leergepumpten Rohre von Zeit zu Zeit Gelegenheit sein wird, namentlich nach Zuleitung auch des anderen (westlichen) Federbaches, die soeben durch das staatliche Kulturbauamt in Angriff genommen wurde.

5. Verlängerung der Ufermauer im Mittelbecken.

Die Betriebsanlagen für den Umschlag von Stückgut und von Waren, die nicht im Freien gelagert werden können, sind am Nordufer des Mittelbeckens zusammengefaßt. Mit der starken Zunahme dieses Verkehrs in den letzten Jahren hatte die Entwicklung der Umschlaganlagen nicht Schritt gehalten. Besonders reichte die Länge der vorhandenen Kai-mauer für die stark angewachsene Zahl der Hebezeuge nicht mehr aus. Man nahm daher die Gelegenheit wahr, aus den Mitteln für die Stichkanalverbreiterung mit Einwilligung der zuständigen Reichsstellen den für eine Verlängerung der Mauer um 125 m erforderlichen Betrag abzu-zweigen. Im April 1933 waren die Verhandlungen so weit gediehen, daß die Bauarbeiten ausgeschrieben werden konnten.

Die vorhandene rd. 570 m lange Mauer (erbaut 1900 bis 1909) ist auf Höhe $-0,50$ a. P. Maxau, also 0,50 m unter der Hafensohle gegründet.

Sie ist aus Stampfbeton hergestellt und an der Wasserseite mit Sandsteinquadern verblendet. Die Abdeckplatten, die ursprünglich ebenfalls aus Sandstein bestanden, hatten den Beanspruchungen durch den Verkehr nicht standgehalten und wurden im Lauf der Jahre gegen Granit ausgewechselt. Die Mauer wurde seinerzeit zur Einschränkung der Wasserhaltung im Schüttbetonverfahren zwischen Holzspundwänden gegründet.

Der Baugrund besteht durchweg aus Kies von etwa 4 cm Korngröße und aus festgelagertem, sehr feinem Sand; er ist in jeder Höhenlage

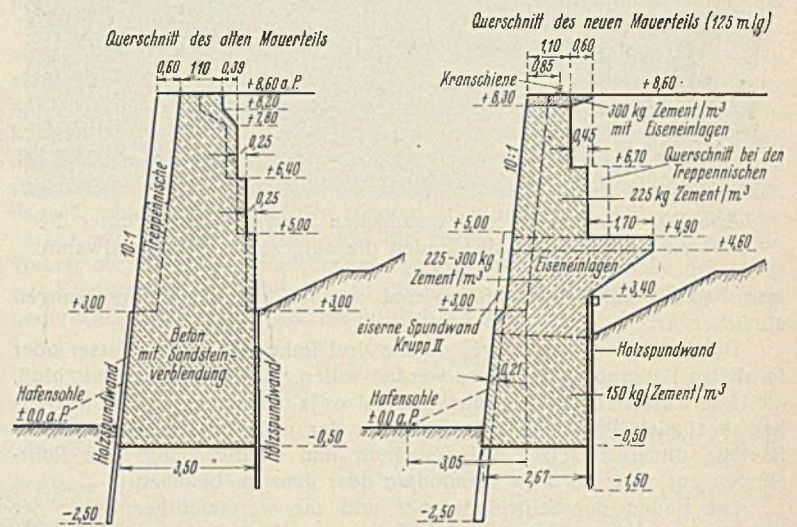


Abb. 23. Querschnitt des alten und des neuen Teils der Ufermauer.

gut tragfähig. In Höhe der Gründungssohle kann ihm eine Belastung von 4 bis 6 kg/cm² zugemutet werden.

Die Mauerkrone liegt auf 8,6 a. P. (HHW) = 107,20 + NN. Der höchste schiffbare Wasserstand ist 7,0 a. P., der mittlere Sommerwasserstand etwa 5,0 a. P. Die Hafensohle liegt auf Höhe 0,0 a. P. (Abb. 23).

Die Mauer wird durch die wasserseitigen Laufräder der Uferkrane unmittelbar, durch die beiden Ladegleise zwischen den Lagerhallen und der Mauer mittelbar belastet. Für die Kranlasten waren folgende Lastenzüge zu berücksichtigen (Abb. 24):

Beide Lastenzüge können bis auf 1400 mm Abstand zusammenrücken. Als Achsdrücke der Eisenbahn waren je 20 t anzunehmen.

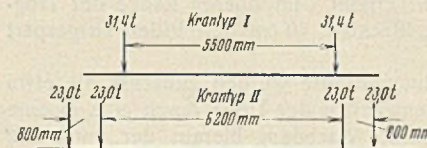


Abb. 24.

Die Ausbildung des neuen Mauerquerschnitts war bei der Ausschreibung freigestellt. Den Angeboten lagen teils Schwergewichtmauern, teils Konstruktionen auf hohem Eisenbetonpfahlrost zugrunde. Da die Preisunterschiede unerheblich waren, gab man im Hinblick auf die größere Sicherheit gegen dynamische Belastung durch fahrende Krane und durch Schiffstöße der Schwergewichtmauer den Vorzug. Für die Ausführung wurde eine von der Karlsruher Arbeitsgemeinschaft G. Siegrist — G. Stumpf angebotene Schwergewichtmauer gewählt. Sie ist auf derselben Höhe wie die alte Mauer gegründet und hat einen wesentlich sparsameren Querschnitt als diese, ohne indessen deren Bodenpressung zu erreichen. Die Einschränkung des Mauerquerschnitts wird durch einen Entlastungssporn an der Rückseite der Mauer ermöglicht (s. Abb. 23). Die größte Bodenpressung beträgt ohne Berücksichtigung der vorderen Spundwand rd. 4 kg/cm², berechnet mit den Erddrucktabellen von Krey unter Zugrundelegung folgender Annahmen: Raumbgewicht der Hinterfüllung über dem Wasserspiegel 1,77 t/m³, unter dem Wasserspiegel 0,90 t/m³; Böschungswinkel der Hinterfüllung über dem Wasserspiegel 42°, unter dem Wasserspiegel 24°, Reibungswinkel zwischen Erde und Mauerwerk über dem Wasserspiegel 28°, unter dem Wasserspiegel 16°.

Ferner wurde vorausgesetzt, daß der Grundwasserspiegel hinter der Mauer mit dem freien Wasserspiegel im Hafen steigt und fällt. Diese Annahme durfte gemacht werden, da durch Verwendung kiesigen Hinterfüllungsmaterials, durch Sickerungen an der Rückwand der Mauer und durch Entwässerungsrohre quer durch die Mauer für eine möglichst vollkommene Entwässerung der Mauerhinterfüllung nach dem Hafen gesorgt werden sollte.

Die chemische Untersuchung des Grundwassers an der Baustelle und des Hafengewässers ergab neutrale Reaktion und nur geringen Gehalt an aggressiver Kohlensäure, verbunden mit einem Mangel an Kalk. Bei der Herstellung des Betons wurde diesen Verhältnissen dadurch Rechnung getragen, daß ein kalkarmes Bindemittel gewählt und eine möglichst dichte Betonmischung angestrebt wurde. Nach den einschlägigen Ver-

suchen der Neckarbauverwaltung³⁾ entschloß man sich zur Verwendung von Traßportlandzement 50/50 und einem Sand-Kies-Gemisch 1:1,3 bis 1:1,7, Grenze der Korngröße 7 mm, wobei der Gehalt an Feinsand unter 1 mm höchstens 40 bis 50% des Sandes unter 7 mm betragen durfte. Der Bindemittelgehalt wurde für die der Einwirkung des Hafenswassers ausgesetzten Mauerteile auf 225 kg je m³ fertigen Betons festgesetzt. Der obere Teil des Sporns, der die Zugspannungen aufzunehmen hat, wurde in einer Dicke von 30 cm als Eisenbetonplatte ausgebildet, die bis zur Vorderseite der Mauer durchgeht. Die dazu verwendete Mischung mit 300 kg Zement geht nach unten bis zum Fuße des Sporns allmählich in die gewöhnliche Mischung mit 225 kg über. Die Abdeckplatte ist ebenfalls in Eisenbeton ausgeführt.

Zur Umschließung der Baugrube wurde vorn eine eiserne Spundwand Bauart Krupp Profil 2 mit Kupferzusatz verwendet. Sie wurde bis auf -2,50 a. P., also 2,50 m unter die Hafensohle gerammt. Diese Lage der Spundwandunterkante ist statisch bedingt, weil die verhältnismäßig flach gegründete Mauer erst durch die 2 m unter die Sohle reichende Spundwand genügend gleitsicher wird. Die Oberkante der Spundwand lag auf 5,0 a. P., eine Höhe, die in der vorgesehenen Bauzeit, Spätsommer und Herbst, in der Regel nicht überschritten wird. Als landseitiger Abschluß der Baugrube wurde eine hölzerne Spundwand von 10 cm Dicke und 4,50 m Länge gerammt. Nach Beendigung der Betonarbeiten wurde die vordere Eisenspundwand auf 3,2 a. P. abgeschnitten.

Der Fundamentbeton war im Trockenem einzubringen. Der Unternehmer sah Trockenlegung der Baugrube durch Grundwasserabsenkung vor. Hierzu wurden drei Filterbrunnen von je 1 m l. Durchm. vorgesehen, die in der Uferböschung hinter der Baugrube, 5 m von der landsseitigen Spundwand entfernt und über die Länge der neuen Mauer verteilt, bis auf -5,0 a. P. abgesenkt wurden. Die Brunnen lagen mit ihrer Sohle also 4,5 m unter der Gründungsebene. Die Absenkung war jedoch mit den eingesetzten Mitteln nicht durchführbar, da der anstehende, mit feinem Sand gemischte Kies nur schwer durchlässig war. Man mußte sich daher mit offener Wasserhaltung begnügen. Das Wasser wurde, um die Bau-sohle vor Anflöckerung zu schützen, längs der Mauerhinterkante in Drän-rohren gefaßt und nach den Filterbrunnen abgeleitet.

Die Wasserhaltung wurde durch Unterteilung der Baugrube in vier Abschnitte von je etwa 30 m Länge erleichtert. Diese wurde auch für die Dehnungsfugen beibehalten, die durch Zwischenlagen von einfacher Dach-pappe gebildet wurden.

³⁾ Veröffentlicht in der Schrift: Vetter und Dr. Rissel, Materialauswahl für Betonbauten. Berlin 1933, Jul. Springer.

Der Beton wurde in weicher Beschaffenheit, größtenteils von einem Arbeitsschiff aus eingebracht. Zur Ersparung von Kosten verwendete man die beim Abbruch des Uferpflasters freiwerdenden gesunden Steine nach gründlicher Reinigung als Einlagen in den Beton. Das Raummaß der eingelegten Steine durfte dabei höchstens ein Drittel der umhüllenden Betonmasse ausmachen. Von Verputz oder Vorsatzbeton an der Wasserseite wurde abgesehen, da völlige Wasserdichtigkeit des Mauerbetons erwartet werden durfte.

Die Mauerkrone wurde zum Schutze gegen die Einwirkung von Schiffseilen mit einer Kante aus Mannstaedt-Eisen Profil 1190 versehen. Die in der alten Mauer etwa alle 70 m eingelassenen Treppen für den Personenverkehr zwischen Schiff und Land sind auch bei der neuen Mauer vorhanden. Ihre Wangen werden auf der Wasserseite durch ein Universal-eisen 300 · 10 gebildet.

Haltevorrichtungen für Schiffe sind in üblicher Weise auf der Mauerkrone und der Wasserseite angebracht. Eichene Reibhölzer von 30/30 cm Querschnitt in Abständen von 20 m sollen das Anstoßen der Schiffe an die Mauer verhüten.

Zur Hinterfüllung der Ufermauer waren etwa 6000 m³ Erde erforderlich. Sie konnten den Massen entnommen werden, die beim Bau des Dükers und bei der Verbreiterung des Stichtkanals anfielen. Man beförderte sie teils in Kähnen unmittelbar vor die Mauer und ließ sie dort durch Krane hochheben, teils wurden sie auf Gleisen hinter die Mauer gefahren und dort von Hand eingebaut. Ende Januar 1934 waren die Bauarbeiten beendet.

Die Gesamtkosten aller geschilderten, vom städtischen Tiefbauamt geleiteten Bauarbeiten beliefen sich auf etwa 2,4 Mill. RM.

III. Die Eisenbahnverbindung

des Karlsruher Hafens mit dem Reichsbahnnetz besteht bisher nur aus einer eingleisigen Hafenzufahrt, die mit einem Gefälle von 1% vom Karlsruher Westbahnhof her den Hafen etwa in dessen Achse erreicht und nach Überschreiten des Alblusses sofort in scharfen Kurven sich nach den einzelnen Becken verzweigt. Sie hat etwa 95% des gesamten Hafenumschlags, also rd. 2,5 Mill. t/Jahr zu bewältigen. Im Hinblick auf die geschilderte starke Vergrößerung der Umschlagplätze erhielten die seit längerer Zeit mit der Reichsbahn schwebenden Verhandlungen über den Bau einer zweiten Hafenzufahrt einen starken Auftrieb. Man darf erwarten, daß auch diese Frage bald eine Lösung findet, die allseits befriedigt und dem starken Aufschwung des städtischen Rheinhafens Karlsruhe Rechnung trägt, nicht zuletzt im Interesse der gesamten Wirtschaft im Grenzlande am Oberrhein.

Alle Rechte vorbehalten.

Umbau der Rheinbrücke zwischen Koblenz und Pfaffendorf.

Von Dipl.-Ing. H. von Preschern, Mainz.

(Schluß aus Heft 49.)

Anpassen des neuen Überbaues an die alten Bogenträger.

Genaue Vermessungen zeigten, daß die alten Bogenträger nicht nur in der Höhenlage und in den Fachweiten und Stützweiten Unterschiede hatten, sondern daß auch waagerechte Abweichungen von der lotrechten Ebene durch die Kämpferpunkte bis zu 60 mm vorhanden waren. Die Verschiedenheiten in den Abmessungen in der Hauptträgerebene lagen jedoch innerhalb solcher Grenzen, daß die neu hinzuzufügenden Bogenträger in der Werkstatt nach einem für alle sechs Bogen geltenden Netz hergestellt werden konnten. Um die Abweichungen der neuen Bogen gegen die alten möglichst gering zu halten, wurde das Werkstattnetz so angenommen, daß es sich möglichst mit dem gemittelten Netz der sechs alten Außenbogen deckt. Die neuen, nach einer Schablone hergestellten und daher unter sich gleichen Bogen mußten so ausgebildet werden, daß sie an die sechs verschiedenen alten Außenbogen angefügt werden konnten. Hierbei waren Abweichungen in der Trägerebene bis zu 20 mm zu berücksichtigen. Da die Verbindung zwischen alten und neuen Bogen nur mittels der in den Ebenen der Pfosten angeordneten Querschotte hergestellt wurde, war es möglich, die Ausgleiche für Abweichungen in der Trägerebene in die Anschlußwinkel zwischen Schott und altem Bogen zu legen. Diese Anschlußwinkel wurden ungebohrt und in verschiedenen Profilen an die Baustelle gebracht und je nach Erfordernis eingebaut. Die Abweichungen aus der Trägerebene konnten nur dadurch berücksichtigt werden, daß jedes Schott in der Breite dem jeweiligen Abstände zwischen neuem und altem Bogen angepaßt wurde.

Da es nicht möglich war, die neuen Bogenträger so neben die alten zu legen, daß beide nach dem Freisetzen der neuen Bogen und nach dem Abbruch der alten Fahrbahn in allen Punkten gleich hoch liegen, wurden für alle auf die Bogenträger aufgesetzten Bauteile Ausgleichfütter vorgesehen, die, je nachdem der neue Bogen höher oder tiefer lag als der alte, auf den alten oder neuen Bogenobergurt aufgelegt wurden.

Die Fahrbahn konnte in dem Bereich, in dem sie auf den Querträgerstützen ruht, so hergestellt werden wie bei einer neuen Brücke;

Ungenauigkeiten und Verschiedenheiten durch waagerechte Abweichungen wurden durch geringe Neigung der Querträgerstützen ausgeglichen; zum Ausgleich der lotrechten Abweichungen wurden die Querträgerstützen verschieden hoch hergestellt; außerdem wurden noch an den Stützenköpfen Ausgleichfütter vorgesehen. In dem Bereich, in dem die Querträger ganz oder teilweise zwischen die Bogenträger eingebaut wurden, war es nicht möglich, die Querträger so zu legen, wie es die endgültige Lage der Fahrbahn erforderte; die Querträger wurden daher in diesem Bereich so eingebaut, wie es die Anschlüsse verlangten; lotrechte Abweichungen wurden hier durch Ausgleichfütter zwischen Quer- und Längsträger beseitigt. Die Abweichungen der Bogenträger aus der Trägerebene wurden durch verschiedene Längen der Quertragerteile über den Bogenträgern und der Konsolen berücksichtigt. Alle Anschlußwinkel, mit denen Querträger und Konsolen an die Bogen angeschlossen werden sollten, wurden ungebohrt angeliefert und erst beim Einbau gebohrt.

Bei der Ausbildung der lotrechten Querverbände und des Bogenwindverbandes wurde den Verschiedenheiten in den alten Bogenträgern dadurch Rechnung getragen, daß sämtliche Anschlußbleche erst beim Einbau gebohrt wurden.

Festigkeitsberechnung.

Bei der Ermittlung der auf die drei Hauptträger entfallenden Lastanteile war zu beachten, daß die Stöße in der Mitte der Querträger und die Querverbände der zuletzt fertiggestellten Seite erst nach Aufbringen der gesamten ständigen Last vernietet wurden und daher erst im endgültigen Zustande zur Wirkung kamen. Die auf die Hauptträger entfallenden Lastanteile der ständigen Last sind daher gleich den Auflagerkräften der für diesen Belastungszustand statisch bestimmt gelagerten Querträger. Für die Berechnung der Lastanteile der Verkehrslast ist jedoch der endgültige Zustand maßgebend, bei dem die lastverteilende Wirkung der Querverbände zu berücksichtigen ist. Da nun sowohl die Bogenträger als auch die Querverbände elastisch nachgiebig sind und die Nachgiebigkeit der Bogenträger von Null an den Kämpfern bis zu

einem Größtwert im Scheitel veränderlich ist, kann die Verteilung einer wandernden Last auf die Bogenträger in einfacher Weise nicht bestimmt werden. Es wurden daher die beiden folgenden Grenzfälle untersucht:

1. Die Bogenträger sind starr; die Lastanteile sind dann gleich den Auflagerkräften der Querträger als durchlaufende Träger mit Kragarmen.
2. Die Bogenträger sind nachgiebig, die Querverbände zwischen ihnen starr; die Lastanteile werden dann aus der Bedingung berechnet, daß die Querverbände gerade bleiben müssen.

Außer diesen beiden Fällen mußte noch der Zustand während des Umbaus untersucht werden, bei dem die eine Hälfte der umgebauten Brücke bereits dem Verkehr übergeben war, während die andere Hälfte umgebaut wurde. Der größte der unter diesen drei Annahmen ermittelten Lastanteile wurde der Berechnung zugrunde gelegt.

Das System der Hauptträger ist durch die Anordnung von je zwei sich kreuzenden Streben in jedem Fache vielfach statisch überbestimmt. Zur Vereinfachung der Berechnung wurde angenommen, daß dieses System aus zwei übereinander gelagerten Teilsystemen mit einfachen Strebenzügen aus abwechselnd steigenden und fallenden Streben besteht, auf die sich alle Lasten je zur Hälfte verteilen; das Hauptträgersystem ist so dann ein einfach statisch unbestimmter Zweigelenbogen.

Bei der Berechnung der Windverbände war ebenso wie bei der der Hauptträger der Zustand während des Umbaus zu berücksichtigen, bei dem erst die Verbände der einen Hälfte fertiggestellt waren, aber die gesamten waagerechten Kräfte aufnehmen mußten. — Bei Berechnung der Fahrbahnseite war ebenfalls der Zustand während des Umbaus zu berücksichtigen.

Güte besteht, daß von der Anordnung besonderer Eisenbetonauflagersteine Abstand genommen werden konnte.

Infolge der Höherlegung der Fahrbahn mußten die Strompfeiler entsprechend erhöht werden. Hierzu wurde am Umfange der Pfeiler eine 1,25 m dicke Betonmauer errichtet, die an den beiden Längsseiten mit Grauwacke, an den runden Vorköpfen mit Basaltlava verkleidet wurde. Der so entstandene Hohlraum wurde durch eine Eisenbetonplatte überdeckt, die zur Schaffung dreieckförmiger Kanzeln über die Vorköpfe ausladet und durch je einen großen, aus dem Mauerwerk der Vorköpfe vorspringenden Basaltlavaquader unterstützt wird. Der Hohlraum ist durch eine Einsteigöffnung und eine Leiter von der Fahrbahn aus zugänglich;

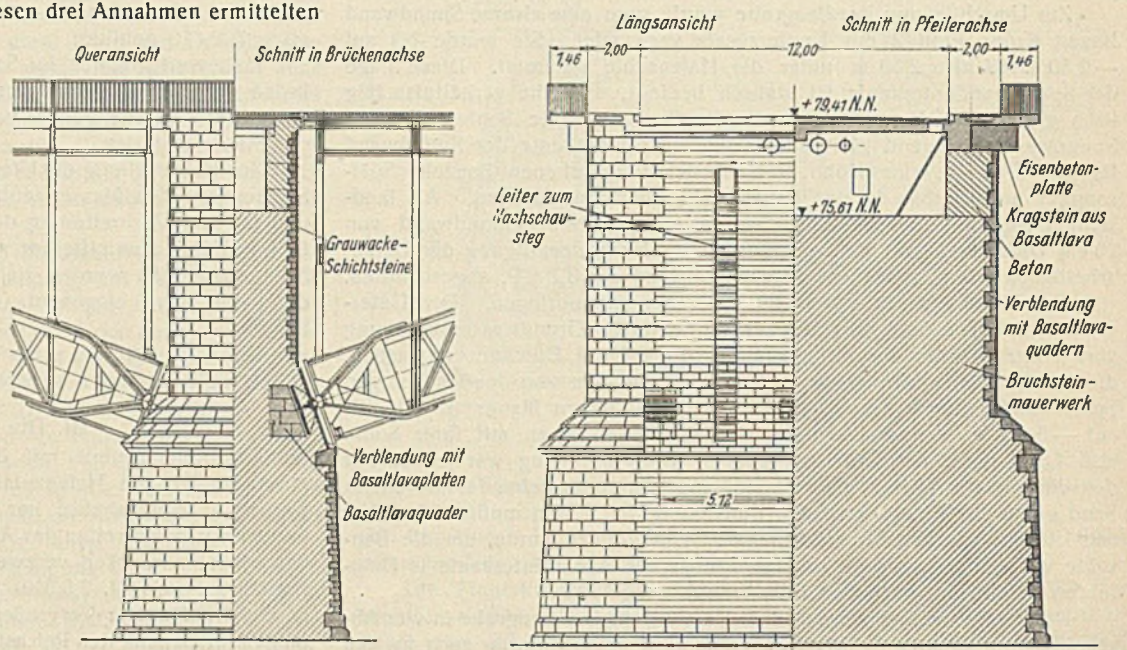


Abb. 11.

III. Umbau der Pfeiler und Widerlager (Abb. 11 u. 12).

Die Abmessungen der Gründungskörper der Pfeiler und Widerlager, sowie die der Pfeilerschäfte erwiesen sich auch für die neuen Belastungen in der umgebauten Brücke als ausreichend.

Wegen der erheblich größeren Auflagerkräfte in der umgebauten Brücke mußten die neuen Auflagerkörper entsprechend größere Grundflächen erhalten. Die vorhandenen Mauerwerknischen reichten daher zur Aufnahme der neuen Auflagerkörper nicht aus und mußten ent-

von hier aus gelangt man durch Öffnungen in den Seitenmauern und über Leitern an der Außenseite der Pfeiler zu den Nachschaustegen auf der Brücke. In den Hohlräumen auf den Pfeilern können die für die Rohrleitungen notwendigen Dehnungs- und Verbindungsstücke ohne Schwierigkeit und leicht zugänglich untergebracht werden. — Da der Unterschied in der Färbung zwischen dem alten, verwitterten und daher

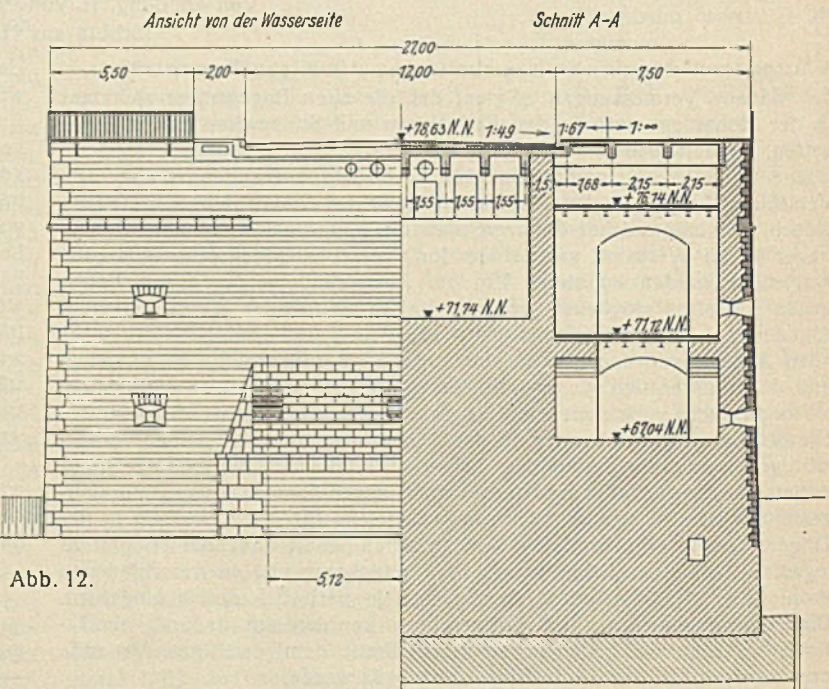
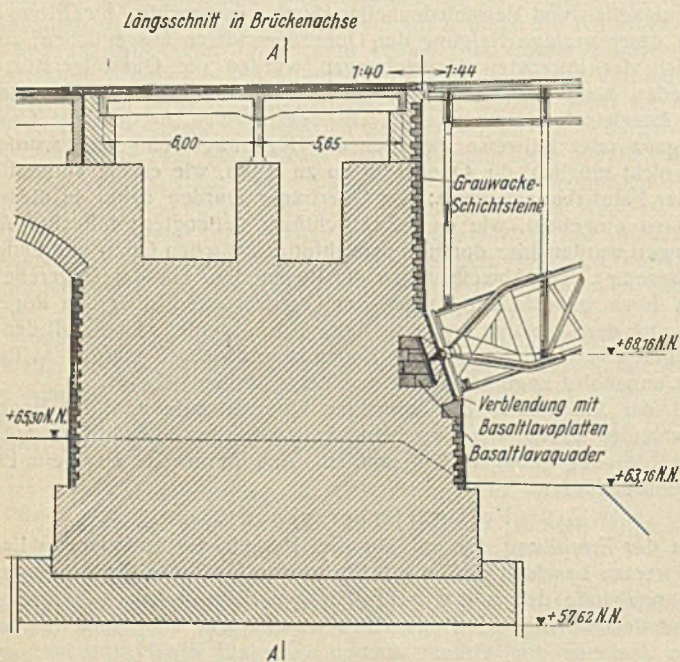


Abb. 12.

sprechend erweitert werden. Zur Verteilung der unter den Auflagerkörpern auftretenden großen Fugenpressungen von nahezu 60 kg/cm² waren ursprünglich besondere Eisenbetonauflagersteine unmittelbar unter den Auflagern vorgesehen, die an Ort und Stelle hergestellt werden sollten. Beim Ausbrechen der Nischen zeigte sich jedoch, daß das Mauerwerk unter den Auflagern durchweg aus Basaltlavaquader von so hervorragender

dunklen Basaltmauerwerk und dem neuen, hellen Mauerwerk der erhöhten Pfeiler sich sehr stark bemerkbar machte, wurde das alte Mauerwerk der Pfeilervorköpfe über den Schrägflächen an den Kämpfern einschließlich dieser Schrägflächen selbst mittels Sandstrahlgebläses gereinigt; ein Unterschied in der Färbung zwischen altem und neuem Mauerwerk war dann kaum mehr zu erkennen.

An den Widerlagern wurden die hohen, den Verkehr und die freie Sicht behindernden Türme bis auf die Höhe der neuen Fahrbahn abgebrochen, während die Stirnmauern zwischen diesen Türmen bis auf die gleiche Höhe hochgeführt wurden. Die Kammern und Hohlräume wurden durch Eisenbetonplattenbalken überdeckt, die die Fahrbahn und die Fußwege tragen. Die um 5,50 m über die Geländereflucht auf der Brücke vorspringenden Widerlagertürme wurden zu geräumigen Plattformen in den Ebenen der Fußwege ausgebaut, die durch Stabesengeländer von gleicher Ausbildung wie auf der Brücke abgeschlossen werden und in deren Mitte 15 m hohe Fahnenmaste aus Stahlrohren zur Aufstellung gelangten. Die über dem Grundgesimse liegenden Fenster und Schließ-scharten wurden zugemauert. Die weit vorspringenden Teile des Grundgesimses, das bei der verhältnismäßig geringen Höhe des darüberliegenden Mauerwerks in der umgebauten Brücke zu schwer wirkte, wurden entfernt. — Über den bereits in den Widerlagern vorhandenen Wendeltreppen wurden Einstiegsöffnungen mit Abschlußdeckel vorgesehen, durch die die Hohlräume in den Widerlagern zugänglich sind⁵⁾.

IV. Bauausführung.

Der gesamte Umbau mußte wegen der geforderten Aufrechterhaltung des Verkehrs halbseitig durchgeführt werden; zuerst wurde die stromauf liegende, südliche Hälfte umgebaut, nach deren Fertigstellung der Verkehr

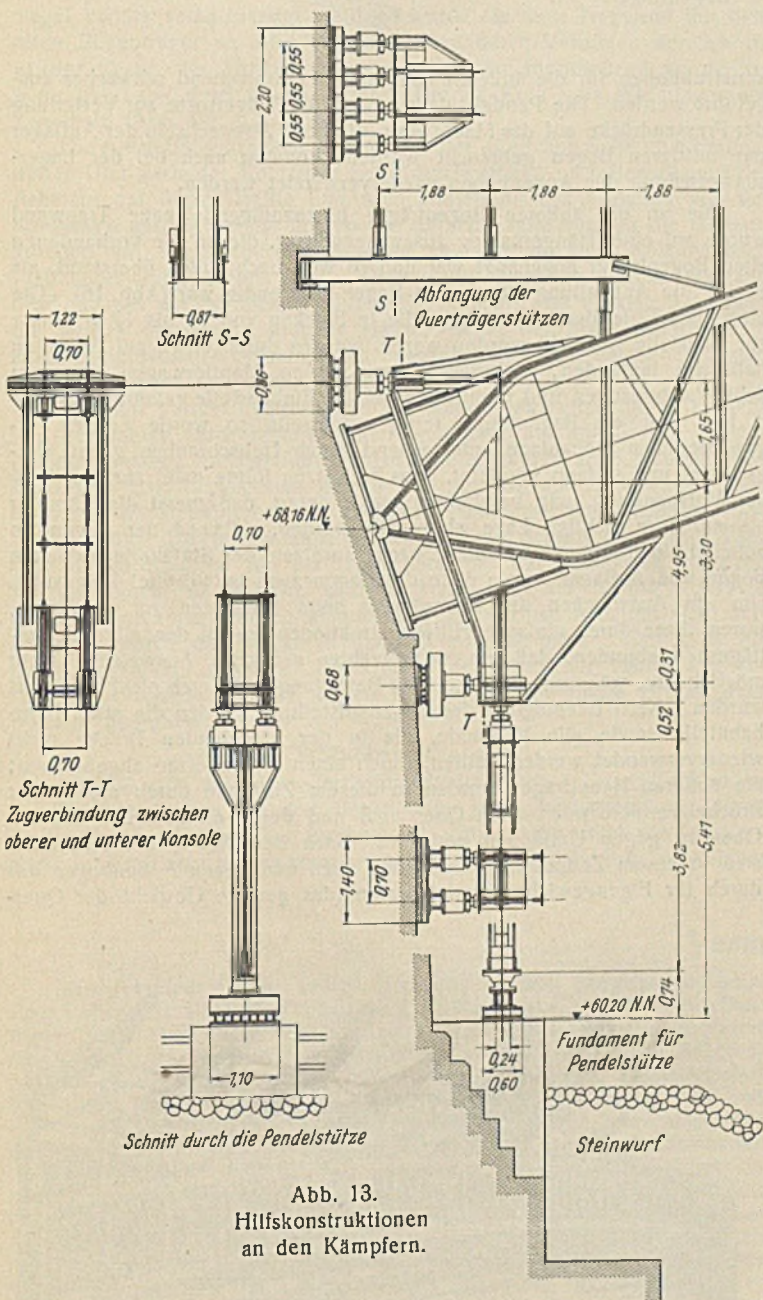


Abb. 13. Hilfskonstruktionen an den Kämpfern.

über diese bereits umgebauten Seite geführt und die andere Hälfte umgebaut.

Bevor mit dem Umbau der Überbauten begonnen werden konnte, mußten jedoch zuerst die Auflager ausgewechselt werden. Da, wie eingangs erwähnt, die Errichtung von Rüstungen im Strom nicht zulässig

war, mußten die Auflager in anderer Weise entlastet werden. Hierzu wurden, wie Abb. 13 zeigt, an den Kämpfern konsolartige Hilfskonstruktionen an die Ober- und Unterseite der Bogenträger angebracht; zwischen den lotrechten Flächen dieser Konsolen und dem Pfeiler- bzw. Widerlagermauerwerk wurden Druckwasserpumpen eingebaut, die die waagerechten Kräfte aufzunehmen hatten; zur Aufnahme der lotrechten Kräfte wurde eine lotrecht stehende Pendelstütze angeordnet, die unten auf besonders zu diesem Zwecke auf den Gründungskörpern der Pfeiler und Widerlager errichteten Betonsokkeln in Stahlgußkörpern gelagert war; zwischen den Kopf dieser Pendelstütze und der am Bogenuntergurt befestigten Konsole waren zur genauen Einstellung Druckwasserpumpen vorgesehen. Durch diese Anordnung war es möglich, waagerechte und lotrechte Verschiebungen unabhängig voneinander zu bewirken, so daß die zur Erzeugung der Vorspannung notwendigen Stützweitenverkürzungen in einfacher Weise und mit jeder gewünschten Genauigkeit hergestellt werden konnten. Die Lage der zur Aufnahme der waagerechten Kräfte bestimmten Pumpen war so gewählt worden, daß der lotrechte Abstand der unteren Gruppe vom Schnittpunkte der Bogenachse mit der Auflagerlotrechten durch die Pendelstütze doppelt so groß war wie der der oberen Gruppe von diesem Punkte. Es wurden daher oben doppelt soviel Pumpen angeordnet wie unten, so daß der Druck in allen waagerechten Pumpen stets gleich sein mußte. Für das Auswechseln der Auflager der mittleren Bogenträger waren zur Aufnahme der waagerechten Kräfte oben vier und unten zwei Pumpen von je 250 t Tragfähigkeit eingebaut; über der Pendelstütze waren zwei ebenso starke Pumpen vorgesehen; an den äußeren Bogenträgern waren wegen der bedeutend kleineren Kräfte an jeder Stelle nur halb so viele Pumpen angeordnet. Abb. 14 u. 15 zeigen die Hilfskonstruktion und die Pumpenanordnung an einem mittleren Bogen. — Die Hilfskonstruktionen wurden für je drei Auflagerpunkte angefertigt, so daß die Auflager eines jeden der drei Hauptträgerstränge an einem Pfeiler und an einem Widerlager gleichzeitig ausgewechselt werden konnten; an den Pfeilern wurden dadurch einseitige Belastungen vermieden; an den Widerlagern war das Mauerwerk stark genug, auch die

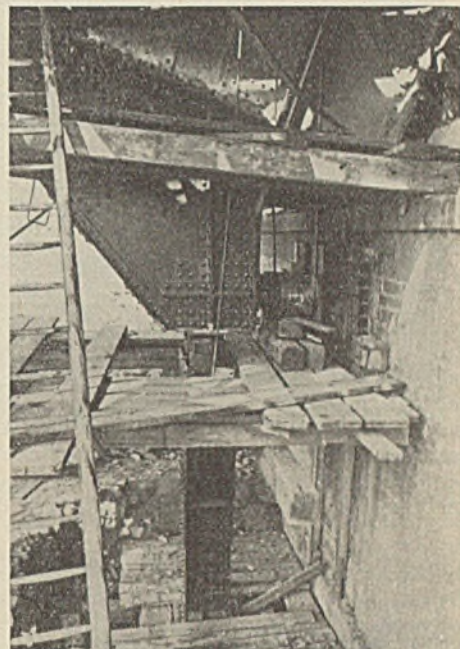


Abb. 14. Hilfskonstruktion.

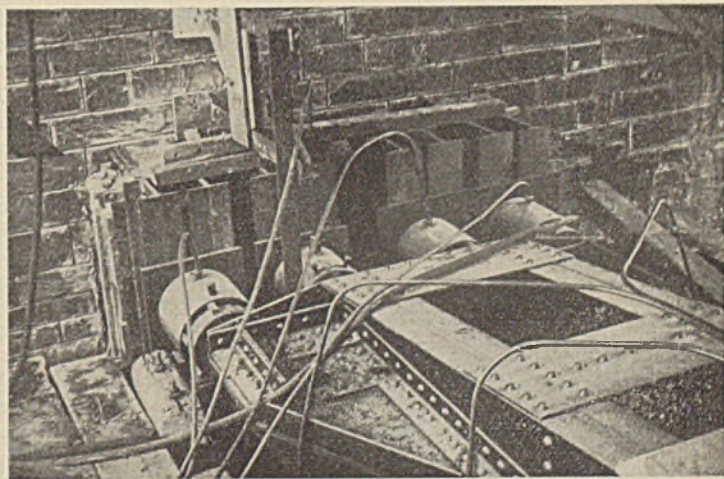


Abb. 15. Pumpenanordnung.

oberhalb und unterhalb der Auflager wirkenden waagerechten Kräfte einwandfrei aufzunehmen. — Nachdem die Bogenträger durch die Druckwasserpumpen von den Auflagern abgehoben und die Stützweitenverkürzungen vorgenommen waren, wurden die Pumpen durch die Ringe festgestellt; die alten Auflager wurden dann seitlich in der Achse der Pfeiler herausgeschoben, wozu entsprechende Nischen in dem Mauerwerk der Schräglflächen ausgebrochen werden mußten. Sodann wurden die

⁵⁾ Über den Umbau der Rampen s. Bautechn. 1933, Heft 41, S. 585.

Mauerwerkteile, soweit es wegen der größeren Grundflächen der neuen Auflager notwendig war, entfernt und die neuen Lagerkörper eingebaut.

Zuerst wurden die Lager der mittleren Bogenträger ausgewechselt. Hierbei war zu beachten, daß die zahlreichen waagerechten und lotrechten Verbände den beabsichtigten Verschiebungen der Auflagerpunkte erhebliche Widerstände entgegenzusetzen würden. Die Hilfskonstruktionen mußten daher so stark ausgebildet werden, daß

außer den rechnermäßig zu erwartenden Auflagerkräften aus ständiger Last und Verkehrslast auch noch die aus den Widerständen der Verbände herrührenden Kräfte aufgenommen werden konnten. Ferner mußte während der Vornahme der Stützweitenverkürzungen darauf geachtet werden, daß

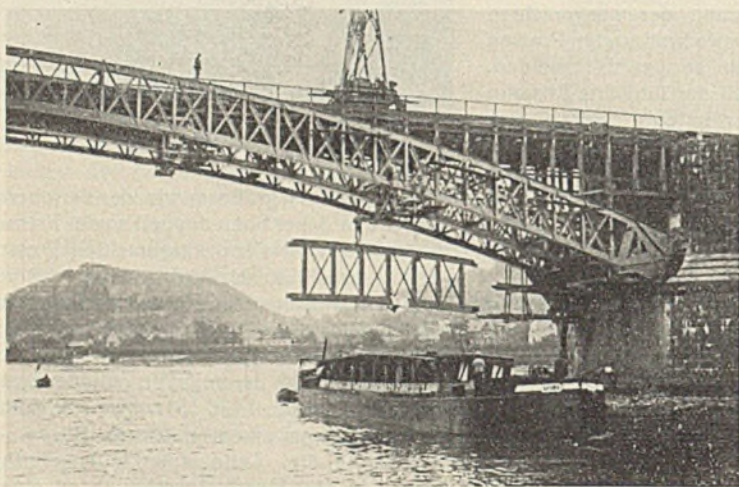


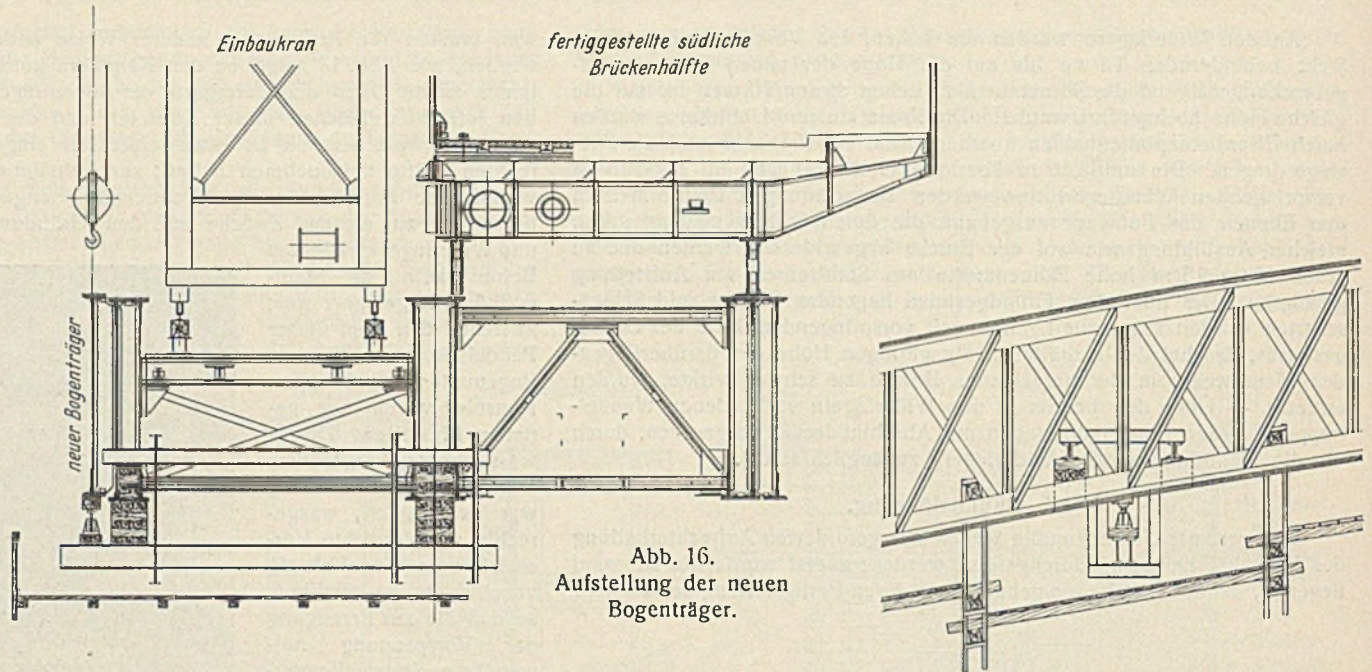
Abb. 17.

die Windverbände durch die hierbei auftretenden starken Verformungen an keiner Stelle überanstrengt wurden; die aus sich kreuzenden Flachisen bestehenden Windstreben und ihre Anschlüsse zeigten sich jedoch als genügend nachgiebig. — Nach Beendigung der Auswechslung der Auflager der mittleren Bogenträger wurden die Auflager der oberstromseitigen Außenbogen ausgewechselt. Da

die Stützweitenverkürzungen an den äußeren und inneren Bogenträgern nicht nennenswert voneinander verschieden waren, wurden dabei die elastischen Verformungen der alten Windverbände auf dieser Seite wieder beseitigt. Anschließend wurden dann die Lager der stromabliegenden Außenbogen ausgewechselt. Da beim Auswechslern der Auflager der Außenbogen Kräfte aus den Widerständen der Verbände nicht zu überwinden und auch die Auflagerkräfte infolge der lotrechten Belastungen wesentlich kleiner waren als beim mittleren Bogenträger, konnten die Hilfs-



Abb. 18.

Abb. 16.
Aufstellung der neuen Bogenträger.

konstruktionen für die äußeren Hauptträger entsprechend schwächer ausgeführt werden. Die Pendelstützen, sowie die Trägerroste zur Verteilung der Pressendrucke auf das Mauerwerk; die beim Auswechslern der Auflager der mittleren Bogen gebraucht wurden, konnten auch bei der Lagerauswechslung der Außenbogen wiederverwendet werden.

Die an die äußeren Bogenträger hinzuzufügende neue Tragwand wurde auf einer Hängerüstung zusammgebaut, die an die vorhandenen alten Bogenträger angehängt war und so weit nach außen überstand, als es für die Aufstellung der neuen Bogen notwendig war (Abb. 16). Die einzelnen Teile der Bogenträger, die in Stücken von 12 bis 17 m Länge zur Baustelle gebracht worden waren, wurden durch einen auf der alten Fahrbahn laufenden, elektrisch angetriebenen Montierwagen aus dem Schiff hochgezogen und unmittelbar an die Einbaustelle gefahren (Abb. 17 u. 18). War ein Bogenträger fertig aufgestellt, so wurde er der vorgeschriebenen Höhenlage entsprechend durch Hebschrauben genau ausgerichtet und sodann vernietet. Das Freisetzen folgte dann zur Erzielung der Vorspannung, wie bereits dargelegt, derart, daß zuerst die Kämpfer bis auf ihre richtige Lage abgesenkt wurden, während der Bogen im Scheitel noch unterstützt blieb; nach Einsetzen der Stützkeile zwischen Bogen und Auflager wurde dann der Bogen auch im Scheitel freigesetzt. Um ein Ausweichen der Bogenträger beim Freisetzen zu vermeiden, waren diese durch einfache Hilfskonstruktionen so mit den alten Bogenträgern verbunden, daß ein waagrechtes seitliches Ausweichen nicht möglich war, während die lotrechten Bewegungen dadurch nicht behindert wurden. Nach Beendigung der Bogaufstellung wurden die alten Fahrbahntelle sowie alle Verbände, die in der umgebauten Brücke nicht wiederverwendet werden sollten, durch einen Derrick-Kran abgebrochen; die äußeren Hauptträger wurden in diesem Zustande durch die in der Brücke verbleibenden alten Querriegel und durch einige Querstäbe am Obergurt gegen Umkippen gesichert. Nach Beendigung des Abbruchs, also in einem Zeitpunkte, in dem die alten und neuen Außenbogen nur durch ihr Eigengewicht belastet waren (das geringe Gewicht der Quer-

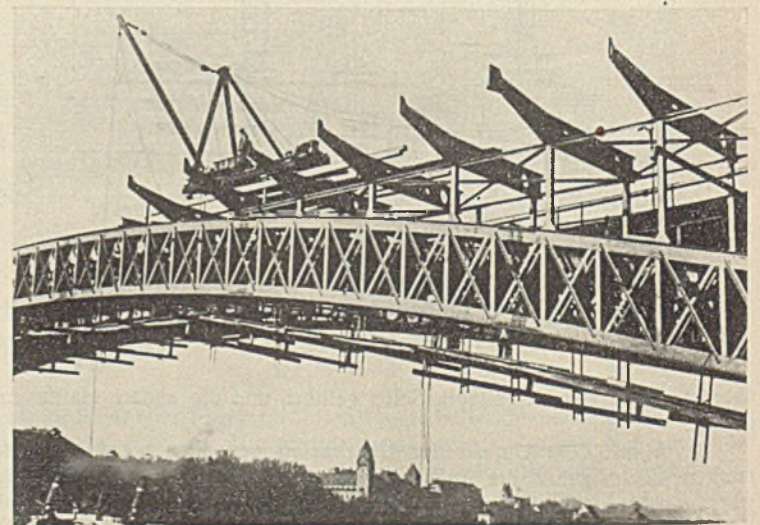


Abb. 19. Vorbau der neuen Fahrbahn.

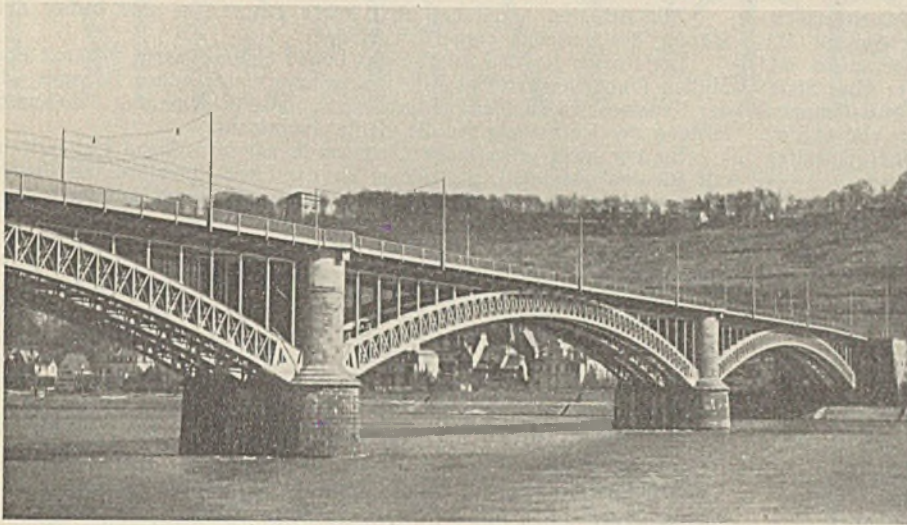


Abb. 20. Fertig umgebaute Brücke.

riegel konnte vernachlässigt werden), wurde die neue Tragwand mit dem alten Bogenträger an allen Knotenpunkten durch Vernieten der Schotte in der Ebene der Pfosten verbunden. Daran anschließend wurde die neue Fahrbahn durch einen anderen Derrick-Kran vom Widerlager aus vorgebaut (Abb. 19).

Die Aufstellungsarbeiten wurden auf der südlichen Seite vom Pfaffendorfer Ufer nach der Koblenzer Seite durchgeführt; nach Beendigung der Arbeiten auf dieser Hälfte und nach Umleitung des Verkehrs von der nördlichen auf die bereits umgebaute südliche Seite wurden die Umbauarbeiten auf der nördlichen Seite in der Richtung von Koblenz nach Pfaffendorf durchgeführt. Einen Querschnitt durch die Brücke während des Umbaus der nördlichen Hälfte zeigt Abb. 16; der Verkehr geht über die bereits umgebaute südliche Hälfte, die in der Brückenachse durch einen behelfmäßigen Schrammbord aus Holz mit einem daran befestigten leichten Geländer abgeschlossen war.

Mit den Vermessungsarbeiten, die wegen des vollständigen Fehlens von geeigneten zeichnerischen Unterlagen über die alte Brücke in sehr großem Umfange durchgeführt werden mußten, wurde am 6. Februar 1933 begonnen; das Auswechseln der 18 Auflager war am 2. Dezember 1933 beendet; der Stahlüberbau der südlichen Hälfte war am 27. Januar 1934 fertiggestellt. Durch den anhaltenden Frost zu Beginn des Jahres 1934 erlitten die Arbeiten für die Herstellung der Fahrbahndecke mehrfach Verzögerungen, so daß die südliche Hälfte erst am 29. März 1934 in Betrieb genommen werden konnte; um die übrigen Arbeiten nicht aufzuhalten, wurde die Brücke in der Zeit vom 12 bis 28. März 1934 für jeglichen Verkehr gesperrt. Der Umbau der nördlichen Hälfte war am 15. August beendet, am 24. August 1934 wurde die ganze Brücke dem Verkehr übergeben.

V. Schlußbemerkungen.

Abb. 20 u. 21 zeigen die fertig umgebaute Brücke. Durch die Hebung der Fahrbahn treten die drei Bogen ohne jede Durchschneidung durch die Fahrbahn ungehindert in Erscheinung, während das durch die Schattenwirkung der Konsolen besonders betonte Fahrbahnband die Brücke zu einem

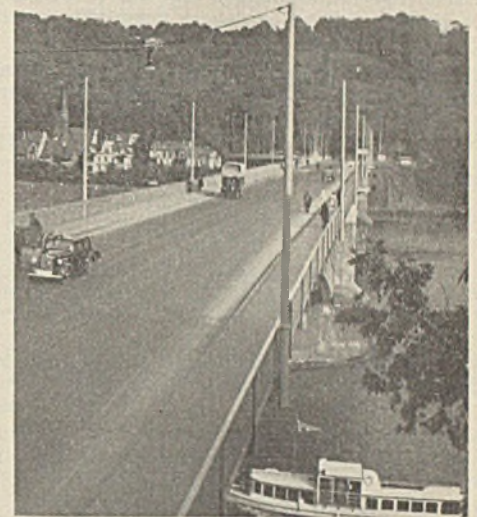


Abb. 21. Aufsicht auf die umgebaute Brücke.

einheitlichen Ganzen zusammenfaßt. Durch das Fehlen jeglicher Verbände zwischen den Querträgerstützen mit dem störenden Liniengewirr der Streben und durch den doppelt so großen Abstand der Querträgerstützen erscheint die Aufständigung der Fahrbahn in den Bogenzwickeln wesentlich klarer und luftiger. Die Widerlagertürme, die das Bild der Brücke entscheidend beeinflussen haben und die Brücke von den Rampen scharf trennten, sind verschwunden, so daß der durch die Brücke über den Strom zu führende Verkehrsweg ohne Unterbrechung von den Rampen auf die Brücke übergeleitet wird. — Den mit dem Umbau in verkehrstechnischer Hinsicht erzielten Gewinn durch die Verbreiterung der Brücke läßt Abb. 21 erkennen.

Das Gewicht des neu eingebauten Stahlüberbaues beträgt 1440 t Flußstahl St 37 und 95 t Stahlguß und geschmiedeter Stahl, das Gewicht des in der umgebauten Brücke wiederverwendeten Schweißeisens beträgt 1300 t, abgebrochen wurden 810 t Schweißeisen und Gußeisen.

Der Entwurf für den Umbau der ganzen Brücke wurde von den Firmen Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, Werk Gustavsburg, für den Überbau und Grün & Bilfinger AG, Mannheim, für die Pfeiler und Widerlager aufgestellt. Den Umbau der eisernen Überbauten führte die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, Werk Gustavsburg, aus, unter Mitbeteiligung der Gutehoffnungshütte Oberhausen AG, Oberhausen, Eisenwerk Kaiserslautern, Kaiserslautern, und Hilgers AG, Rheinbrohl; die Umbauarbeiten an den Pfeilern und Widerlagern wurden durch Grün & Bilfinger, Köln, ausgeführt. Die Bauleitung war der Brückenbauabteilung der Stadt Koblenz übertragen, an deren Spitze Oberregierungsbaurat Woltmann und Stadtbaumeister Blie mel standen.

Herrn Stadtbaumeister Blie mel sowie den genannten bauausführenden Firmen, die mir die erforderlichen Unterlagen in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellten, danke ich an dieser Stelle besonders für ihre freundliche Unterstützung.

Vermischtes.

Ministerialrat Vilbig Leiter des bayerischen Staatsbauwesens. Zum Leiter des staatlichen Bauwesens in Bayern ist, wie wir der „Bauwelt“ 1935, Heft 45, entnehmen, ab 1. November 1935 Ministerialrat Joseph Vilbig, der bisherige Sachbearbeiter für Straßen- und Brückenbau im Staatsministerium des Innern, berufen worden. Ministerialrat Vilbig, der Organisator des VII. Internationalen Straßen-Kongresses und der Straßenbau-Ausstellung in München 1934, wurde 1912 nach der üblichen Baubeamtenlaufbahn Vorstand des Straßen- und Flußbauamtes in Kempten, 1918 Regierungs- u. Baurat, später Oberregierungsrat im bayerischen Ministerium für Verkehrsangelegenheiten. 1920 trat er zur Obersten Baubehörde zurück und wurde 1921 Ministerialrat. Großes Aufsehen, auch im Auslande, erregte seine Denkschrift an den bayerischen Landtag über die Aufgaben des Straßenbaues. An der Gründung des Straßenbauverbandes im Jahre 1926 (Zusammenarbeit der Länder) war er stark beteiligt, ebenso an der Studiengesellschaft für Automobilstraßen.

Eine englische Binnenwasserstraße. Das Netz der englischen Schifffahrtskanäle hat eine Länge von rd. 4000 km. Es ist in seinen wesentlichen Teilen vor dem Jahre 1830 entstanden und hat bis dahin lebhaften Verkehr gehabt, als dessen Begleiterscheinung die Eigentümer der Kanäle erhebliche Einnahmen aus dem Kanalverkehr bezogen. Infolge der Entstehung des Eisenbahnnetzes verloren die Kanäle an Bedeutung; als lästige Nebenbuhler wurden sie zum Teil von den Eisenbahngesell-

schaften angekauft und stillgelegt. Erst neuerdings hat man ihre Bedeutung wieder erkannt, es hat ein Zusammenschluß noch betriebsfähiger Kanäle stattgefunden, und es sind Abkommen mit den Eisenbahngesellschaften geschlossen worden, die den Verkehr in gemeinschaftlich richtiger Weise auf beide Verkehrswege verteilen sollen.

Zu den Zusammenschlüssen auf dem Gebiete der englischen Wasserstraßen gehört, wie wir Railw. Gaz. 1935 vom 15. Februar, Concrete London 1934, September, und Engng. 1935, 24. Mai, entnehmen, die Bildung des „Grand Union Canal“, eines im Jahre 1929 zustande gekommenen Unternehmens, in dem sechs bis dahin voneinander unabhängige Kanalgesellschaften vereinigt sind. Von London ausgehend, verbindet dieser Kanal den Unterlauf der Themse und damit London mit Birmingham und Nottingham (Abb. 1). Die erste Aufgabe, vor die die neue Kanalgesellschaft gestellt wurde, war der Ausbau der 216 km langen Strecke London—Birmingham derart, daß alle Schleusen auf dem ersten Teil dieser Strecke von London her Schiffe von 4,3 m Breite und 22 m Länge aufnehmen können, was bisher nur auf den ersten 150 km mit ihren 102 Schleusen möglich war. Es galt dabei, auf einer 38 km langen Teilstrecke 51 neue Schleusen, meist neben den alten, anzulegen, für deren Breite 4,7 m festgesetzt wurde. Auf den letzten 18 km vor Birmingham hat man sich mit einer Breite begnügt, die nur für 3,8 m breite Kähne ausreicht, aber auch auf dieser Strecke hat man die Fahrwassertiefe auf 1,37 m gebracht. Von den neuen Schleusen bilden fünf mit einer Hub-

höhe von 2,55 m eine Schleusentreppe, die sechs alte Schleusen ersetzt. Hinter ihr folgt eine 13 km lange Haltung, an die anschließend ein Höhenunterschied von 44,8 m mit 21 Schleusen zu überwinden ist. 28 km von der ersten Schleusentreppe entfernt liegt wieder eine Steilstrecke. 22 Schleusen, zum Teil einzeln gelegen, zum Teil zu Gruppen zusammengefaßt, erklimmen hier auf 11 km Länge eine Höhe von 44,5 m. Die Hubhöhe dieser Schleusen schwankt zwischen den schon genannten 2,55 m und 1,67 m. Ihre Länge ist 27,75 m.

Außer den Schleusen mußten noch eine Anzahl Brücken gebaut und einige Pumpwerke errichtet werden, auch mußte das Kanalbett ausbaggert werden. Abb. 2 zeigt eine Anzahl dieser neuen Schleusen;



Abb. 1. Der Grand-Union-Kanal.
(Maßstab ungefähr 1:2.000.000.)

bei den ersten Schleusen erkennt man deutlich den Unterschied in der Größe der neuen Schleusen und der alten, die unmittelbar neben jenen liegen. Dieser Teil der Neuanlagen wurde im vergangenen Oktober vom Herzog von Kent eingeweiht.

Die Schleusenmauern haben eine Verkleidung aus Klinkern, die zugleich als Schalung für den Körper der Mauern bildenden Beton 1:8 gebildet haben. Am Fuße sind diese Mauern etwa 2 m dick, auf der Vorderseite haben sie einen Anlauf von 1:48, auf der Rückseite sind sie abgetreppt. Die Sohle der Schleusen ist mit einem Gewölbe aus Beton 1:6 mit einem Innenhalbmesser von 9,15 m befestigt. Einige Schleusen entnehmen die Hälfte des zu einer Schleusung nötigen Wassers einem Sparbecken.

Die Haltungen zwischen den Schleusen sind zum Teil mit Betonmauern, zum Teil mit Spundwänden aus Betonpfählen befestigt. Für die Spundwände wurden teilweise 2,36 m lange Pfähle verwendet, deren Köpfe von einer Betonplatte von 60 cm Höhe und 40 cm Dicke zusammengefaßt werden. Die Oberkante der Deckplatte liegt 61 cm, die Oberkante der Mauern 30 cm über dem Wasserspiegel.

Drei über den Kanal führende Brücken mit 6,1 m breiter Fahrbahn von 11,13 m, 15,25 m und 15,86 m Stützweite sind als Stelfrahmen ausgebildet. An Stelle einer alten Drehbrücke ist eine Betonbrücke von 9,75 m Stützweite errichtet worden, und fünf weitere Brücken führen Wirtschaftswegen über den Kanal. Alle Brücken lassen eine lichte Höhe von 3,05 m über dem Wasserspiegel frei.



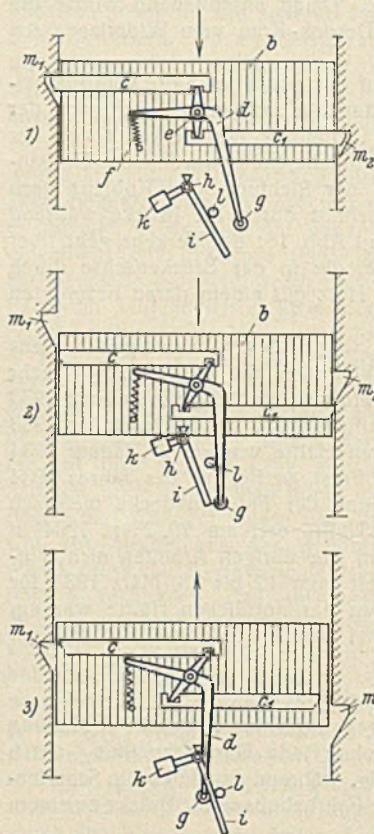
Abb. 2.
Schleusenanlage des Grand-Union-Kanals.
(Aus Railw. Gaz, 1935, 15. Febr.)

Alle Arbeiten am Kanal und seinen Bauwerken sind bisher ohne Störung des Verkehrs ausgeführt worden.

Die Kosten für den Ausbau des Grand Union-Kanals sind mit einer Million Pfund veranschlagt; die Beschaffung dieses hohen Betrages wird der Kanalgesellschaft dadurch erleichtert, daß die Regierung die Gewährleistung der Verzinsung für die Hälfte übernimmt.

Bis vor nicht allzu langer Zeit wurde auf dem Grand Union-Kanal mit Pferden getreidelt, neuerdings ist das Pferd durch den Explosionsmotor verdrängt worden; bei dichtem Verkehr auf kurze Entfernung steht auch elektrischer Antrieb der Kähne zur Erörterung. Die Motorboote verkehren mit einem zweiten Kahn im Schleppe; ein solcher Zug faßt 62 t und hat einen Tiefgang von 1,15 m; sein Motor leistet 18 bis 20 PS. Neuerdings ist versuchsweise ein Motorboot von 22,9 m Länge und 3,8 m Breite, aus Holz gebaut, mit einem 30-PS-Motor, für 66 t Ladung, 1,4 m tief gehend, entwickelt worden; dieses Boot kann auch auf die Themse übergehen. Um den Verkehr auf dem Kanal zu fördern, hat die Kanalbetriebsgesellschaft 50 Bootpaare, bestehend aus einem Motorboot und einem Anhänger, bestellt, und zwar hat sie, um diese Boote möglichst schnell geliefert zu bekommen, die Bestellung auf eine Anzahl von Werften verteilt.

Brückenbaukran mit selbsttätiger Auslegerverriegelung. An den Auslegerkränen, die zum Bau von Brücken vielfach verwendet werden (z. B. der Adolf-Hitler-Brücke in Koblenz oder der Brücke über den Kleinen Belt), wird die Größe der Ausladung entweder durch eine Laufkatze im waagerechten Ausleger oder durch Verstellen der Schräglage des Auslegers verändert. Im letzteren Falle wirkt es betriebsstörend, daß der Kranführer bei jeder Verstellung auf die Turmspitze steigen und den Verriegelungsbolzen umstecken muß.



1 = Ausleger festgestellt.
2 = Ausladung wird verringert.
3 = Ausladung wird vergrößert.

Selbsttätige Auslegerverriegelung für Brückenbaukrane.

Der bewegliche Teil der Verriegelung, der mit dem Ausleger in Verbindung steht und sich in dem feststehenden, am Krangerüst angebrachten Teil hin- und herschiebt, ist mit dem Schieber *b* fest verbunden. Wenn der Ausleger fest steht, hat die Feder *f* den Hebel *d* um den Punkt *e* gedreht und dabei die Riegel *c* und *c*₁ in die Rasten *m*₁ und *m*₂ am festen Teil der Verriegelung eingeschoben. Wird die Ausladung des Auslegers verkleinert (der bewegliche Teil schiebt sich in den festen Teil der Verriegelung hinein), so gleitet der Schieber *b* abwärts (in der Abb.), wobei die Rasten *m*₁ und *m*₂ die Riegel *c* und *c*₁ zurückdrücken. Gleichzeitig drückt die Rolle *g* den Hebel *i*, der am Zapfen *h* gelagert ist, vom Anschlag *l* ab. Beim weiteren Abwärtsgang des Schiebers verläßt die Rolle *g* den Hebel *i*, der sich dann durch das Gewicht *k* dreht und wieder an seinen Anschlag *l* anlegt. Die Teile *h*, *i*, *k* und *l* befinden sich am feststehenden Teil der Verriegelung. Die Rasten *m*₁ und *m*₂ sind dreimal vorhanden (1, 2, 3) und entsprechen den drei einstellbaren Auslegerstellungen. Wird die Ausladung vergrößert, so wird dabei die Rolle *g* unter den Hebel *i* geführt, und der Hebel *d* dreht sich so weit, daß die Riegel *c* und *c*₁ ungehindert an den Rasten *m*₁ und *m*₂ vorbeigehen. Darauf gleitet die Rolle *g* vom Rückfahrhebel *i* ab, und die Feder *f* schiebt die Riegel *c* und *c*₁ wieder vor.

Berichtigung.

In Bautechn. 1935, Heft 48, S. 649, ist zu setzen: I. Sp., Zeile 4 v. u. 1,95 × anstatt 1,93 ×; ferner r. Sp., Zeile 3, 4 und 5 v. o. jedesmal × anstatt x.

INHALT: Zur Ausbildung der Baulingenieure in Vermessungskunde. — Die Bauarbeiten zur Erweiterung des Rheinhafens Karlsruhe. (Schluß). — Umbau der Rheinbrücke zwischen Koblenz und Pfaffendorf. (Schluß). — Vermischtes: Ministerialrat Vilbig Leiter des bayerischen Staatsbauwesens. — Eine englische Binnenwasserstraße. — Brückenbaukran mit selbsttätiger Auslegerverriegelung. — Berichtigung.