Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 109/110 (1937)

Heft: 6

Artikel: Der Bau des Unterwassertunnels für die Kühlwasserversorgung des Elektrizitätswerkes in Dublin

Autor: Schnitter, Erwin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-48990

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

der Pumpenkonstruktion, Art der Leitvorrichtung und Wandrauhigkeit abhängigen Höchstwert. Für gute Leitradpumpen mehrstufiger Bauart (bis $n_s = 120$) ergibt sich bei Q_∞ ein höchster hydraulischer Wirkungsgrad η_h von rd. 90,5 % (Kurvenlinie a), für Spiralgehäuse-, Halbaxial- und Axialpumpen ein solcher von rd. 94,5 % (Kurvenlinie b).

Bei jeder beliebigen Wassermenge Q ist der zugehörige hydraulische Wirkungsgrad durch

$$\eta_{hQ} = \eta_{hQ\infty} \frac{1}{\left(1 + \frac{0{,}25}{\sqrt{Q}}\right)} \quad (Q \text{ in l/sec})$$

gegeben.

Auf diese Weise kann für irgend eine Bauart und für jede Fördermenge, nachdem vorerst der zugehörige hydraulische Wirkungsgrad η_h bestimmt wurde, der Gesamtwirkungsgrad

$$\eta = \frac{\eta_h\,[1 - (\xi_r + \xi_m)]}{1 + \xi_{sp}}$$

ziemlich genau vorausberechnet und umgekehrt auf Grund der Abb. 6 beurteilt werden, ob eine Pumpe die Bezeichnung «gut» verdient.

Rechnet man nun bei den in der Zuschrift von Lalive [1]) sorgfältig ausgewählten Pumpen, deren Wirkungsgrade als Höchstwerte bezeichnet werden, auf die angegebene Weise den hydraulischen Wirkungsgrad η_h nach, so zeigt sich, dass sowohl bei den beiden reinen Leitradpumpen der dortigen Abb. 8 und 9, als auch bei den in der Zahl überwiegenden schnelläufigen Spiralgehäuse- und Halbaxialpumpen die Punkte (Q, η_h) mit grosser Genauigkeit auf die zugehörigen Kurven a und b unserer Abb. 6 fallen.

Die nachfolgend erwähnte Hochdruck-Kreiselpumpe der Firma A. Müller & Co., Brugg muss als ausserordentlich bezeichnet werden, wenn man Bauart, spezifische Drehzahl und die kleine Förderleistung von 18 l/sec dieser Serienpumpe berücksichtigt. Der aus den Kennlinien der Abb. 7 ersichtliche Wirkungsgradhöchstwert von 81 % rückt in die rechte Beleuchtung, wenn unter Ausscheidung von Spaltverlust, Rad- und Lagerreibung der hydraulische Wirkungsgrad $\eta_h = 90{,}7$ % berechnet wird. Der entsprechende Punkt in Abb. 6 liegt über der Kurvenlinie b der Spiralgehäusepumpen. Die Wirkungsgradbestimmung dieser Pumpe erfolgte im hydraulischen Laboratorium der E. T. H. Zürich unter persönlicher Leitung von Prof. R. Dubs; die Wirkungsgrade des Antriebsmotors wurden in der Abteilung für Elektromaschinenbau unter Leitung von Prof. E. Dünner nachgeprüft. Uebrigens weisen die normalen Serienpumpen der Firma Müller alle, jede in ihrem Bereich, den heute erreichbaren Höchstwert auf. In der obenstehenden Zusammenstellung sind noch zwei weitere bereits früher [5]) [6]) in dieser Zeitschrift erwähnte Pumpen miteinbezogen. Ihre hydraulischen Wirkungsgrade liegen in Abb. 6 gleichfalls über der den Leitradpumpen zugehörigen Kurvenlinie a.

Gesamtwirkungsgrad, Einzelverluste und hydraulischer Wirkungsgrad

Nr.	Pumpentyp	Q l/sec	H m.	n Umdr./min	n_s	η	ξ_{sp} [7]) %	$\xi_r + \xi_m$ [7]) %	$\frac{1 + \xi_{sp}}{1 - (\xi_r + \xi_m)}$	η_h %
1	H. Z. P. 8 3 stufig [6])	9,5	$\frac{89{,}5}{3}$	2900	81	75,5 %	3	7,4 + 4,1	1,165	88
2	H. Z. P. 15 9 stufig	18,0	$\frac{131}{9}$	1460	96	81 %	1,8	5,9 + 3,2	1,12	90,7
3	H. Z. P. 20 4 stufig [5])	62,8	$\frac{103}{4}$	1470	118	82,5 %	1,3	4,4 + 3	1,095	90,5

[7]) Diese Verlustanteile sind auf Grund der genauen Radabmessungen berechnet.

Alle drei Pumpen sind mehrstufige Leitradpumpen mit Achsschubaufnahme durch Kugeldrucklager, sodass keine Entlastungswasserverluste zu berücksichtigen sind.

Zur Verlustrechnung ist noch nachzutragen, dass kleinere Abweichungen der berechneten Werte gegenüber Versuchsmessungen oder ausführlichen Einzelberechnungen eintreten können. Der Hauptzweck dieser Ausführungen war jedoch, dem Konstrukteur in übersichtlicher Weise die einzelnen Verlustanteile und deren Kleinhaltung zu zeigen, wobei jedoch bei der Wahl möglichst schnelläufiger Räder sehr vorsichtig zu verfahren ist, um nicht in den Kavitationsbereich zu geraten. Ferner sollte weitern Kreisen dargelegt werden, dass Pumpenwirkungsgrade nicht allein nach ihrem absoluten Wert beurteilt werden können, sondern dass Art und Grösse der Pumpen neben der spezifischen Drehzahl in diese Beurteilung miteinbezogen werden müssen.

[5]) Vergl. *A. Stingelin* und *K. Rütschi:* Hochdruck-Zentrifugalpumpe von hohem Wirkungsgrad, «SBZ», 1935, Bd. 106, Nr. 19, S. 224*.

[6]) Ueberströmstück und Wirkungsgrad bei mehrstufigen Kreiselpumpen, «SBZ», 1936, Bd. 108, No. 6, S. 66*.

Der Bau des Unterwassertunnels für die Kühlwasserversorgung des Elektrizitätswerkes in Dublin

Von Dipl. Ing. ERWIN SCHNITTER, G. E. P., S. I. A., Oberingenieur der Neuen Baugesellschaft Wayss & Freytag A. G., Frankfurt a. M.

(Fortsetzung von Seite 51.)

Der Bau der *Wasserfassung* begann mit dem Verlegen der Caisson-Schneiden der beiden Fundament-Caissons schon während der Absenkung des Trockendocks. Diese zwei rechteckigen Eisenbetonkörper von 12 × 6 m Grundfläche wurden gleichzeitig hergestellt (Abb. 9). Sie waren als Schwimmkörper konstruiert, die 4 m hohen Aussenwände und die Wände der 1,9 m hohen Arbeitskammer waren 18 cm stark; sie schwammen bei wassergefüllter Arbeitskammer mit 3,1 m Tiefgang. Hierzu war vor dem Dock ein Kanal auszuheben und durch Spundwände zu sichern. Die beiden Caissons wurden bei geeignetem Wasserstand gemeinsam ausgeschwommen (Abb. 10) und bei Ebbe durch Kabelwinden von der Dienstbrücke aus gegen hölzerne Führungen gehalten, in plangemässer Lage auf den schlammigen Meeresgrund abgesetzt. Die Betonfüllung der Caissons erfolgte unter Wasser mittels Trichter. Bei Ebbe wurden die Rundeisen zur Verankerung des Aufbaues versetzt und eine saubere Deckschicht aufgebracht, die ein gleichmässiges Aufsetzen des oberen Caissons gewährte. Der östliche Caisson wurde unter Druckluft abgesenkt, bis seine Oberkante in die Tiefe der benachbarten Caisson-Schneide zu liegen kam. Dann musste in den westlichen Caisson hinüber gewechselt werden, der in einem Zuge die 10 m Senkung durchmachen konnte (Abb. 11), wozu zehn Tage gebraucht wurden. Nach Ausbetonierung seiner Arbeitskammer wurde der östliche Caisson auf volle Tiefe gebracht; die Oberkante der fertig versenkten Caissons lag 5,5 m unter dem Meeresboden. Der Absenktrichter schloss sich zum Teil rasch von selbst, zum Teil wurde das Gelände vor dem Einschwimmen des oberen Caissons künstlich eingefüllt.

Für diese Arbeiten wurde eine Druckluft-Schleuse verwendet, die so konstruiert war, dass sie mit dem normalen Wolff-Turmdrehkran ge-

Abb. 11 Absenkung des westlichen,

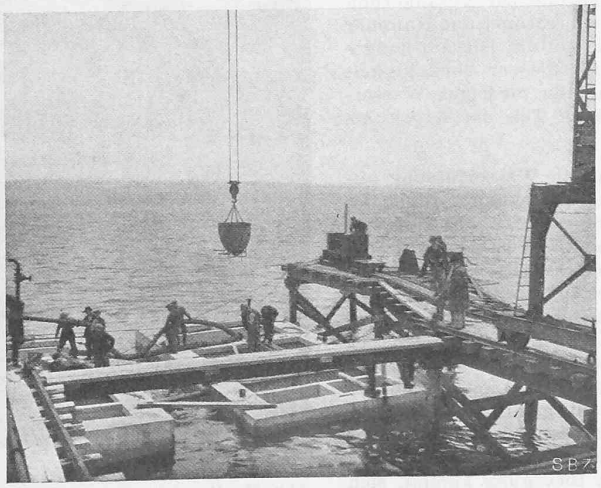

Abb. 10 Einschwimmen beider Fundament-Caissons d. Wasserfassung.

handhabt werden konnte. Die Förderung des Aushubes erfolgte hier wie bei allen Caissons der Baustelle nach Lösen mittels Druckwasser durch Mammut-Pumpen; der grobe Kies wurde mit grosser Wucht ins Freie geschleudert. Mühsam erwies sich die Absenkung durch den festgelagerten blauen Ton, der von Hand gestochen und durch die Mammut-Pumpe in festen Klumpen hinausgespült wurde. Sämtliche Rohrleitungen waren auf Caisson-Oberkante mittels Spezialgewinde gestossen, sodass sie vom Wasserspiegel her ausgeschraubt werden konnten.

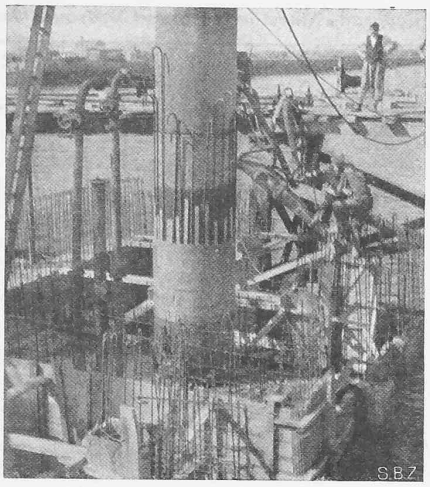

Abb. 13. Eisenbeton-Aufbau der Wasserfassung im Ebbe-Betrieb.

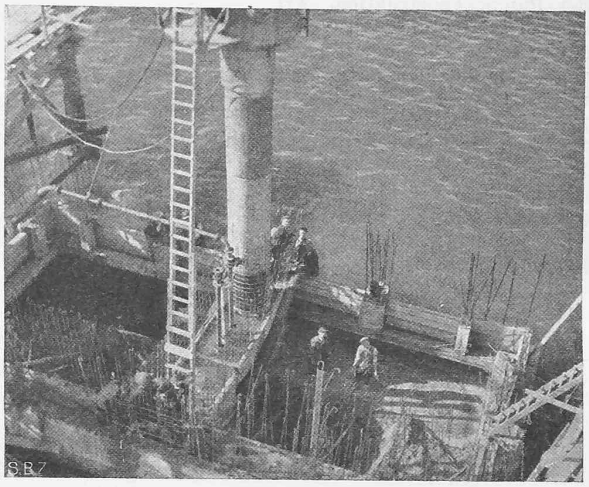

Abb. 12. Caisson der Wasserfassung nach dem Einschwimmen; Ebbe.

Während diese Absenkarbeiten draussen vor sich gingen, wurde der die eigentliche Wasserfassung bildende obere Caisson im Trockendock als dünne Schale so weit aufgebaut, wie der zur Verfügung stehende Tiefgang es zuliess. Dieser über einem Grundriss von der Abmessung 13,5 m × 6,5 m die acht Einlauföffnungen mit Rechennuten, zwei Tunneleintritte, Schrägböden, mittlere Trennwand und Arbeitskammer enthaltende Eisenbetonkörper von 4 m Höhe stellte ein recht kompliziertes Gebilde dar, das bezüglich seiner Schwimmeigenschaften sorgfältig zu berechnen war. Die beiden kreisrunden Tunneleinläufe von 1,85 m Durchmesser wurden durch 8 mm starke eiserne Deckel mit Mannloch provisorisch verschlossen. Diese bildeten während der Ausbildung der Fugen und der Proben des fertigen Tunnels dessen wasserseitigen Abschluss und wurden erst unmittelbar vor Inbetriebnahme des Tunnels autogen herausgeschnitten. Die konstruktiven Anforderungen und die in der Ausschwimmrinne vorhandene Wassertiefe brachten es mit sich, dass kein stabiler Schwimmkörper erzielt werden konnte. Das Ausschwimmen erfolgte deshalb mit Unterstützung des auf der Dienstbrücke laufenden Bock-Kranes, der durch seitliches Aufhängen das im Schwimmkörper verbleibende Drehmoment aufzunehmen hatte, während die Schwimmtiefe durch in die Kammer eingeführte Druckluft zu regeln war. Nach Ausschwimmen bis in genügende Wassertiefe wurde der Caisson durch geeignete Betonfüllung stabil gemacht, dann aus der Dienstbrücke hinaus geschwommen, gedreht und in die vorher angebrachte Holzführung herein gezogen. Bei Ebbe wurde er auf das über der vorausgegangenen Absenkung eingefüllte Unterwasser-Planum abgesetzt. Als mit steigendem Wasser die Ueberflutung des vorgängig belasteten Caisson eintrat, sank er ungleichmässig in den neuen Boden ein und musste durch Verschieben des Bodens in der Arbeitskammer waagrecht gestellt und vorläufig festgehalten werden; hierauf wurde im Ebbebetrieb der Eisenbetonkörper hochgeführt (Abb. 12 und 13), abgesenkt, weiter hochgeführt und bis auf die darunter liegenden Caissons abgesenkt, auf die er, genau waagrecht ausgerichtet, abgestellt wurde. Hierbei waren die Einlauföffnungen durch Schützentafeln provisorisch verschlossen. In die Arbeitskammer wurde eine Bewehrung zur Verankerung mit der darunter liegenden Grundplatte eingebracht und Kammer und Einstiegschacht mit Beton sorgfältig gefüllt. Hierauf konnte der Oberbau voll ausbetoniert werden. Infolge der Abhängigkeit dieser komplizierten Eisenbetonarbeiten von niedrigen Wasserständen und ruhiger See erwies sich dieser Teil der Arbeit als der langwierigste.

Für den *Tunnel* wurde zuerst der an die Wasserfassung anschliessende Abschnitt als 24,5 m langer Eisenbeton-Caisson im Trockendock hergestellt. Die Tunnelröhren wurden durch eiserne Deckel abgeschlossen, die mit Schiebern für Wasser- und Luft-Zu- und Ableitung versehen waren. Die Arbeitskammer hatte zwischen den Tunnelröhren 3 m Höhe. In ihrer Decke waren Stutzen für Schachtrohr, zwei Mammut-Pumpen, Druckluft- und Druckwasserleitung eingebaut. Die Leitungen und Pumpen der Arbeitskammer wurden im Dock betriebsbereit installiert; für die Schwimmfähigkeit des Caisson standen die Tunnelröhren zur Verfügung. Ihr Auftrieb hätte aber nicht genügt, weshalb die Arbeitskammer teilweise mit Luft gefüllt werden musste. Eine solche Massnahme ist immer gefährlich, da bei einer Bewegung des Caisson die Luft in der Kammer in Bewegung kommt, sich nach einer Ecke verlagert und den Schwimmkörper schräg stellt. Trotzdem musste hier zu diesem Mittel gegriffen werden; bei Schrägstellungen musste dann der Bockkran zu Hilfe kommen. Sieben Tage nach beendigter Betonierung wurde der Caisson bei möglichst hohem Wasserstand ausgeschwommen und sein Tiefgang mittels Druckluft so geregelt, dass die Oberfläche gerade noch wenige Zentimeter über Wasser lag (Abb. 3, S. 49). An der Einbaustelle wurde er zwischen Führungen bei fallendem Wasser auf Grund gesetzt, und durch Oeffnen der Schieber in den Abschlussdeckeln die Tunnelröhren gefüllt. Der Boden am Südende zeigte sich so weich, dass der Caisson 1,8 m einsank und die Kammer sich bis zur Decke mit Schlamm füllte. Bei Ebbe wurden die Druckluft- und Druckwasserleitungen angeschlossen. In der Kammer war das nötige vorgesehen, sodass das Ausräumen des Schlammes aus der Kammer mittels der zwei Mammut-Pumpen durch Betätigung von aussen her erfolgen konnte, bis der weiche, Faulgase enthaltende Schlamm ausgepumpt war. Hierauf wurde nach Montage der Schleuse eingestiegen und der Caisson zunächst gerade gestellt. Es musste hierbei anfangs recht vorsichtig vorgegangen werden, da das Gewicht des Caisson den Auftrieb der luftgefüllten Arbeitskammer erst nach Aufbringen künstlichen Ballastes überstieg. Bevor die Tunneldecke unter

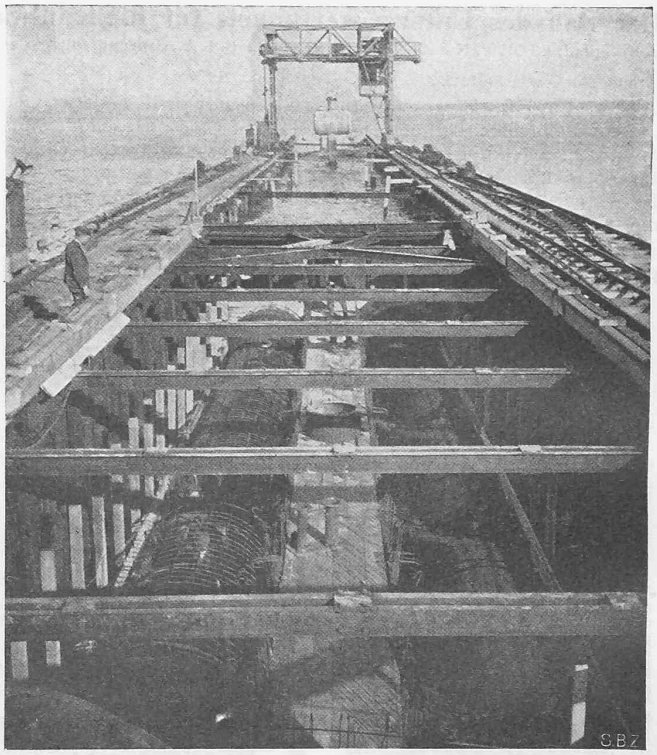

Abb. 14. Herstellung eines Tunnel-Abschnittes im Trockendock, zwischen den beiden Dienstbrücken.

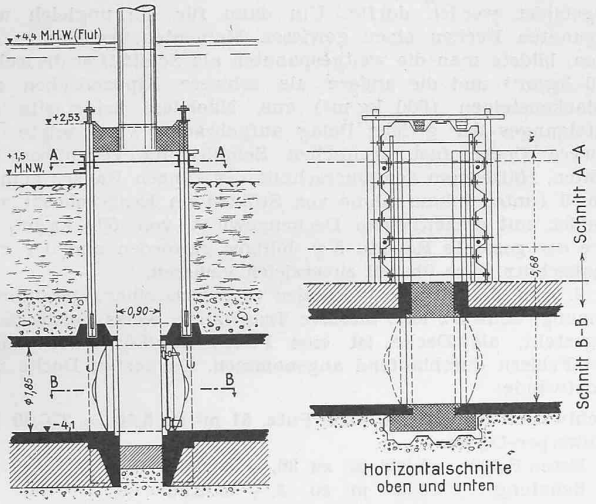

Abb. 16. Schliessen der Fuge zwischen zwei abgesenkten Tunnel-Caissons, links Längsschnitt 1 : 150 in Rohraxe. Sohlenbeton der Fuge eingebracht; die eisernen Abschlussdeckel noch nicht entfernt.
rechts Horizontalschnitte (1 : 150): A-A durch Spundwandkasten, B-B in Rohraxe. Fugenbeton fertig eingebracht.

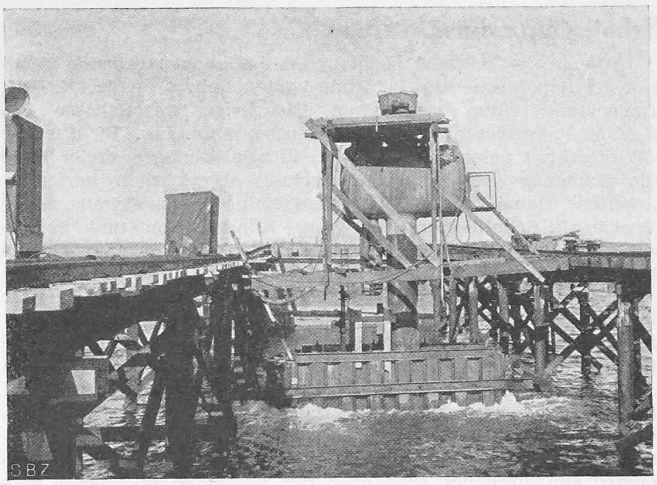

Abb. 17. Spundwandkasten über einer Fuge während der Arbeit in der Fuge; bei Ebbe.

Niederwasser verschwand, wurden auf die beiden Caissonenden in geeignete Nuten 4 m lange Spundwände aufgestellt und senkrecht verankert. Beidseits zog man durch das letzte Schloss dieser Aufsatzspundwand und ein darunter in der Caissonwand einbetoniertes Schloss eine 7 m lange Anschlussbohle ein; diese Spundbohlen bildeten später einen Teil der Fugenumschliessung. Nun wurde der Caisson abgesenkt, erst 3 m durch weichen Schlamm, dann 3 m durch groben Kies. Beim Senken durch den nachgiebigen, schiebenden Schlamm war besonderes Augenmerk auf seitliche Verschiebungen des Caisson zu richten, da eine genaue Uebereinstimmung der Tunnel-Anschlüsse erreicht werden musste. Es war gelegentlich nötig, den Caisson während des Senkens durch geeignetes Drehen um seine Längsaxe in seine richtige Lage zurück zu bringen; nach Absenkung auf endgültige Tiefe, wozu neun Tage benötigt wurden, wurden Fundamentplatte und Sandfüllung in die Kammer eingebracht.

In gleicher Weise wurden, landwärts fortschreitend, die drei folgenden Tunnel-Abschnitte im Trockendock hergestellt (Abbildungen 14 und 15), in Abständen von zwei Monaten ausgeschwommen und abgesenkt. Die zwei letzten Caissons, im Januar und März 1936 bereit, mussten bei unruhiger See ausgeschwommen werden; ihre Absenkung bereitete auch wegen des noch schlechtern Untergrundes erhebliche, aber glücklich überwundene Schwierigkeiten. Nach Ausschwimmen des letzten Caisson wurden auf der Trockendocksohle Schleuse und Rohrleitungen wieder aufgebaut, die Larssenbohlen der Dockwandungen, mit Ausnahme der südlichen Querwand, gezogen und die verbleibende Absenkung von 2,2 m bis auf die endgültige Tiefe vorgenommen.

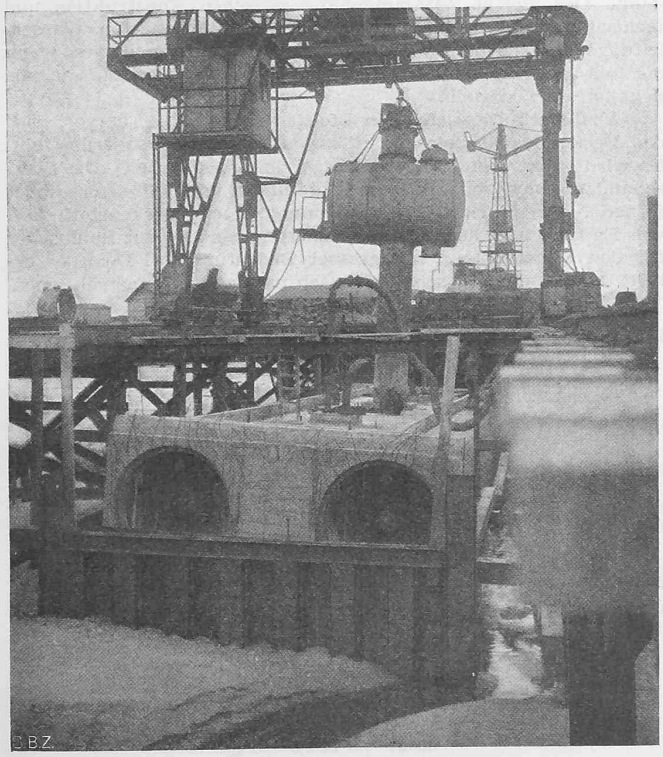

Abb. 15. Tunnel-Caisson eingeschwommen, wird bei Ebbe aufmontiert. Im Vordergrund aufgesetzte Spundwand des benachbarten Caisson.

Die Fugen zwischen diesen Tunnel-Abschnitten wurden in folgender Weise geschlossen (Abb. 16): schon bei der Anfertigung der Caissons im Trockendock wurden am Ende der Längswände Larssen-Schlösser einbetoniert und über den Caisson weg mit einer Betonnut verbunden, in der vier Ankerschrauben untergebracht waren. Nach dem ersten Absenken und Horizontalstellen des Caisson wurden in diese Schlösser 7 m lange Larssenbohlen gerammt und durch eine Wand von 4 m langen, in die Nut gestellten Bohlen verbunden. Nach Auflegen eines ⊐ ⊏-Eisenholmes, der durch Zugstangen mit den Ankerschrauben in der Caisson-Decke verbunden wurde, wurde der Caisson abgesenkt. Der Abstand zweier Caissons betrug etwa 90 cm. Nach beendigter Absenkung wurden die so erstellten Querwände durch Rammen kurzer Längswände mit elektrisch geschweissten Passbohlen zu einem geschlossenen Kasten verbunden, der etwa 1 m über Niederwasser hervorragte. Mittels einer Mammut-Pumpe mit Druckwasserstrahl wurde der Kasten ausgehoben und hierauf dicht über Niederwasser durch innere und äussere ⊏-Eisen-Gurte mit zwischengespannten Ankerbolzen steif und zugfest gebunden und mit einer Eisenbetonplatte abgedeckt; in diese waren Schachtrohrstutzen, Mammut-Pumpe, Druckwasser- und -Luftzuleitung eingebaut. In dieser Weise war ein ortsfester Caisson entstanden, der bei Flut unter Wasser verschwand. Nach Montage der Schleuse wurde Druckluft eingeblasen (Abb. 17), die anfangs durch die Bohlenschlösser und längs der Decke lebhaft entwich. Mittels der Mammut-Pumpe konnte aber der Wasserstand im Kasten leicht gesenkt werden und von einem Hängegerüst aus wurden die Bohlenschlösser mittels Zementbrühe gedichtet. Mit fortschreitendem Dichten sank der Wasserspiegel andauernd, bis der Arbeitsraum trocken lag; der in der Fuge herrschende Luftdruck betrug dann 0,7 bis 1 atü. Nun wurde das Wasser aus den anschliessenden Tunnel-Abschnitten mittels der Schieber in den eisernen Deckeln abgelassen und durch die Mammut-Pumpe ausgeblasen. Eine Beton-Sohle wurde eingezogen und die eisernen Deckel autogen herausgeschnitten. Nach Aufrauhen und Reinigen der mit reichlichen Anschlusseisen versehenen Stirnflächen wurde der Eisenbeton des Verbindungsstückes, das muffenartig die anschliessenden Caissons umfasste, sachgemäss ausgeführt. Die Druckluftarbeiten für eine Fuge benötigten jeweilen eine Woche. Nach genügendem Erhärten wurde die Betondecke des Kastens abgebrochen und Verankerung und Larssenbohlen zur Wiederverwendung zurückgewonnen. Die erste Fuge wurde zweieinhalb Monate nach Beendigung durch Auspumpen der Wasserfassung untersucht: beim Oeffnen des Schiebers im eisernen Anschlussdeckel blies Druckluft aus der Fuge ab! Alle so hergestellten Fugen erwiesen sich als vollständig luft- und wasserdicht.

(Schluss folgt.)