

DIE BAUTECHNIK

7. Jahrgang

BERLIN, 11. Juni 1929

Heft 25

Der Bau der neuen Eisenbahnbrücken über die West- und Ostoder bei Stettin.

Von Direktor bei der Reichsbahn G. Koehler und Reichsbahnrat C. Koch, Stettin.

Alle Rechte vorbehalten.

Bei der Umgestaltung der Stettiner Bahnanlagen wird die auf beiden Seiten von Höhenzügen begrenzte, 4 bis 6 km breite Oderniederung in der Richtung von Westen nach Osten (s. Übersichtsplan Abb. 1) durchquert. Insgesamt sollen künftig bei selbständiger Einführung der Personen- und Güterzüge in die einzelnen Bahnhöfe vier zweigleisige Strecken über die Westoder und zwei zweigleisige Strecken über die Ostoder geführt werden.

Im Rahmen dieses großzügigen Bauplanes ist zunächst nur beabsichtigt, eine zweigleisige Güterumgebungsbahn herzustellen. Bei der Durchführung dieses Teilplanes war von vornherein auf spätere Erweiterungen insoweit Rücksicht zu nehmen, als Schwierigkeiten bei der Anlage weiterer Gleise unbedingt vermieden werden mußten. Wenn auch zeitlich die Durchführung der einzelnen Bauten noch keineswegs feststeht, so ließ sich jedoch unter besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen Ausnutzung des für die einzelnen Bauausführungen aufzuwendenden Kapitals feststellen, in welchem Umfange insbesondere die größeren Bauwerke mit Rücksicht auf die späteren Erweiterungen schon auszuführen waren. Bei den Strompfeilern und Widerlagern der Oderbrücken spielte diese Frage eine bedeutende Rolle, und es hat sich im Laufe der Bauausführung gezeigt, daß gerade die Berücksichtigung späterer Erweiterungen zu Entwurfsvereinfachungen geführt hat, durch die erhebliche Kostenersparnisse infolge Verringerung der Massen erzielt wurden.

Die Linienführung der neuen Strecke konnte so gewählt werden, daß eine Überbrückung der Westoder senkrecht zur Stromrichtung, der Ostoder unter einem Winkel von 85° möglich war.

Bei Aufstellung der Brückenentwürfe mußte berücksichtigt werden, daß Durchfahrtsmöglichkeit unter der Westoderbrücke für 1000-t-Schiffe mit 17 m lichter Höhe über GW verblieb. Bei der Ostoderbrücke wurde dagegen eine lichte Durchfahrthöhe von 8,40 m über GW für ausreichend erachtet. Unter diesen Voraussetzungen konnten beide Brücken im Gegensatz zu den anderen in Stettin über die Oder führenden Eisenbahn- und Straßenbrücken als feste Brücken ausgebildet werden.

Die Westoder, der eigentliche Schifffahrtsstrom, hat an der Brückenbaustelle eine zwischen den Ufern gemessene Breite von 180 m und eine Wassertiefe von 10 bis 12 m; die Ostoder dient mehr zur Hochwasser- und Eisabführung und hat bei 150 m Breite nur 8 m Wassertiefe.

Die Schwankungen der Wasserstände hängen im Mündungsgebiet der Oder nicht allein vom Zufluß aus dem Inlande ab, sondern sind noch mehr bedingt durch den Rückstau des Wassers bei nordwestlichen Winden von der Ostsee aus. Die Möglichkeit eines solchen Rückstaus ist gegeben durch das geringe Gefälle der unteren Oder von 1:100 000. Die Wassergeschwindigkeiten gehen selten über 1 m/sek hinaus. Die Schwankungen zwischen HHW und GNW betragen nur 2 m.

Der Untergrund in der Oderniederung besteht aus feinen Sanden, die von einer 6 bis 8 m starken Torfschicht überlagert sind. Erst bei 25 m Tiefe unter NN bilden Schichten von groben Kiesen den Übergang vom Alluvium zum Diluvium. Im Strom selbst besteht die Sohle aus Muscheln und Schlick, darunter liegt feiner Sand, der häufig Ton-

einlagerungen, sogar durchgehende Tonschichten von freilich nur geringer Stärke enthält.

In folgenden soll nur eine kurze Beschreibung der Entwürfe und der Bauausführung, soweit sie von dem üblichen Verfahren abweicht, gegeben werden.

Entwurfsausgestaltung.

Außer den vorerwähnten lichten Durchfahrthöhen an der Westoderbrücke von 17 m, an der Ostoderbrücke von 8,40 m wurden an lichten Durchfahrtsweiten für die Hauptschiffahrtöffnungen an der Westoderbrücke 84 m, an der Ostoderbrücke 100 m verlangt. Für die durch den Einbau der Strompfeiler eintretenden Verminderungen der Durchflußquerschnitte mußte Ersatz durch Abbaggerungen an den Ufern geschaffen werden. Auf Anlage von Flutbrücken und Durchlässen in dem zwischen den Brücken liegenden Bahndamm wurde verzichtet.

Hiermit waren die Unterlagen für die Aufstellung von Vorentwürfen für beide Brücken gegeben. Für die Tragwerke wurden mehrere Vorentwürfe aufgestellt und hinsichtlich der entstehenden Baukosten miteinander verglichen. Es stellte sich heraus, daß Balkenbrücken mit einfachen Systemlinien hinsichtlich des Stoffverbrauchs am wirtschaftlichsten waren und sich auch am besten in das Landschaftsbild einpaßten.

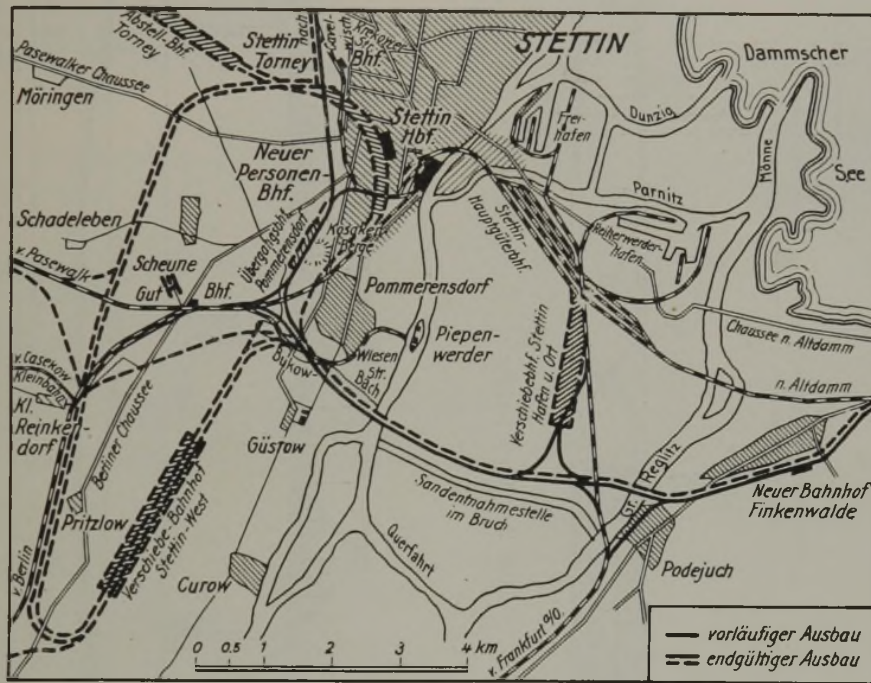


Abb. 1. Übersichtsskizze für die Umgestaltung der Stettiner Bahnanlagen.

Ostoderbrücke (Abb. 2): Das eiserne Tragwerk der Ostoderbrücke besteht aus einem Trapezträger von 100 m Stützweite für die Mittelöffnung und zwei seitlichen Trapezträgern von 62,5 m Stützweite. Die Hauptträger der einzelnen Überbauten sind auf den Strompfeilern gemeinsam aufgelagert und durch über den Auflagern liegende Gelenke miteinander verbunden. Die Höhe des Mittelüberbaues beträgt 14 m. Das System ist in Feldern unterteilt. Aus dieser Unterteilung ergab sich die Höhe der seitlichen Überbauten, die also genau halb so hoch (7 m) sind wie der Hauptträger des Mittelüberbaues. Das feste Auflager liegt auf dem östlichen Widerlager. Die Lager auf den Strompfeilern und dem westlichen Widerlager sind beweglich.

Westoderbrücke (Abb. 3): Die größte Höhe der Schienenoberkante an der Westoderbrücke über GW ließ auch eine anderweitige Ausbildung des eisernen Tragwerkes zu, da die vorerwähnte lichte Durchfahrthöhe von 17 m nur für die Hauptschiffahrtöffnung verlangt war. Das Tragwerk des Mittelüberbaues von 84 m Stützweite mußte über die Fahrbahn gelegt werden, während die Tragwerke der seitlichen Überbauten unter die Fahrbahn gelegt werden konnten. Wie bei der Ostoderbrücke wurden auch hier Trapezträger für die Überbauten gewählt. Durch diese Anordnung konnte wesentlich an Eisen gespart werden, da der Abstand der Hauptträger der seitlichen Überbauten auf 7,5 m eingeschränkt werden konnte.

Um an Kosten für die Strompfeiler zu sparen, sind die Strompfeiler gegen Anfahren von Schiffen unbedingt notwendig war. Es sind daher über den Pfeilern Portalrahmen angeordnet, auf die die Überbauten aufgelagert sind. Auf den Portalrahmen liegen die Lager der seitlichen Überbauten zwischen den Lagern des Mittelüberbaues (Abb. 4).

Auf den beiden Widerlagern sind die festen Auflager angeordnet. Das bewegliche Lager der seitlichen Überbauten wird durch die Pendel-

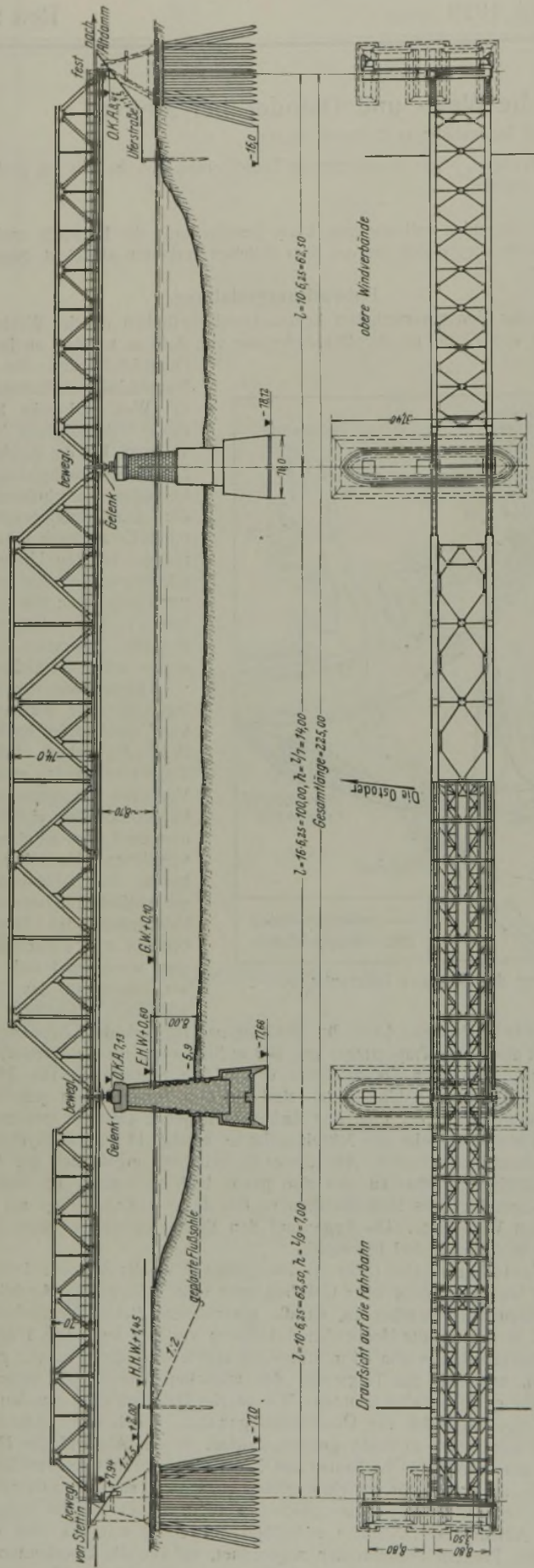


Abb. 2. Ostoderbrücke.

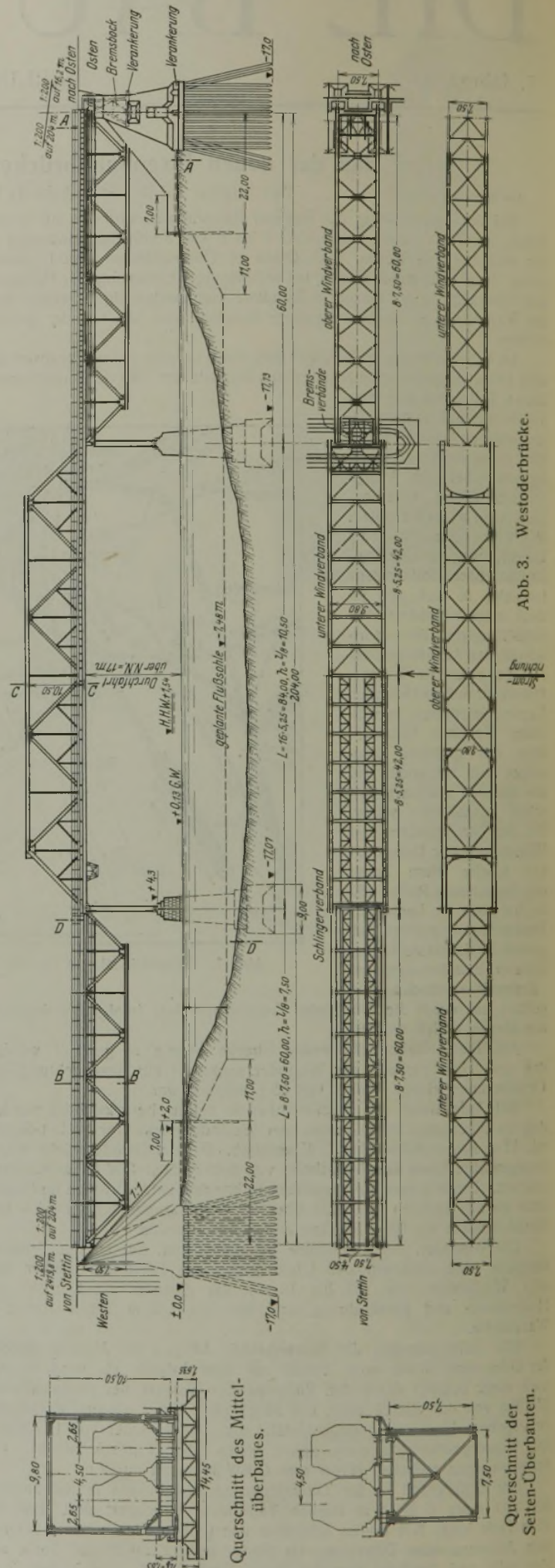


Abb. 3. Westoderbrücke.

stütze gebildet. Der Mittelüberbau hat zwei bewegliche Auflager auf den Portalstützen erhalten. Über dem östlichen Strompfeiler ist er durch einen verstärkten Bremsstab an den östlichen seitlichen Überbau angeschlossen. Auf diese Weise ist das bewegliche Auflager über der Portalstütze in ein

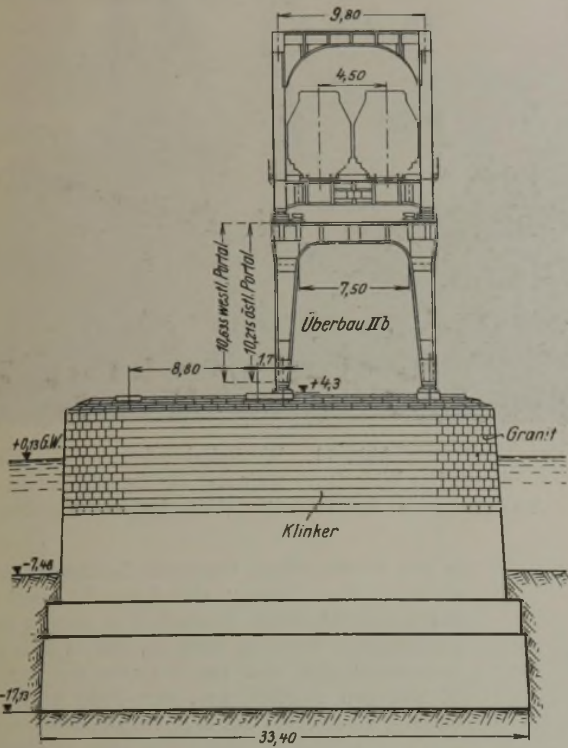


Abb. 4. Westoderbrücke. Westlicher Strompfeiler mit Portalrahmen und Auflager des Mittelüberbaues.

festes umgewandelt. Das System erhält die nötige Dehnungsmöglichkeit durch einen über dem westlichen Strompfeiler vorgesehenen Bremsstab mit Langloch. Die Stabilität des Brückensystems ist hierdurch vollkommen gewährleistet.

Die Widerlager der Oderbrücken.

Der Untergrund an den Stromufern besteht bis zu einer Tiefe von etwa 8 m aus Moor und Schlick. Darunter liegen die bereits erwähnten Stettiner Sande, die von Tonschichten durchzogen sind. Die Untersuchung des Moorbodens hatte ergeben, daß sowohl Huminsäure als auch schwefelsaure Salze im Boden enthalten sind, die stark betonzerstörende Eigenschaften besitzen. Es erschien daher von vornherein geboten, die in der Stettiner Gegend übliche Pfahlrostgründung zu verwenden, falls man nicht dazu übergehen wollte, umfangreiche und kostspielige Isolierungen auszuführen. Trotz sparsamster Bauweise wäre die Herstellung massiver Widerlager an den Stromufern sehr teuer geworden, da die Widerlager dem gesamten Erddruck des dahinterliegenden bis zu 20 m hohen Dammes hätten Stand halten müssen. Es war daher vorteilhafter, die Widerlager in den Damm hineinzuschieben und so die Stützweite der seitlichen Überbauten etwas zu vergrößern. Auf diese Weise war es möglich, den Entwurf so aufzustellen, daß die Kosten auf einen Bruchteil derjenigen herabgedrückt werden konnten, die für ein massives Widerlager hätten aufgewendet werden müssen. Die Widerlager bestehen aus einzelnen Scheiben, die die Auflagerdrücke der seitlichen Überbauten auf den Untergrund zu übertragen haben. Die einzelnen Scheiben sind untereinander durch Querriegel verbunden (Abb. 5 u. 6).

Obwohl beabsichtigt ist, im Rahmen des großen Umbauplanes der Stettiner Bahnanlagen zunächst nur eine Bahnlinie über die Oderströme zu führen, und infolgedessen auch nur ein Widerlager für eine zweigleisige Eisenbrücke erforderlich gewesen wäre, erschien

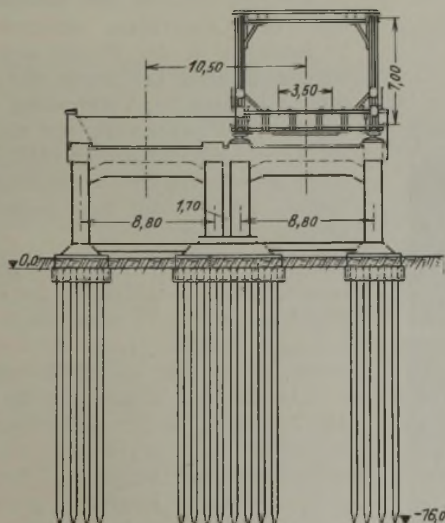


Abb. 5. Östliches Widerlager der Ostoderbrücke.

es aus technischen und wirtschaftlichen Rücksichten vorteilhaft, die Widerlager schon jetzt für den endgültigen Zustand auszubauen. Maßgebend waren natürlich in erster Linie die schlechten Untergrundverhältnisse. Es ist nicht möglich, auch nur eine geringe Dammschüttung auf dem Moor vorzunehmen, ohne daß das Moor seitlich ausweicht. Bei späteren Erweiterungen wäre also die Standicherheit des bereits ausgeführten Widerlagers unbedingt gefährdet worden. Es sind aber nicht die Moorschichten allein, die diese Gefährdung bringen, auch die darunter liegenden Sandschichten zeigen bei auftretendem Druck die Neigung, auszuweichen. Dieses ist insbesondere bei verschiedenen Brückenausbauten am Hauptgüterbahnhof Stettin festgestellt worden. Ohne einen aktiven seitlichen Druck zu erhalten, sind die auf Pfahlrost wie

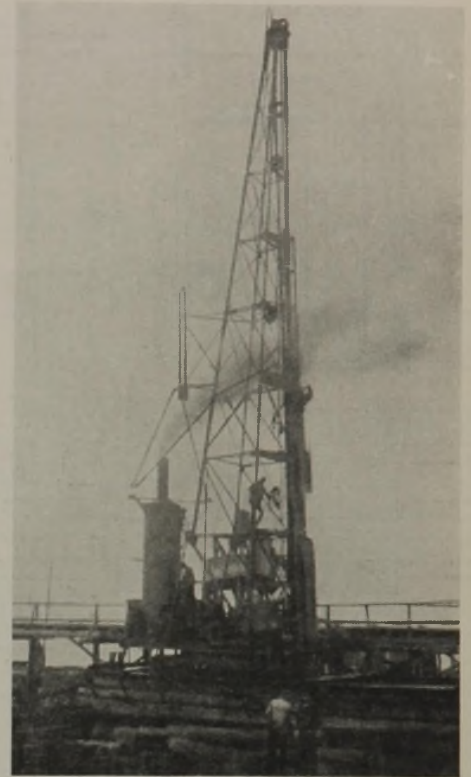


Abb. 7. Westoderbrücke. Ramme am östlichen Widerlager.

auch auf Senkbrunnen gegründeten Pfeiler der Eisenbahnbrücken ausweichen. Die mit der seitlichen Dammschüttung verbundene Zusammendrückung der unter dem Moor liegenden Sandschichten hatte genügt, um die Pfeiler samt den Pfählen bzw. Brunnen seitlich zu verschieben. Die spätere Erweiterung eines nur für eine zweigleisige Eisenbahnbrücke ausgeführten Widerlagers hätte auch bedeutende Kosten für Absteifungsarbeiten des 20 m hohen Dammes erfordert. Die Wirtschaftlichkeit der Bauausführung läßt sich am besten durch die entstandenen Kosten kennzeichnen. Für beide Widerlager der Westoderbrücke sind einschließlich der Gründungen nur 450 000 R.-M. aufgewendet worden. Die einzelnen Joche der Widerlager werden, wie bereits erwähnt, durch einen hölzernen Pfahlrost getragen. Die senkrechten Pfähle sind 15 bis 17 m, die Schrägpfähle 18 m lang. Sie reichen etwa 9 m in den Sand hinein. Unter jedem Joch der Widerlager der Westoderbrücke sind 72 bzw. 83 Pfähle von 38 bis 40 cm Durchm. eingerammt.

In die Widerlager sind eiserne Bremsböcke zur Überleitung der erheblichen wagerechten Kräfte aus den eisernen Überbauten eingebaut. Die Bremsböcke ihrerseits sind durch kräftige Anker mit einer im Damm liegenden Ankerplatte verbunden.

Bauausführung: Zum Einrammen der Pfähle war zunächst eine Ramme mit Freifallbar von 1600 kg Gewicht tätig. Die Fallhöhe betrug 2 m. Die Pfähle wurden nur so lange geschlagen, bis die Eindringtiefe

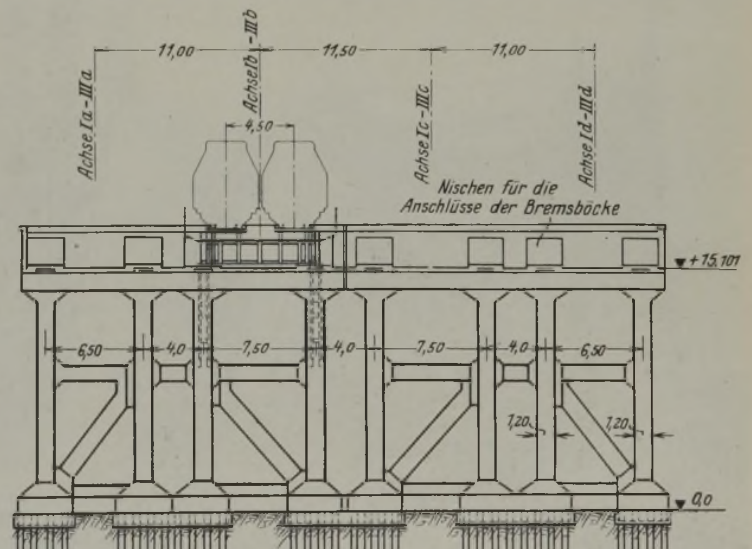


Abb. 6. Östliches Widerlager der Westoderbrücke.

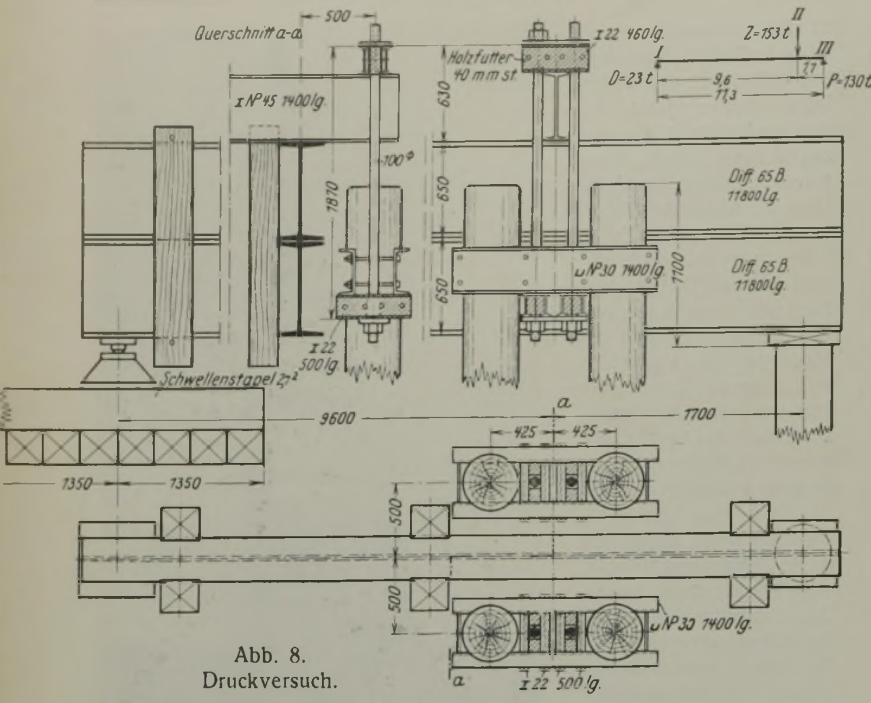


Abb. 8. Druckversuch.

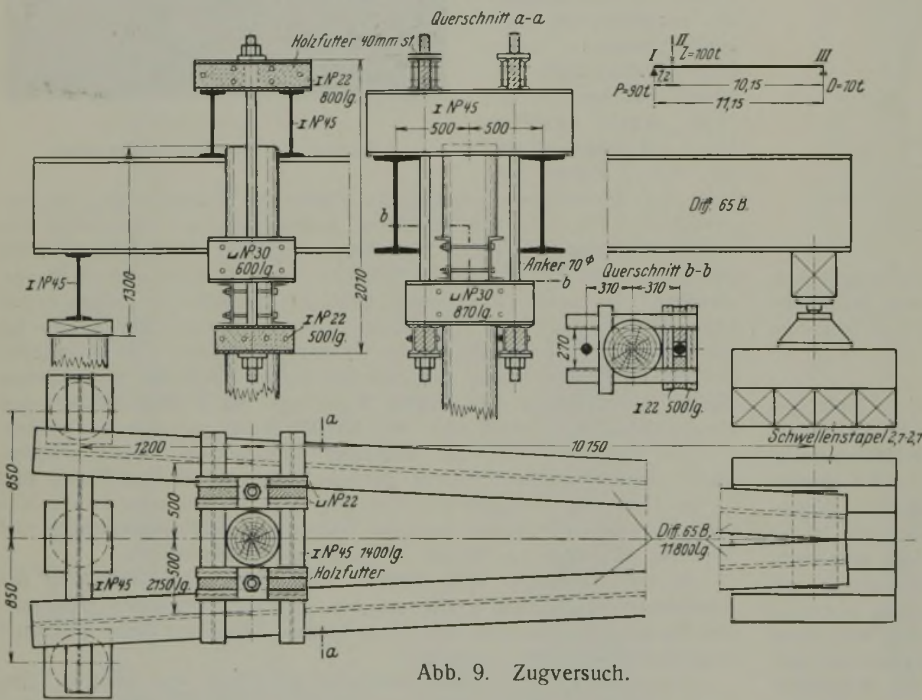


Abb. 9. Zugversuch.

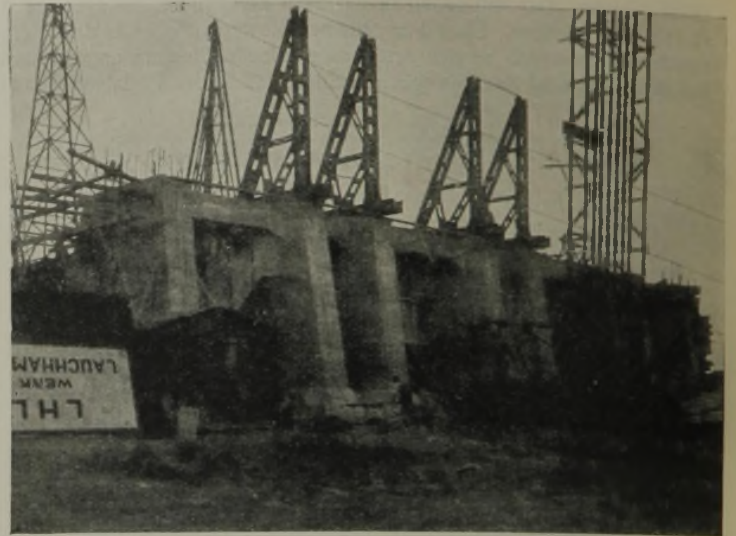


Abb. 11. Westoderbrücke. Westliches Widerlager während der Bauausführung. Aufstellung der Bremsböcke. (Vom Lande aus gesehen.)

in der letzten Hitze von zehn Schlägen nicht mehr als 6 bis 8 cm betrug; also 6 mm für einen Schlag. Die wasserführenden Sandschichten saugten den eingeschlagenen Pfahl so stark an, daß es nach Arbeitsunterbrechungen von kurzer Dauer erst nach 20 bis 30 Schlägen möglich war, den Pfahl wieder in Bewegung zu setzen. Bei dem Vorhandensein derartiger Sande empfiehlt es sich daher, von vornherein mit



Abb. 12. Westoderbrücke. Westliches Widerlager nach der Ausschaltung. (Vom Wasser aus gesehen.)

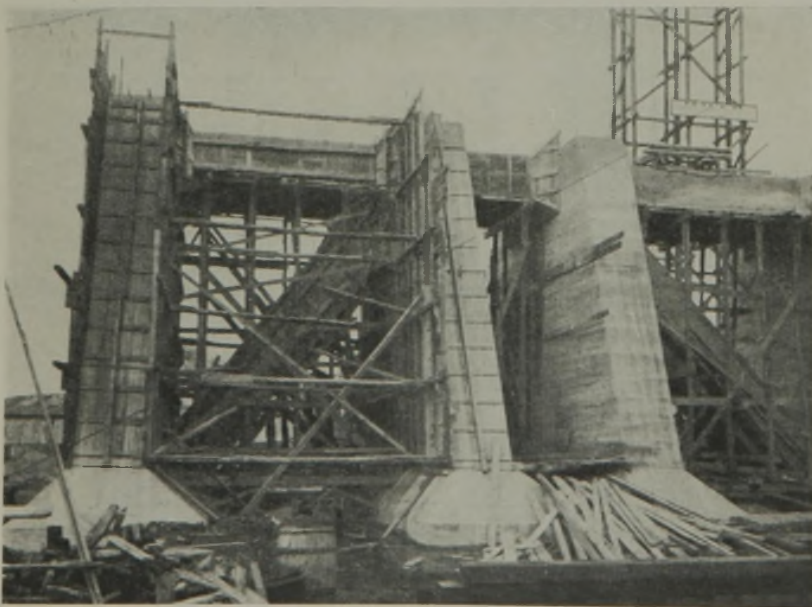


Abb. 10. Westoderbrücke. Westliches Widerlager während der Bauausführung. (Vom Lande aus gesehen.)

einer unmittelbar wirkenden Dampfhammer zu arbeiten, wie sie im weiteren Verlaufe der Bauarbeiten für die anderen Widerlager der Oderbrücke verwendet worden ist. Bei 40 bis 50 Schlägen in der Minute und einer Fallhöhe von 1,5 m wurden tägliche Leistungen von 12 bis 14 Pfählen gegenüber 6 bis 8 Pfählen bei Verwendung einer Ramme mit Freifallbär erzielt. Sehr zweckmäßig war auch die Anordnung der Ramme auf einer fahrbaren Brücke (Abb. 7). Jeder der rd. 600 Pfähle eines Widerlagers konnte durch Längs- und Querbewegung der Ramme auf Schienen ohne besondere Umsetzungsarbeiten geschlagen werden.

Bei den schlechten Untergrundverhältnissen erschien es ratsam, eine Probelastung der Pfähle vorzunehmen. Zur Vermeidung der hohen Kosten, die durch Aufbringung von Schienen usw. zur Einleitung eines Druckversuches notwendig geworden wären, wurde eine besondere Versuchsanordnung, die auf dem Prinzip der Hebelübertragung beruht, getroffen (Abb. 8). Über die Pfahljoche wurden Differdinger Träger gelegt, die durch Traversen mit vier Pfählen des Pfahlrostes in Verbindung gebracht waren (Drehpunkt). Am längeren Ende des Hebels grieff, auf einem Klotzträger stehend, eine Wasserdruckpresse an. Der kleinere Hebelarm lag vorn auf dem zu untersuchenden Pfahl auf. Durch Anheben der Träger durch die Wasserdruckpresse wurde der Druck, der an einem Manometer



Abb. 14. Westoderbrücke. Blick auf die Baustelle der Strompfeiler von Norden aus.

abgelesen wurde, auf den Pfahl im Verhältnis der beiden Hebelarme übertragen.

Die Anordnung des Zugversuches war ähnlich (Abb. 9).

Das Ergebnis der Versuche zeigte, daß die untersuchten Pfähle eine Belastung von 110 t aushalten konnten, ohne einzusinken. Der Zugversuch ergab, daß bei 110 t Zugbelastung kleine Blasen am Pfahl hochstiegen; ein Zeichen, daß man an der Grenze der Standfestigkeit des

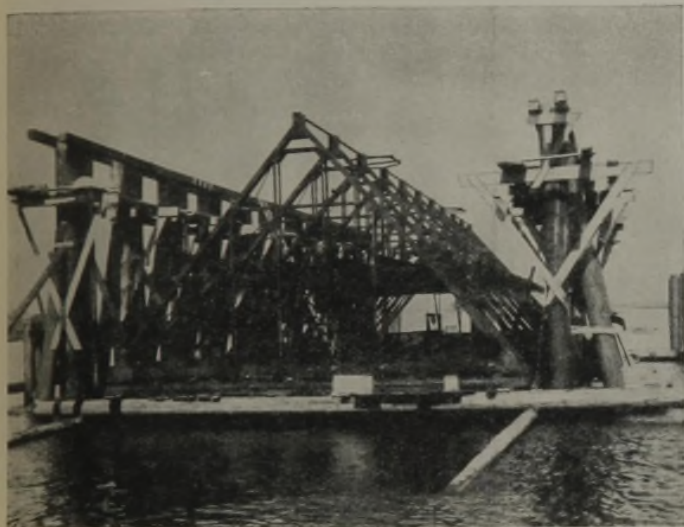


Abb. 13. Westoderbrücke. Zusammenbau des Senkkastens für einen Strompfeiler.

Pfahles angelangt war. Leider war es nicht möglich, den Versuch mit größeren Belastungen auszuführen, da die Durchbiegung der verwendeten Differdinger Träger D Nr. 65 zu groß wurde. Die beabsichtigte Dauerbelastung der Pfähle unter der großen Last war aus örtlichen Gründen nicht durchführbar. Trotzdem genügten die Ergebnisse für den vorliegenden

Fall vollkommen. Es war der Beweis erbracht, daß jeder Pfahl ohne Bedenken die ungünstigste Belastung von 35 bis 40 t aushalten konnte und Senkungen der Widerlager nicht zu erwarten waren.

Abb. 10 u. 11 zeigen die Widerlager der Westoderbrücke im Bau, Abb. 12 das fertiggestellte westliche Widerlager.

Die Rammarbeiten hat das Baugeschäft F. Engelmann, Stettin, die Betonarbeiten die Hoch- und Tiefbau A.-G., „Huta“, Stettin, ausgeführt.

Die Strompfeiler der Westoderbrücke.

Während die Widerlager der Westoderbrücke mit Rücksicht auf die Unsicherheit des Baugrundes für den endgültigen Bauzustand ausgeführt werden mußten, konnte diese Notwendigkeit beim Bau der Strom-

pfeiler nicht anerkannt werden. Die Strompfeiler sind daher nur für die Auflagerung von zwei zweigleisigen Brücken ausgebaut worden. Bei späteren Erweiterungen wird es ohne weitere Schwierigkeiten möglich sein, die notwendige Verlängerung vorzunehmen. Der Entwurf ist so ausgestaltet, daß Auflageroberkante auf + 4,30 NN liegt, um die auf dem Pfeiler angeordneten Portalstützen gegen das Anfahren von Schiffen zu schützen. Die Pfeiler haben eine Länge von 33,4 m und eine Fundamentbreite von 9 m. Die größte Bodenbeanspruchung beträgt 3,3 kg/cm².

Bei den großen Wassertiefen, sowie bei den nicht einwandfreien Untergrundverhältnissen kam nur eine Druckluftgründung in Frage. Die spätere Bauausführung zeigte, daß es unbedingt notwendig war, die einzelnen durchfahrenen Schichten sowohl auf Druckfestigkeit wie auch auf das Vorhandensein von humin- und schwefelsauren Salzen zu untersuchen, bevor die eigentliche Gründungssohle festgelegt werden konnte.

Die Gründung wurde von der Firma Beuchelt & Co. in Grünberg i. Schl. mittels Senkkasten, die an Spindeln aufgehängt waren, ausgeführt. Die Eiseneinlagen des Eisenbetonsenkstakens sind nach der Sonderkonstruktion der Firma Beuchelt ausgebildet (Abb. 13).

Um den Bau der Brücke im Laufe eines Jahres durchführen zu können, war es erforderlich, frühzeitig im Jahre 1926 mit den örtlichen Arbeiten zu beginnen und den Bauplan so auszugestalten, daß unmittelbar nach Fertigstellung der Pfeiler mit dem Aufstellen der Portale zur Abstützung des bereits aufgebauten seitlichen Überbaues begonnen werden konnte. Abb. 14 zeigt einen Gesamtblick auf die Baustelle; der linke Strompfeiler wird abgesenkt, für den rechten Strompfeiler ist bereits das feste Gerüst geschlagen und das Eisengerippe für den Senkkasten eingebaut. Abb. 15 zeigt den Pfeiler kurz nach seiner Fertigstellung.

Die Abdeckung des Pfeilers und die Pfeilervorköpfe sind in schlesischem Granit ausgeführt. Die Längsseiten haben Klinkerverblendung erhalten.

Aufstellung der eisernen Überbauten der Westoderbrücke.

Das Eisenwerk der Westoderbrücke mußte so aufgestellt werden, daß eine Behinderung der an der Baustelle sehr regen Schifffahrt nicht eintrat. Während die seitlichen Überbauten auf festen Gerüsten zusammengesetzt werden konnten, mußte der Mittelüberbau an anderer Stelle zusammengebaut und eingeschoben bzw. eingefahren werden. Für die

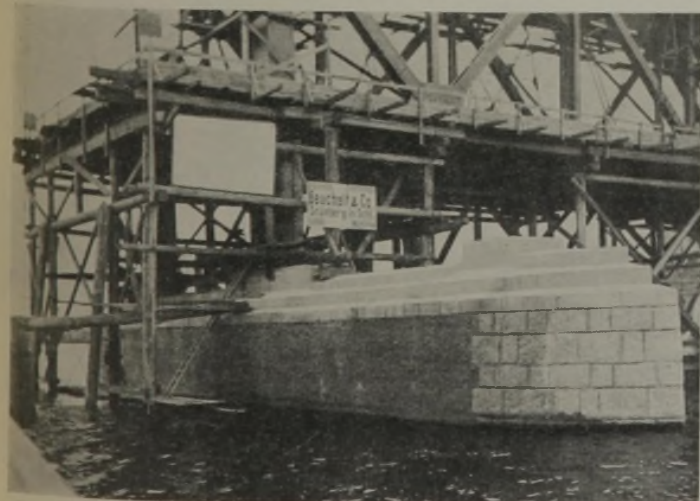


Abb. 15. Westoderbrücke. Westlicher Strompfeiler.



Abb. 16. Westoderbrücke. Aufstellung des westlichen Überbaues.



Abb. 17. Westoderbrücke. Durchblick durch den westlichen Überbau.
(Vom Lande aus gesehen.)

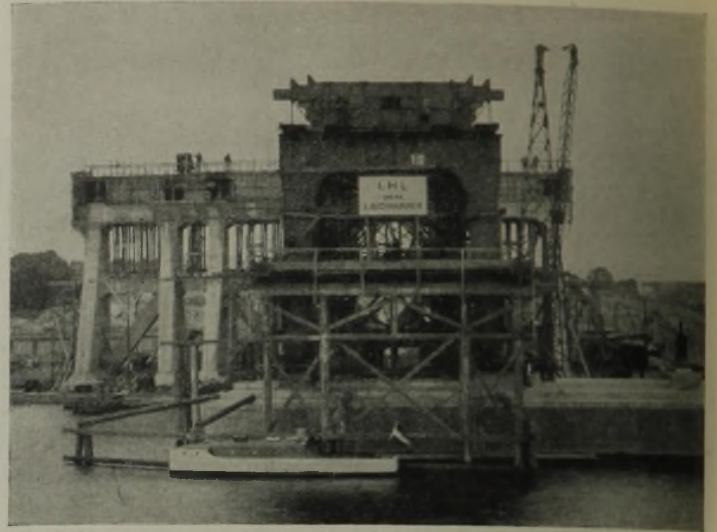


Abb. 18. Westoderbrücke. Westliches Portal mit Auflagerung des westlichen Überbaues. (Vom Wasser aus gesehen.)

Aufstellung des Eisenwerkes ist die Art der Heranschaffung der Eisenteile zur Baustelle besonders bemerkenswert. Da die an die Brücke anschließenden Dämme noch nicht geschüttet waren und besondere Landwege über das Moorgelände bis in die Nähe der Baustelle nicht vorhanden waren, war die Baustelle nur auf dem Wasserwege erreichbar. Ein Umschlag der Eisenteile von Eisenbahnwagen auf Kähne schien daher zunächst unvermeidlich. Durch die Bereitstellung eines geeigneten Fährschiffes war es jedoch möglich, die im Werk auf Eisenbahnwagen geladenen fertigen Bauteile ohne Umladung bis an die Baustelle heranzubringen. Die Eisenteile wurden mittels eines Schwenkmastes vom Eisenbahnwagen unmittelbar auf die Rüstung gehoben. Abb. 16 zeigt die Aufstellung der seitlichen Überbauten. Abb. 17 u. 18 zeigen einen Durchblick durch den fertig zusammengebauten Überbau und die Ansicht von der Wasserseite. Die Öffnung in dem über dem Portal liegenden Querträger dient zur Durchführung des bereits erwähnten Bremsstabes.

Aus besonderen Gründen war die Lieferung und die Aufstellung der eisernen Überbauten nicht an eine Unternehmung vergeben. Während die Lieferung des Mittelüberbaues, sowie die Aufstellung der gesamten Brücke den Mitteldeutschen Stahlwerke A.-G., Werk Lauchhammer, übertragen war, wurden die seitlichen Überbauten von der Firma Beuchelt & Co., Grünberg, bezw. Hein, Lehmann & Co., Düsseldorf, geliefert. Diese Verteilung der Arbeiten brachte es mit sich, von den Lieferwerken der einzelnen Überbauten die vollständige Auslegung der Hauptträger im Werk zu verlangen. Abb. 19 zeigt den auf der Zulage im Werk Lauchhammer liegenden Hauptträger des Mittelüberbaues der Westoderbrücke.

Dieser Überbau konnte, wie bereits erwähnt, nicht in endgültiger Lage aufgestellt werden. Er wurde auf dem westlichen seitlichen Überbau zusammgebaut und unter Sperrung der Schifffahrt an einem Sonntage über den Strom geschoben. Im einzelnen waren für die Durchführung dieses Vorhabens folgende Einrichtungen erforderlich:

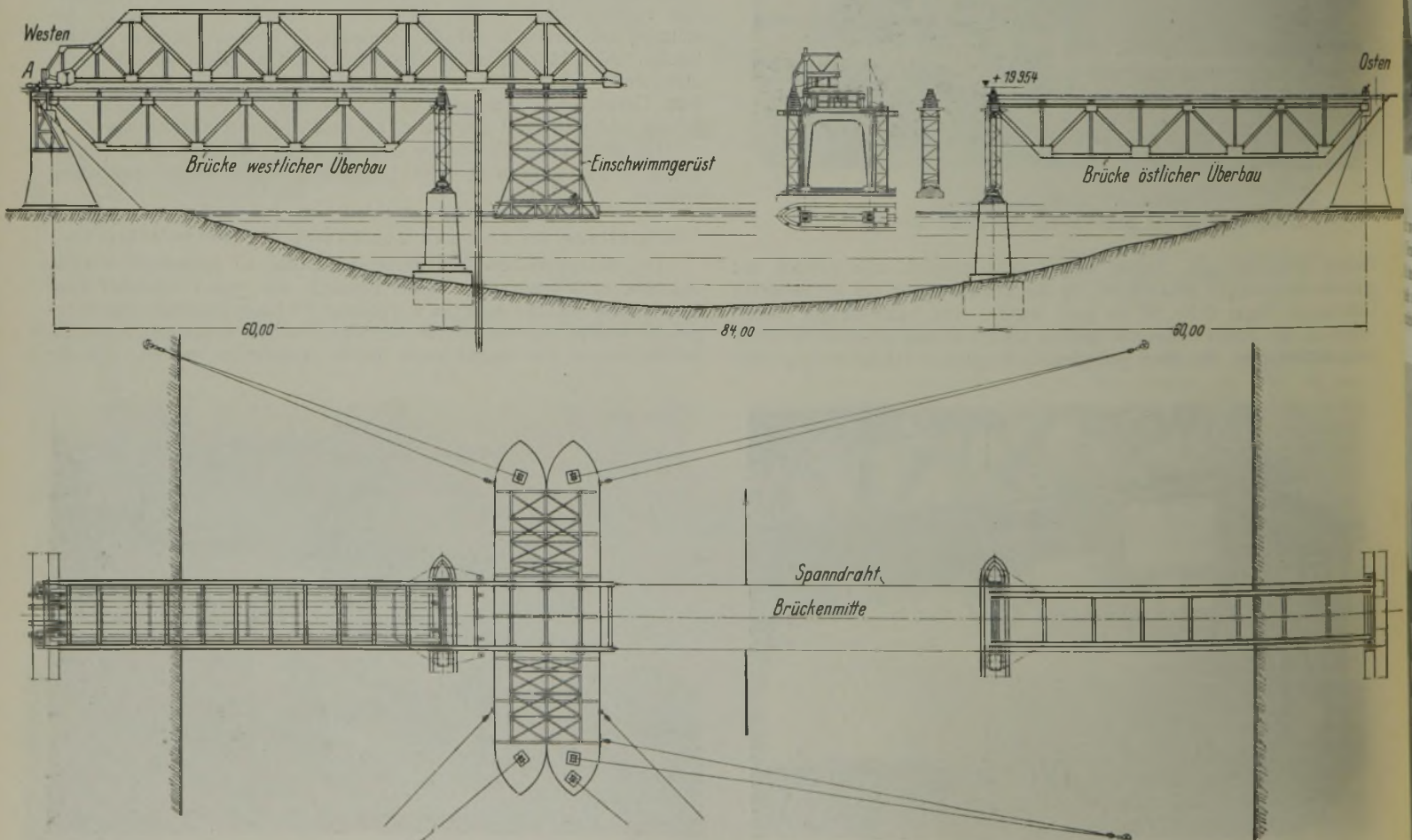


Abb. 20. Westoderbrücke. Längsverschiebung des Mittelüberbaues.



Abb. 19. Westoderbrücke. Hauptträger des Mittelüberbaues in der Werkstatt.

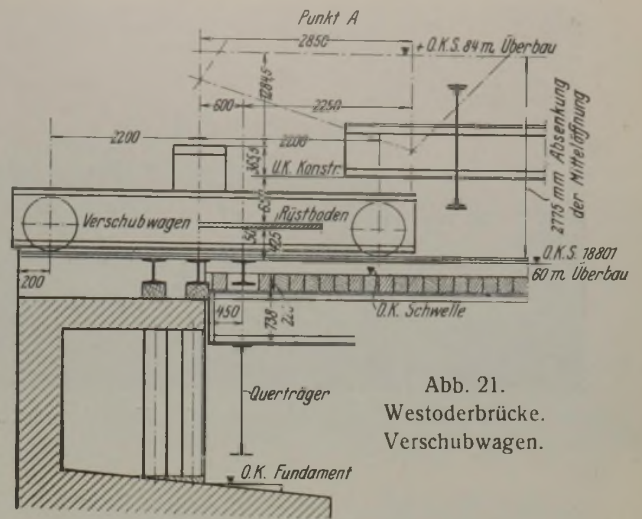


Abb. 21. Westoderbrücke. Verschubwagen.



Abb. 22. Westoderbrücke. Mittelüberbau vor dem Einschleiben.

1. ein auf zwei Prahmen zusammengebautes Einschwimmgüst,
2. zwei Verschiebewagen für den über den seitlichen Überbau zu rollenden Teil des Mittelüberbaues,
3. Kragteile an beiden Enden des Mittelüberbaues zur Abstützung auf die Verschiebewagen,

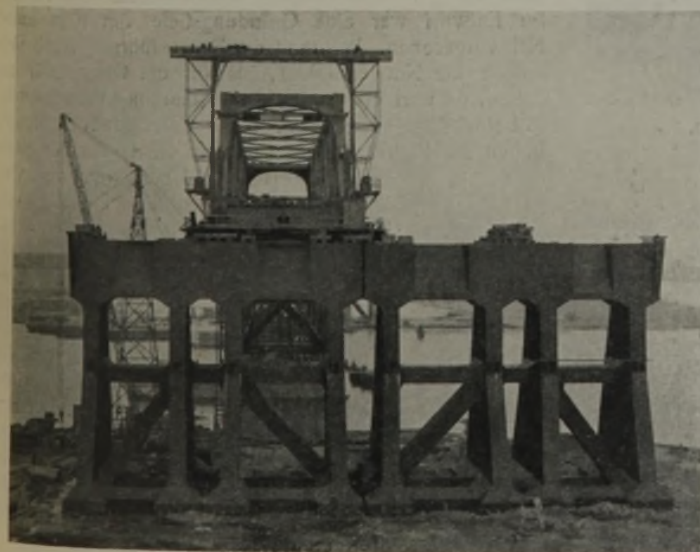


Abb. 24. Westoderbrücke. Aufstellung des Mittelüberbaues. (Von Westen gesehen.)

4. seitlich an den Mittelüberbau angebrachte Stützknaggen für die Absenkung des Überbaues nach dem Einschimmen und
5. Abstützgerüste auf den Strompfeilern für die Absenkung.

Die Einrichtungen sind aus Abb. 20 ersichtlich.

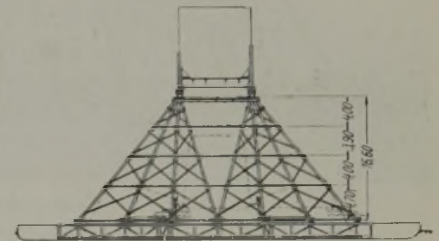


Abb. 23. Westoderbrücke. Verschiebegerüst auf den Oderkähnen.

Der Rollwagen, der eine Last von 100 t zu tragen hatte, ist in Abb. 21 dargestellt. Nach Fertigstellung des Zusammenbaues des Eisenwerks wurden die zur Unterstützung des in die Schiffahrtöffnung hineinragenden Teiles des mittleren Überbaues dienenden Holzgerüste entfernt (Abb. 22).

Die Laufschienen auf dem seitlichen Überbau wurden verlegt, und der Mittelüberbau wurde auf die Verschiebewagen abgesetzt. Inzwischen waren zwei große Oderkähne ausgezimmert und das Verschiebegerüst (Abb. 23) aufgebaut. Die Oderkähne wurden, soweit erforderlich, durch Einpumpen von Wasser belastet und das Gerüst unter den Kragarm des Mittelüberbaues geschoben. Durch Auspumpen des Wasserballastes konnte der Mittelüberbau angehoben werden. Nach Erledigung dieser Arbeiten war alles für das Herüberflößen des Mittelüberbaues vorbereitet. Nach Aufstellung eines ausführlichen Arbeitsplanes konnte am Sonntag, den 20. März 1927 die Brücke über den Strom gebracht werden. Nach Einpumpen von Wasserballast wurde der Überbau auf Hartholzstapel auf eisernen Stützen abgesetzt und mittels Perpetuumwinden in die endgültige Lage gebracht. Abb. 24 u. 25 zeigen die Aufstellung des Eisenwerks für den Mittelüberbau, Abb. 26 zeigt das Einschwimmgüst vor der Unterbringung unter den Überbau. Aus Abb. 27 sind die Abstützvorrichtungen auf den Pfeilern zu ersehen. Abb. 28 bringt ein Bild über die Lage der Schienen nach dem Herüberrollen des eisernen Überbaues. Trotz Verwendung des schwersten Kranschiennenprofils sind die Schienen auf den Holzunterlagen durchgebogen. Der auf jedes Laufrollen entfallende Druck betrug 50 t. Abb. 29 zeigt das Gesamtbild der Brücke nach Einschüttung der Widerlager. Die Brücke ist in St 48 ausgeführt. Der Mittelüberbau einschl. Auflager hat ein Gewicht von 710 t, die beiden seitlichen Überbauten einschl. der Portalstützen haben ein Gewicht von 900 t. Die Portalstützen wiegen je 48 t.

Die Widerlager der Ostoderbrücke.

Die geringere Höhe (+ 10,4 NN) der Schienenoberkante an der Ostoderbrücke ließ eine bedeutende Vereinfachung der Widerlager zu. Die Widerlager sind gleichfalls in einzelne Stützjoche aufgelöst, die miteinander durch Kammermauerwerk und Auflagerplatten verbunden sind.

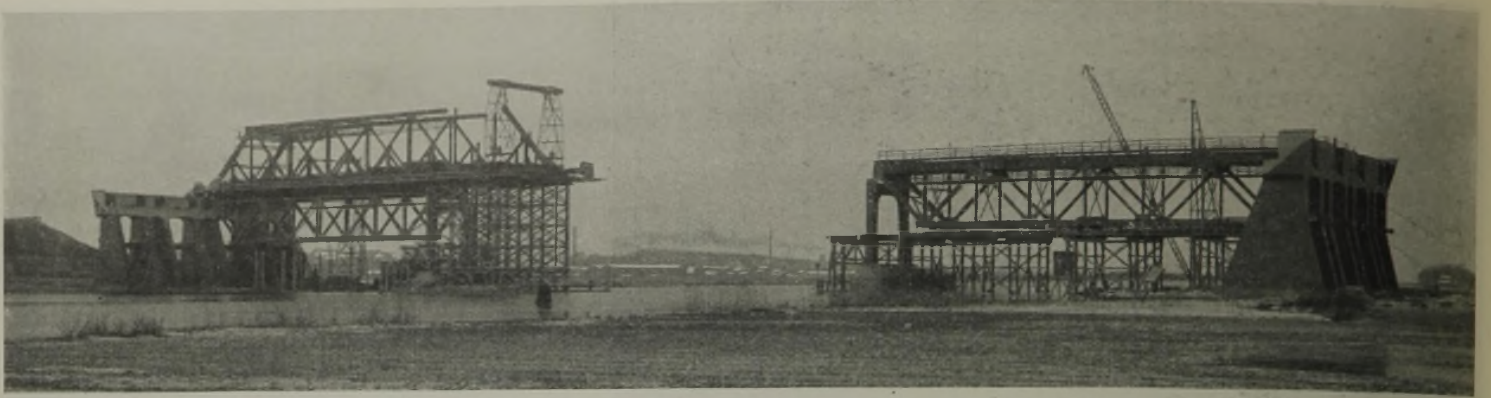


Abb. 25. Westoderbrücke. Aufstellung des Mittelüberbaues (von Süden gesehen).

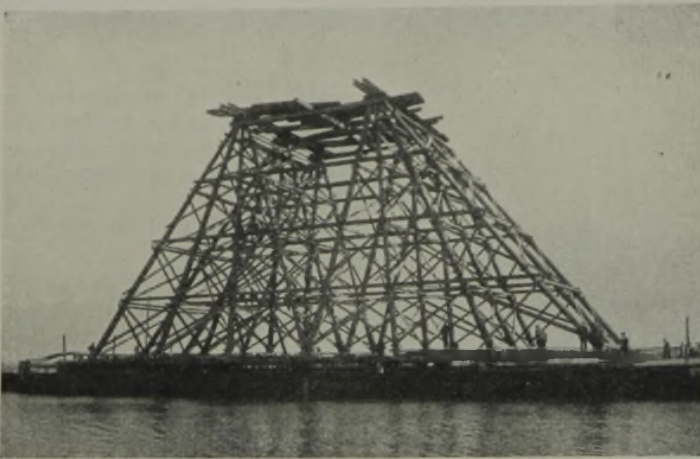


Abb. 26. Westoderbrücke.
Einschwimm- (Verschiebe-)Gerüst.



Abb. 28. Westoderbrücke.
Mittelüberbau während des Verschiebens. (Von Westen gesehen.)

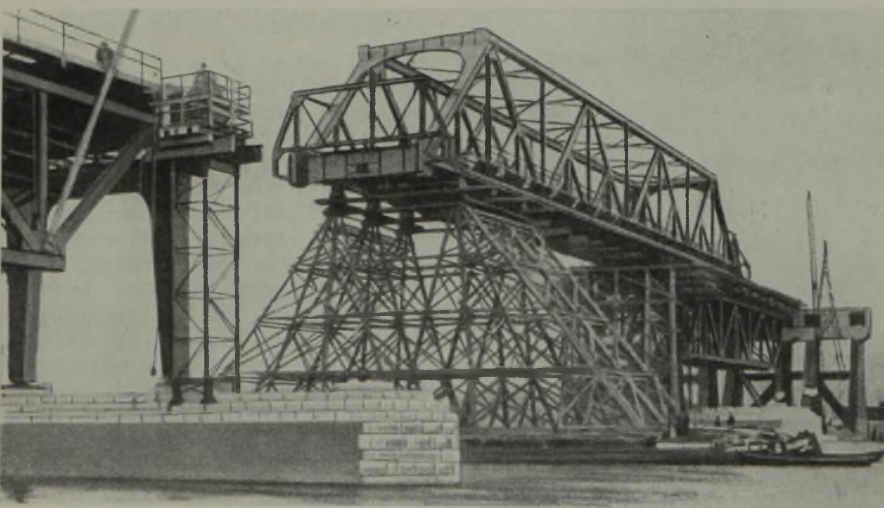


Abb. 27. Westoderbrücke. Der Mittelüberbau wird vorgeschoben.
(Von Osten gesehen.)



Abb. 29. Westoderbrücke nach Fertigstellung. (Vom südwestlichen Ufer aus gesehen).

Trotz der geringeren Höhe sind auch hier durch die gewählte Anordnung bedeutende Ersparnisse erzielt worden (Abb. 30). Da das feste Auflager der gesamten Brücke auf dem östlichen Widerlager liegt, sind zur Übertragung der nicht unerheblichen Bremskräfte Bremsböcke in die Widerlager eingebaut (Abb. 31), die nach rückwärts durch Anker mit einer auf Pfählen ruhenden Ankerplatte verbunden sind. Auch hier ist das ganze Widerlager in den Damm eingebaut. Die Rammarbeiten hat hier das Baugeschäft Hermann Schmidt, Stettin, die Betonarbeiten die Hoch- und Tiefbau A.-G. „Huta“, Stettin, ausgeführt.

Die Strompfeiler der Ostoderbrücke.

An den Gründungsstellen der Strompfeiler beträgt die Wassertiefe 8 m. Der Untergrund besteht aus mehr oder weniger verunreinigten feinen Sanden und Kiesen. Im Entwurf war eine Gründungstiefe von 16 m unter NN vorgesehen. Während der Bauausführung ergab sich jedoch die Notwendigkeit, bis auf die Ordinate 17 zu gehen, da dort einwandfreier Boden angetroffen wurde. Mit Rücksicht auf die schlechten Untergrundverhältnisse haben die Pfeiler, die ebenso wie die Pfeiler der Westoderbrücke für die Überführung von vier Gleisen ausgebaut wurden, eine Länge von 31,4 m und eine Breite von 10 m erhalten. Oberkante der Auflagerquader wurde auf + 7,13 m über NN festgesetzt. Die Vorköpfe haben eine Verblendung aus Granit erhalten, während der Pfeilerschaft in Vorsatzbeton ausgeführt ist. In Wasserhöhe ist ein Granitband um den Pfeiler herumgeführt, um Beschädigungen des Vorsatzbetons durch Wasserfahrzeuge zu verhindern (Abb. 32). Die starke Abdeckplatte ist in Eisenbeton ausgeführt, die senkrechten Ansichtsflächen der Platte sind breit scharriert.

Wie bei der Westoderbrücke kam auch hier nur eine Druckluftgründung

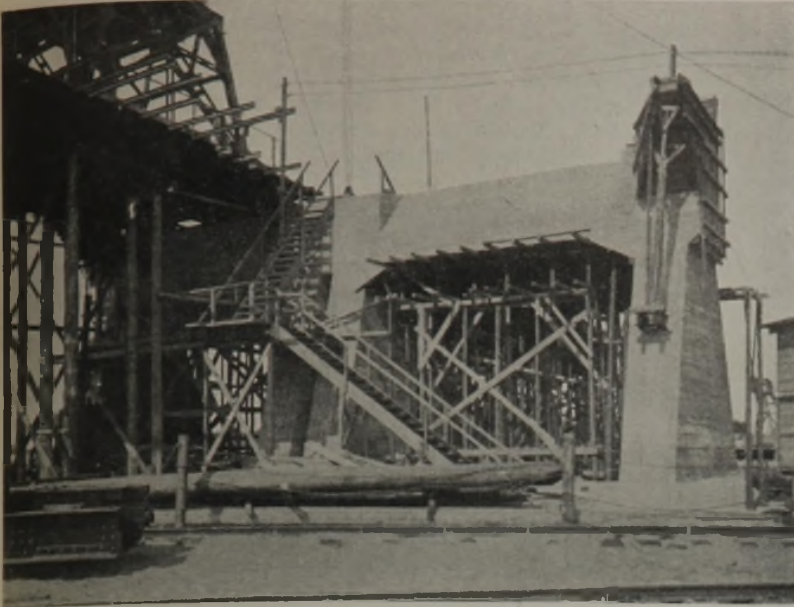


Abb. 30. Ostoderbrücke. Westliches Widerlager.



Abb. 31. Ostoderbrücke. Aufstellung der Bremsböcke im östlichen Widerlager. Portalkran über dem Baugleise.



Abb. 33. Ostoderbrücke. Senkkasten eines Strompfeilers im Dock des „Vulcan“.

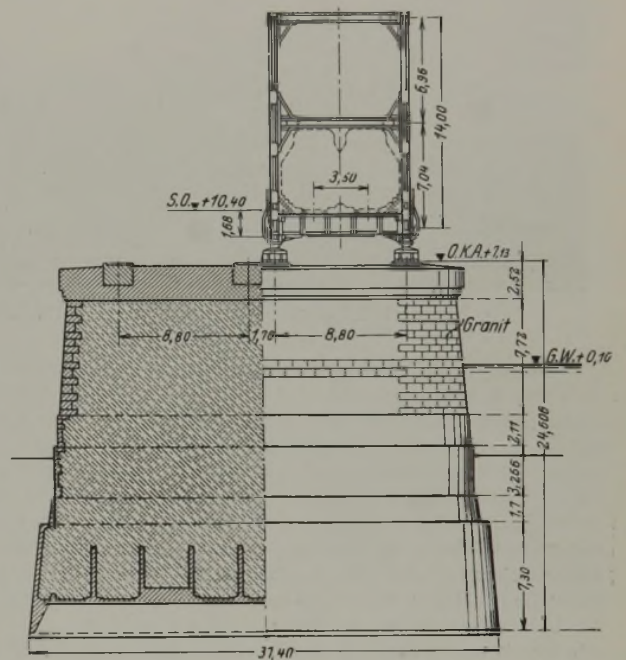


Abb. 32. Ostoderbrücke. Strompfeiler mit Querschnitt des Mittelüberbaues.

mittels Senkkasten in Frage. Um im Jahre 1926 die eisernen Überbauten erstellen zu können, war es notwendig, den Winter 1925/26 für den Bau der Pfeiler zur Hilfe zu nehmen. Die Freihaltung des Stromes von Gerüsten während des Winters machte es jedoch erforderlich, die Her-

stellung der Senkkasten auf einem Helling oder in einem Dock vorzusehen. Die ausführende Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. schlug vor, die Senkkasten auf einem Dock der Stettiner Schiffswerft Vulcan herzustellen.

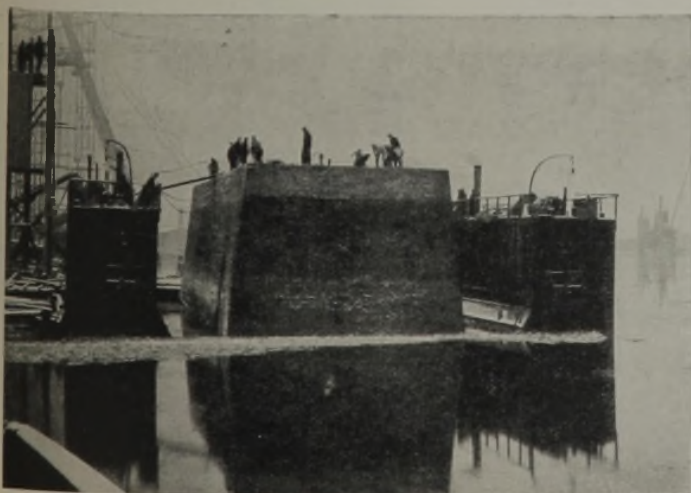


Abb. 34. Ostoderbrücke. Senkkasten im Dock nach der Ausschalung.



Abb. 35. Ostoderbrücke. Abschwimmen des Senkkastens nach der Baustelle.



Abb. 36. Ostoderbrücke.
Einrichtung der Baustelle am östlichen Strompfeiler.



Abb. 38. Ostoderbrücke. Fährschiff an der Landebrücke.

Die an den Gründungsstellen der Strompfeiler vorhandene Wassertiefe von 8 m bedingte sehr hohe Senkkasten, die so ausgebildet werden mußten, daß sie durch die an einzelnen Stellen nur 5 m tiefen Oderströme durchgeschleppt werden konnten. Es gelang auch, den Schwimmkörper mit 5 m Eintauchtiefe zu entwerfen. Anfang Dezember 1925 wurde mit den Arbeiten auf der Schiffswerft Vulcan begonnen, und bereits am 10. Februar 1926 konnte der zweite der etwa 1000 t schweren Schwimmkörper vom Dock zu Wasser gelassen werden. Insgesamt wurden in dieser Zeit annähernd 900 m³ Eisenbeton hergestellt. Abb. 33 zeigt die Baustelle im Dock des Vulcan. Während der Verlegung der Eisen für die beiden Senkkasten herrschte starkes Frostwetter. Die Betonierungsarbeiten konnten dagegen in den inzwischen eingetretenen Tauperioden ausgeführt werden. Abb. 34 zeigt den Senkkasten im Dock nach der

Ausschalung, Abb. 35 das Abschwimmen des Senkkastens nach Absenken des Docks. Für die Herstellung des Senkkastens wurde hochwertiger Zement Dyckerhoff-Doppel verwendet.

Nach Aufhören des Eisgangs auf den Oderströmen wurden die beiden Senkkasten in die Nähe der Baustelle geschleppt und dort verankert. Nach Einrichtung der Baustelle an der Ostoder wurden die Leitgerüste geschlagen und zunächst der westliche Senkkasten in die

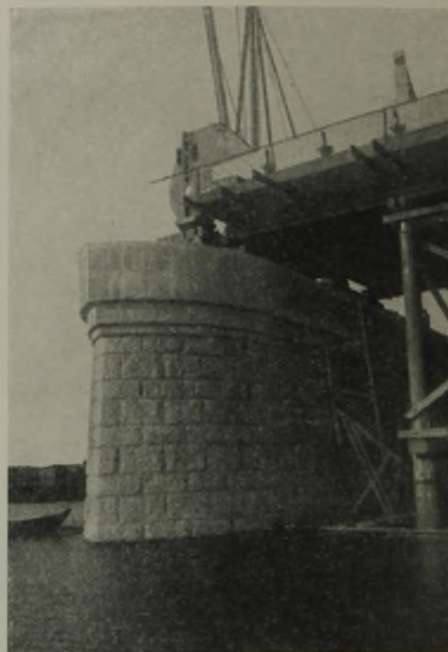


Abb. 37. Ostoderbrücke. Östlicher Strompfeiler.

richtige Lage gebracht. Abb. 36 zeigt die Einrichtung der Baustelle des östlichen Strompfeilers. Die bauausführende Firma hatte besonders Wert darauf gelegt, die vom Rohmaterial bis zum fertig eingebrachten Beton zurückzulegenden Karrwege auf ein Mindestmaß zu beschränken. Neben dem Pfeilergerüst liegt ein Kompressoren-Werkstattschiff, auf dem eine leistungsfähige Betonmischmaschine aufgestellt ist. Daneben legt sich ein Kieskahn, an dessen Seite das Zementschiff. Die Beförderung der Baustoffe geht vom Kiesschiff auf einer schiefen Ebene über die Betonmischmaschine und von der Betonmischmaschine auf einer schiefen Ebene bis zum Strompfeiler. Von hier aus wird das Gemisch zur Verwendungsstelle verfahren. Außer einem Kran zum Versetzen der Luftschleuse ist ein fahrbares Traggerüst für die schiefe Ebene über dem Pfeiler errichtet. Abb. 37 zeigt den fertigen Strompfeiler.



Abb. 39. Ostoderbrücke.
Vorstreckkran vor Beginn der Aufstellung des östlichen Überbaues.

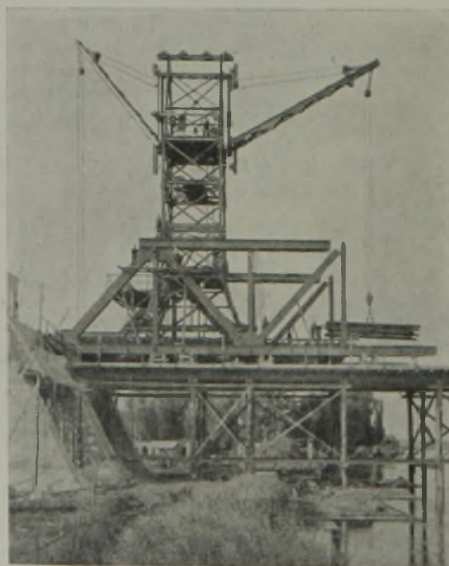


Abb. 40. Ostoderbrücke.
Vorstreckkran bei der Aufstellung des östlichen Überbaues.

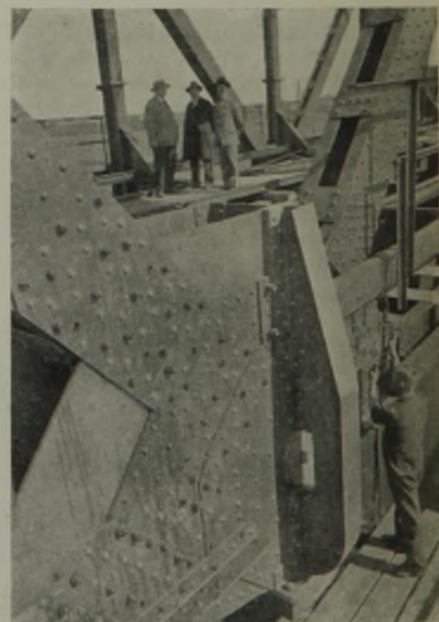


Abb. 42. Ostoderbrücke.
Gelenk über einem Strompfeiler
(von außen gesehen).



Abb. 41. Ostoderbrücke. Vorstreckkran über dem westlichen Strompfeiler.

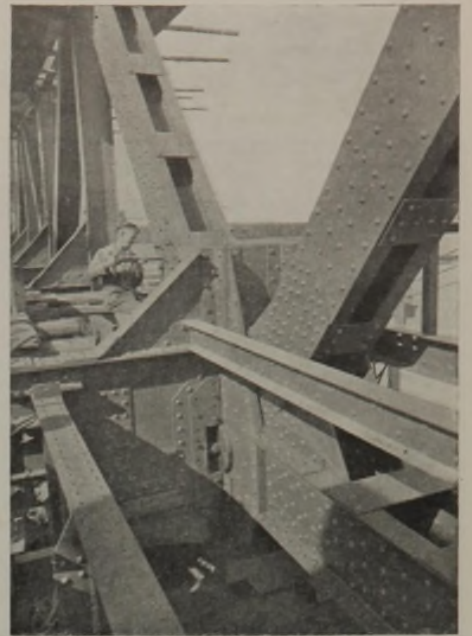


Abb. 43. Ostoderbrücke. Gelenk über einem Strompfeiler (von innen gesehen).

Aufstellung des Eisenwerks der Ostoderbrücke.

Die Aufstellung des Eisenwerks konnte durchgehend auf festen Gerüsten vorgenommen werden. Während der Einrüstung der Mittelöffnung mußte jedoch eine Seitenöffnung zur Durchführung des Schiffahrtverkehrs freigehalten werden. Es wurde daher zunächst die östliche Seitenöffnung eingerüstet und der östliche seitliche Überbau fertig zusammengebaut. Alsdann wurde das Gerüst entfernt und in der westlichen Seitenöffnung wieder verwendet. Gleichzeitig wurde auch die Mittelöffnung vollständig eingerüstet.

Die Heranschaffung der Eisenteile geschah in gleicher Weise wie bei der Westoderbrücke mittels eines Fährschiffes; die Bauteile wurden aber nicht unmittelbar auf die Rüstungen gehoben und dort eingebaut, sondern die auf dem Fährschiff ankommenden Wagen mit Bauteilen wurden über eine für diesen Zweck eingebaute Landungsbrücke auf Land geschoben und dort durch einen Portalkran entladen und gelagert (Abb. 38 u. 39). Auf das moorige Wiesengelände war zuvor eine feste Sandschicht von etwa 1 m Stärke aufgespült worden, die gleichzeitig als Lagerplatz für die Baustoffe und für die Aufstellung der erforderlichen Baubuden, Maschinenhäuser mit Kompressoren usw. diente. Von dem Lagerplatz wurden die Bauteile mittels eines Schwenkmastes auf ein hinter den Widerlagern errichtetes Podest gebracht und von dort auf Schienen zur Verwendungsstelle gefahren.

Der Zusammenbau wurde nicht wie gewöhnlich durch einen Portalkran, sondern durch einen Vorstreckkran ausgeführt, wie er aus Abb. 40 ersichtlich ist. Es wurde also nicht der gesamte Untergurt auf dem Gerüst vorgestreckt, sondern die einzelnen Gefache nacheinander zusammengebaut. Die hierdurch bedingte stärkere Zusammendrückung der Gerüsteile wurde dadurch ausgeglichen, daß dem System zunächst eine größere Überhöhung



Abb. 44. Ostoderbrücke. Durchblick von Westen aus.

wurde dafür gesorgt, daß die ganze Brücke während der Montage etwas höher lag als sie im endgültigen Zustande liegen mußte. Schwierigkeiten bei Durchführung dieser Montage sind an keiner Stelle aufgetreten. Die Abb. 41 zeigt die Brücke während des Zusammenbaues. Die Gelenkausbildung über den Strompfeilern ergibt sich aus Abb. 42 u. 43. Abb. 44 zeigt einen Durchblick durch die Brücke und Abb. 45 die fertige Brücke.



Abb. 45. Ostoderbrücke nach Fertigstellung, von Südosten aus gesehen.

gegeben und nach dem Fortschreiten des Zusammenbaues die Konstruktion durch Absenken mittels Tellerwinden nach und nach in die richtige Lage gebracht wurde. Um ein nachträgliches schwieriges Anheben zu vermeiden — das Gerüst mußte schließlich den gesamten eisernen Überbau tragen —

Die Brücke ist gleichfalls in St 48 ausgeführt. Der Mittelüberbau hat ein Gewicht von rd 900 t, die dazugehörigen beweglichen Auflager auf den Strompfeilern wiegen 64 t. Die beiden seitlichen Überbauten von je 62,5 m Stützweite haben zusammen ein Gewicht von 840 t. Auf 1 lfd. m Brücke

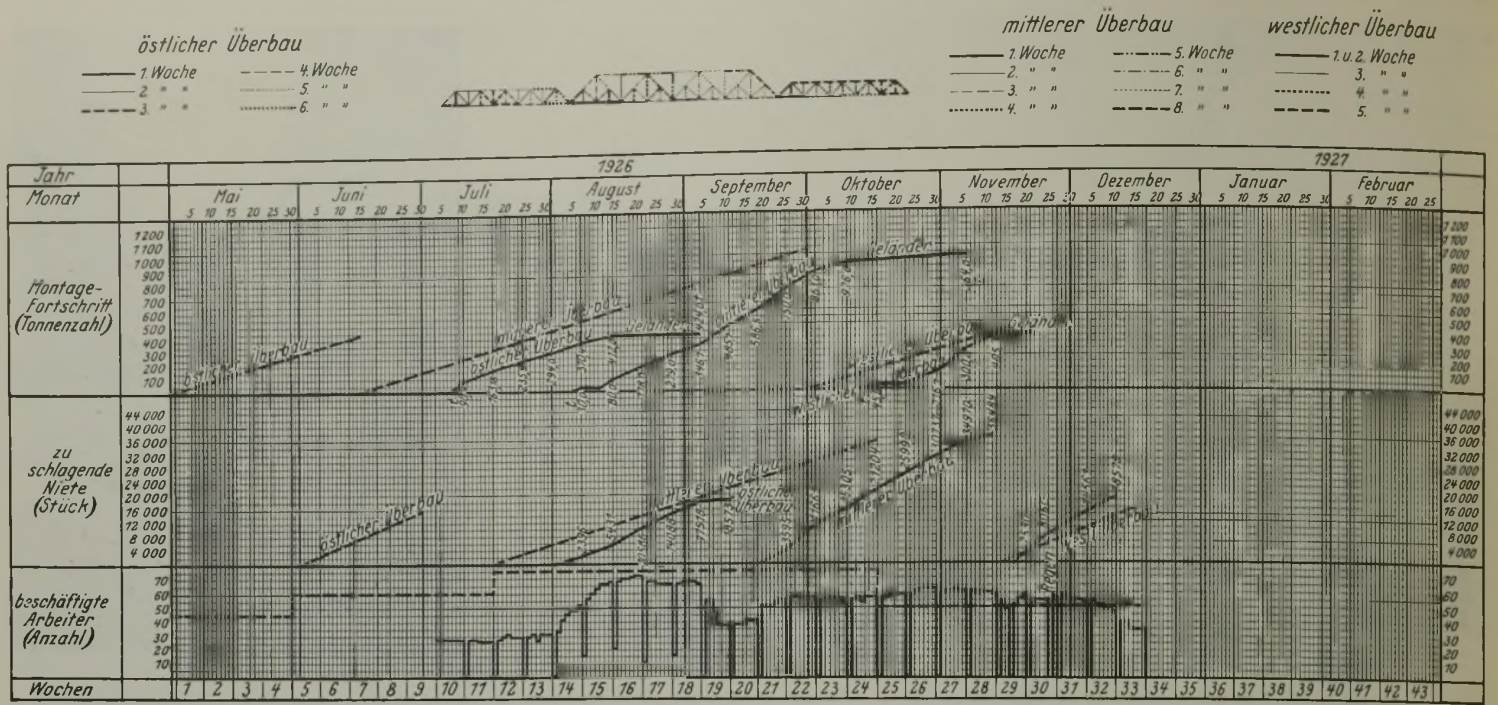


Abb. 46. Ostoderbrücke. Aufstellungsplan.

kommen also beim Mittelüberbau von 100 m Stützweite ohne Auflager 9 t Eisengewicht. Dieses zeigt die nicht unbedeutende Gewichtsersparnis durch Verwendung des St 48 gegenüber St 37. In Abb. 46 ist der Aufstellungsplan der Ostoderbrücke dargestellt, wie er zunächst beabsichtigt war und wie er später durchgeführt worden ist. Das Bild zeigt deutlich, wie die anfangs eingetretenen Verzögerungen nach und nach eingeholt worden sind, und wie es der bauausführenden Firma Gollnow & Sohn, Stettin, gelungen ist, durch geschickte Maßnahmen den Endtermin (15. Dezember 1926) dennoch einzuhalten.

Die Lieferung der eisernen Überbauten war auch hier geteilt vergeben, und zwar lieferten den Mittelüberbau die Vereinigte Stahlwerke A.-G., Abt. Dortmunder Union, und die seitlichen Überbauten das Eisenbauwerk J. Gollnow u. Sohn, Stettin, dem auch die Aufstellung der ganzen Brücke übertragen war.

In der ersten Querspalte der Abbildung ist die Tonnenzahl der täglich zusammengebauten Eisenteile aufgetragen. Die zweite Querspalte stellt die Zahl der täglich geschlagenen Niete dar, die dritte Spalte weist die Zahl der an jedem Arbeitstage auf der Baustelle tätigen Arbeitskräfte nach. Aus dem am Kopfe der Abbildung dargestellten Brückensystem ist der wöchentliche Baufortschritt zu erkennen. Ein solcher Plan bietet nicht allein ein anschauliches Bild über den Fortgang der Arbeiten auf der Baustelle, sondern er dürfte auch darüber hinaus von großer Wichtigkeit bei

Nachfragen über den Stand der Arbeiten an einem bestimmten Tage sein. Die Aufstellung eines solchen Planes für jede Brückenbaustelle kann nur empfohlen werden.

Anstrich der Brücken.

Die zur Baustelle abzusendenden Bauteile wurden im Werk mit einem Mennigeanstrich versehen, der auf der Baustelle nach dem Zusammenbau sorgfältig ausgebessert wurde. Die Brücke hat nach Fertigstellung einen nochmaligen Mennigeanstrich erhalten, auf den dann ein Grundanstrich und ein Deckanstrich aufgebracht ist. Als Farbton für den Deckanstrich ist bei der Westoderbrücke grün, an der Ostoderbrücke ultramarinblau gewählt worden.

Beide Brücken passen sich ausgezeichnet in das Stettiner Landschaftsbild ein, und insbesondere durch die Auswahl des Farbtones ist ihre Wirkung durch den Beschauer noch erhöht worden. Der Vergleich dieser Brücken mit den in der Nähe liegenden, in den 70er Jahren erbauten Eisenbahnbrücken läßt deutlich die Fortschritte, die der Brückenbau im Laufe der Zeit gemacht hat, erkennen. Die geringen der Reichsbahn für neuere Bauausführungen zur Verfügung stehenden Mittel ließen bisher die Fertigstellung der die Oderniederung durchziehenden hohen Eisenbahndämme nicht zu. Beide Brücken konnten daher noch nicht dem Betriebe übergeben werden. Auch die erforderlichen Probelastungen ließen sich noch nicht ausführen.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Befuerung der Seeschiffahrtstraße Stettin—Swinemünde.

Von Regierungsbaumeister Westermann, Berlin.

I. Die Bezeichnung des Seeweges nach Swinemünde.

Die Befuerung der Oderbank.

Der Seeweg zum Hafen Swinemünde und weiterhin zu Preußens größtem Hafen, Stettin, führt durch die Pommersche Bucht (Abb. 1). Dieser Teil der Ostsee besitzt im allgemeinen Wassertiefen von 12 bis 20 m bei MW, erreicht jedoch auf der Oderbank nur Tiefen von durchschnittlich 8 m, die an einigen Stellen auf 6 m abnehmen. Die Oderbank hat im nördlichen Teil in der Richtung von Osten nach Westen eine Ausdehnung von 18,5 Sm; in gleicher Größe erstreckt sie sich von Norden nach Süden. In dieser Richtung nimmt ihre Breite jedoch etwa auf halber Länge erheblich ab und geht am südlichen Ausläufer allmählich auf 1 Sm und weniger herunter. Ihr Südennde ist etwa 12 Sm von Swinemünde, ihr Südwestrand etwa ebenso weit von der Greifswalder Oie und ihr Südostrand 10 bis 15 Sm von der ostpommerschen Küste entfernt.

Mit dem seit Mitte des vorigen Jahrhunderts ständig wachsenden Tiefgang der Schiffe, dem durch Vertiefung und Begrädigung der Schifffahrtstraße Stettin—Swinemünde Rechnung getragen wurde, wuchs auch das Bedürfnis nach einer Bezeichnung der damals durch drei Tagestonnen gedeckten Oderbank bei Nebel und Nacht. Die seit den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts von Schifffahrtkreisen vorgebrachten Wünsche wollten die Bank durch ein Feuerschiff an ihrem Südennde bezeichnen. Die Ausführung dieses Planes scheiterte an der Unmöglichkeit, die ausgedehnte Untiefe von nur einem Punkte aus zu decken, und an den bei Auslegung mehrerer Feuerschiffe zu hohen Kosten. (Im Jahre 1884 wurden die Baukosten für ein Feuerschiff mit 257 000 Mark und die jährlichen Unterhaltungs- und Betriebskosten mit 30 000 Mark angegeben.)

Gegen Anfang dieses Jahrhunderts wurde ein neuer Plan für die Bezeichnung der Bank von dem damaligen Regierungs- und Baurat Körte gefaßt und eingehend bearbeitet. Dieser Plan sah ein ortsfestes Feuer mit Luft- und Wasser-Nebelsignal am Südennde der Bank in etwa 6 bis 7 m Wassertiefe, ein Feuer auf dem Kiesberge west-südwestlich Dievenow und eine Verstärkung des Feuers Greifswalder Oie vor. Ihm lag also eine nähere Bezeichnung der an der Südspitze der Untiefe sich vereinigenden östlichen und westlichen Seewege nach Swinemünde zugrunde. Auch die Durchführung dieses Entwurfs scheiterte an den zu hohen Kosten. Man begnügte sich vielmehr damit, das Leuchtfeuer Greifswalder Oie durch Einbau einer neuen großen Leuchte wesentlich zu verstärken und die Oderbank selbst durch Leucht- und Leuchtglockentonnen zu bezeichnen.



Abb. 1. Die pommersche Bucht.

Der wichtigste Bestandteil dieses Befuehrungsplanes, das geplante ortsfeste Feuer auf der Oderbank, bietet jedoch so viel Bemerkenswertes, daß es angebracht scheint, hier über seine Einzelheiten einiges mitzuteilen.

Die vor näherer Ausarbeitung des Entwurfs vorgenommenen, umfangreichen Vorarbeiten bestanden in der

Ausführung von Bohrungen an der Südspitze der Oderbank, in der Einmessung und Peilung dieser Spitze und in der Beobachtung von Wind und Wetter, Strömung und Salzgehalt des Wassers, der Sichtigkeit der

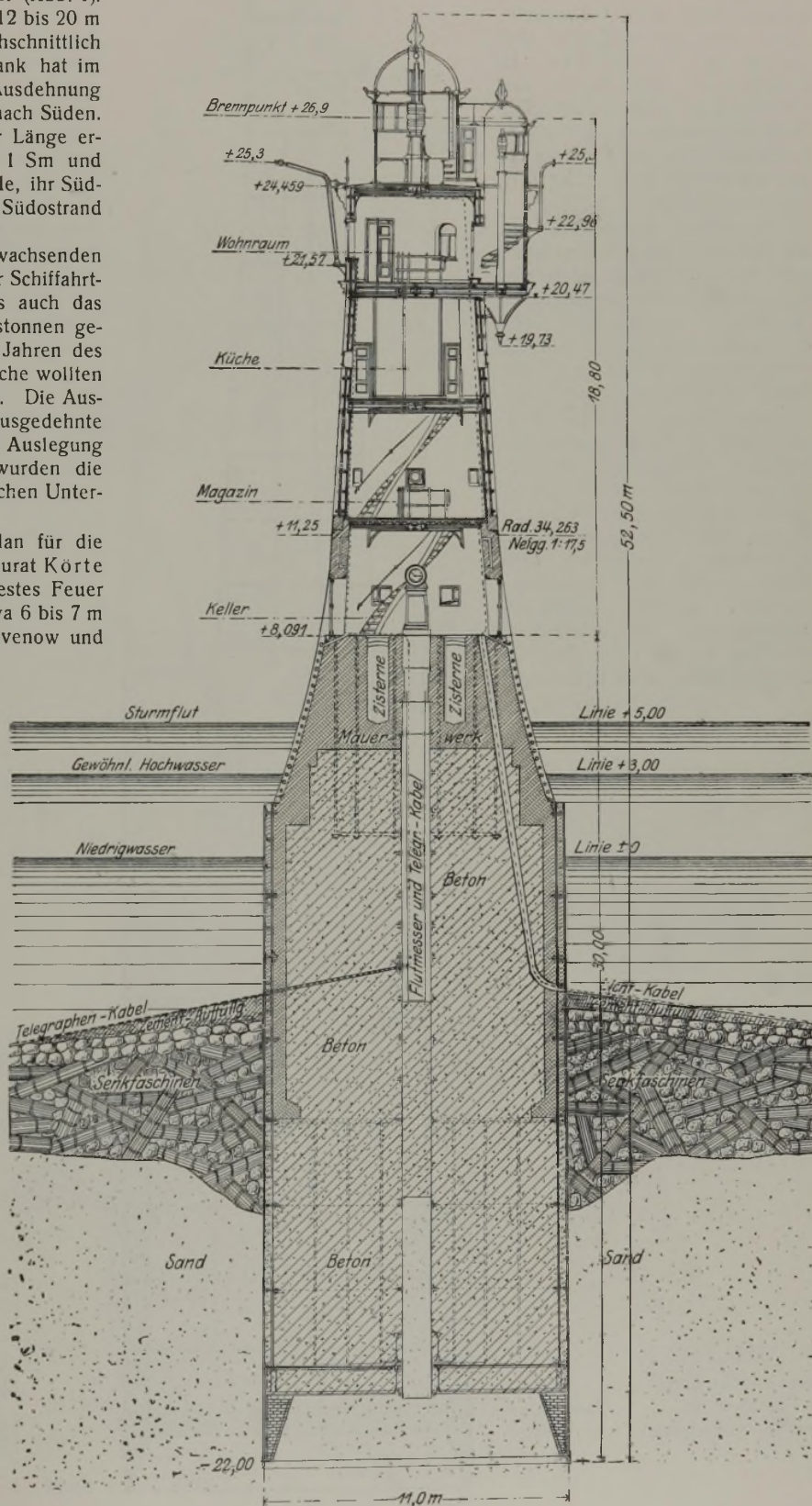


Abb. 3. Rote-Sand-Leuchtturm.

Luft usw. Sie wurden vom Hafenbauamt Swinemünde in den Jahren 1903 und 1904 ausgeführt.

Das Ergebnis der Bohrungen war folgendes: In einer Tiefe von etwa 13 m unter MW, also in der Tiefe des benachbarten Meeresgrundes, befindet sich eine stark mit Muscheln und Schnecken durchsetzte Sandschicht. Über dieser Schicht liegt heller Sand, der lose abgelagert ist, nur Muscheln enthält und die Reste einer uralten Dünenbildung darstellt. Der unter der Muschelschicht anstehende, dunklere, gröbere Sand enthält Muscheln, Steine bis zur Nußgröße und stellenweise Holzstückchen. In diesem Sand sind Nester von blauem Ton eingebettet. Die 38 Bohrlöcher wurden mit wenigen Ausnahmen bis auf 25 m, zwei bis auf 28 und 30 m unter MW heruntergetrieben.

Es wurde festgestellt, daß die Meeresströmungen fast ohne Ausnahme mit dem Winde setzen, ihre größte Geschwindigkeit etwa $\frac{2}{3}$ m/sck beträgt und sich der Einfluß des Windes auf die Wasserbewegung bis auf den Grund erstreckt.

Der Entwurf für das Bauwerk (Abb. 2), das unter ähnlichen örtlichen Verhältnissen wie der vor der Weser errichtete Rote-Sand-Leuchtturm (Abb. 3) zu erbauen und ähnlichen Beanspruchungen unterworfen sein würde, sieht als Gründungsverfahren ebenfalls Druckluftgründung vor. Der zylindrische Unterbau besitzt 15 m Durchm. und 35 m Höhe, seine Gründungs-

tiefe beträgt 25 m unter MW, seine Oberkante liegt 10 m über MW. Er trägt einen gußeisernen Turm von 40 m Feuerhöhe.

Die Formgebung des Bauwerks weist erhebliche Unterschiede von der des Rote-Sand-Leuchtturms auf. Der größere Durchmesser des Unterbaues ist durch die größere Feuerhöhe und den in der Ostsee zu erwartenden größeren Eisschub bedingt. Er besitzt kreisrunden Grundriß, da an der Baustelle eine vorherrschende Wasserströmung nicht vorhanden ist. Der beim Rote-Sand-Leuchtturm auf etwa halber Tide liegende Absatz und die dort beginnende geschweifte Form, die auf den Seeangriff ungünstig wirken und eine umfangreiche Sohlenbefestigung nötig machen, sind durch senkrechte Hochführung des Unterbaues vermieden; der dadurch gewonnene Raum wird zur Unterbringung der Maschinen und Vorräte in willkommener Weise nutzbar. Der den eisernen Mantel ausfüllende Beton wird in einer Stärke von 1 m soweit möglich bereits beim Absenken, jedenfalls im Trockenen, zwischen einem äußeren und inneren Blechmantel eingebracht, damit auch nach Durchrosten der äußeren Eisenhaut ein allen Angriffen sicher widerstehender, zuverlässiger Beton vorhanden ist. Soviel der Tiefgang der im Dock herzustellenden und schwimmend an die Baustelle zu befördernden Arbeitskammer es gestattet, wird dieser Betonmantel schon vor der Ausfahrt hochgeführt, um an Arbeit auf der Baustelle möglichst zu sparen und einen schnellen Baufortschritt zu erzielen. Zu dem gleichen Zwecke ist die Druckluftschleuse, im Gegensatz zur üblichen Anordnung, unten auf der Decke der Arbeitskammer angeordnet. Bei fortschreitender Absenkung ist es dann nur nötig, den Einsteigschacht zur Schleuse durch Aufsetzen neuer Rohrschüsse zu verlängern, ohne durch das Umsetzen der Schleuse größeren Zeitverlust zu haben.

Das Leuchtfeuer dieses Turmes auf der Oderbank sollte elektrisch betrieben und die dazu nötigen Maschinen im Unterbau des Turmes untergebracht werden. Die Lichtstärke des Feuers war mit etwa 2000000 HK angenommen. Ein Luftnebelsignalsender auf dem Turm und ein Wasserebelsignalsender, etwa 100 m vom Turm entfernt auf dem Meeresgrunde, waren vorgesehen.

Die Baukosten wurden im Jahre 1905 auf etwa $1\frac{1}{4}$ Mill. Mark, die Betriebs- und Unterhaltungskosten auf jährlich 17 500 Mark veranschlagt.

Wie bereits erwähnt, ist der Leuchtturm auf der Südspitze der Oderbank nicht zur Ausführung gekommen, auch der Bau eines lichtstarken Leuchtturmes auf dem Kiesberg ist einstweilen zurückgestellt worden. Die jetzige Bezeichnung der Oderbank durch Leuchttonnen hat der Schifffahrt bisher genügt, wobei mit in Kauf genommen werden muß, daß bei drohender Eisgefahr, wie im Winter 1928/29, die Leuchttonnen eingezogen werden.

Die Anseglung von Swinemünde.

Zur Erleichterung der Anseglung der Swinemündung in der Nacht ist die Lichtstärke des Leuchtturmes Swinemünde vor einer Reihe von Jahren durch Einbau einer Petroleumglühlampe an Stelle der früheren, fünfdochtigen Petroleumlampe und neuerdings durch Verwendung einer elektrischen Glühlampe als Lichtquelle erheblich vergrößert worden.

Auf die Einzelheiten des Leuchtturmes soll hier nicht näher eingegangen werden.

Ein wichtiges neues Mittel zur Ansteuerung wird durch das voraussichtlich im Jahre 1929 in Betrieb zu nehmende Funkfeuer Swinemünde geschaffen werden, das mit einer Wasser- und Luftnebelsignalanlage zusammenarbeitet.

Das Funkfeuer Swinemünde ist ein Glied eines für die deutsche Küste der Ostsee in Ausführung begriffenen Bauvorhabens, durch das die wichtigsten Feuerschiffe und Küstenpunkte der Ostsee als Anlagen zur Richtungs- und Abstandbestimmung für die Schifffahrt bei Nebel ausgebaut werden. Es schließt sich an die im Jahre 1928 vollendete, als mustergültig

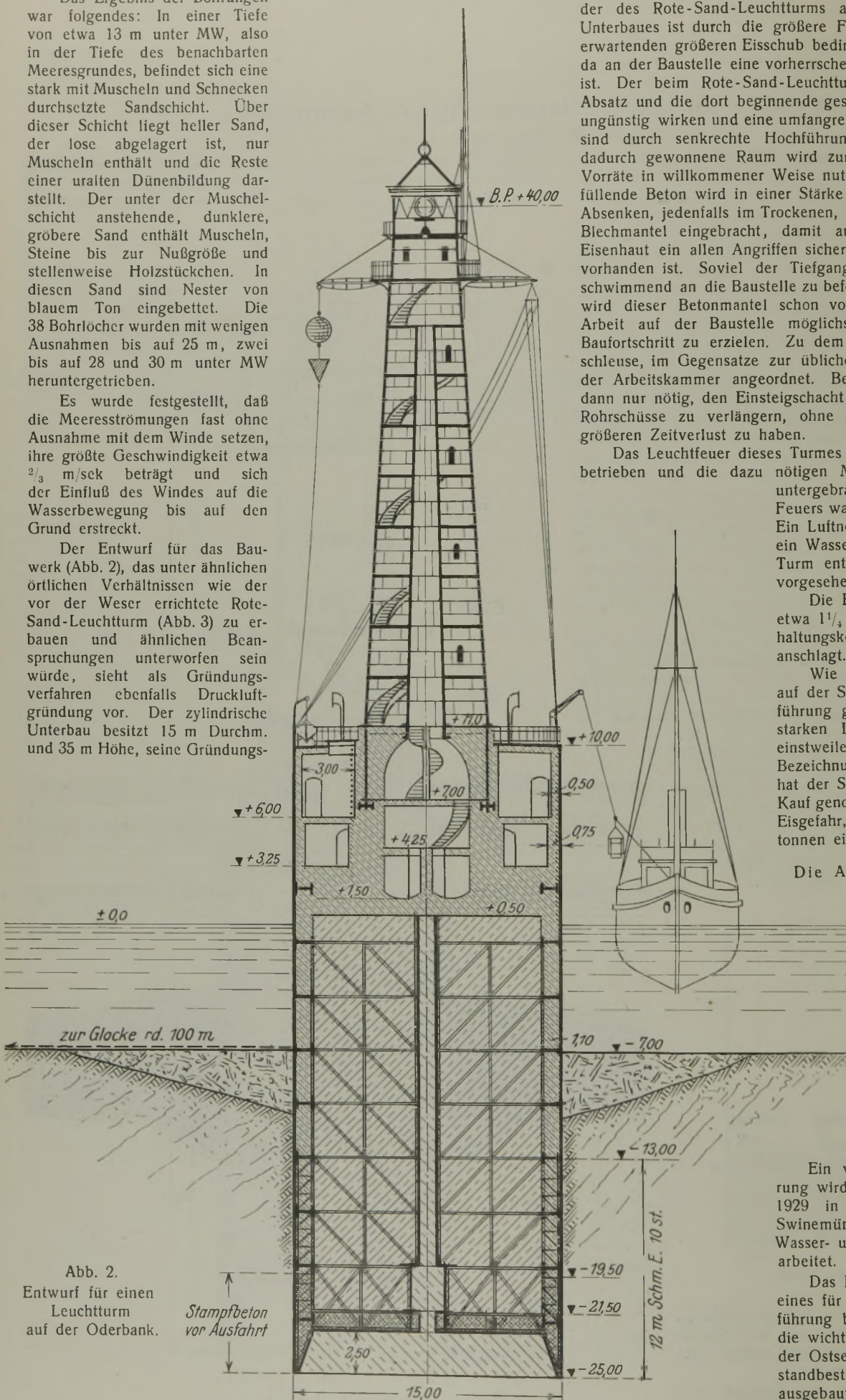


Abb. 2. Entwurf für einen Leuchtturm auf der Oderbank. Stampfbeton vor Ausfahrt

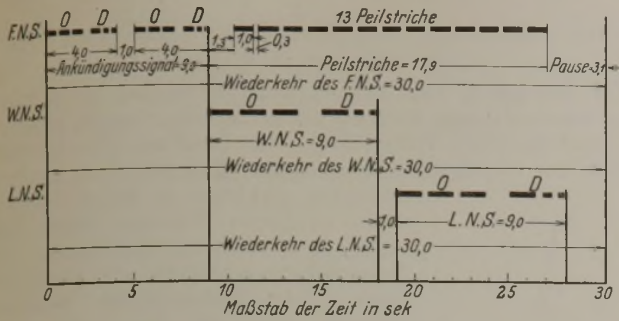


Abb. 4. Kennungen der Nebelsignalstelle Swinemünde.

und außerdem täglich zu bestimmten Zeiten zu Übungszwecken Funknebel-Signale (F. N. S.) aussenden. Diese bestehen aus einem 9 sek dauernden Ankündigungssignal — zweimal die Morsebuchstaben OD — und darauf folgenden 13 Zeichen, den Peilstreichen, zwischen denen je eine Pause von 0,3 sek liegt. Das ganze Signal dauert 26,9 sek und setzt nach einer Pause von 3,1 sek von neuem ein, wird also mit einer Wiederkehr von 30 sek gegeben (Abb. 4). Sieben Signale bilden eine Signalgruppe, die 3,5 min dauert. Darauf folgt eine Pause von 4 min, während deren eines der anderen Funkfeuer auf der gleichen Wellenlänge sendet.

anerkannte Ausrüstung der deutschen Feuerschiffe der Nordsee mit gleichen Anlagen an. Das Funkfeuer Swinemünde wird bei Nebel und unsichtigem Wetter

Mit Hilfe eines Bordfunkpeilers ist es einem Schiffe möglich, das Funkfeuer bis auf Bruchteile eines Grades genau einzupeilen und so nach Einpeilung eines zweiten oder dritten Senders seinen Schiffsort zu bestimmen. Außerdem ist es aber einem mit Wasserschallempfängern ausgerüsteten Schiffe möglich, seinen Abstand vom Wasserschallsender mit Hilfe des F. N. S. und Wassernebel-Signals (W. N. S.) zu ermitteln. Der Wasserschallsender in Swinemünde besteht aus einem elektrisch

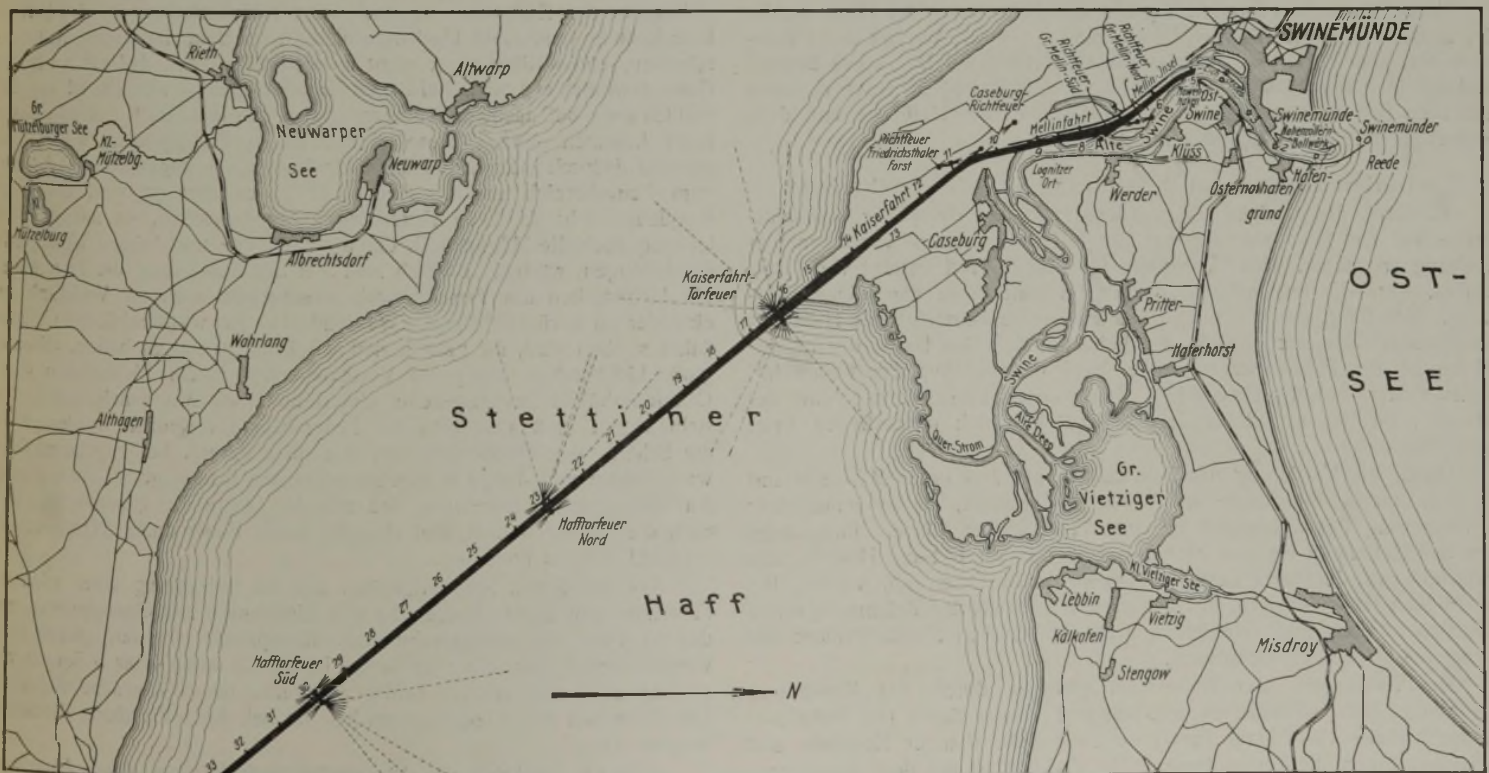
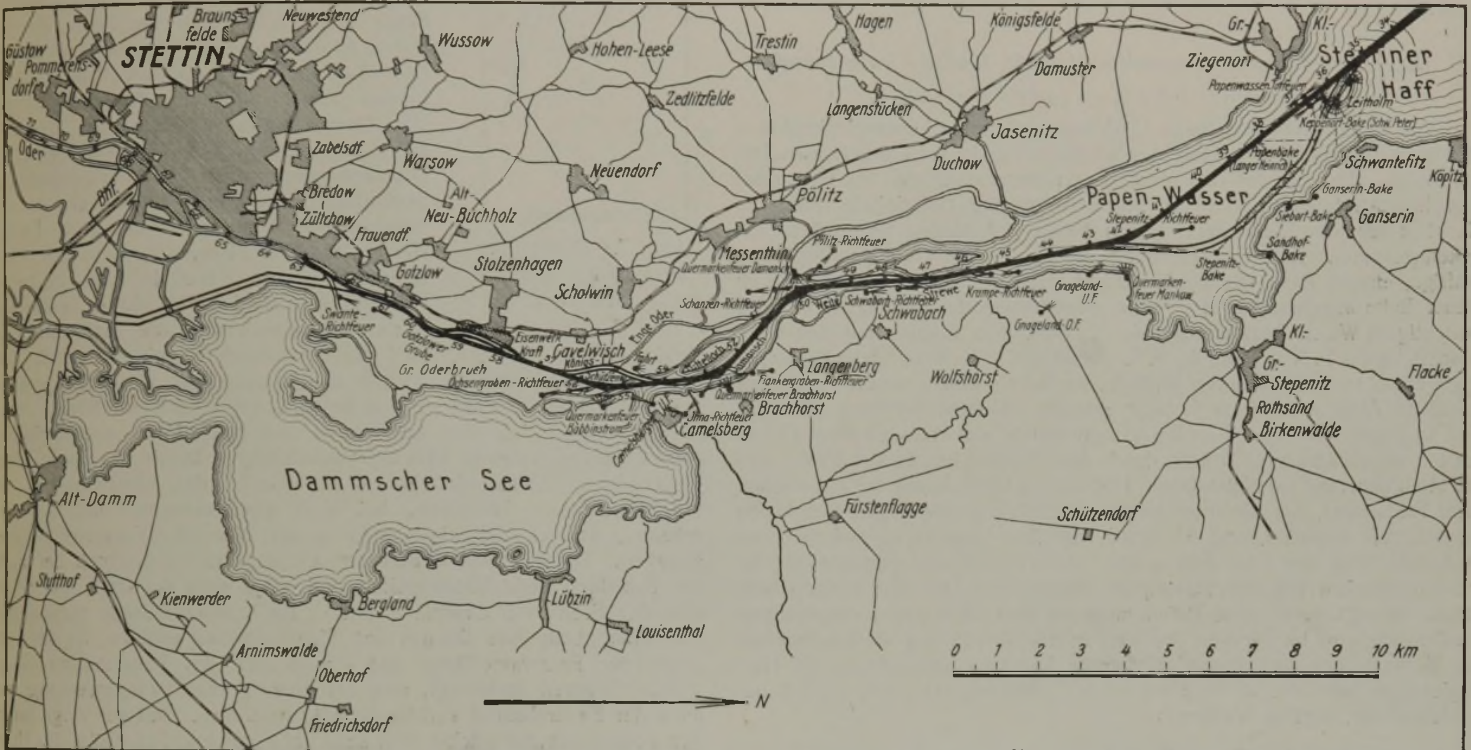


Abb. 5 u. 6. Lageplan der Seeschiffahrtstraße Stettin—Swinemünde.

betriebenen Membransender, der in der Nähe der Ansteuerungstonne „Swinemünde“ an einem in den Meeresgrund gerammten Dreibock aufgehängt ist. Er ist mit der Signalstelle durch ein Kabel verbunden und sendet W. N. S. aus, die aus den Morsebuchstaben OD bestehen und 9 sek dauern. Sie setzen genau mit dem Aufhörens des letzten Punktes des Ankündigungssignals des F. N. S. ein. Ein das F. N. S. und das W. N. S. gleichzeitig beobachtendes Schiff kann seinen Abstand vom Wasserschallsender in folgender Weise bestimmen: Es beobachtet die zwischen dem letzten Ton des Ankündigungssignals des F. N. S. und dem ersten Ton des W. N. S. liegende Zeit. Die Dauer dieser Zeit ist abhängig von der Geschwindigkeit des Schalls im Wasser und dem Abstand des Schiffes vom Sender. Ist die Schallgeschwindigkeit im Wasser bekannt, so läßt sich aus ihr und der Zeit der Abstand des Schiffes errechnen. Um diese Rechenarbeit zu ersparen, ist die Dauer eines Peilstriches und der folgenden Pause so bemessen, daß in dieser Zeit der Schall eine Seemeile im Wasser zurücklegt. Die Zahl der Peilstriche des F. N. S., die auf dem Schiffe bis zum Einsetzen des W. N. S. gezählt werden, geben somit unmittelbar seinen Abstand vom Wasserschallsender in Seemeilen an.

II. Die Befuerung der Seeschiffahrtstraße Stettin—Swinemünde.

Der Abschnitt Swinemünde—Kaseburg.

Von der Ansteuerungstonne „Swinemünde“, einer Leuchtlockentonne mit der Kennung Ubr. r., führt der Schifffahrtsweg in die Einfahrt zwischen die Molen. Er wird bei Tage durch Fahrwassertonnen und ein Bakenpaar von hervortretender Form, die Mühlenbake und Galeriebake, und bei Nacht durch ein Richtfeuer, dessen Feuer auf diesen Baken brennen, gekennzeichnet. Zur Kennzeichnung des Kopfes der Ostmole dient eine kräftige, eiserne Bake, die bei Nacht ein festes, rotes Feuer zeigt. Ein an dieser Bake angebrachter elektrischer Membransender gibt bei Nebel und unsichtigem Wetter Luftnebelsignale (L. N. S.). Sie arbeiten mit den oben beschriebenen F. N. S. und W. N. S. zusammen und fallen, wie in Abb. 4 angegeben, in die Pausen des W. N. S., so daß ein Mehrverbrauch an Strom durch die Abgabe des L. N. S. nicht entsteht. Weitere Richtfeuer, die zum Teil an Baken von besonderer Form, zum Teil an einfachen, eisernen Gittermasten angebracht sind, führen durch die Mündungstrecke der Swine und die Mellinfahrt bis zur Kaiserfahrt. Das Nord- und Südende der künstlichen Insel Eichstaden, die die durchgehende Schifffahrtstraße gegen den Hafen Swinemünde abgrenzt, und die Köpfe der Trennungswerke zwischen der Mellinfahrt und der Alten Swine sind durch Leuchtfeuer bezeichnet. Sie werden sämtlich von der Staatswerft Swinemünde aus mit elektrischem Strom versorgt. Auf diese Befuerung soll hier nicht näher eingegangen werden, sie wird im Rahmen der jetzt in Ausführung begriffenen Arbeiten zur Verbesserung der Seeschiffahrtstraße Stettin—Swinemünde, die Herr Regierungs- und Baurat Procter in der „Bautechnik“ 1928, Heft 8 beschrieben hat, ergänzt werden.

Der Abschnitt Kaseburg—Papenwasser.

Es sei vielmehr gestattet, sogleich die Befuerung der Hauptstrecke der Seeschiffahrtstraße Stettin—Swinemünde, der Strecke von der Kaiserfahrt bis zum Südende des Papenwassers, zu behandeln. Diese Strecke verläuft in einer Länge von rd. 17,5 Sm (rd. 32 km) in einer Geraden und setzt sich im einzelnen aus der Kaiserfahrt, der Haffrinne und dem Papenwasserdurchstich zusammen.

Die Linienführung und Befuerung der alten Fahrrinne.

Zu Ende des vorigen Jahrhunderts, vor Vertiefung der Schifffahrtstraße auf 7 m GW, war der Stettiner Hafen für Schiffe von etwa 5 m Tiefgang erreichbar. Die Wassertiefe im Großen Haff beträgt von Natur aus rd. 6 m. Es bestand also damals im Haff keine eigentliche Fahrrinne. Die Fahrt durch das Haff war eine reine Kursfahrt mit Hilfe des Kompasses. Zur Bezeichnung der beiden Enden des Haffs, der Kaiserfahrt und des Papenwassers, lagen zwei Feuerschiffe, das Feuerschiff „Kaiserfahrt“ und das Feuerschiff „Swantewitz“, dieses in der Nähe der jetzigen, im Anfang dieses Jahrhunderts künstlich geschaffenen Insel Leitholm, aus.

Durch die Vertiefung des Fahrwassers auf 7 m unter MW entstand im Haff eine Schifffahrtstrinne von 150 m Sohlenbreite, die in geradliniger Verlängerung der Kaiserfahrt bis zum Papenwasser führte. Ihre Länge von den Haffmolen bis zum Papenwasser betrug rd. 10 Sm. Hier bog die Fahrrinne an der Insel Leitholm entlang nach Osten ab, verlief, den natürlichen Tiefen folgend, in einer nach Westen offenen Krümmung durch das Papenwasser und erreichte querab der Großen Mankow-Bucht die Linie des Schwabach-Richtfeuers.

Die Befuerung der Kaiserfahrt geschah durch das Kaseburger Richtfeuer, die der Haffrinne einkommend voraus durch das Richtfeuer Keppenortbake (Schwarzer Peter) = Papenbake (Langer Heinrich) und achteraus durch die Haffmolenfeuer in Verbindung mit dem Kaseburger Oberfeuer.

Grundsätzliches über die Befuerung einer langen, geraden Fahrrinne durch Richtfeuer.

Zur Beurteilung der Wirkung dieser Befuerung ist es notwendig, einiges Grundsätzliches über die Befuerung einer langen, geraden Fahrrinne durch Richtfeuer einzuschalten. Ein Richtfeuer (Abb. 7) besteht aus einem in der Fahrinnenachse stehenden Unterfeuer und einem weiter

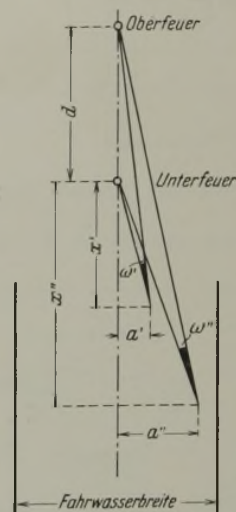


Abb. 7. Darstellung der Befuerung durch Richtfeuer.

rückwärts gleichfalls in der Achse der Fahrrinne errichteten Oberfeuer. Beide Feuer in Linie, d. h. senkrecht übereinander gehalten, bezeichnen dem Schiffer die Mitte der Fahrrinne. Beim Verlassen der Fahrwassermitte wandern die beiden Feuer aus, d. h. das Unterfeuer erscheint bei Beobachtung von einem seitlich der Fahrwassermitte gelegenen Standort aus nicht mehr senkrecht, sondern schräg unter dem Oberfeuer. Bei gleicher Auswanderung, also bei gleicher Größe des wagerechten Gesichtswinkels ω , unter dem die Feuer erscheinen, hängt die Größe des seitlichen Abstandes a des Beobachters von der Fahrwassermitte ab von dem Abstände d der beiden Feuer und der Entfernung x vom Unterfeuer, und zwar wächst der Abstand a mit x und nimmt ab bei Vergrößerung von d . Die Auswanderung der Feuer muß jedoch eine bestimmte Größe erreicht haben, ehe sie dem menschlichen Auge bemerkbar wird. Erreicht sie dieses Maß nicht, so glaubt der Beobachter zwar die Feuer in Linie zu haben, während er sich in Wirklichkeit bereits seitwärts der Fahrwassermitte befindet. Die Erfahrung hat gelehrt, daß das Auswandern mit Sicherheit dann bemerkt wird, wenn die Größe des wagerechten Gesichtswinkels $\frac{1}{10}$ des senkrechten Gesichtswinkels beträgt, wozu noch ein Winkel von $1'$ hinzuzurechnen ist, der den durch die Irradiation des menschlichen Auges hervorgerufenen Irrtum berücksichtigt. Durch die Größe dieses wagerechten Gesichtswinkels ist die Größe des Abstandes von der Mittellinie einer Fahrrinne, bei dem ein Beobachter mit Sicherheit erkennt, daß er sich nicht mehr in der Mitte der Fahrrinne befindet, gegeben. Dieser Abstand darf nun einen gewissen Bruchteil der Breite der Fahrrinne nicht überschreiten und ist je nach der Größe der Schiffe und der Breite der Fahrrinne mit $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ dieser Breite anzunehmen. Um eine genügende Schärfe des Richtfeuers zu erzielen, ist daher bei gegebener Fahrwasserlänge und -breite auch der Feuerabstand in gewissen Grenzen festgelegt, und bei einer großen Fahrwasserlänge muß auch der Feuerabstand verhältnismäßig groß sein. Mit der Vergrößerung des Feuerabstandes wächst aber auch bei gegebener Feuerhöhe des Unterfeuers die des Oberfeuers. Hier ist zu beachten, daß der unter Berücksichtigung der Erdkrümmung und der Strahlenbrechung in der Luft zu berechnende senkrechte Gesichtswinkel, unter dem die beiden Feuer erscheinen, einen Kleinstwert nicht unterschreiten darf, daß ein zu großer Gesichtswinkel aus wirtschaftlichen Gründen nicht erwünscht ist und daß endlich auch bei nächster Annäherung das Oberfeuer noch frei vom Unterfeuer kommen muß. Diese geometrischen Bedingungen werden am ehesten dadurch erfüllt, daß das Unterfeuer einen angemessenen Abstand vom Feuerbereich erhält. Andererseits ist es aber geboten, die Feuer möglichst dicht an ihren Feuerbereich heranzurücken, da mit der Entfernung auch die Möglichkeit, daß die Feuer bei unsichtigem Wetter nicht durchdringen, wächst. Endlich sind bei der Bemessung der Feuerhöhen die Lichtstärken der Feuer sowohl absolut als auch im Verhältnis zueinander zu berücksichtigen. Während man aus wirtschaftlichen Gründen dahin streben wird, die Feuerhöhen möglichst gering zu halten, erfordern große Lichtstärken und große Verschiedenheit in den Lichtstärken große Oberfeuerhöhen bei gegebener Unterfeuerhöhe. Mit zunehmendem Gesichtswinkel muß aber auch der Feuerabstand vergrößert werden, damit die Schärfe des Richtfeuers, die, wie oben gesagt, bei gegebener Fahrwasserbreite und -länge in gewissen Grenzen festgelegt ist, noch genügt. Außerdem ist zu erwähnen, daß mit der Länge der geraden Fahrrinne auch die Gefahr wächst, daß ein oder beide Feuer durch Zwischensegler verdeckt werden können.

Aus all diesen Schwierigkeiten bei der Befuerung einer schmalen Fahrrinne gibt es bei Anordnung von Richtfeuern nur einen Ausweg, und das ist vom befuerungstechnischen Standpunkte aus der, gerade Fahrwasserstrecken von einer größeren Länge als etwa 4 bis 5 Sm zu vermeiden und eine längere Fahrwasserstrecke durch schwache Knicke in Einzelstrecken zu zerlegen, deren jede für sich durch Richtfeuer bezeichnet werden kann.

Auch die zunächst möglich erscheinende Lösung, durch Anordnung von je einem Richtfeuer an beiden Enden einer längeren, geraden Fahr-

rinne jedem einzelnen Richtfeuer die Hälfte der geraden Strecke als Feuerbereich zuzuweisen, kommt bei näherer Untersuchung nicht in Frage. Es ist zwar bei dieser Lösung möglich, die Lichtstärken jedes Richtfeuers auf das für nur etwa $\frac{2}{3}$ der ganzen Länge bei „dunstem Wetter“ nötige Maß festzusetzen. Die Schärfe jedes Richtfeuers muß aber für die ganze Strecke ausreichen, da sonst bei „sichtigem Wetter“, wenn das Richtfeuer auch am entgegengesetzten Ende sichtbar ist, ein Irrtum der Schiffe nicht ausgeschlossen ist, falls etwa das Gegenfeuer durch Zwischensegler verdeckt sein sollte.

Diese Ausführungen über die Befuerung einer langen, geraden Fahrrinne durch Richtfeuer lassen sich in folgendem zusammenfassen:

Die um die Jahrhundertwende geschaffene Befuerung der Haffrinne durch zwei Richtfeuer konnte nicht vollkommen sein. Sie mußte vielmehr verschiedene Mängel aufweisen, die in den bei der Befuerung einer so langen, geraden Fahrrinne durch Richtfeuer von Natur gegebenen Schwierigkeiten begründet waren.

Pläne und Versuche für die neue Linienführung und Befuerung der Haffrinne und des Papenwasserdurchstichs.

Bei der Bearbeitung des Planes der weiteren Vertiefung und Verbesserung der Schifffahrtsstraße im Jahre 1913 war man sich dieser Schwierigkeiten bewußt, und der erste Entwurf sah daher auch nicht eine geradlinige Verlängerung der Haffrinne durch das Papenwasser bis zur Schwabacher Richtfeuerlinie vor. Es sollte vielmehr die Haffrinne nur bis etwa querab vom Süden der Insel Leitholm geradlinig verlängert werden, die Fahrstraße dort einen kleinen Knick nach Westen erhalten und in dieser Richtung bis zur Schwabacher Linie führen. Die Bezeichnung der Haffrinne sollte am Nordende wie bisher durch das Oberfeuer Kaseburg in Verbindung mit den Feuern auf den beiden Haffmolen, die der Kaiserfahrt durch das Kaseburger Richtfeuer geschehen. Am Süden der Haffrinne sollten nach dem Vorbilde der Befuerung am Nordende beiderseits der Fahrrinne an ihrem Knickpunkte zwei gleich hohe Leuchtfeuer, ein Torfeuer, in etwa 3 m Wasser auf der Untiefe Patschkamp, errichtet werden. Diese sollten mit einem Oberfeuer, das in der Verlängerung der Haffrinne rd. 3100 m von dem Torfeuer entfernt im Papenwasser zu erbauen war, zusammenwirken. Außerdem war ein Unterfeuer zu diesem Oberfeuer in etwa 1000 m Abstand nördlich vom Oberfeuer gleichfalls in der Verlängerung der Haffrinne geplant. Der Vorteil dieser Befuerung lag vor allem darin, daß das als Unterfeuer wirkende Torfeuer sehr nahe an seinen Wirkungsbereich herangerückt werden konnte, da die Größe des senkrechten Gesichtswinkels bei dieser Anordnung nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt und ein Verdecken des Oberfeuers durch das beiderseits der Fahrrinne aufzustellende Torfeuer nicht eintreten kann. Ihr Mangel bestand darin, daß sowohl dem Torfeuer als auch dem Oberfeuer wegen der großen Länge der Haffrinne ein sehr großer Wirkungsbereich zugefallen wäre und bei dem großen Feuerabstand zwischen Torfeuer und Oberfeuer die Lichtstärken in einem ungünstigen Verhältnis zueinander gestanden hätten.

Wenn auch die vorgesehene Art der Befuerung nichts vollkommen Neues darstellte, so lagen doch über ihre Wirkungsweise, insbesondere über die mit dieser Anordnung zu erzielenden Schärfen, keinerlei zahlenmäßige Angaben vor. Es wurden daher im Seezeichenversuchsfeld des früheren preußischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten Versuche zur Ermittlung der Schärfen vorgenommen. Diese Versuche wurden auch auf eine neue Anordnung, die „Torfeuerkette“, ausgedehnt. Eine Torfeuerkette wird durch mehrere hintereinander an einer Fahrrinne errichtete Torfeuer von gleicher Feuerhöhe und gleicher Torweite gebildet.

Die Wirkung eines Torfeuers mit einem Oberfeuer beruht darauf, daß das Oberfeuer, in der Mitte der beiden Feuer des Torfeuers gehalten, die Mitte der Fahrrinne bezeichnet. Bei Beobachtung von einer Seite der Fahrrinne aus erscheint das Oberfeuer nicht mehr in der Mitte des Torfeuers. Dabei ist es ohne Belang, ob das Oberfeuer über, in oder unter der Verbindungslinie der beiden Feuer des Torfeuers erscheint. Ähnlich ist die Wirkung einer Torfeuerkette. Bei der einfachsten Anordnung von zwei Torfeuern bezeichnen die beiden Feuer des entfernteren Torfeuers, in der Mitte zwischen die des näheren Torfeuers gehalten, die Mitte der Fahrrinne. Bei Beobachtung von der Seite der Fahrrinne aus ist das vorher symmetrische Bild der vier Feuer gestört, die beiden hinteren Feuer erscheinen nicht mehr in der Mitte der beiden vorderen Feuer. Die Schärfenwirkung beider Anordnungen hängt offenbar von der Genauigkeit ab, mit der ein Beobachter die Verschiedenheit der in Abb. 8 mit ξ_1 und ξ_2 bezeichneten, wagerechten Gesichtswinkel feststellen kann. Die Änderung dieser Gesichtswinkel ist bei gleichem Abstände des Beobachters von der Mitte der Fahrrinne wie bei einem gewöhnlichen Richtfeuer abhängig von dem Feuerabstand d und dem Abstand x des Beobachters vom nächsten Feuer.

Die obenerwähnten, im Seezeichenversuchsfeld angestellten Versuche wurden nun in folgender Weise vorgenommen: In einer dunklen Wand wurden in wagerechtem und senkrechtem Sinne verschiebbare Blenden angeordnet, durch die Licht in Richtung des Beobachters ausgestrahlt

wurde. Die Abstände der Blenden untereinander wurden so eingestellt, daß die senkrechten und wagerechten Winkel, unter denen sie bei einem bestimmten Abstände des Beobachters erschienen, so groß waren wie die, unter denen die wirklichen Feuer bei einer bestimmten Entfernung sichtbar sein würden. Die Größe der Blendenöffnungen wurde nach demselben Gesichtspunkte so festgesetzt, daß sie der Größe der Leuchte des Feuers in diesem Abstände entsprachen.

Mit dieser Anordnung wurden überaus zahlreiche Beobachtungen, den verschiedensten Beobachtungsweiten und Feuerabständen entsprechend, vorgenommen. Die Versuche ergaben folgendes: Sowohl durch ein Torfeuer in Verbindung mit einem Oberfeuer als auch durch eine Torfeuerkette kann eine schmale Fahrrinne bezeichnet werden. Es ist möglich, auch eine sehr lange, gerade Fahrrinne zu befeuern, da durch die zu einer Torfeuerkette sich ergänzenden Torfeuer eine Unterteilung der Fahrrinne in beliebig viele Einzelstrecken erfolgen kann.

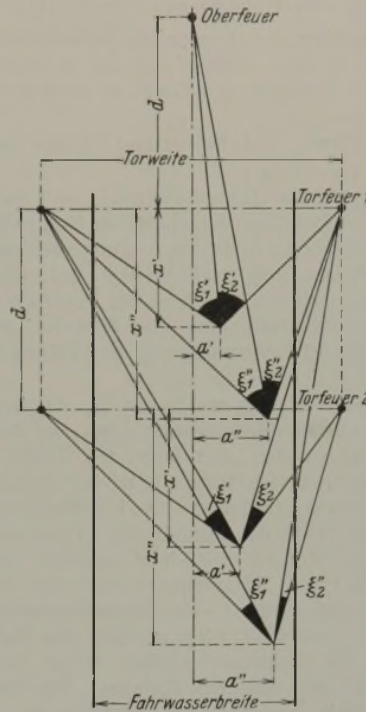


Abb. 8. Darstellung der Befuerung durch Torfeuer.

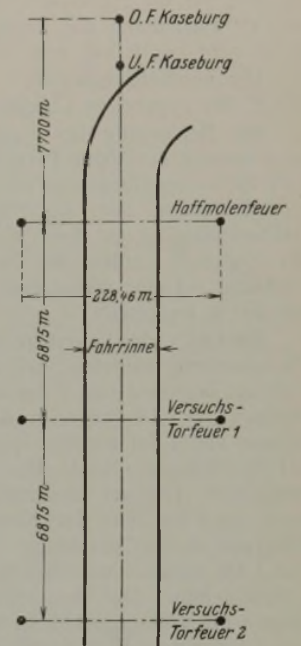


Abb. 9. Darstellung der Versuchsbefuerung.

Als Ergänzung zu diesen Versuchen wurden nun weitere Beobachtungen unter der Wirklichkeit entsprechenden Verhältnissen angestellt. Es wurden im Haff im Anschluß an die Haffmolenfeuer, die eine Feuerhöhe von 16 m und eine Torweite von 228,46 m besitzen, in Abständen von 6875 m zwei weitere Torfeuer von gleicher Feuerhöhe und Torweite behelfsmäßig auf Dalben errichtet. Es ergab sich hieraus die in Abb. 9 dargestellte Anordnung der Feuer.

Die Aufgabe, die mit dieser Versuchsordnung gelöst werden sollte, war eine dreifache. Es sollten 1. die Schärfenwirkungen der verschiedenen Feuerzusammenstellungen — Torfeuer mit einem Oberfeuer, Torfeuerkette mit zwei und drei Torfeuern — festgestellt, 2. die Beeinträchtigung der Feuerwirkung durch Rauch oder Zwischensegler beobachtet und 3. die neuartige Befuerungsart den Schifffahrtkreisen vorgeführt werden.

Die Schärfenwirkungen wurden von verschiedenen Entfernungen aus durch mehrere Beobachter festgestellt, indem jedesmal der Abstand von der Fahrwassermitte gemessen wurde, bei dem der Beobachter nach dem Bilde der Feuer in der Mitte des Fahrwassers zu sein glaubte. Das Ergebnis dieser Beobachtungen war überaus günstig. Bei einer Entfernung des Beobachters vom nächsten Torfeuer von 8675 m wurde mit der aus zwei Torfeuern bestehenden Torfeuerkette ein mittlerer Abstand des Beobachters von der Fahrwassermitte von 3,30 m beobachtet, dieses Maß betrug bei 5150 m Entfernung 3,80 m, bei 3440 m 2,50 m und bei 1720 m 1,25 m.

Die Beobachtungen des Haffmolen-Torfeuers und des Kaseburger Oberfeuers ergaben folgende Werte: bei 8675 m Entfernung vom Torfeuer einen Abstand des

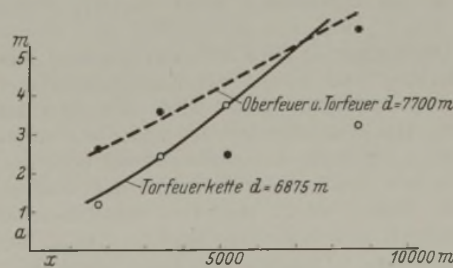


Abb. 10. Schärfenbeobachtungen der Versuchsbefuerung.

Beobachters von der Fahrwassermitte von im Mittel 5,80 m, bei 5150 m von 2,50 m, bei 3440 m von 3,60 m und bei 1720 m von 2,70 m.

In Abb. 10 sind diese Werte graphisch aufgetragen.

Die Beeinträchtigung der Feuerwirkung durch Rauch anderer Schiffe oder des eigenen Fahrzeugs oder durch Verdeckung der Feuer durch Zwischensegler wurde als bedeutend weniger häufig als bei einem gewöhnlichen Richtfeuer festgestellt. Durch die Stellung der einzelnen Feuer des Torfeuers am Rande der Fahrrinne traten nur kurze Verdeckungen ein. Auch trat bei diesen Beobachtungen deutlich der Vorteil einer Torfeuerkette in Erscheinung, daß bei Verdeckung eines Torfeuers eines der anderen hinter ihm liegenden Torfeuer an seine Stelle treten kann.

Endlich überzeugte auch die Vorführung dieser neuen Befeuungsart die beteiligten Schiffahrtkreise von ihrer günstigen Wirkung.

Die zur Ausführung kommende Linienführung und Befeuung der Hafrinne und des Papenwasserdurchstichs.

Nach dem Ergebnis all dieser Versuche konnte die Entscheidung darüber, wie die Hafrinne befeuert werden mußte, und ob es ratsam sei, sie auch durch das Papenwasser hindurch geradlinig zu verlängern, nicht mehr zweifelhaft sein.

Die nunmehr gewählte Linienführung und Befeuung ist aus den auf S. 381 gegebenen Lageplänen zu ersehen.

Die Befeuung dieser geraden, 17,5 Sm langen Fahrrinne soll nach dem Entwurf vom Jahre 1918 aus dem Richtfeuer Kaseburg am Nordende, dem Richtfeuer Gnageland am Süden und den dazwischen angeordneten vier Torfeuern, dem Kaiserfahrttorfeuer, dem Hafttorfeuer-Nord, dem Hafttorfeuer-Süd und dem Papenwassertorfeuer, bestehen; die Feuerhöhen der Torfeuer wurden mit 25 m angenommen und die Torweite mit Rücksicht auf eine später etwa erforderliche Verbreiterung der Fahrrinne auf 260 m festgesetzt.

Die Länge des Feuerbereichs jedes Torfeuers wurde auf die doppelte Torentfernung festgelegt, und zwar soll der Feuerbereich 1 Sm vor dem Torfeuer beginnen und 1 Sm vor dem zweiten, ihm folgenden Torfeuer endigen. Der Feuerbereich des Papenwassertorfeuers z. B. reicht nach Norden von 1 Sm nördlich des Papenwassertorfeuers bis 1 Sm nördlich des Hafttorfeuers-Nord. Der Feuerbereich der Anordnung „Oberfeuer mit einem Torfeuer zusammen“ beginnt 1 Sm vor dem Torfeuer und reicht bis 1 Sm vor das nächste Torfeuer. Es erstreckt sich also der Feuerbereich der Anordnung „Gnagelandoberfeuer—Papenwassertorfeuer“ von 1 Sm nördlich des Papenwassertorfeuers bis 1 Sm nördlich des Hafttorfeuers-Süd. Der Feuerbereich der Richtfeuer endlich reicht vom Beginn des Übergangsbogens bis 1 Sm vor das erste Torfeuer. Das Maß von 1 Sm vor dem Torfeuer ist dadurch gegeben, daß etwa von dieser Entfernung an die beiden Feuer eines Torfeuers unter einem solch kleinen wagerechten Winkel erscheinen, daß sie leicht mit einem Blick gefaßt werden können.

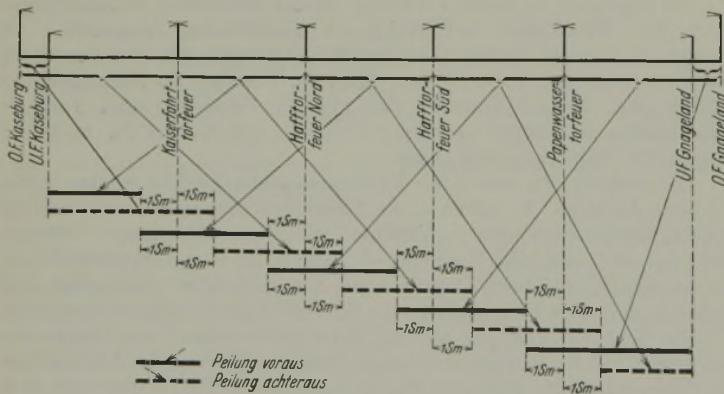


Abb. 11. Darstellung der Beobachtungsmöglichkeiten bei der Befahrung der Hafrinne.

Beim Befahren der Kaiserfahrt, der Hafrinne und des Papenwasserdurchstichs kann z. B. ein von See kommendes Schiff folgende Feuer der Reihe nach benutzen:

Beim Einbiegen von der Mellinfahrt in die Kaiserfahrt erscheint ihm achteraus das Richtfeuer Kaseburg und voraus das Kaiserfahrttorfeuer und das Hafttorfeuer-Nord, bei sichtigem Wetter wird auch noch das Hafttorfeuer-Süd sichtbar sein. Das Kaiserfahrttorfeuer und das Hafttorfeuer-Nord kann das Schiff bis 1 Sm vorm Kaiserfahrttorfeuer benutzen, alsdann richtet es sich nach dem Hafttorfeuer-Nord und dem Hafttorfeuer-Süd, die bei sichtigem Wetter durch das Papenwassertorfeuer ergänzt werden, bis 1 Sm südlich des Kaiserfahrttorfeuers reicht der Feuerbereich des Richtfeuers Kaseburg. Zwischen dem Kaiserfahrttorfeuer und dem Hafttorfeuer-Nord stehen dem Schiffe außer dem Hafttorfeuer-Nord und dem Hafttorfeuer-Süd noch das Oberfeuer Kaseburg in Ver-

bindung mit dem Kaiserfahrttorfeuer zur Verfügung. Von 1 Sm vor dem Hafttorfeuer-Nord an hat es sich voraus nach dem Hafttorfeuer-Süd und dem Papenwassertorfeuer zu richten und kann achteraus auch noch bis 1 Sm südlich des Hafttorfeuers-Nord das Oberfeuer Kaseburg mit dem Kaiserfahrttorfeuer benutzen, an deren Stelle von da an das Hafttorfeuer-Nord und das Kaiserfahrttorfeuer treten.

In entsprechender Weise setzen sich die Beobachtungsmöglichkeiten bei der weiteren Fahrt fort, sie sind in Abb. 11 dargestellt. Aus ihr geht hervor, daß an jeder Stelle der Fahrrinne stets eine Beobachtungsmöglichkeit voraus und achteraus vorhanden ist. Bei sichtigem Wetter können die Beobachtungsmöglichkeiten noch erheblich zunehmen.

Da die Torfeuer nach Norden und Süden sichtbar sein müssen, erhält jedes Feuer als Leuchte zwei Scheinwerferlinsen, die beiderseits einer gemeinsamen Lichtquelle so aufgestellt werden, daß ihre Brennpunkte zusammenfallen und die Mittellinien ihres Lichtkegels einen Winkel von 279° miteinander bilden. Die Größe dieses Winkels ist durch die Forderung bedingt, daß am Ende des Feuerbereichs die auf derselben Seite wie das Feuer liegende Kante der Fahrrinne in das Kernlicht fällt und daß am Anfang des Feuerbereichs, also 1 Sm vor dem Feuer, noch die gegenüberliegende Kante der Fahrrinne in den größten Streukegel der Linse fällt. — Es hat sich bei der Inbetriebnahme des Papenwassertorfeuers gezeigt, daß diese Forderung auch dann erfüllt wird, wenn die Mittellinien der Linsen parallel zur Fahrwasserachse ausgerichtet werden. — Die Lichtstärke jeder Linse wurde zu rd. 40000 HK festgelegt. Sämtliche Torfeuer erhalten Festfeuerkennung. Außer dem Hauptfeuer besitzt jedes der im Wasser stehenden Bauwerke an der dem Fahrwasser abgekehrten Seite ein Ortsfeuer, das über 225° sichtbar ist.

Zur Kennzeichnung bei Nebel wird auf je einem Bauwerk des Hafttorfeuers-Nord und -Süd ebenso wie auf der einen Haftmolenbake und den beiden Leitholmmolenbaken ein Luftnebelsignalsender aufgestellt. Er besteht aus einem mit Kohlendioxid angetriebenen Glockenläutewerk. Die Läutewerke der einzelnen Feuer geben Signale verschiedener Kennung, und zwar Einzelschläge oder Gruppen von zwei, drei oder vier Schlägen.

Die Feuerhöhen der Unterfeuer Kaseburg und Gnageland sind auf 15 m über MW festgesetzt. Beide Feuer sind unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse am Ufer möglichst nahe am Feuerbereich errichtet. Die Feuerabstände zwischen den Unterfeuern und den zugehörigen Oberfeuern sind durch die von den Richtfeuern zu fordernden Schärfe gegeben, die Feuerhöhe der Oberfeuer aus den Bedingungen für die Größe des senkrechten Gesichtswinkels errechnet worden. Beim Richtfeuer Kaseburg beträgt der Feuerabstand 1320 m und die Oberfeuerhöhe 39,4 m über MW, beim Richtfeuer Gnageland sind diese Maße 1390 m und 31,9 m.

Als Leuchte erhält jedes Feuer der beiden Richtfeuer eine Scheinwerferlinse. Das Kaseburger Richtfeuer wird von der elektrischen Zentrale des Bauhofs in Swinemünde aus versorgt. Bei Versagen der elektrischen Lichtquelle, Störung in der Zuleitung oder Durchbrennen der Glühlampe, wird beim Kaseburg-Oberfeuer als Ersatzlichtquelle ein Flüssiggasbrenner selbsttätig durch eine Lichtquellenwechsellvorrichtung eingeschaltet. Für die Oberfeuer beider Richtfeuer war Festfeuer- und für die Unterfeuer unterbrochene Kennung geplant. Beim Gnageland-Richtfeuer hat es sich jedoch als zweckmäßig erwiesen, auch dem Oberfeuer unterbrochene Kennung zu geben, um es aus den festen Feuern der Torfeuer herausheben und um die Möglichkeit einer Verwechslung mit dem Topplicht eines Dampfers auszuschließen. Die beiden Feuer dieses Richtfeuers sind durch elektrische Kupplung des Oberfeuers mit dem Unterfeuer gleichgängig eingerichtet, d. h. beide Feuer zeigen zu gleicher Zeit stets dieselbe Lichterscheinung. Für das Kaseburger Richtfeuer ist die gleiche Maßnahme in Erwägung gezogen. Die auf den Haftmolen der Kaiserfahrt und den Molen der Insel Leitholm vorhandenen Feuer bleiben weiter in Betrieb.

Der Abschnitt Papenwasser—Stettin.

Die Linienführung.

Am Süden des Papenwassers geht die Fahrrinne von der Gnageland- in die Schwabach-Richtlinie über. Der Übergang wird durch das Quermarkenfeuer Mankow bezeichnet, das durch einen roten Sektor die Krümmung der Fahrrinne bezeichnet. Dieser rote Sektor reicht beiderseits der Krümmung noch um etwa 150 m in die geraden Fahrwasserstrecken hinein, er wird auf beiden Seiten durch je einen weißen Ankündigungsektor begrenzt. Diese sind auf 500 m Länge vom Fahrwasser aus sichtbar. Der Kennungsübergang weiß auf rot bezeichnet etwa die Stelle, an der die bisherige Richtfeuerlinie verlassen und allmählich in die neue Richtfeuerlinie eingesteuert werden muß. Das Quermarkenfeuer besitzt eine Feuerhöhe von 12 m über MW und Festfeuerkennung.

Mit der Schwabach-Richtlinie beginnt ein neuer Abschnitt in der Befeuung der Schiffahrtstraße Stettin—Swinemünde. Er erstreckt sich

vom Südende des Papenwassers bis zur Gotzlower Grube, von der die geplante Zufahrt zum neuen Hafen der Stadt Stettin ausgehen soll. Die Fahrinne verläuft in diesem Abschnitte in einem gebrochenen Linienzuge, dessen gerade Strecken durch kurze Krümmungen verbunden sind. Der Reihe nach sind folgende Linien vorhanden oder geplant: Die Schwabach-Linie führt durch das Südende des Papenwassers und das Nordende der Weiten Strewe, die Schanzen-Linie durch den südlichen Teil der Weiten Strewe, die Pölitz-Linie durch den Damanschen Strom, die Flankengraben-Linie durch das Mittelloch und die Kamelsberg-Linie durch den Schützenwerderdurchstich, die Oder und den Durchstich durch das Große Oderbruch. Die Länge dieser Linien schwankt zwischen rd. 1 und 3 Sm.

Die Befuerung.

Die Befuerung besteht für jede einzelne dieser geraden Linien aus zwei Richtfeuern, je eines an beiden Enden. Die Krümmungen werden durch Quermarkenfeuer gedeckt. Die Standorte der Feuer sind nach den örtlichen Verhältnissen und mit Rücksicht auf auch bei Hochwasser gesicherte Zuwegung so gewählt, daß die Feuer möglichst dicht an ihren Feuerbereich herangerückt sind, die Gesichtswinkel in zulässigen Grenzen bleiben und die notwendigen Schärfen erreicht werden. Die bereits errichteten oder noch herzustellenden Bauten sind folgende: In der Schwabach-Linie das Schwabach- und Stepenitz-Richtfeuer, in der Schanzenlinie das Schanzen- und Krampe-Richtfeuer, in der Pölitz-Linie das Pölitz- und Ihna-Richtfeuer, in der Flankengraben-Linie das Flankengraben- und Ochsengraben-Richtfeuer und in der Kamelsberg-Linie das Ihna-Kamelsberg- und Swante-Richtfeuer. Die geplanten Quermarkenfeuer sind das Quermarkenfeuer Damansch, Brachhorst und Babbins-Strom. Das Feuer der Königsbake an der Abzweigung der Königsfahrt von der künftigen Hauptfahrinne wird als Ortsfeuer weiter betrieben.

Die Feuerbereiche der einzelnen Richtfeuer erstrecken sich in der von ihnen bezeichneten geraden Fahrwasserstrecke von dem Farbenwechsel einer Quermarke bis zu dem der nächsten. Für die Unterfeuer sind die Kennungen Ubr. und Ubr. Grp. (2) festgesetzt, die so verteilt werden, daß die Unterfeuer der einen Linie die Kennung Ubr., die der folgenden Ubr. Grp. (2) erhalten, in der dritten Linie folgt dann wieder die Kennung Ubr. Für die Oberfeuer mit Ausnahme der Oberfeuer Schwabach, Schanze und Swante, die wie das Gnageland-Oberfeuer mit ihren Unterfeuern gekuppelt werden, ist Festfeuerkennung vorgesehen. Die elektrische Kupplung der genannten Richtfeuer ist notwendig, um die Feuer sicher aus den in ihrer rückwärtigen Verlängerung gelegenen zahlreichen, zum Teil sehr lichtstarken Lichtern der Stettiner Industriewerke herauszuheben. Die Lichtstärken der Unterfeuer sind zu rd. 1700 HK, die der Oberfeuer zu rd. 3750 HK angenommen. Die Feuerhöhen der Unterfeuer betragen 15 m über MW, die der Oberfeuer schwanken je nach Feuerabstand und Feuerbereich zwischen 23,5 und 25,8 m über MW.

Die Quermarkenfeuer erhalten wie das Quermarkenfeuer Mankow die Kennung F. w. & r., 12 m Feuerhöhe und eine Lichtstärke von rd. 500 HK für weißes und rd. 80 HK für rotes Licht.

Die Versorgung der Feuer.

Sämtliche Feuer vom Haff bis Stettin brennen unbewacht und werden mit Flüssiggas gespeist. Das Flüssiggas ist ein durch Vergasung von Mineralölen gewonnenes, hochwertiges Leuchtgas. Es hat eine große Gleichförmigkeit in seiner Zusammensetzung, besitzt einen unteren Heizwert von etwa 14500 WE/m³ — gewöhnliches Leuchtgas hat einen unteren Heizwert von etwa 4000 WE/m³ — und hat nur einen engen Explosionsbereich. Bei Drücken zwischen 60 und 100 at geht es vom gasförmigen in den flüssigen Zustand über, dabei vermindert sich sein Rauminhalt auf etwa 1/3. Diese Eigenschaften machen es für Leuchtfeuerzwecke besonders geeignet; bei Verwendung von Glühstrümpfen wird eine große Leuchtdichte, ein verhältnismäßig geringer Gasverbrauch und eine große Betriebsicherheit erreicht, so daß nur geringe Wartung erforderlich ist. Für den deutschen Leuchtfeuerbedarf wird das Flüssiggas in der reichseigenen Flüssiggasanstalt der Saatseewerft bei Rendsburg erzeugt. Es kommt in Stahlflaschen von im allgemeinen 27 l Rauminhalt zum Versand. Jede Flasche, die gefüllt etwa 60 kg wiegt, enthält etwa 9 bis 9,5 kg Flüssiggas, das einer Gasmenge von 6000 bis 6500 l in entspanntem Zustande entspricht. Die Versandflaschen werden zum Feuer befördert und ihr Inhalt mittels einer Gasschaltable in die bei den Feuern vorhandenen Gaskessel übergeführt. Da in den Kesseln ein höchster Betriebsdruck von 10 bis 15 at herrscht, geht das Flüssiggas hierbei wieder in den gasförmigen Zustand über. Die Größe des Kessels ist so bemessen, daß der in ihnen aufgespeicherte Gasvorrat, je nach der Zugänglichkeit der Feuer, für vier bis fünf Wintermonate ausreicht. Als Beispiel sei angeführt, daß bei einem gewöhnlichen Oberfeuer der Schiffahrtstraße Stettin-Swinemünde der Gasverbrauch für fünf Wintermonate bei durchgehender Brennzeit rd. 24 m³ beträgt, der dem Inhalt von vier Versandflaschen entspricht und sich in zwei Gaskesseln von 1,25 m³ Inhalt bei 10 at Betriebsdruck aufspeichern läßt.

III. Die Bauwerke der Befuerung.

Im folgenden soll als Beispiel der Bauweise der alten Feuer die Papenbake (Langer Heinrich) und der der neuen Feuer das Papenwasser-ortfeuer, das Gnageland- und das Schanzenrichtfeuer näher beschrieben werden.

Die Bauweise der alten Leuchtfeuer.

Die Papenbake.

Die Papenbake (Langer Heinrich) bildete das Oberfeuer zu der als Unterfeuer wirkenden Keppenortbake (Schwarzer Peter). Beide Feuer bezeichneten als Richtfeuer das südliche Ende der Haffrinne. Der Lange

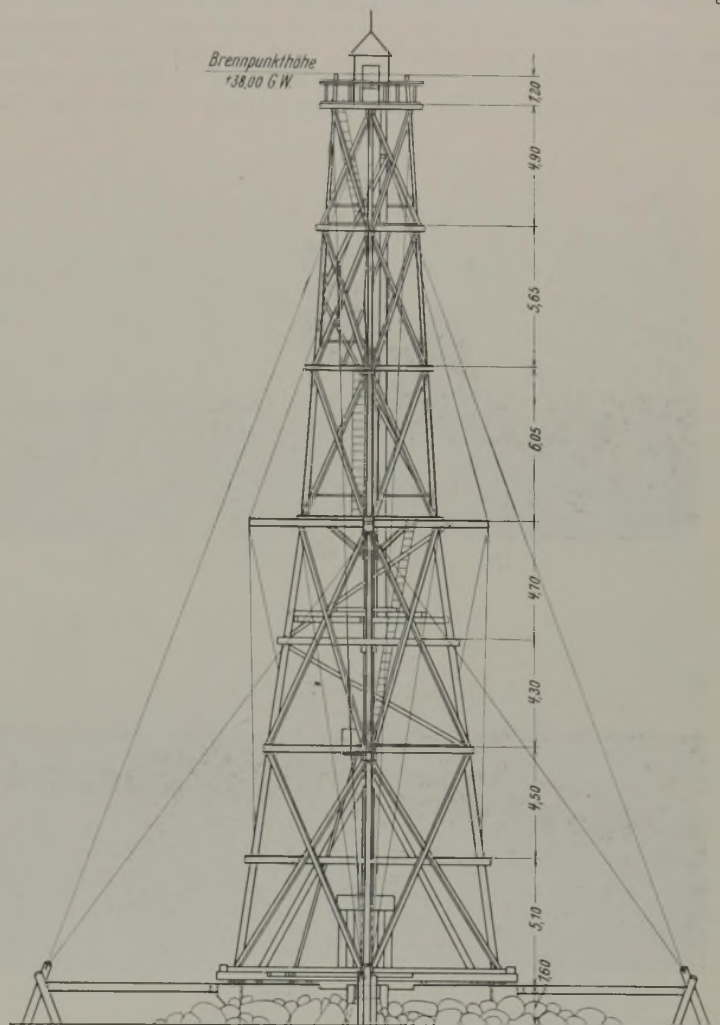


Abb. 12. Oberbau des „Langer Heinrich“.

Heinrich war im Papenwasser in etwa 3 m Wassertiefe errichtet. Sein Unterbau bestand aus einem auf verzimmertem Pfahlrost gegründeten Mauerwerkkring aus Klinkern. Er wurde durch eine Inselschüttung, deren Böschung mit Steinschüttung und -Packung befestigt war, gegen Eis- und Wellenangriff gesichert. Bei der Steinpackung wurde besonderer Wert auf die in Mittelwasserhöhe angeordnete, dem Eisschub besonders ausgesetzte Kranzschicht gelegt, die aus Steinen von etwa 1/4 bis 1/2 m³ Inhalt bestand. Die Inselschüttung reichte mit ihrer Oberkante etwa 1 m über MW. Die Sicherung des Bauwerks gegen Eisschub hat sich durchaus bewährt. Bei Eisschub brach sich die geschlossene Eisfläche an der Steinböschung in einzelne Schollen, die von dem nachdrängenden Eis unter Wasser gedrückt wurden. Bei längerem Eisschub entstand dann rings um das Bauwerk ein natürlicher Schutzwall aus aufeinandergetürmten Eisschollen, der sich immer weiter nach außen vorschob, in manchen Wintern bis zu einer Höhe von 5 bis 6 m anwuchs und das Bauwerk gegen weiteren unmittelbaren Eisangriff schützte.

Der Oberbau des Langer Heinrich bestand aus einer hölzernen vierseitigen Bake. Er ist in Abb. 12 dargestellt. Um einen Mittelstiel waren die vier aus Rundhölzern bestehenden Eckpfosten aufgestellt, die untereinander und gegen den Mittelstiel durch Riegel und Diagonalen ausgesteift und durch Stagen an hölzernen Dalben verankert waren. Die Bake trug oben auf einer Plattform eine kleine, hölzerne, mit Dachpappe verkleidete Laterne. Besteigbar war die Bake mittels hölzerner Leitern, die in einzelnen Leiterläufen von einer Zwischenplattform zur anderen führten.

Der Lange Heinrich trug drei Feuer, das in der Haffrichtung sichtbare Hauptfeuer, ein den Übergang von der Stepenitz-Büchenort- in die Siebort-

Sandhof-Richtlinie bezeichnendes Quermarkenfeuer und ein nach Süden scheinendes Ortsfeuer. Das Hauptfeuer war in der hölzernen Laterne untergebracht. Seine Leuchte bestand aus einem Metallparabolspiegel von 600 mm Öffnungsdurchmesser. Als Lichtquelle diente eine Glühlampe, die wie die Lichtquellen der übrigen Feuer im Papenwasser von der elektrischen Zentrale auf der Insel Leitholm aus durch ein Kabel gespeist wurde. Beim Durchbrennen der Glühlampe des Hauptfeuers schaltete sich selbsttätig eine Ersatzglühlampe ein, die die Lichtquelle eines zweiten, unter dem ersten aufgestellten Spiegels von gleicher Größe bildete.

Als Leuchte für das Quermarkenfeuer diente eine Gürtellinse von 150 mm Brennweite, die in eine Seelaterne eingebaut war. Die Seelaterne war auf einer der Zwischenplattformen etwa in halber Höhe der Bake aufgestellt. Das Ortsfeuer besaß keine besondere Leuchte, es bestand aus einer Glühlampe, die in wasserdichter Fassung an dem einen Eck-



Der Augenblick der Sprengung.



Nach der Sprengung.

Abb. 13. Sprengung des „Langen Heinrich“.

pfeosten befestigt war. Beim Versagen des elektrischen Stromes infolge von Störungen im Zuleitungskabel waren als Ersatzlichtquellen für das Hauptfeuer und die Quermarken Petroleumdochtlampen vorgesehen, die dann jeden Abend angezündet werden mußten.

Durch die beim jetzigen Ausbau der Schifffahrtstraße erzielte geradlinige Verlängerung der Haffrinne mußten die Papenbake und Keppenortbake, die beide mitten in der neuen Fahrinne standen, beseitigt werden. Die Befeuung der Haffrinne durfte hierbei nicht unterbrochen werden. Nach Fortfall dieser beiden Feuer sollte das Papenwassertorfeuer zusammen mit dem Gnagelandoberfeuer die Befeuung übernehmen. Da das Gnagelandoberfeuer durch den Langen Heinrich und den Schwarzen Peter verdeckt worden wäre, mußten diese in einem Tage beseitigt werden. Für die nur 12 m hohe Keppenortbake bereitete dies keine Schwierigkeiten. Der 38 m hohe Lange Heinrich konnte jedoch in dieser kurzen Zeit nicht regelrecht abgebaut werden. Die hölzerne Bake wurde daher gesprengt. An die vier Eckpfosten und den Mittelstiel wurde je eine Sprengpatrone angebracht, die Versteifungstagen gelöst und zur Sicherheit noch eine Trosse im oberen und unteren Drittel der Bake befestigt. Das andere Ende der Trosse wurde von einem Schlepper an Bord genommen. Während der Schlepper anzog, wurden die Sprengladungen elektrisch gezündet. Auf Abb. 13 ist der Augenblick der Sprengung zu sehen.

Die Bauweise der neuen Feuer. Das Papenwassertorfeuer.

Das Papenwassertorfeuer ist auf dem Patschkamp, einer das Papenwasser im Norden begrenzenden Untiefe, in 2,5 m Wassertiefe errichtet. Der Untergrund ist an den Baustellen des östlichen und westlichen Bauwerks ungefähr gleichartig. Er besteht bis zu einer Tiefe von 10 m unter MW aus sandhaltigem Schlick, darunter folgt mit zunehmender

Tiefe fester und gröber werdender Sand. Die Unterbauten beider Bauwerke (Abb. 14) bestehen aus einem auf Pfählen gegründeten Betonsockel. Er ist von einer eisernen Larssenspundwand umgeben und wurde unter Wasserhaltung hergestellt. Der Bauvorgang war folgender: Zunächst wurde die obere Schlickschicht bis 8 m unter Wasser mit einem Eimerbagger entfernt. In die so entstandene Baugrube wurden die Pfähle, die bis 19 m unter Wasser herabreichen, von schwimmender Ramme geschlagen. Besondere Sorgfalt wurde dabei auf die genaue Einmessung des Mittelpfahles, der die Mitte des Bauwerks bezeichnet, verwendet. Die genaue Einmessung, die für die spätere richtige Wirkung des Feuers von großer Wichtigkeit ist, erforderte infolge des Fehlens jedes nahe gelegenen, trigonometrisch eingemessenen Punktes erhebliche feldmässige Arbeit. Es war notwendig, zunächst mehrere Hilfspunkte am Ufer des Papenwassers, auf der Insel Leitholm, der Keppenort- und der Papenbake herzustellen und einzumessen, von denen dann die unmittelbare trigonometrische Einmessung der Feuer stattfinden konnte. Nach dem Rammen der Pfähle wurde die Spundwand von achteckigem Grundriß nach einer an den Pfählen angebrachten Lehre geschlagen, darauf die Baugrube außerhalb und innerhalb der Spundwand mit Baggersand so weit aufgefüllt, daß die 2,50 m starke Schüttbetonschicht zwischen die Pfähle eingebracht werden konnte. Nach dem Erhärten der Schüttbetonschicht wurde das Wasser innerhalb der Spundwand bis zum Schüttbeton

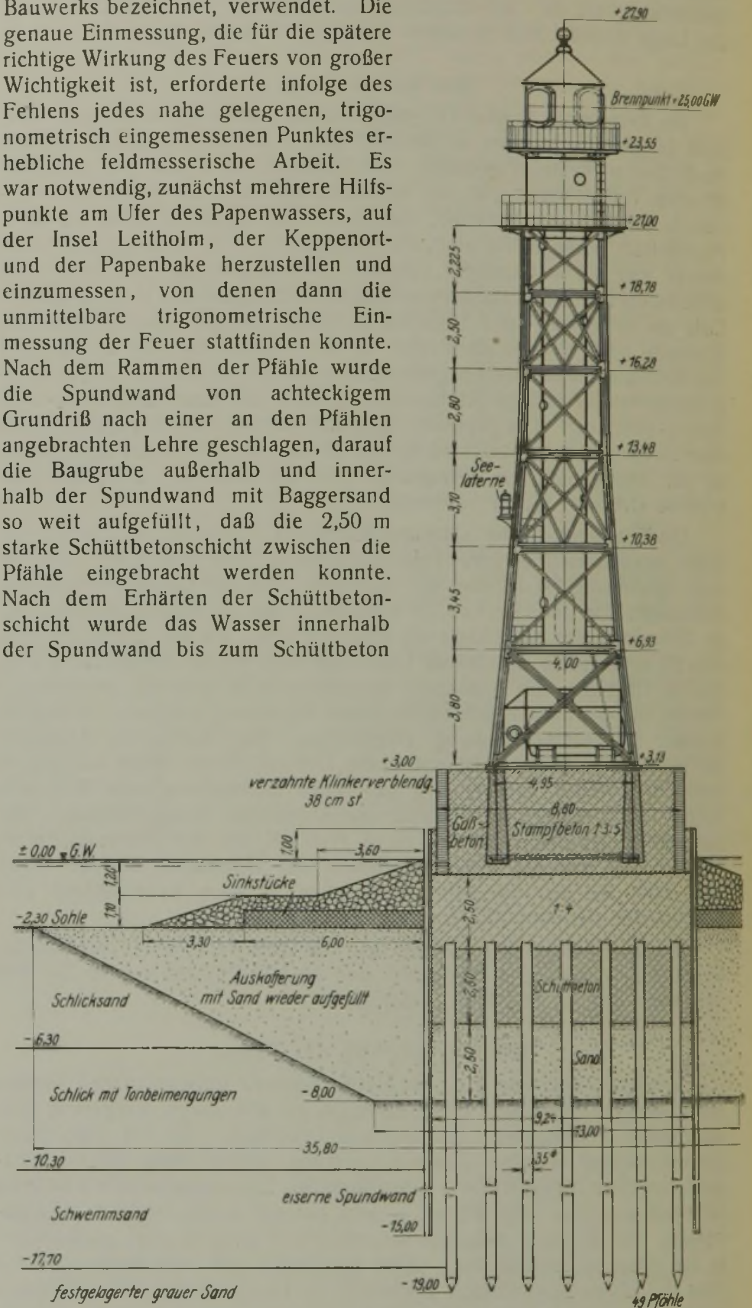
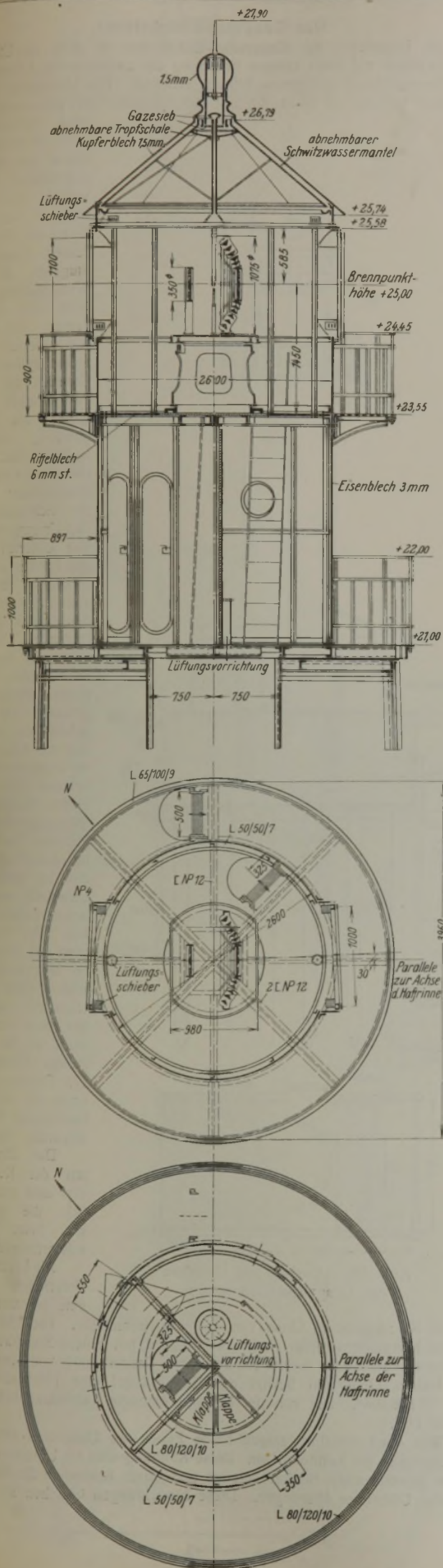


Abb. 14. Unterbau und Oberbau des Papenwassertorfeuers (östliches Bauwerk).

abgesenkt. Die Wasserhaltung bot nach Abdichten durch geringes Verstemmen der Fugen mit Werg keine Schwierigkeiten. Sodann wurden die Pfähle 30 cm über dem Schüttbeton abgeschnitten und der Sockelbeton lagenweise bis 0,5 m unter MW eingebracht. In dieser Höhe setzt der obere Teil des Sockels mit kreisrundem Grundriß von 8,80 m Durchmesser, der bis auf 3 m über MW reicht und mit Klinkern und Granitsteinen verblendet ist. Das Bauwerk ist durch eine bis MW reichende Steinschüttung auf Sinkstücken gegen Eis- und Wellenangriff gesichert. Die Spundwand wurde nach Fertigstellung des Unterbaues etwa 0,80 m über MW abgeschnitten und der Zwischenraum zwischen Spundwand und Sockel mit Beton ausgefüllt.

Auf dem Sockel erhebt sich die vierseitige eiserne Bake. Als Belastung wurde neben Eigengewicht, Schnee und Nutzlast ein Winddruck von 250 kg/m² ebener, senkrecht getroffener Fläche zugrunde gelegt. Der Winddruck auf schräg unter dem Winkel α getroffene Flächen wurde mit $\sin \alpha \cdot 250 \text{ kg/m}^2$ senkrechter Projektion und der auf zylindrische



Flächen mit 200 kg/m² der Projektion eingesetzt. Für die in Lee liegenden Gerüstseiten wurde die Hälfte dieser Windbelastung angenommen. Aus diesen Annahmen ergibt sich, daß die größten Stabkräfte in den Pfosten bei „Wind über Eck“, in den Wandgliedern bei „Wind auf eine Gerüstseite“ entstehen. Als höchste Spannung wurden 1000 kg/cm² zugelassen, um die Größe der Schwankungen bei Sturm möglichst klein zu halten. Dies ist für die Lebensdauer der Glühstrümpfe und damit für die Betriebssicherheit des Feuers von Wichtigkeit. Die aus zwei Winkelisen bestehenden Pfosten des Gerüsts sind nach dem Sehnenvieleck einer Parabel geknickt, durch wagerechte Riegel und gekreuzte Diagonalen versteift und durch je zwei Rundisenanker an einem einbetonierten Rahmen aus U-Eisen verankert.

Das Gerüst trägt eine eiserne, zylindrische, zweistöckige Laterne mit zwei Umgängen, die ein kupfernes, kegelförmiges Dach mit Abzughaube besitzt. Durch einen geschlossenen, zylindrischen Leiterschacht ist die Laterne mit einer in Höhe des untersten Gerüstfeldes angeordneten Plattform verbunden. Vom Sockel des Unterbaues gelangt man auf einer eisernen Leiter zu dieser Plattform und von ihr durch eine Tür in den Leiterschacht. Er enthält mehrere Zwischendecken, die durch Leitern miteinander verbunden sind. Das eine Viertel der Zwischendecken ist zum Hochziehen schwerer Teile frei gehalten, die Leiterläufe sind gegeneinander so versetzt, daß sie das freie Viertel der Zwischendecken schützen und der Austritt aus den Leitern seitwärts geschieht (s. auch Abb. 28). In der unteren Plattform und im Fußboden des unteren Laternenstockwerks sind unter bzw. über dem freien Viertel des Leiterschachtes zweiteilige Klappen angeordnet. Von der ersten Zwischendecke des Leiterschachtes gelangt man durch eine Tür zum Ortsfeuer. Die oberste Leiter führt in das untere Stockwerk der Laterne. Der Leiteraustritt ist durch eine Wand, die als Windfang dient, gegen den übrigen Teil der Laterne abgetrennt, von dem durch eine Leiter das obere Stockwerk der Laterne erreicht wird. Aus dem Windfang führt eine Tür auf den unteren, von diesem eine Leiter auf den oberen Umgang.

Zu der Bauart der Laterne und des Leiterschachtes sei als Ergänzung zu den Zeichnungen der Abb. 15 folgendes bemerkt. Als tragende Teile sind nur die senkrechten Winkelisen und die wagerechten Winkelisenringe angesehen. Diese Teile sind untereinander durch Niete entsprechenden Durchmessers verbunden. An sie ist die 3 mm starke Blechwand durch Niete von 8 mm Durchm. angeheftet, die einzelnen Blechstücke wieder sind durch 5 mm starke Niete wasserdicht miteinander vernietet. Besonderer Wert wurde auch auf wasserdichte Anschlüsse der Laterne und des Leiterschachtes an das Bodenblech des unteren Umganges gelegt. Die untere Begrenzung des Laternenmantels bilden ein äußerer und ein innerer Winkelisenring; der äußere Ring legt sich auf das gelochte Blech des Umganges und ist mit ihm in entsprechend enger Teilung vernietet, auf den wagerechten Flansch des inneren Winkelisenringes ist das Bodenblech der Laterne genietet, das aus Riffelblech besteht. An dem oberen Umgang ist der Laternenmantel nicht durchbrochen, das Bodenblech der oberen Laternenkammer ist auf einem inneren, das des Umganges auf einem äußeren Winkelisenring aufgelagert.

Bei der Verbindung der kupfernen Dachhaut und Abzughaube mit der Eisenkonstruktion der Laterne ist auf die verschiedene Wärmedehnung der beiden Metalle und auf ihre verschiedenen elektrischen Eigenschaften Rücksicht genommen. Die Dachhaut ist am oberen Ende auf den Sparren mit Messingschrauben befestigt, die durch Bleiunterlagscheiben gedichtet sind, am unteren Ende ist sie ebenso an einem an den Sparren unterbrochenen Flacheisenring verschraubt, der auf den oberen Winkelisenring der Laterne aufgekropft, jedoch nicht mit ihm vernietet ist. Überall, wo Kupfer auf Eisen liegt, ist ein gummierter Leinwandstreifen zur Isolierung zwischen beide Metalle gelegt.

Die Regelung der Luftführung spielt für das ordnungsmäßige Brennen des Gasglühstrümpfes eine entscheidende Rolle, ihr ist daher auch besondere Aufmerksamkeit zugewendet worden. Die Frischluft wird durch Lüftungsschieber am unteren Ende des Leiterschachtes zugeführt, steigt im Leiterschacht nach oben, gelangt durch einen besonderen Lüftungsschieber in das untere Laternenstockwerk und von hier durch die Austrittöffnung der Leiter und zwei unterhalb der beiden Laternenfenster im Bodenblech angeordnete Lüftungsschieber in das obere Stockwerk der Laterne, der außerdem noch durch weitere in der Laternenwand unter der Traufe eingebaute Lüftungsschieber Frischluft zugeführt wird. Die vom Brenner nach oben steigende, erwärmte, verbrauchte Luft wird in einem besonderen Entlüftungsrohr in die Abzughaube geleitet. Die übrige angewärmte Luft der Laterne steigt an dem Schwitzwassermantel nach oben in die Abzughaube. Um ein Beschlagen der Laternenfenster zu verhüten, befinden sich unten in den erkerartig vorgebauten Fensterleibungen je zwei Lüftungsschieber. Sämtliche Lüftungsschieber sind regelbar, die nach außen führenden sind durch eine Schutzkappe gegen Schlagregen und durch abnehmbare Metallgase gegen das Eindringen von Insekten gesichert.

Zu dem gleichen Zwecke sind auch die Außentüren mit einer besonderen Filzdichtung ausgerüstet, deren Einzelheiten Abb. 16 wiedergibt.

Abb. 15. Laterne des Papenwassertorfeuers (östliches Bauwerk).

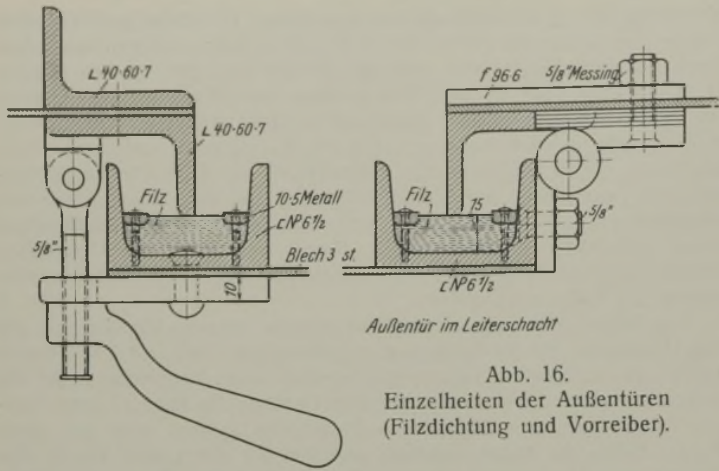


Abb. 16. Einzelheiten der Außentüren (Filzdichtung und Vorreiber).

Besondere Erwähnung verdient endlich noch die Entwässerung der Laterne. Das sich am Schwitzwassermantel und der Dachhaut nieder-schlagende Wasser wird in einer Schwitzwasserrinne gesammelt, in die auch die unter der Abzughaube hängende Tropfschale entwässert. Das Abfallrohr der Schwitzwasserrinne führt in einen Wasserkasten, der durch ein mit einem Gasesieb verschlossenes Rohr das Wasser nach außen leitet. Das Schwitzwasser der Fenster sammelt sich in einer in die Fenster-rahmen eingearbeiteten Rinne und wird durch ein Entwässerungsrohr weitergeleitet, das von dem einen Fenster zum obenerwähnten Wasser-kasten, von dem anderen Fenster zu einem zweiten, in die Fensterleibung eingebauten besonderen Wasserkasten führt.

Die Lichtquelle und die Leuchten (Abb. 17) sind auf einem gußeisernen Tisch im oberen Stockwerk der Laterne aufgestellt. Als Lichtquelle dient ein Gashängeglühstrumpf von 32 mm Strumpfdurchmesser, der bei einem Gasverbrauch von 40 l/h und einem Brenndruck von 400 mm Wassersäule eine Flächenhelligkeit von rd. 12 HK/cm² besitzt. Die Leuchte in Richtung der Halfrinne, deren Lichtstärke, wie oben erwähnt, rd. 40 000 HK beträgt, besteht aus einer bis zum katadioptrischen Ring K 6 ausgebauten Scheinwerferlinse von 250 mm Brennweite. Die andere Leuchte in Richtung des Papenwasserdurchstichs bildet eine nur bis zum dioptrischen Ring D 3 ausgebaute Scheinwerferlinse von derselben Brennweite, ihre Lichtstärke beträgt rd. 3250 HK. Die Hauptflamme des Glühstrumpfs wird bei Tage durch eine Zünd- und Löschuhr gelöscht und abends an einer dauernd brennenden Zündflamme wieder entzündet. Die Zünd- und Löschuhr ist an der Säule des Tisches angebracht, die Zündflamme in der Mitte der Tischplatte aufgestellt. Auf der Tischplatte befindet sich noch der Brenndruckregler und ein Quecksilberdruckzeiger zum Messen des Ausgangs-drucks des Druckreglers. Der Brenner ist mittels einer Schelle an der Fasung der großen Leuchte befestigt.

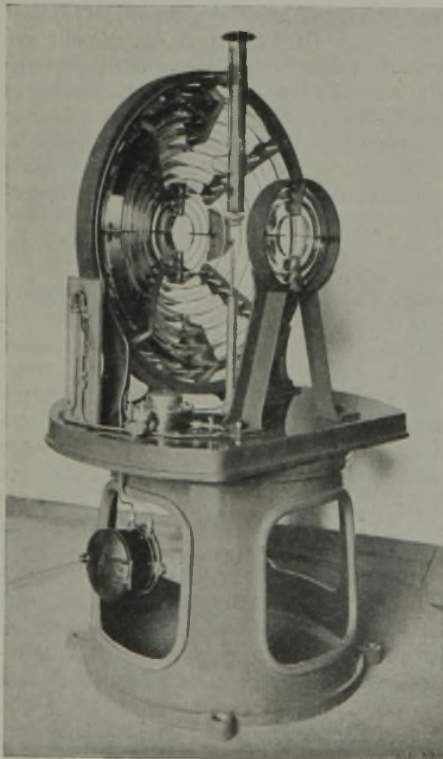


Abb. 17. Ansicht der Leuchten des Papen-wassertorfeuers mit Brenner und Tisch.

Das in halber Höhe des Gerüsts angebrachte Ortsfeuer besteht aus einer Seelaterne mit einer Gürtellinse von 100 mm Brennweite, wie sie auch auf Gasleuchttonnen verwendet wird.

Das Gas wird den Brennern aus zwei Gaskesseln zugeführt. Diese Kessel sind auf dem Sockel innerhalb des Gerüsts gelagert und ragen mit ihren Mannlochdeckeln in ein Schutzhäuschen hinein. Zwischen den beiden Kesseln ist an der Wand des Häuschens die Gas-schalttafel, die in üblicher Weise ausgebildet ist, angebracht. Der in den Gaskesseln aufgespeicherte Gasvorrat reicht für den Betrieb von fünf Wintermonaten aus.

Das Gnageland-Richtfeuer.

Das Unterfeuer des Gnageland-Richtfeuers ist dicht am Ufer des Papenwassers auf einer kleinen Erhöhung der zwischen der Krampe und der Stepenitzbucht gelegenen Wiesen errichtet. Der Untergrund an der Baustelle besteht aus Sand, der mit zunehmender Tiefe gröber und fester wird.

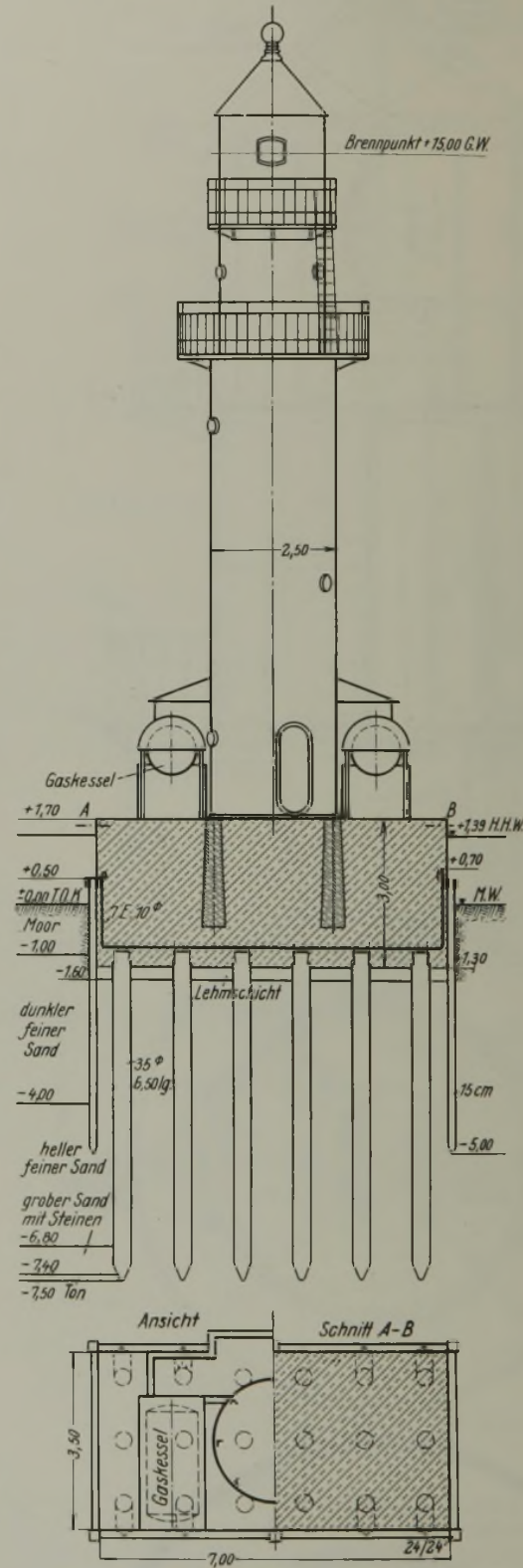


Abb. 18. Oberbau und Unterbau des Gnageland-Unterfeuers.

Als Leuchte des Unterfeuers dient eine bis zum Kata-diopter K₆ ausgebaute Linse von 250 mm Brennweite. Die Lichtquelle ist ein Hängeglühstrumpf G. G. 16. Er wird mit einem Brenndruck von 1500 mm Wassersäule betrieben, hat einen Gasverbrauch von etwa 35 l/h bei festem Licht und besitzt mit Kugelspiegel eine Flächenhelligkeit von 38 HK/cm². Die von der Leuchte erzeugte Lichtstärke beträgt rd. 40 000 HK.

Wie oben erwähnt, zeigen beide Feuer des Gnageland-Richtfeuers gleichgängig die Kennung Ubr. Diese Kennung wird am Unterfeuer durch einen gewöhnlichen Blinker erzeugt und durch besondere Einrichtungen auf das Oberfeuer übertragen. Diese Einrichtungen bestehen aus einem

Das Unterfeuer des Gnageland-Richtfeuers ist dicht am Ufer des Papenwassers auf einer kleinen Erhöhung der zwischen der Krampe und der Stepenitzbucht gelegenen Wiesen errichtet. Der Untergrund an der Baustelle besteht aus Sand, der mit zunehmender Tiefe gröber und fester wird. Der Unterbau (Abb. 18) besteht aus einem auf Pfählen gegründeten Betonsockel von rechteckigem Grundriß. Er ist von einer hölzernen Spundwand umgeben, die der Wasserhaltung während des Bauens diene. Der Oberbau besteht aus einem zylindrischen Unterteil und einer zweistöckigen Laterne, die einen unteren, ringsum laufenden und einen oberen, vor dem Laternenfenster über 90° sich erstreckenden Umgang besitzt. Der Unterteil dient gleichzeitig als Leiterschacht. Er wird aus acht senkrechten, den ganzen Oberbau tragenden Winkel-eisen und dem um-schließenden 3 mm starken Blechmantel gebildet. Zur Formgebung des Mantels und zur Aussteifung der senkrechten Winkel-eisen sind woge-rechte Winkel-eisen-ringe angeordnet, den gleichen Zweck erfüllen auch die beiden im Innern des Unterteils angeordneten Zwischendecken. Die Verankerung des Oberbaues im Betonsockel geschieht durch Runden-eisenanker, die oben mit einem Schmiedestück an die senkrechten Winkel-eisen des Oberbaues und unten an einen einbetonierten Winkel-eisenring angreifen.

Die Einzelheiten der Konstruktion sind grundsätzlich die gleichen wie beim Papen-wassertorfeuer.

Als Leuchte des Unterfeuers dient eine bis zum Kata-

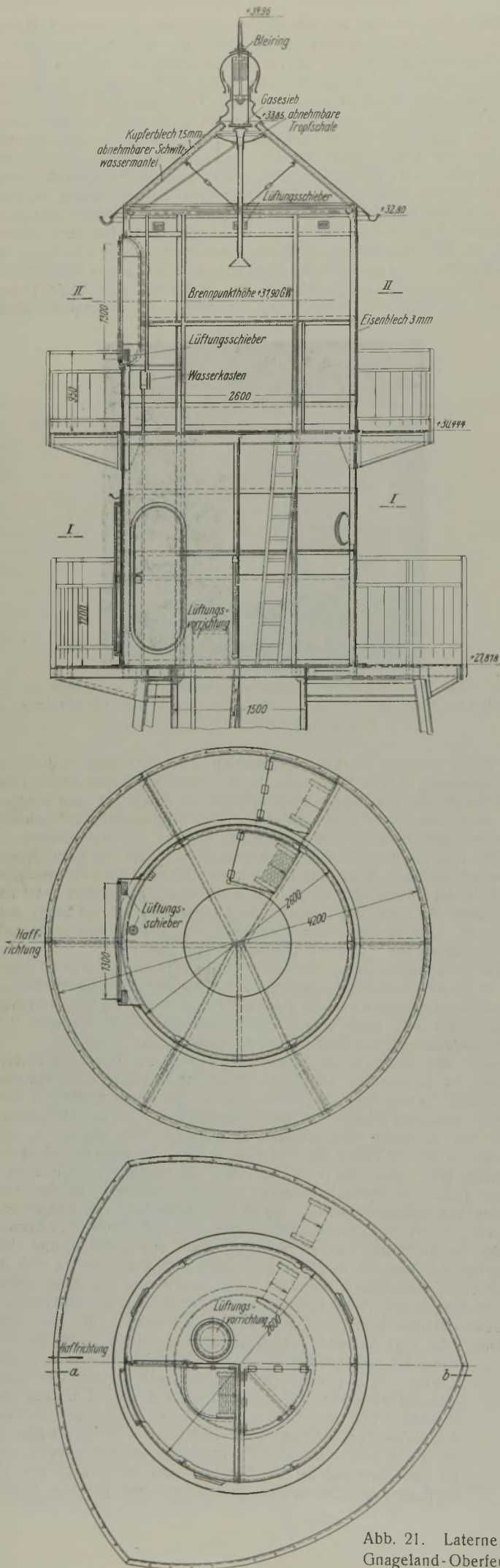


Abb. 21. Laterne des Gnageland-Oberfeuers.

des Betons der Sockel gegen Moorsäure und schafft einen sicheren trockenen Zugang zum Feuer. Zur endgültigen Sicherung gegen Moorsäure ist der Beton bis zur Geländehöhe von einer Asphaltbleidichtung umgeben. Zur Wasserhaltung während des Baues war im endgültigen Entwurf vorgesehen, die gesamte Baugrube durch eine bis in die Tonschicht reichende eiserne Spundwand abzuschließen. Bei einer vor Inangriffnahme des Baues ausgeführten Probewasserhaltung stellte sich jedoch die Torfschicht als so wenig wasserdurchlässig heraus, daß die Wasserhaltung auch ohne diese Spundwand möglich war.

Der Bauvorgang war folgender: Nach dem Rammen der Grundpfähle wurde die Torfschicht mittels einer handbetriebenen Torfstechmaschine ausgehoben und durch Sandschüttung ersetzt. Der Sand wurde einer bei den Baggerungen zur Vertiefung der Fahrrinne entstandenen Spülfläche entnommen, an einer für diesen Bau hergerichteten Landestelle in Gnageland von Prahmen in Feldbahnwagen umgeschlagen und auf einem Feldbahngleis zur Baustelle befördert. Sodann wurden unter Wasserhaltung die Pfähle verzimmert und der Bohlenbelag auf die Pfahlroste aufgebracht. Die aus ein Stein starkem Klinkermauerwerk bestehende Schutzschicht für die Dichtung wurde auf dem Bohlenbelag aufgeführt, die Dichtung geklebt und der Beton bis zur Geländehöhe unter Ausparung der Ankerlöcher für das Gerüst eingebracht. Alsdann wurde die Bewehrung der Versteifungsbalken eingebaut.

Die sämtlichen Gründungsarbeiten wurden im

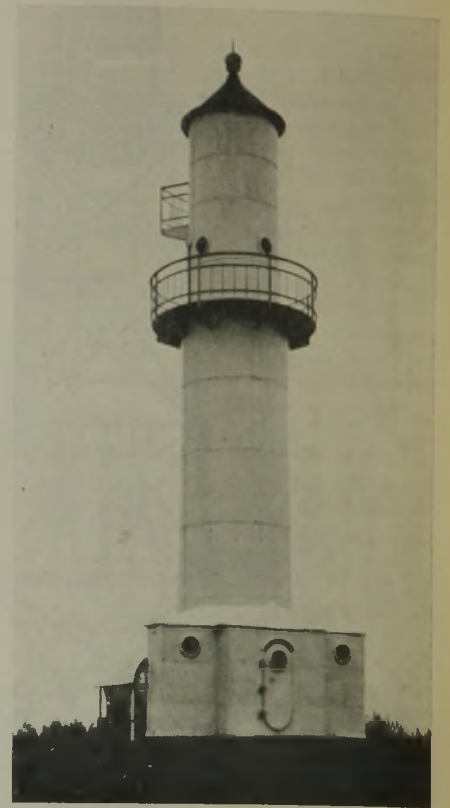


Abb. 22. Ansicht des Gnageland-Unterfeuers.



Abb. 24. Ansicht des Gnageland-Oberfeuers.



Abb. 23. Unterbau des Gnageland-Oberfeuers vor dem Aufstellen der Bake.

Eigenbetriebe der Bauverwaltung ausgeführt. Diese Maßnahme war wegen der Abgelegenheit der Baustelle, der bei Inangriffnahme der Arbeiten noch nicht restlosen Klärung der Einzelheiten und dem verhältnismäßig geringen Umfange der Arbeiten zweckmäßig.

Die dreiseitige eiserne Bake trägt wie die des Papenwassertorfeuers eine geschlossene, zweistöckige, eiserne Laterne und ist durch einen Leiterschacht zugänglich. Ihre Ausbildung sowie die Einzelheiten der Laterne gehen aus Abb. 20 u. 21 hervor. Die oben beim Papenwassertorfeuer besprochenen grundsätzlichen Anordnungen sind auch beim

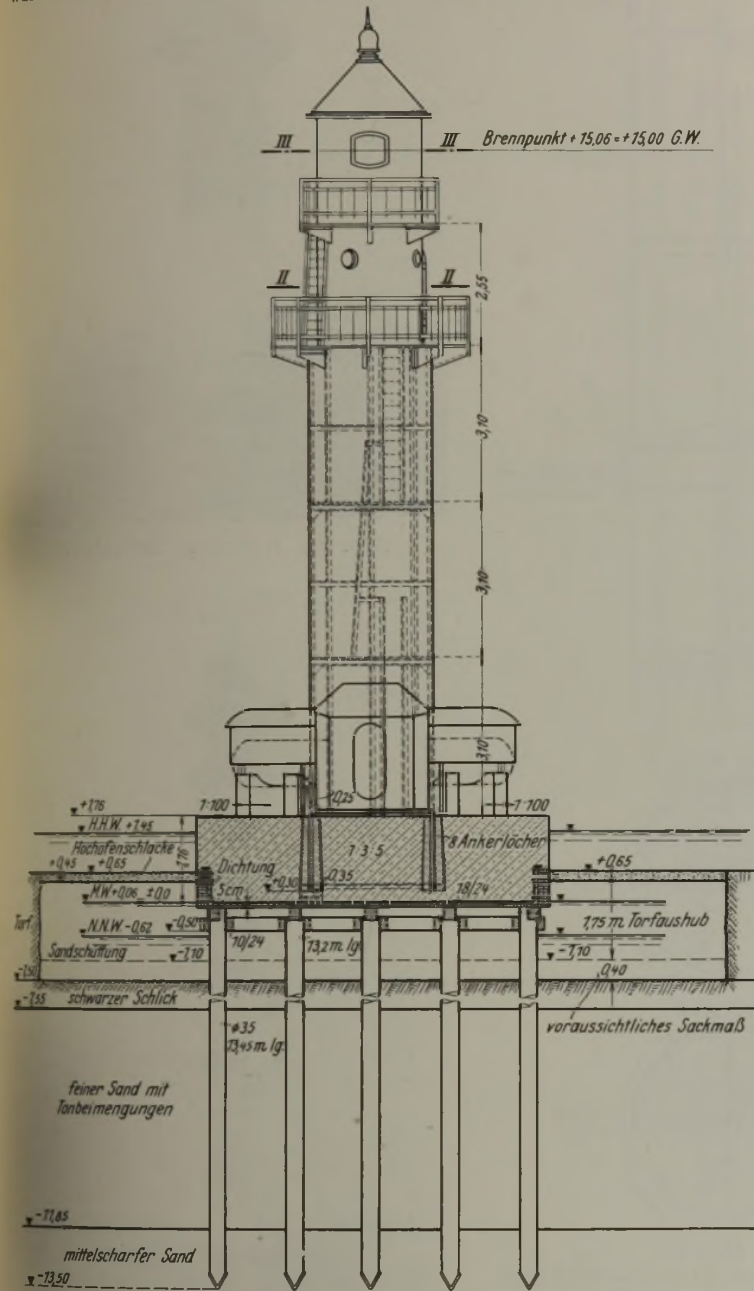


Abb. 25. Unterbau und Oberbau des Schanzen-Unterfeuers.

Gnagelandoberfeuer berücksichtigt. Eine grundsätzliche Abweichung weist nur der Leiterschacht auf. Er ist durch zwei Dehnungsfugen in drei Schüsse unterteilt. Die beiden oberen Schüsse sind am Gerüst aufgehängt, der untere Schuß ruht auf dem Betonsockel. Die Dehnungsfugen sind durch kupferne Wulstringe überdeckt. Diese Maßnahme soll unzulässige Beanspruchungen des Leiterschachtes und der Pfosten verhindern, falls sich bei plötzlichen Temperaturänderungen die Eisenteile des Gerüsts schneller abkühlen oder erwärmen als die des Leiterschachtes, die wegen der warmen oder kalten Luft im Leiterschacht diesem Temperaturwechsel nicht so schnell folgen können. Beim Papenwassertorfeuer war diese Maßnahme nicht notwendig. Einmal ist die Gesamtlänge des Leiterschachtes wesentlich geringer als beim Gnagelandoberfeuer, und zweitens ruht der Leiterschacht nicht auf einem festen Auflager, sondern auf Trägern auf, die eine größere oder geringere Durchbiegung erleiden können, ohne unzulässig beansprucht zu werden.

Die Leuchte des Gnagelandoberfeuers ist eine Scheinwerferlinse von 250 mm Brennweite, die bis zum katadioptrischen Ring K6 ausgebaut ist. Als Lichtquelle dient ein Flüssiggas-Hängeglühllichtbrenner P3, der

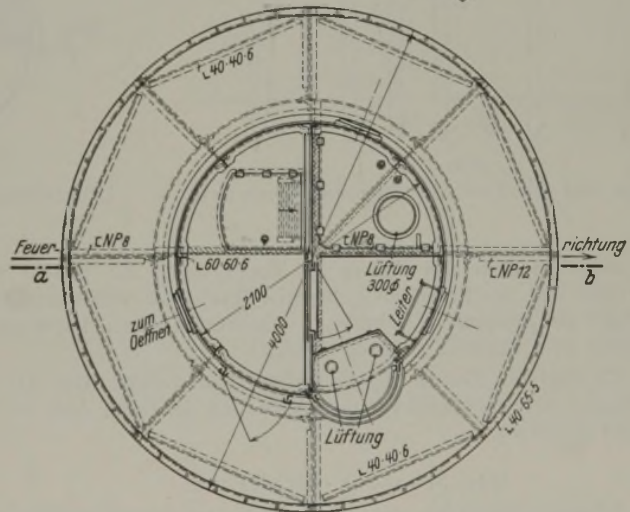
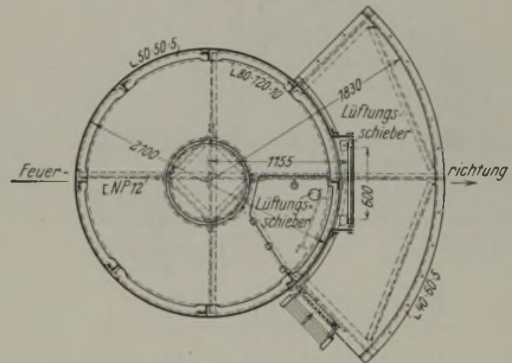
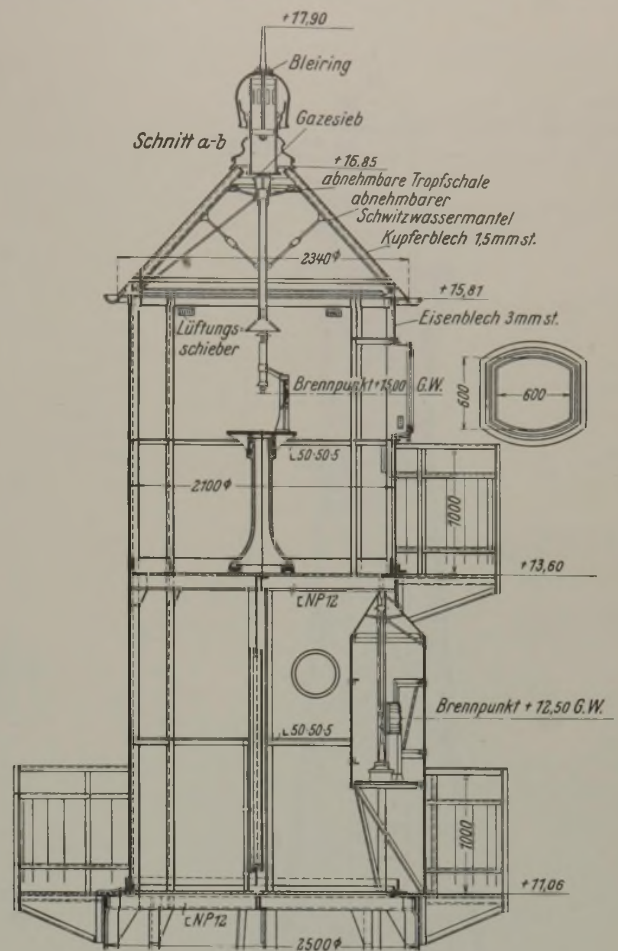


Abb. 26. Laterne des Schanzen-Unterfeuers.

bei einem Gasverbrauch von rd. 10 l/h und 1500 mm Wassersäule Brenn- druck eine Flächenhelligkeit von rd. 20 HK/cm² besitzt. Die Lichtstärke der Leuchte beträgt rd. 80000 HK.

Die Gasvorratskessel ragen wie beim Papenwassertorfeuer mit ihren Mannlochdeckeln in ein Bedienungshäuschen hinein. Sie sind beiderseits des Leiterschachtes in Betonsockeln gelagert.

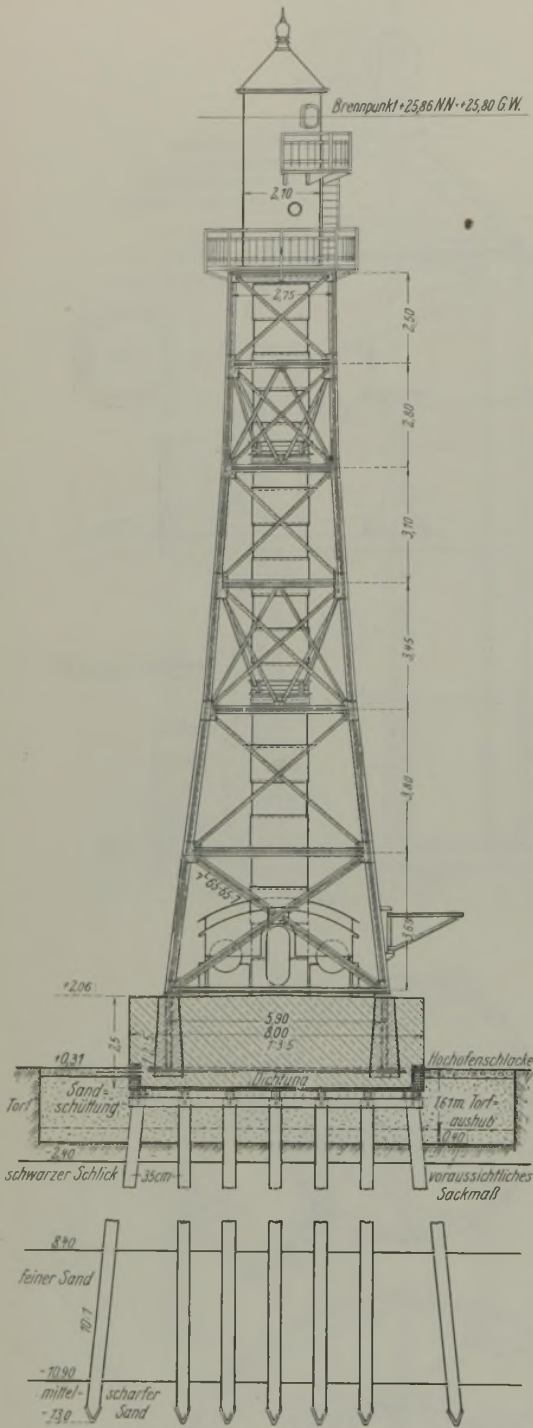


Abb. 27.

Unterbau und Oberbau des Schanz-Oberfeuers.

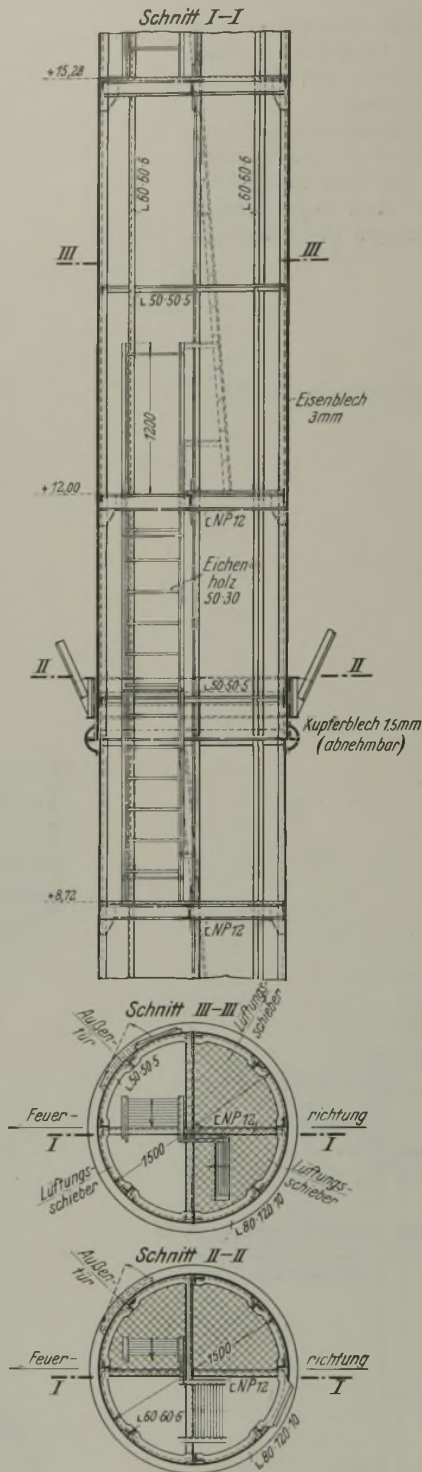


Abb. 28.

Leiterschacht des Schanz-Oberfeuers.



Abb. 29. Schwabach-Unterfeuer.



Abb. 30. Schwabach-Oberfeuer.

Um ein Verdecken des Feuers bei Nacht durch die Bäume des zwischen ihm und der Fahrinne gelegenen Waldes zu verhindern und um die Bake als Tagesmarke sichtbar zu machen, ist durch den Wald in der Richtlinie eine Schneise gehauen worden.

Abb. 22 zeigt die Ansicht des Gnageland-Unterfeuers, Abb. 23 die des Unterbaues des Oberfeuers vor dem Aufstellen der Bake, Abb. 24 die des fertigen Bauwerks.

Das Schanz-Richtfeuer.

Das Schanz-Richtfeuer, dessen Bauwerke im folgenden noch beschrieben werden sollen, stellt die Regelausführung der übrigen Richtfeuer dar, soweit sie auf dem Lande errichtet werden. Die Bauwerke dieser Richtfeuer unterscheiden sich voneinander nur durch die nach den örtlichen Verhältnissen der Richtlinien verschiedenen Feuerhöhen der Oberfeuer.

Das Schanz-Unterfeuer ist dicht binnen des die Politzer Wiesen umschließenden Deiches errichtet, es ist vom Deiche aus auch bei höheren Wasserständen stets sicher zu erreichen.

Der Untergrund an der Baustelle besteht aus Sand, er ist in seinen oberen Schichten mit Schlick vermisch, wird mit zunehmender Tiefe gröber und fester und ist von einer Torfschicht überlagert. Ähnliche Untergrundverhältnisse finden sich auch an den Standorten der übrigen Feuer.

Der Unterbau (Abb. 25) besteht aus einem auf verzimmerten Pfahlrost gegründeten Betonsockel von quadratischem Grundriß, dessen eine Diagonale in der Richtlinie liegt. Die Pfähle stehen bis auf einen Teil der Randpfähle senkrecht. Die Schrägpfähle dienen zur Aufnahme der aus Wind herrührenden wagerechten Kraft. Bis zur Geländehöhe ist der Beton in eine Asphaltbleidichtung zum Schutze gegen Moorsäure eingebettet, die Dichtung ist auf den Bohlenbelag des Pfahlrostes gelegt und an eine den Betonsockel umschließende Klinkerschuttschicht geklebt. Der Betonsockel ist bis 30 cm über HHW hochgeführt. Er trägt den wie beim Gnageland-Unterfeuer aus einem zylindrischen Unterteil und einer zweistöckigen Laterne bestehenden eisernen Turm sowie die Gaskessel

nebst Bedienungshäuschen. Das Schanzen-Unterfeuer besitzt zwei Feuer. Das eine dient für die Befeuerung der Richtlinie, das andere gibt bis zur Inbetriebnahme des neuen Pölitz-Richtfeuers und des Quermarkenfeuers Damansch Quermarken für den Übergang von der Schanzen- in die alte Pölitz-Linie. Das Feuer für die Richtlinie ist im oberen Stockwerk der Laterne auf einem gußeisernen Tisch aufgestellt. Es besitzt als Leuchte eine bis zum Dioptr D1 ausgebaute Linse von 150 mm Brennweite, deren Lichtstärke rd. 1700 HK beträgt. Als Lichtquelle dient ein Hängeglühstrumpf P3, der mit einem Brenndruck von 400 mm Wassersäule und einem Gasverbrauch von rd. 61/h eine Flächenhelligkeit von rd. 10 HK/cm² entwickelt. Das Feuer zeigt dieselbe Kennung wie das Gnageland-Unterfeuer. Ebenso wie dieses ist es mit Vorrichtungen für die elektrische Kupplung mit dem Oberfeuer zur Erzielung gleichgängiger Kennungen ausgerüstet. Das Quermarkenfeuer auf dem Schanzen-Unterfeuer befindet sich in einem erkerartigen Ausbau der unteren Laternenkammer. Als Leuchte dient eine Gürtellinse von 150 mm Brennweite, die eine Lichtstärke von rd. 500 HK für weißes und rd. 80 HK für rotes Licht besitzt. Die Lichtquelle ist ein Hängeglühstrumpf P3, sein Brenndruck beträgt 1500 mm Wassersäule, sein stündlicher Gasverbrauch rd. 10 l und seine Flächenhelligkeit rd. 20 HK/cm². Die Kennung der Quermarke ist F. w. & r.

Das Schanzen-Oberfeuer (Abb. 27) ist in den Politzer Wiesen rd. 660 m südsüdwestlich des Unterfeuers errichtet. Der Untergrund an der Baustelle ist von ähnlicher Beschaffenheit wie an der des Unterfeuers. Auch die Gründung ist, abgesehen von den Abmessungen, dieselbe wie beim Unterfeuer. Das vierseitige eiserne Gerüst des Feuers weist eine dem Papenwassertorfeuer ähnliche Bauweise auf. Es besitzt wie dieses einen geschlossenen zylindrischen Leiterschacht und eine zweistöckige Laterne. Der von der Laterne bis zum Betonsockel durchgehende Leiterschacht (Abb. 28) ist wie beim Gnageland-Oberfeuer in drei Schüsse unterteilt. Die Gaskessel sind beiderseits des Leiterschachtes innerhalb des Gerüsts auf dem Besonsockel gelagert, auf dem auch das Bedienungshäuschen aufgestellt ist.

Die Lichtquelle des Feuers ist, wie beim Unterfeuer, ein Hängeglühlichtbrenner P3. Auch sein Brenndruck und Gasverbrauch und seine Flächenhelligkeit stimmen mit denen des Unterfeuers überein. Dieselben Brennerwerte werden auch für alle übrigen Richtfeuer angewendet, um den Betrieb möglichst weitgehend zu vereinfachen und möglichst wenig Ersatzbrenner vorhalten zu müssen. Als Leuchte dient eine bis zum Katadioptr K₁ ausgebaute Linse von 150 mm Brennweite. Ihre Lichtstärke beträgt rd. 3750 HK.

In Abb. 29 u. 30 ist eine Ansicht der fertigen Bauwerke des Schwabach-Richtfeuers, denen das Schanzen- und die übrigen Richtfeuer gleichen, wiedergegeben. Ihre Formgebung dürfte auch in künstlerischer Hinsicht befriedigen.

Die Baukosten und die Betriebs- und Unterhaltungskosten der neuen Feuer.

Zum Schluß seien noch einige Angaben über die Baukosten und die jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten der einzelnen Feuer gemacht.

Die Baukosten der Feuer sind aus nachstehender Zusammenstellung zu ersehen:

Name des Feuers	Baukosten in R.-M. (abgerundet)					Baujahr
	Unterbau	Oberbau	Gasversorgungsanlage, Brenneinrichtung, Leuchte usw.	Sonstiges (Grund-erwerb, Zuwegung, Einfriedigung usw.)	Summe	
Papenwassertorfeuer						
Östl. Bauwerk.	66 500	19 500	12 500	2 500	101 000	} 1924 bis 1926
Westl. Bauwerk	66 500	19 500	12 500	2 500	101 000	
Gnageland						
Unterfeuer . .	13 000	19 000	7 000	1 000	40 000	} 1925 bis 1926
Oberfeuer . .	44 500	23 000	8 000	2 000	77 500	
Schanzen						
Unterfeuer . .	8 000	16 000	7 000	1 000	32 000	} 1926 bis 1927
Oberfeuer . .	22 000	24 000	8 000	1 500	55 500	
Schwabach						
Unterfeuer . .	7 000	12 500	7 000	1 500	28 000	} 1926 bis 1927
Oberfeuer . .	23 000	23 000	8 000	2 500	56 500	

Die Baukosten eines der gewöhnlichen Richtfeuer des Stettiner Bezirks, die in der Zusammenstellung durch das Schanzen- und Schwabach-Richtfeuer vertreten sind, betragen demnach nach den Preisen der Jahre 1926 und 1927 im Mittel rd. 86 000 R.-M.

Die jährlichen sächlichen Betriebskosten eines Richtfeuers bestehen in den Ausgaben für die Lieferung und das Überfüllen von Flüssiggas, für die Beschaffung von Glühstrümpfen und Putzzeug und für das Aufladen der etwa vorhandenen Batterien für die elektrische Kupplung. Die Kosten für die Lieferung und das Überfüllen von Flüssiggas betragen bei einem jährlichen Gasverbrauch beider Feuer von rd. 165 kg rd. 165 · 3,00 = 495 R.-M., die übrigen Kosten rd. 55 R.-M. Die gesamten Betriebskosten belaufen sich also für ein Richtfeuer auf rd. 550 R.-M.

Die jährlichen Unterhaltungskosten gliedern sich in solche für den Unterbau, den Oberbau, die Gasversorgungsanlage und Brenneinrichtung und Sonstiges. Sie betragen für ein Richtfeuer rd. 450 R.-M., also rd. 0,5 % der Bausumme. Die gesamten Jahreskosten eines Richtfeuers erreichen somit eine Höhe von rd. 1000 R.-M.

Die Ausführung von Grundwasserabsenkungen mit Tiefbrunnenpumpen.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. W. Sichardt, Oberingenieur der Siemens-Bauunion.

Die Anwendung von Tiefbrunnenpumpen bei der Durchführung von Grundwasserabsenkungen hat seit dem Herbst 1927 solche Fortschritte gemacht, daß es von Interesse sein dürfte, über diese Entwicklung, über die dadurch erzielten Verbesserungen in der Absenkungstechnik und damit der Gründungstechnik, sowie über die sich aus diesen Fortschritten ergebenden neuen Anwendungsmöglichkeiten der Grundwasserabsenkung im Tiefbau zusammenhängend zu berichten.

Ausführungen ist noch hinzuzufügen, daß die Entscheidung darüber, welche Absenkungsart heute zu wählen ist, ganz von der besonderen Eigenart des betreffenden Tiefbaues abhängig ist, nachdem grundsätzlich erwiesen ist, daß das neue Absenkungsverfahren technisch so durchgebildet ist, daß es den an die Betriebsicherheit einer Grundwasserabsenkungsanlage zu stellenden Anforderungen gerecht wird. Welche Gesichtspunkte bei der Wahl des Absenkungsverfahrens zu beachten sind, je nach der Lage der örtlichen Verhältnisse, läßt sich an Hand der nachfolgenden Abbildungen und Erläuterungen über einige wichtige Aufgaben der Absenkungstechnik erkennen, wenn auch bestimmte feststehende Regeln nicht aufgestellt werden können.

a) Flachsenkungen.

Abb. 1 zeigt die Grundwasserabsenkungsanlage für den nachträglichen Einbau einer Heizkelleranlage in dem Hochhaus am Knie, Berlin-Charlottenburg, Hardenbergstraße. Es war hier möglich, die Brunnen — mit Ausnahme eines einzigen — außerhalb der Baugrube anzuordnen, weil der ungesenkte Grundwasserspiegel nur etwa 0,50 m unter Kellersohle anstand und die rd. 2 m betragende Absenkung mit einer Staffel zu erreichen war. Die vorhandenen Kellerräume boten Platz für die Saugleitungen und die Pumpstation. Durch diese Anordnung wurde die Bau-



Abb. 1.

I. Vergleich zwischen Tiefbrunnen- und Staffelsenkung.

Eine Neuerung — und eine solche stellt die Verwendung des Tiefbrunnenpumpenbetriebes in der Absenkungstechnik dar — kann sich endgültig nur dann behaupten, wenn ein wirtschaftlicher Erfolg durch sie sichergestellt ist. Ein solcher Erfolg ist in vielen Fällen gegenüber der Staffelsenkung zu erreichen; es wäre jedoch unrichtig, zu behaupten, daß unter allen Umständen die Tiefbrunnensenkung der Staffelsenkung überlegen ist. Beide Absenkungsarten sind von mir schon an anderer Stelle in dieser Zeitschrift¹⁾ einander gegenübergestellt worden. Den damaligen

¹⁾ W. Sichardt, Über Tiefsenkungen des Grundwasserspiegels, „Die Bautechnik“ 1927, Heft 47, 49 u. 50.

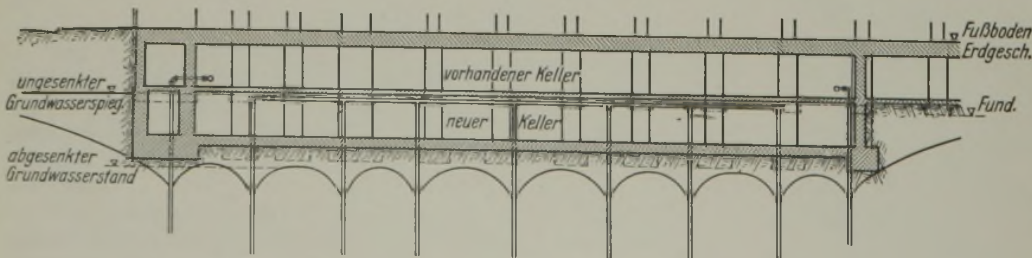
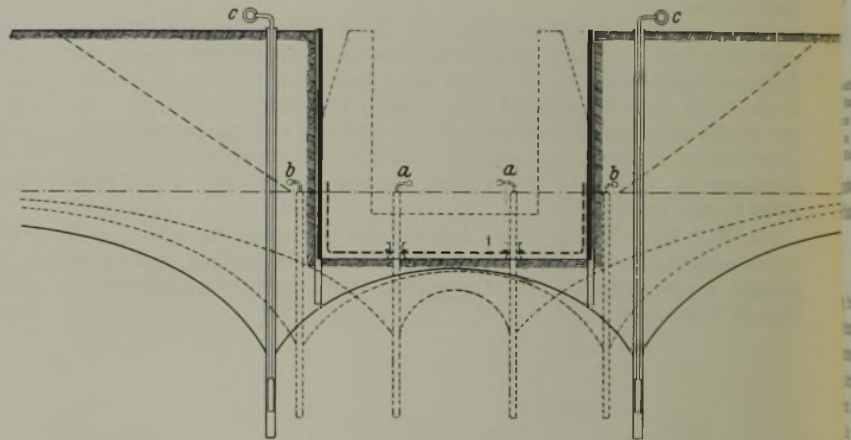


Abb. 2.



a = Brunnen im Staffeltbetrieb innerhalb der Baugrube (Brunnentöpfe notwendig).
b = Brunnen im Staffeltbetrieb außerhalb der Baugrube (besondere Erdarbeiten notwendig).
c = Tiefbrunnen außerhalb der Baugrube.

Abb. 3. Beispiel einer Flachsenkung in freies unbebautes Gelände mit tiefliegendem Grundwasserspiegel.

grube selbst weitgehend von der Wasserhaltungseinrichtung frei gehalten, und die bei Anordnung der Brunnen innerhalb der Baugrube notwendigen Brunnentöpfe entfielen. Demgegenüber hätte die Anwendung von Tiefbrunnen mit Tiefbrunnenpumpen hier keinen Vorteil gebracht. Man hätte auch dann die Brunnen außerhalb der Baugrube unter Vermeidung von Brunnentöpfen anordnen können, hätte aber bei gleicher Leistung höhere Gerätekosten aufwenden müssen, ein Mehraufwand, dem keine Ersparnisse an anderer Stelle gegenübergestanden hätten.

Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn außerhalb der Baugrube kein Platz für die Unterbringung der Grundwasserabsenkungsanlage vorhanden ist. Abb. 2 zeigt als Beispiel einer solchen Ausführung die Gründung des nachträglich in das frühere Passagekaufhaus (jetzt Haus der Technik) in Berlin, Friedrichstraße, eingebauten Tiefkellers. Hier mußten alle Brunnen, da sonst kein Platz vorhanden war, in der Baugrube ausgeführt werden. Brunnentöpfe sind in jedem Fall notwendig, auch bei Tiefbrunnensenkung. Als Vorteil für letztere wäre zu erwähnen, daß die Abflußleitung, die an alle Brunnen angeschlossen werden muß, beliebig hoch gelegt werden kann, so daß der Raum weniger eingeschränkt würde als bei Kreiselpumpenbetrieb.

Bei flachen Absenkungen mit tiefliegendem Grundwasserspiegel treten die Vorteile des Tiefbrunnenbetriebes mehr in Erscheinung als bei den vorherigen Beispielen. Abb. 3 zeigt eine Kreiselpumpenanlage innen oder außen und eine Tiefbrunnenanlage außen.

Die 10 m langen Saugbrunnen der Kreiselpumpenanlage erfordern, wenn auf der Außenseite der Baugrube angeordnet, besondere Erdarbeiten (Böschungen oder Schlitz), und bei Anordnung im Innern des Bauwerkes werden gegebenenfalls Brunnentöpfe notwendig (falls das Bauwerk abgedichtet werden muß). Bei Tiefbrunnensenkung kann die Baugrube völlig frei gehalten werden, besondere Erdarbeiten entfallen, dafür sind die Brunnen auf größere Länge zu bohren. Je nachdem, ob es sich bei dem Bauwerk um einen Schleusenbau, um ein Trockendock, einen Untergrundbahntunnel, einen Wasserableitungskanal oder ein sonstiges Bauwerk gleicher grundsätzlicher Anordnung handelt, wird jeweils nach den besonderen örtlichen Verhältnissen, den zu bewältigenden Massen und ihren Kosten von Fall zu Fall zu ermitteln sein, welche Vorteile oder Nachteile schwerer ins Gewicht fallen, und danach wird die Entscheidung fallen, welches Absenkungsverfahren das wirtschaftlich und technisch beste für den betreffenden Fall ist.

b) Tiefsenkungen.

Hier besteht heute eine sichere Überlegenheit der Tiefbrunnensenkung, sofern es sich um Anlagen im bebauten Gebiet handelt. Als Beispiel

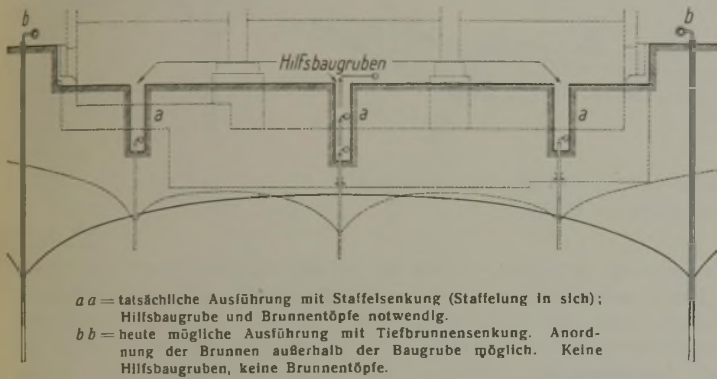


Abb. 4. Grundwasserabsenkung bei dem Einbau der neuen Tiefbühne der Berliner Staatsoper (Unter den Linden) als Beispiel einer Tiefsenkung unter einem freistehenden Gebäude.

einer Anlage, bei der auch außerhalb der Baugrube Platz für Absenkungsbrunnen vorhanden war, diene Abb. 4. Es handelt sich um den Fall der Grundwasserabsenkung bei dem Um- und Erweiterungsbau der Staatsoper zu Berlin, Unter den Linden.²⁾ Die Staffelanlage (drei Staffeln) wurde hier in besonderen Hilfsbaugruben eingebaut. Die später freigelegten Rohrleitungen, die Pumpenstuben, die Brunnenrohre versperrten den Raum. Besondere Brunnentöpfe mußten eingebaut werden, und späteres Verpressen der Brunnen mit Beton war notwendig. Bei Anordnung von Tiefbrunnen

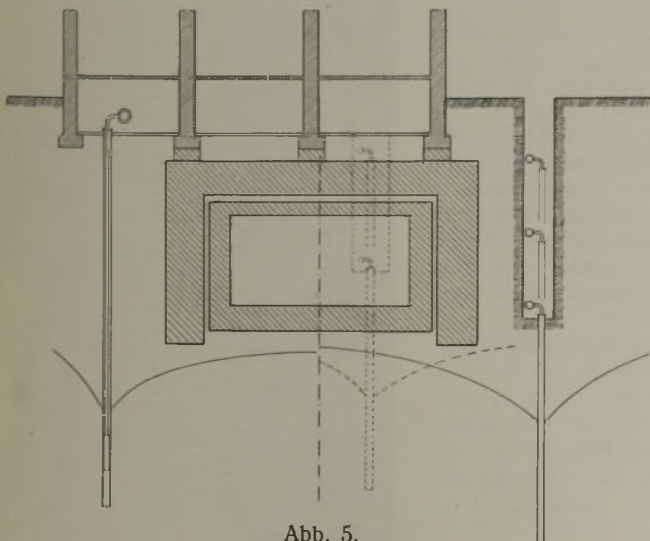


Abb. 5.

Tiefsenkung bei beschränktem Platz; Anordnung von Brunnen außerhalb der Baugrube teilweise möglich.

außerhalb der Baugrube entfiel die Schlitzkonstruktion, die Absenkung wäre viel schneller zu erreichen gewesen ohne Behinderung in der Baugrube und unter Vermeidung von Brunnentöpfen. Die Brunnenfilter wären nicht verloren gewesen. Hier liegt der Vorteil der Tiefbrunnensenkung ohne Einschränkung vor.

Dieselben Verhältnisse bestehen für die Wasserhaltung bei der Unterfahrung von bestehenden Gebäuden durch städtische Kanäle oder Untergrundbahnen, deren Sohle in größerer Tiefe liegt. Auch hier wäre bei einer staffelförmigen Absenkungsanlage die Anlage besonderer Hilfsbaugruben innerhalb oder außerhalb der Tunnelbaugrube notwendig, während Tiefbrunnen solche Hilfsanlagen entbehrlich machen und eine von Wasserhaltungseinrichtungen völlig freie Baugrube schaffen (Abb. 5).

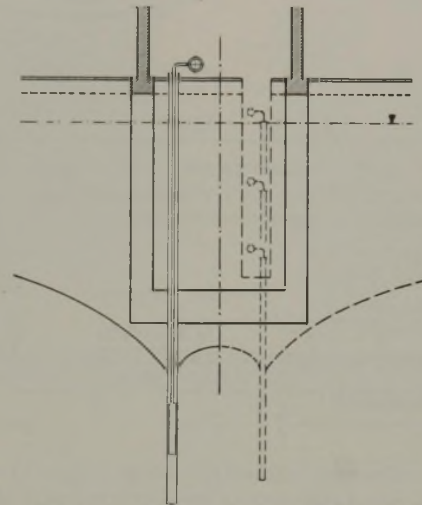


Abb. 6. Tiefsenkung bei besonders starker Einengung. Brunnen nur innerhalb der Baugrube möglich.

Ist der Platz bei Tiefgründungen im Grundwasser so beschränkt, daß die Wasserhaltung nur innerhalb der eigentlichen Baugrube untergebracht werden kann (Abb. 6), so hat auch bei solchen Fällen der Praxis die Tiefbrunnensenkung große Vorzüge durch Vermeidung von Hilfsbaugruben. Da die einzige erforderliche wagerechte Rohrleitung, die Abflußleitung, beliebig hoch gelegt werden kann, so wird noch der Vorteil erreicht, daß, abgesehen von den lotrechten Brunnenrohren, keine Platz beschränkenden Rohrleitungen die Bewegungsfreiheit einengen.

Schließlich hat die Tiefbrunnensenkung auch bei dem Sonderfall der Unterfahrung von Wasserläufen unter Absenkung des Grundwasserspiegels wichtige Vorteile gegenüber der Staffelsenkung (Abb. 7). Die Tiefbrunnen können innerhalb der Fangedammung der Baugrube eingebaut werden, und zwar so, daß jeder Brunnen unmittelbar in die Vorflut ausgießt. (Vergl. hierzu auch Abb. 30 u. 32.)

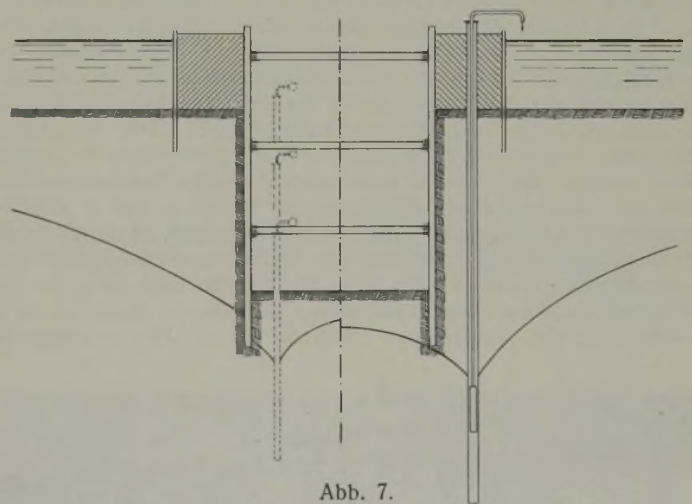


Abb. 7.

Grundwasserabsenkung bei einem Unterwassertunnel.

Bei völlig frei gelegenen Baugruben, die auf große Tiefe trockenlegen sind, wird zu prüfen sein, ob die Baugrube mit Böschungen und mit Staffelbrunnen angelegt oder ob sie mit Tiefbrunnen ausgeführt werden soll. Es sind noch verschiedene Zwischenstufen denkbar, z. B. im Falle, daß Spundwände aus konstruktiven Gründen nötig sind; ferner kommt der Fall in Betracht, daß keine Böschungen angelegt werden und die Staffelsenkung innerhalb der Baugrube erfolgt. Die wirtschaftlich beste Lösung der Absenkung wird sich in jedem Fall durch Kostenvergleich ermitteln lassen. Die Rolle der Staffelsenkung dürfte aber auch bei solchen Tiefsenkungen im freien Gelände insofern beschränkt sein, als zu erwarten ist, daß bei sonst gleichen Verhältnissen bei Zunahme der Absenkungstiefe die Tiefbrunnensenkung wirtschaftlicher ist als die Staffelsenkung. Die Grenze wird ungefähr bei einer Absenkungstiefe von 8 bis 10 m liegen, d. h. Staffelsenkungen, die mehr als zwei Staffeln erfordern, werden Tiefbrunnenanlagen nicht mehr überlegen sein.

²⁾ Vergl. auch Scharadt, Über Tiefsenkungen des Grundwasserspiegels, und Scharadt, Die Grundwasserabsenkung bei der Herstellung der Tiefbühne anlässlich des Um- und Erweiterungsbau der Staatsoper zu Berlin, Unter den Linden, Der Bauingenieur 1928, Heft 40 u. 41.

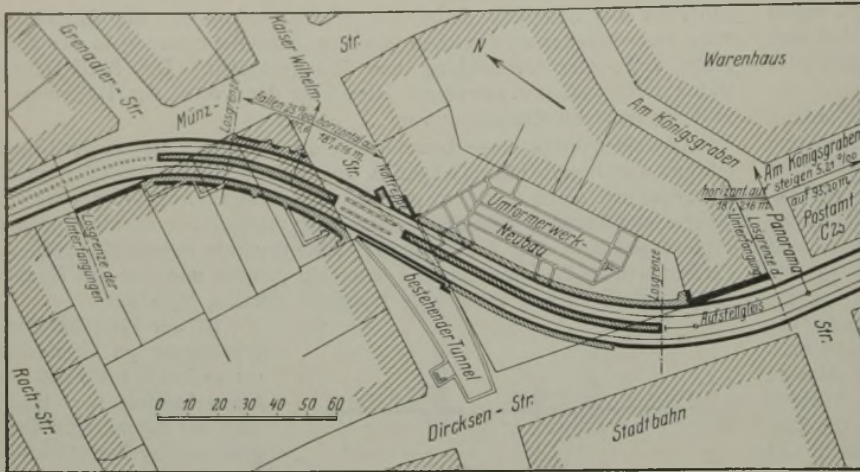


Abb. 8. Lageplan der Baustelle Umformerwerk Alexanderplatz zu Berlin mit den drei Parallelmauern für den Untergrundbahntunnel im Los 21 der Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln.

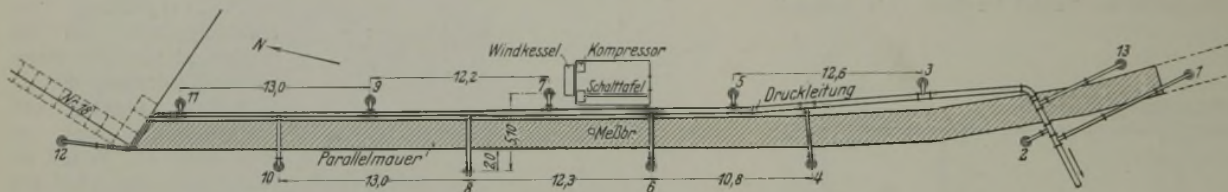


Abb. 9. Die erste Tiefbrunnensenkungsanlage mit alleiniger Verwendung von SSW-Tiefbrunnenpumpen beim Bau der Parallelmauer am Umformerwerk Alexanderplatz zu Berlin.

II. Ausführungen in bebautem Gelände (Berlin).

a) Die Grundwasserabsenkung für den Bau der Parallelmauer an dem neuen Umformerwerk Alexanderplatz mit Elmo-Tiefbrunnenpumpen.

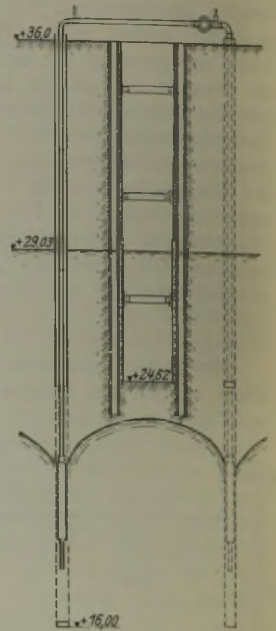
Die hier zu besprechende Tiefbrunnenanlage ist die erste Grundwasserabsenkungsanlage, bei der ausschließlich elektrisch betriebene Unterwasserpumpensätze zur Anwendung gekommen sind. Es handelt sich hierbei um die Trockenlegung einer 76 m langen und 2 m breiten Baugrube, deren Sohle 10,93 m unter Gelände und 4,73 m unter dem derzeitigen (durch benachbarte Absenkungsanlagen schon teilweise abgesenkten) Grundwasserspiegel lag. Diese unmittelbar vor dem Umformerwerk Alexanderplatz der Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln zu errichtende Mauer ist eine der drei Parallelmauern des Untergrundbahntunnels an der Ecke Kaiser-Wilhelm- und Dircksen-Straße (Abb. 8). Die drei Mauern sollen eine schwere Decke tragen, auf der später Gebäude errichtet werden können. Die Gebäudelasten werden von den Parallelmauern aufgenommen, zwischen denen der eigentliche Tunnel — hier in zwei eingleisige Bauwerke aufgelöst — als besonderer Bauteil zu liegen kommt. Auf Grund des Erfolges, der mit der Tiefbrunnenpumpenanlage beim Staatsoperumbau erzielt worden war, die dort als Ergänzung der Dreistaffelanlage zur Anwendung kam, schlug die Siemens-Bauunion für die Trockenlegung der schlitzartigen Baugrube die in Abb. 9 dargestellte



Abb. 10. Parallelmauer am Umformerwerk Alexanderplatz zu Berlin. Blick in die Baugrube, im Hintergrund rechts neben der Abflußleitung die Schaltstelle.

Tiefbrunnenpumpenanlage mit Elmo-Tiefbrunnenpumpen vor. Der schnelle Entschluß der Bauherrschafft, das vorgeschlagene Absenkungsverfahren hier erstmalig zu erproben, war grundlegend für die weitere Entwicklung der Grundwasserabsenkung mit Tiefbrunnen bei dem Bau von Untergrundbahnen in Berlin und damit für dieses Absenkungsverfahren überhaupt.

Die geologischen Verhältnisse an der Baustelle waren, wie meist im Bereiche des Berliner Urstromtales, für die Grundwasserabsenkung sehr geeignet. Entsprechend den neueren Erkenntnissen über das Fassungsvermögen von Rohrbrunnen³⁾ wurde für die mit Filtern von 350 mm Durchm. ausgerüsteten Brunnen mit einer erheblich größeren



Wassermenge gerechnet, als wie sie bei den üblichen Filtern von 150 mm in Berlin auftritt. Dementsprechend ergaben sich auch größere Brunnenabstände. Die Absenkung wurde mit 12 Brunnen bei einer Gesamtfördermenge von rd. 200 l/sek erreicht. Der Beharrungszustand stellte sich 28 Tage nach Aufnahme des Betriebes mit den ersten Pumpen ein. Wie aus Abb. 10 ersichtlich, war nur auf einer Seite der Baugrube eine Abflußleitung angeordnet, an die auch die auf der gegenüberliegenden Baugrubenseite angeordneten Brunnen angeschlossen waren. Die so entstehende Kreuzung der Baugrubenöffnung durch die Anschlußrohre der genannten Brunnen störte im vorliegenden Falle die Bauarbeiten nicht. Bei Anordnung von Abflußleitungen auf beiden Seiten können solche Kreuzungen, falls erwünscht, leicht vermieden werden. Im übrigen war die Baugrube völlig frei von Wasserhaltungseinrichtungen (Abb. 11). Diese konnten gleichzeitig mit den Absteifungs- und Erdarbeiten über dem ungesenkten Grundwasserspiegel eingebaut werden, so daß keine Pause im Erdaushub eintrat.

Die Anordnung einer Staffelanlage hätte eine durchgehende Verbreiterung der Baugrube bedingt und außerdem für die Pumpstation eine besondere Nische erfordert. Der Einbau der Wasserhaltung und deren Tieferlegung hätte den Bau unterbrochen bzw. verzögert.

Da die einzelnen Pumpensätze in die Brunnen eingebaut sind (vergl. Abb. 9), so entfällt die übliche Pumpstation. An deren Stelle wurde, auf dieser Baustelle erst-

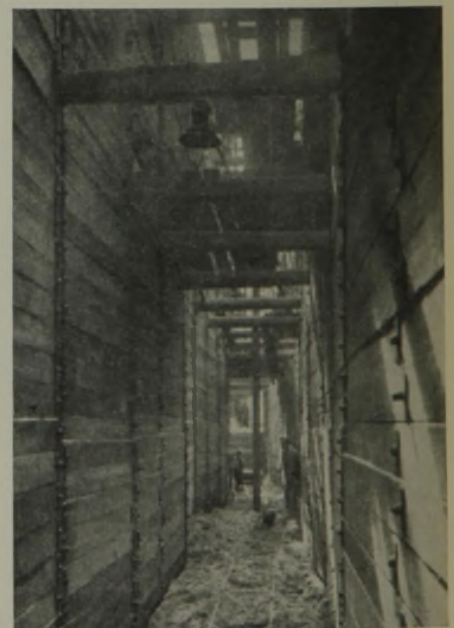


Abb. 11. Parallelmauer am Umformerwerk Alexanderplatz zu Berlin. Blick in die trockene und wasserhaltungsanlagenfreie Baugrube, im Hintergrunde ein Beobachtungsbrunnen.

³⁾ W. Sichardt, Das Fassungsvermögen von Rohrbrunnen und seine Bedeutung für die Grundwasserabsenkung, insbesondere für größere Absenkungstiefen.

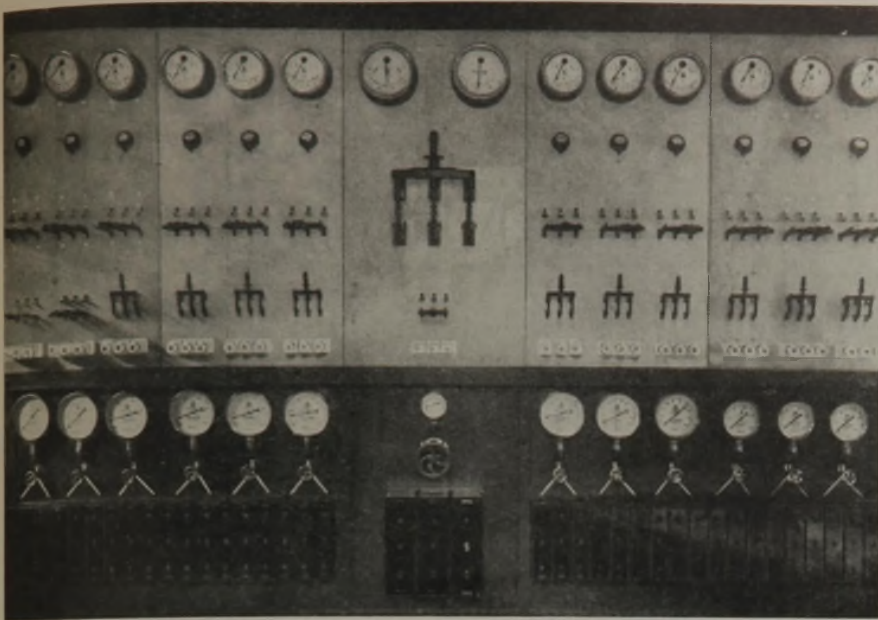


Abb. 12. Parallelmauer am Umformerwerk Alexanderplatz zu Berlin. Schaltstelle für die Tiefbrunnensenkung.

malig, von der Siemens-Bauunion eine „Schaltstation“ oder „Schaltstelle“ eingerichtet, indem die elektrischen Schalteinrichtungen nicht getrennt an jedem Brunnen für sich, wie bei den ersten Versuchsbetrieben, sondern auf einer gemeinsamen Schalttafel angebracht wurden. Zu dieser Schalttafel (Abb. 12) führen von außen die Kabel des Betriebs- und Reservestromes, und von ihr gehen ab die Zuleitungskabel zu den einzelnen Brunnen und die sonst noch erforderlichen Kontroll- und Luftleitungen. Die Überwachung der Grundwasserabsenkungsanlage, die mitunter recht verwickelt und schwer zugänglich sein kann, wird durch die Einrichtung solcher Schaltstellen sehr übersichtlich, klar, einfach und zuverlässig. Die Anzahl der Schaltstellen auf einer Baustelle hängt von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab. Die Zahl der angeschlossenen Brunnen kann 12 bis 15 Stück betragen. Diese Zahl entspricht etwa 30 bis 40 Stück normaler Staffelbrunnen, von denen selten mehr als 20 an eine Pumpstelle angeschlossen sind.

Ursprünglich sollte nur die unmittelbar neben dem Umformerwerk gelegene Parallelmauer zunächst fertiggestellt werden, damit der Bau des Umformerwerks selbst beginnen konnte. Da es sich jedoch zeigte, daß die Absenkungsanlage mit einer leicht auszuführenden Ergänzung imstande sein würde, die für die Herstellung des gesamten Tunnelbauabschnittes neben dem Umformerwerk notwendige Spiegel-senkung herbeizuführen, erhielt die Siemens-Bauunion den Auftrag, die Gesamt-tunnelbauarbeiten sofort im Anschluß an den Bau der Parallelmauer zu beginnen. Diese Bauarbeiten umfaßten auch den Anschluß an das in der Kaiser-Wilhelm-Straße bereits früher fertiggestellte Tunnelstück. Interessant ist besonders, daß die ebenfalls schon fertige Unterföhrung der Ecke Kaiser-Wilhelm- und Münz-Straße unterfangen werden mußte, da die neue Tunnelführung an dieser Stelle eine tiefere Lage der Bahn vorsieht, als wie sie ursprünglich geplant war.

Für diese Unterföhrungsarbeiten war es von besonderem Wert, durch Anwendung der Tiefbrunnensenkung die notwendige Grundwasserabsenkung in gewünschtem Umfange ohne irgendwelche Sondereinrichtungen, wie z. B. Rohrgräben, zu erreichen. Die Anlage für die Unterföhrungsarbeiten an der Ecke Münz- und Kaiser-Wilhelm-Straße bestand aus 11 Tiefbrunnen, die mit SSW-Tiefbrunnenpumpen (Konstruktion des Elmo-Werkes) ausgerüstet wurden.

Die Anlage war in Betrieb vom 5. Dezember 1927 bis 20. November 1928. Nach 4000stündigem Dauerbetrieb werden die Tiefbrunnenpumpen jeweilig auf ihren Betriebszustand untersucht. Bei der hier beschriebenen Anlage ergaben die Betriebsuntersuchungen einen so guten Betriebszustand, daß die Tiefbrunnenpumpen ohne Überholung während des ganzen Bauabschnittes — 11½ Monate lang — ununterbrochen in Betrieb belassen werden konnten. Die an die Betriebssicherheit der Tiefbrunnenpumpe gestellten Forderungen, die auf eine ununterbrochene Betriebszeit von 2 Monaten bemessen worden sind, sind also erheblich überschritten worden.

b) Die Grundwasserabsenkung mit Tiefbrunnen bei Ausführung des Loses XX der Schnellbahn Gesundbrunnen-Neukölln.

Die Bauarbeiten dieses Loses, das unter anderem die schwierige Unterföhrung des Häuserblocks im Straßenviereck Schickler-, Dirksen-



Abb. 15. Untergrundbahnbau mit Tiefbrunnensenkung in der Alexanderstraße zu Berlin. (Rampenstrecke der neuen Spreekreuzung an der Jannowitzbrücke.) Blick in die Alexanderstraße in Richtung Jannowitzbrücke während des Einbaues der behelfsmäßigen Baugrubendecke.

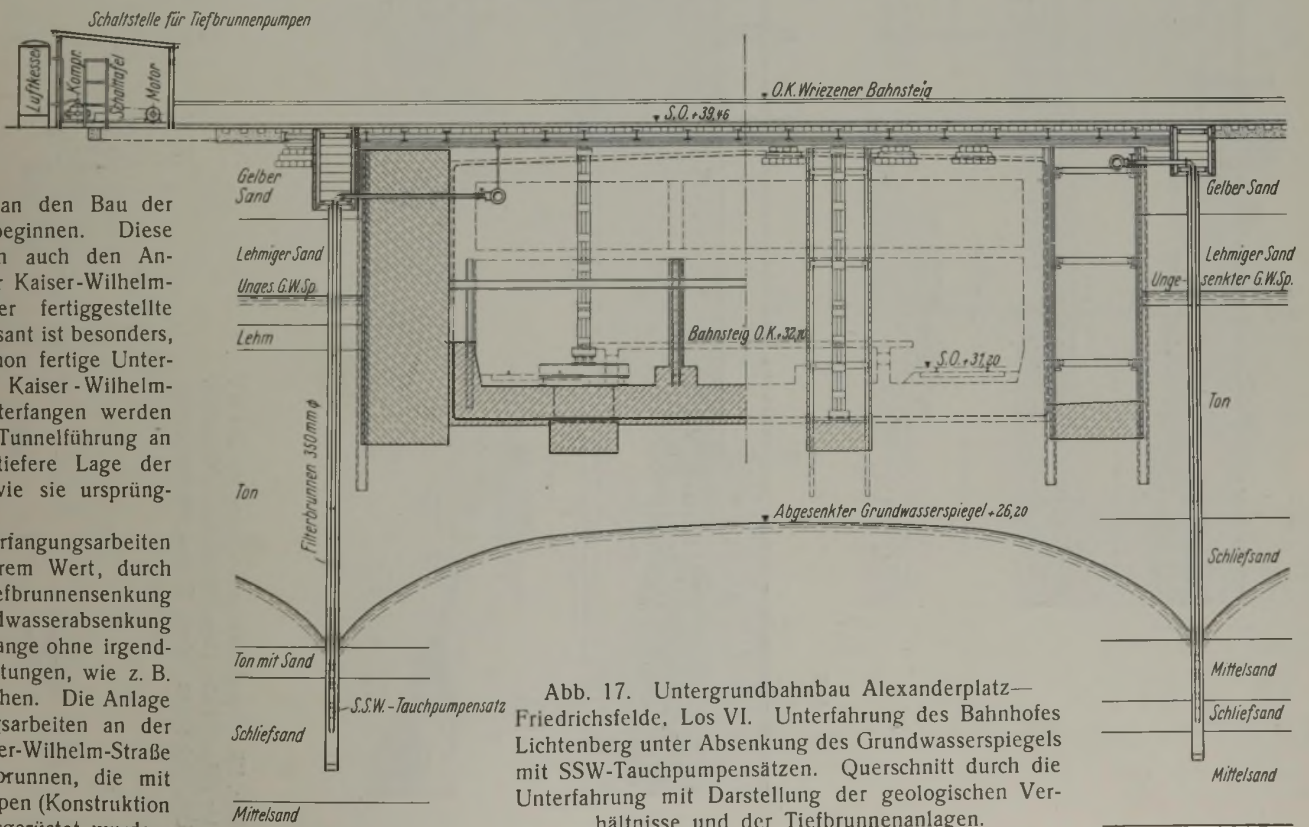


Abb. 17. Untergrundbahnbau Alexanderplatz—Friedrichsfelde, Los VI. Unterföhrung des Bahnhofes Lichtenberg unter Absenkung des Grundwasserspiegels mit SSW-Tauchpumpensätzen. Querschnitt durch die Unterföhrung mit Darstellung der geologischen Verhältnisse und der Tiefbrunnenanlagen.

Abb. 14. Grundwasserabsenkung für Los XX der Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln. Längenschnitt mit Darstellung der geologischen Verhältnisse und der Absenkung.

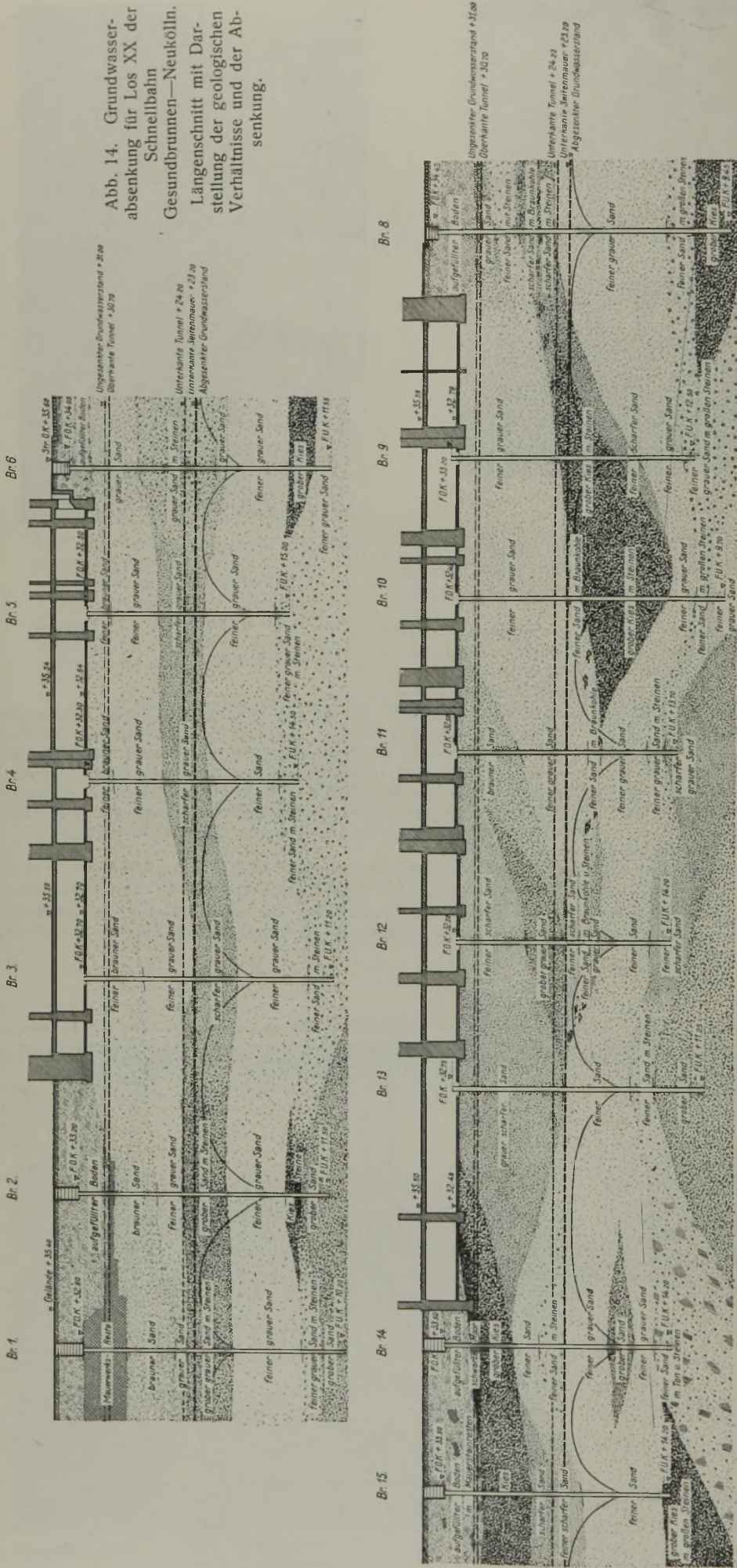


Abb. 13. Grundwasserabsenkung für Los XX der Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln. Übersichtsplan der Tiefbrunnensenkungsanlage.

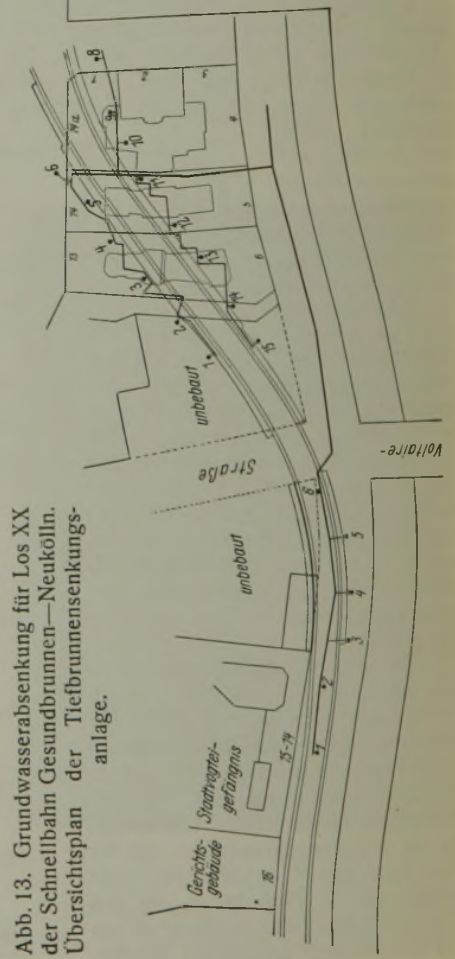
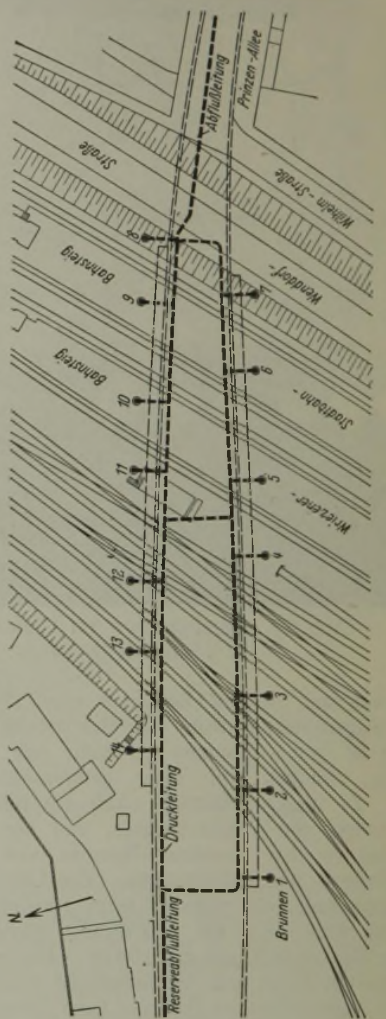


Abb. 16. Untergrundbahn Alexanderplatz—Friedrichsfelde, Los VI. Unterführung des Bahnhofes Lichtenberg unter Absenkung des Grundwasserspiegels mit SSW-Tauchpumpensätzen. Anordnung der Pumpen im Grundriß.



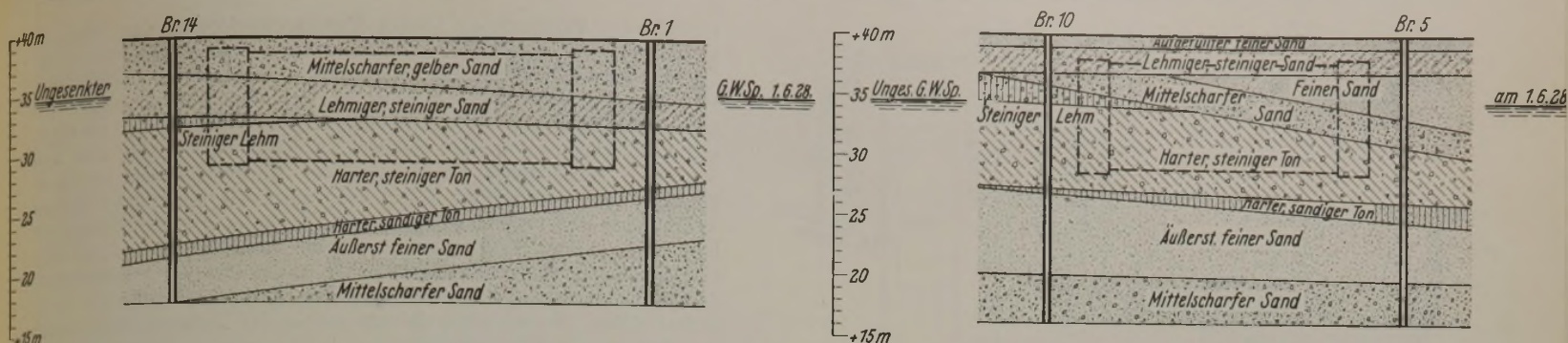


Abb. 18. Untergrundbahnbau Alexanderplatz—Friedrichsfelde, Los VI. Unterfahrung des Bahnhofes Lichtenberg unter Absenkung des Grundwasserspiegels durch SSW-Tauchpumpensätze. Geologische Querschnitte.

Voltaire-, Alexander-Straße umfaßt, liegen in der Hand der Aktiengesellschaft für Bauausführungen, Berlin. Die erforderliche Grundwasserabsenkung wird ausschließlich mit Tiefbrunnennumpen, die in rd. 20 m tiefen Tiefbrunnen eingebaut sind, von der Siemens-Bauunion durchgeführt. Wie aus Abb. 13 ersichtlich, ist die Absenkungsanlage in zwei voneinander getrennte Abschnitte unterteilt, deren jeder an eine besondere Schaltstelle angeschlossen ist. Der wichtigere Abschnitt ist der der Schaltstelle I. Wir haben es hier mit dem Fall einer Tiefsenkung im eng gebauten Gelände zu tun. Abb. 5 zeigt die grundsätzliche Anordnung der Brunnen im Verhältnis zur Baugrube im Querschnitt. Es sind zwei Parallelmauern unter den bestehenden Häuserfundamenten herzustellen. Die Parallelmauern sollen eine schwere Decke tragen, auf die die Lasten der vorhandenen Gebäude abzusetzen sind. Schließlich ist unter dieser Decke der Tunnel als besonderes Bauwerk einzubauen. Der wesentliche Vorteil der Tiefbrunnen ist leicht zu erkennen: Die Brunnen können außerhalb der Baugrube von den benachbarten Kellerräumen gebohrt werden, die Abflußleitung kann ebenfalls so angeordnet werden, daß der eigentliche Baubetrieb in keiner Weise gestört wird. Jegliche Hilfsbaugrube entfällt, der Betrieb wird zentral von einer Stelle (Schaltstelle) aus überwacht. Die Schaltstelle I wurde im Keller des Hauses Dirksenstraße 5 untergebracht. Es sind 14 Stück Tiefbrunnen eingebaut und an die Schaltstelle I angeschlossen, während es bei Schaltstelle II 6 Stück sind. Der Betrieb wurde bei Schaltstelle I am 7. Mai 1928 eröffnet, bei Schaltstelle II am 12. Juli 1928. Insgesamt werden rd. 200 l/sek Wasser gefördert. Der normale Grundwasserspiegel liegt bei +31,50. Infolge der in der Nachbarschaft im Gange befindlichen Grundwasserabsenkungen war bei Betriebsbeginn schon eine Spiegelsenkung bis +28,00 zu verzeichnen. Nach Inbetriebnahme der 20 Brunnen der beiden Schaltstellen I und II sank der Spiegel bis auf +20,00, so daß er zurzeit 11,5 m abgesenkt ist. Über die Zusammensetzung des Untergrundes gibt Abb. 14 Aufschluß. In der Hauptsache treten gut durchlässige Sande und Kiese auf, die sehr wechselnd und fast regellos gelagert sind. An einzelnen Stellen wurden auch tonige Beimengungen angetroffen, und mehrfach fanden sich Einlagerungen von Findlingen. Die Anlage soll noch bis Herbst 1929 in Betrieb bleiben.

c) Tiefbrunnen bei der Ausführung der Rampenstrecke Alexanderstraße des neuen Spreetunnels an der Jannowitzbrücke, Berlin.

Während für den eigentlichen Spreekreuzungsabschnitt von vornherein Tiefbrunnensenkung mit Hilfe von Tiefbrunnennumpen vorgesehen worden war, sollte die Rampenstrecke in der Alexanderstraße ursprünglich durch eine Staffelanlage mit Kreiselpumpenbetrieb trocken gelegt werden. Die notwendige Absenkungstiefe beträgt, wenn von dem normalen Grundwasserspiegel ausgegangen wird, einschließlich der erforderlichen Sicherheit rd. 10 m. Diese Absenkungstiefe hätte eine dreistufige Anlage bedingt. Unter Berücksichtigung der bei Baubeginn bereits durch die Wirkung benachbarter Absenkungsanlagen vorhandenen Absenkung hätte voraussichtlich eine Staffel erspart werden können. Von der Anwendung der Staffelsenkung wurde indessen abgesehen, und es wurde Tiefbrunnensenkung auch für diesen Bauabschnitt vorgesehen. Neben den günstigen Erfahrungen, die mit der Tiefbrunnensenkung bereits bei anderen Untergrundbahnbaubauabschnitten gemacht worden waren, sprachen für diesen Entschluß vor allem Gründe, die in den schwierigen örtlichen Verhältnissen begründet waren. In der an sich schon engen Alexanderstraße (Abb. 15) ist an der in Rede stehenden Strecke der Bahnhof Jannowitzbrücke vorgesehen. Hierdurch wird eine Baugrubenbreite notwendig, die nahezu die gesamte Straßenbreite einnimmt, und es war notwendig, in der Alexanderstraße von der Kreuzung mit der Stadtbahn angefangen, bis zur Schicklerstraße sämtliche Häuser durch Unterfangen und Tieferführen der straßenseitigen Fundamente zu sichern. Diese schon vor dem eigentlichen Aushub der Tunnelbaugrube notwendigen Maßnahmen, die durch die tiefe Lage der Baugrubensohle erschwert waren, konnten durch die Anwendung der Tiefbrunnensenkung sehr bequem unter Ersparung

besonderer Hilfsbaugruben, wie sie bei der Staffelsenkung erforderlich gewesen wären, schnell und sicher ausgeführt werden. Mit Ausnahme zweier Tiefbrunnen konnten alle übrigen außerhalb des eigentlichen Tunnelquerschnitts unter Ersparung von Brunnentöpfen eingebaut werden. Die üblichen seitlichen Baugrubenwände aus gerammten I-Profilen und dazwischengespannten Bohlen konnten fast auf der ganzen Strecke erspart werden, da die vor dem Baugrubenaushub ausgeführten Unterfangungsmauern der Frontwände der Häuser als seitliche Einfassung der Baugrube dienen konnten. Die auch auf Abb. 30 ersichtliche Tiefbrunnensenkung erhielt insgesamt 21 Tiefbrunnen, deren Tiefbrunnennumpen an eine an der Ecke Alexanderstraße-Holzmarktstraße am Bürgersteig errichtete Schaltstelle (W. H. 1) angeschlossen wurden.

d) Die Tiefbrunnennumpenanlage bei der Unterfahrung des Bahnhofes Lichtenberg durch die neue Schnellbahn nach Lichtenberg-Friedrichsfelde im Bereiche des Loses VI.

Die schwierigste Aufgabe bei der Ausführung des Loses VI der neuen Schnellbahn nach Lichtenberg—Friedrichsfelde ist die Unterfahrung des Bahnhofes Lichtenberg mit seinem überaus starken Betrieb auf allen von der Untergrundbahn zu unterfahrenden Gleisen. Der Entwurf sah auch hier in ähnlicher Weise wie bei der Unterfahrung von Häuserblocks vor, zunächst seitlich des eigentlichen Tunnelkörpers Schlitzte herzustellen zur Durchführung seitlicher Parallelmauern. Nach deren Fertigstellung können die Betriebsgleise zwischen den beiden Parallelmauern behelfsmäßig unterfangen und der eigentliche Tunnelbau in Angriff genommen werden. Da auf den Gütergleisen nur an den Sonntagen Betriebspausen vorkommen, so konnten alle vorbereitenden Arbeiten an diesen Gleisen einschließlich der Bohrarbeiten für die Grundwasserabsenkung nur an den Sonntagen ausgeführt werden. Da die Baustelle an den Wochentagen im Bereiche der Gleise von oben her nicht zugänglich war und andererseits nur kurze Zeit für unvermeidliche Hilfsarbeiten zur Verfügung stand, war es notwendig, die Bauausführung entsprechend einzurichten und solche Bauverfahren zu wählen, die sich diesen Verhältnissen anpaßten. Für die Grundwasserabsenkung bot die Anwendung von Tiefbrunnen mit Tiefbrunnennumpen (Abb. 16 u. 17) hier den Vorteil, die Zahl der von oberhalb der Gleise aus zu bohrenden Brunnen weitgehend einzuschränken, die notwendige Absenkung in einem einzigen Abschnitt ohne Zwischenarbeiten zu erreichen und ferner alle Hilfsbaugruben für Rohrleitungen und Pumpensätze zu vermeiden und dadurch die hiermit verbundenen Erd- und Abstützungsarbeiten.

Die Untergrundverhältnisse weichen von den vorherrschenden Berliner Verhältnissen insofern ab, als im Bereiche der Baustelle Ton- und Gipschiebemergel-Schichten auftreten, die die Sandlagerungen gewissermaßen in ein oberes und ein unteres Stockwerk trennen (Abb. 18). Da indessen die undurchlässigen Schichten in nicht allzu großer Entfernung von der Baustelle auskeilen, so treten keine getrennten Grundwasserstockwerke auf, und ein Betrieb von Absenkungsbrunnen, die Wasser unterhalb der wasserundurchlässigen Schichten aufnehmen, mußte naturgemäß auch die sofortige Absenkung auf der oberen Seite der undurchlässigen Schichten bringen.

III. Die Grundwasserabsenkung bei der Ausbesserung eines Trockendocks in Kiel als Beispiel einer Tiefbrunnensenkung im Wasserbau.

a) Bauaufgabe, Notwendigkeit der Grundwasserabsenkung.

Die in den Jahren 1897 bis 1902 erbauten Docks V und VI in Kiel sind mit Hilfe einer Taucherglocke⁴⁾ hergestellt worden. Über Ausbesserungsarbeiten an Dock V in den Jahren 1908 bis 1910 berichten Behrendt und Franzius⁵⁾. In den letzten Jahren zeigten sich auch an

⁴⁾ Franzius u. Mönch, Der Bau der neuen Trockendocks auf der Kaiserlichen Werft in Kiel, Zeitschr. f. Bauwesen 1903, S. 291 u. 295.

⁵⁾ Behrendt u. O. Franzius, Der Unfall und die Wiederherstellung von Dock V auf der Kaiserlichen Werft in Kiel, Zeitschr. f. Bauwesen 1912, S. 613.

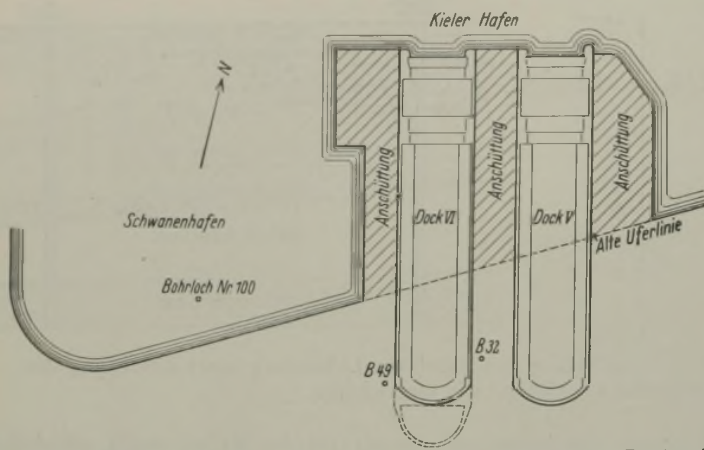


Abb. 19. Die Grundwasserabsenkung bei der Ausbesserung des Dockes VI in Kiel. Lageplan des Dockes.

Dock VI Schäden durch Rissebildung in der Sohle, in den Seitenwänden durch Setzungen, insbesondere bei der Steuerbord-Seitenmauer, und beim Lenzen des Dockes durch starke Quellerscheinungen, die durch Mitreißen von Teilen des Untergrundes besonders gefährlich waren und zum Nachdenken mahnten.

Der Wiederherstellungsplan sah vor, an den gefährdeten Abschnitten eine neue, aus möglichst dichtem Beton bestehende Eisenbetonschale

auszuführen, die durch ein starkes Walzträgergerippe gestützt und durch kräftige Stahlanker mit Sohle und Seitenwand verbunden werden sollte. Da die nutzbaren Lichtmaße des Dockes nicht eingeschränkt werden dürfen, so wurde vorgesehen, von der Sohle und den Seitenwänden so viel Beton zu beseitigen, daß die erwähnte neue Schale innerhalb der bisherigen Lichtmaße eingebaut werden konnte. Zu der schon durch die Risse und Setzungen entstandenen Schwächung des Bauwerks kommt bei dieser Bauausführung eine weitere Schwächung durch das zeitweilige Entfernen wesentlicher und tragender Bestandteile. Wenn es sich auch ermöglichen ließ, diese Schwächung nur auf kürzere Abschnitte der Mauerlänge zu beschränken, so erschien es zur Gewährleistung der Standsicherheit des Bauwerks während der Bauausführung doch zweckmäßig, die durch äußere Kräfte hervorgerufene Beanspruchung des Bauwerks entsprechend der Verminderung der Tragfähigkeit herabzusetzen. Dieses Ziel war durch die Absenkung des Grundwassers zu erreichen, da entsprechend der Senkung der aktive seitliche Wasserdruck auf die Seitenmauern und der auf die Sohle wirkende Auftrieb abnimmt. Entscheidend für den Entschluß, die Grundwasserabsenkung anzuwenden war die Notwendigkeit, die Arbeiten ohne Behinderung durch Wasserzuflüsse auszuführen. Insbesondere wurde ein Versiegen, zumindest ein Nachlassen der beim Leerpumpen des Dockes zu beobachtenden Quellen aus den Rissen der Sohle erwartet.

b) Die hydro-geologischen Grundlagen.

Die Ausführungsmöglichkeit der Grundwasserabsenkung ist abhängig von den örtlichen Verhältnissen, z. B. von der Lage der Baugrube zu offenen Wasserläufen, hauptsächlich aber von der Beschaffenheit des Untergrundes. Die beiden nebeneinanderliegenden Docks V und VI sind so errichtet worden, daß sie etwa mit der halben Länge über die natürliche Uferlinie hinausreichen. Die in den Hafen hineinragenden Seitenmauern des Dockes VI sind mit Sand hinterfüllt worden (Abb. 19). Nur durch diese verhältnismäßig schmalen Anschüttungen war also der die alte Uferlinie überschreitende Teil des Dockes vom offenen Hafenbecken getrennt, und es war daher geboten, dem von der Seite kommenden Wasserandrang besondere Beachtung zu schenken, dies um so mehr, als Erfahrungen über eine wahrscheinliche, aber nicht sicher erwiesene Selbstdichtung der Hafensohle durch Sinkstoffe nicht zur Verfügung standen. Im übrigen war betreffs der Zusammensetzung des Untergrundes in der

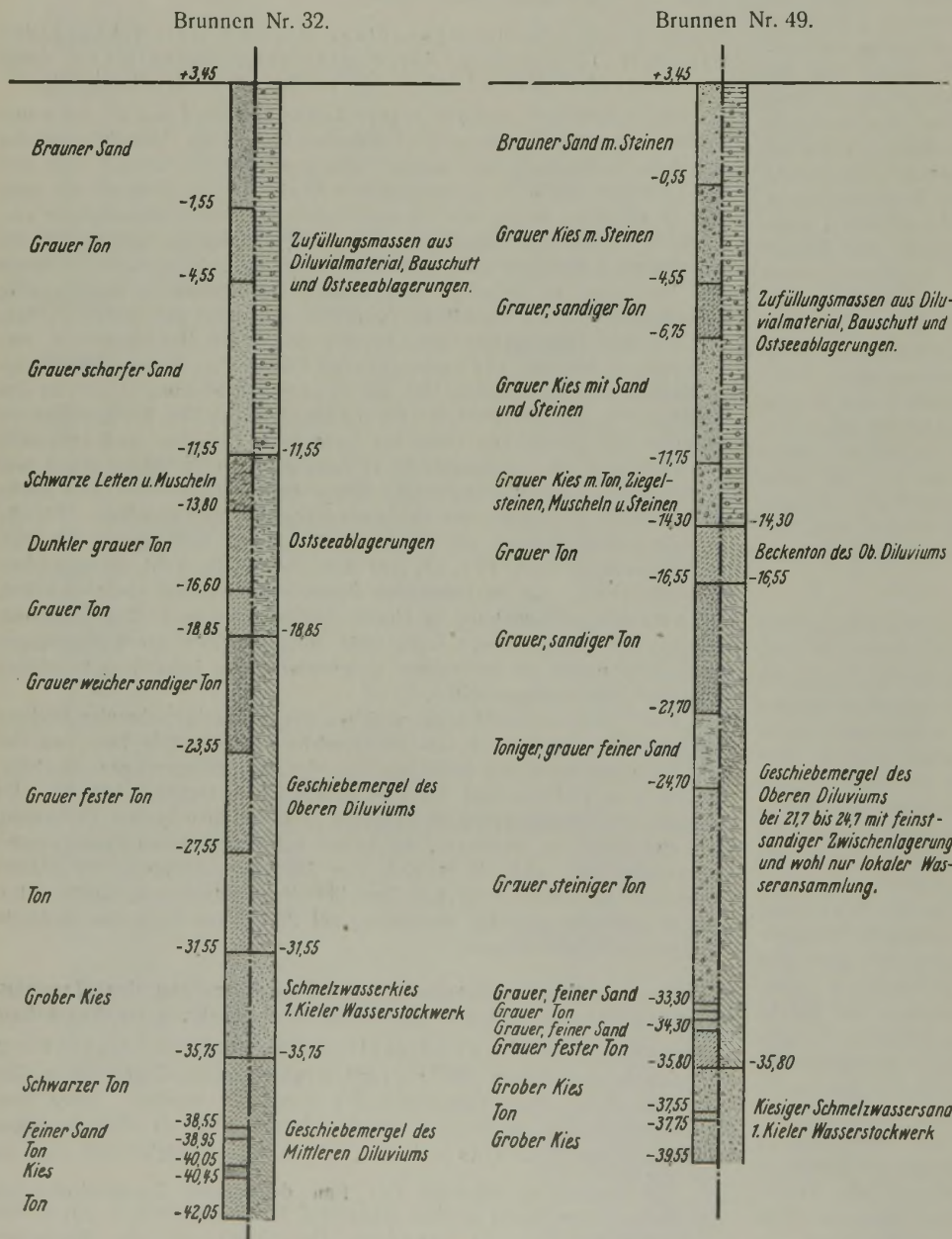


Abb. 20.

Abb. 20 u. 21. Geologischer Aufbau des Untergrundes in der Nähe des Dockes VI.

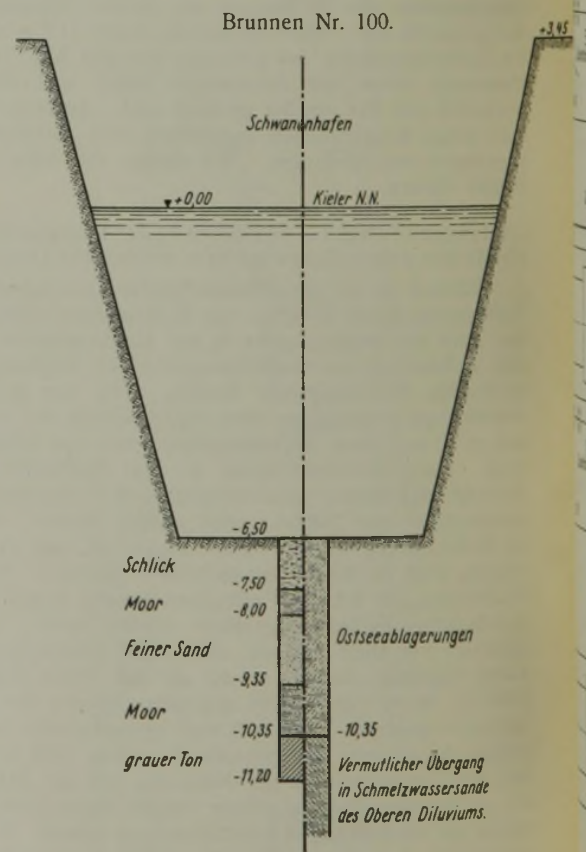


Abb. 21.

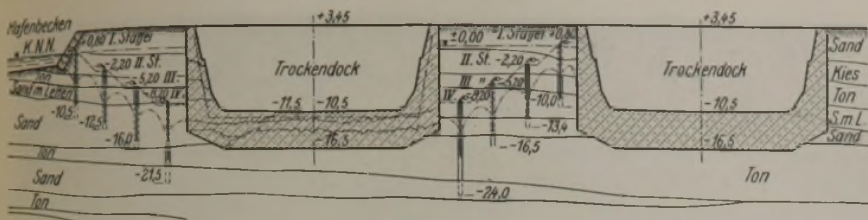


Abb. 22.

Entwurf I. Ausbesserung des Dockes VI in Kiel.
Ausführungsmöglichkeiten für die Grundwasserabsenkung.
Staffelsenkung außerhalb des Bauwerkes bei Anlage von Böschungen
(nicht ausgeführt).

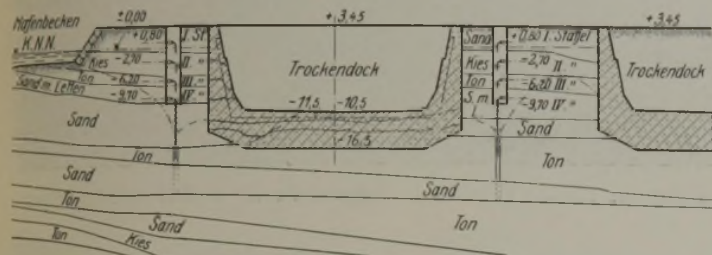


Abb. 23. Entwurf II. Ausbesserung des Dockes VI in Kiel.
Ausführungsmöglichkeiten für die Grundwasserabsenkung. In sich gestaffelte Brunnen außerhalb des Bauwerkes unter Zuhilfenahme von Hilfsbaugruben (nicht ausgeführt).

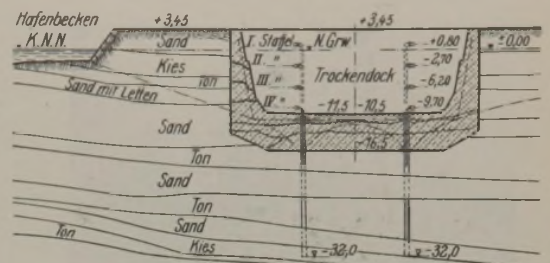


Abb. 24. Ausbesserung des Dockes VI in Kiel.
Ausführungsmöglichkeiten für die Grundwasserabsenkung. Staffelsenkung mit in sich gestaffelten Brunnen innerhalb d. Bauwerkes (nicht ausgeführt).

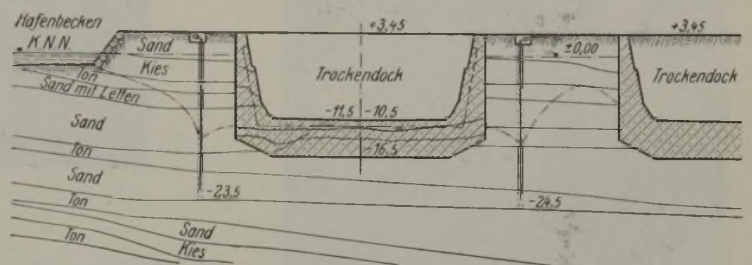


Abb. 25.

Ausbesserung des Dockes VI in Kiel.
Ausführungsmöglichkeiten für die Grundwasserabsenkung.
Die zur Ausführung gekommene Tiefbrunnensenkungsanlage.

Nähe des Docks bekannt, daß in der Richtung von oben nach unten bis zu einer ungefähren Tiefe in Höhe der Docksohle ein Gemisch von Sand und Kies (Füllboden) ansteht, sodann folgt Ton und Geschiebemergel

mit Sandeinlagerungen. Die Erreichung einer Absenkung des freien Grundwasserspiegels bis nahe zur Docksohle hing demgemäß hauptsächlich von der Größe des Wasserandranges vom Hafenbecken her ab. Da zunächst erwartet wurde, daß die Quellen durch Sandadern und dünne sandige Schichten unter der Docksohle ausschließlich von der über dem Ton anstehenden Sand-Kies-Schicht gespeist würden, so durfte als Folge der Absenkung mit einem Nachlassen der Quellen gerechnet werden.

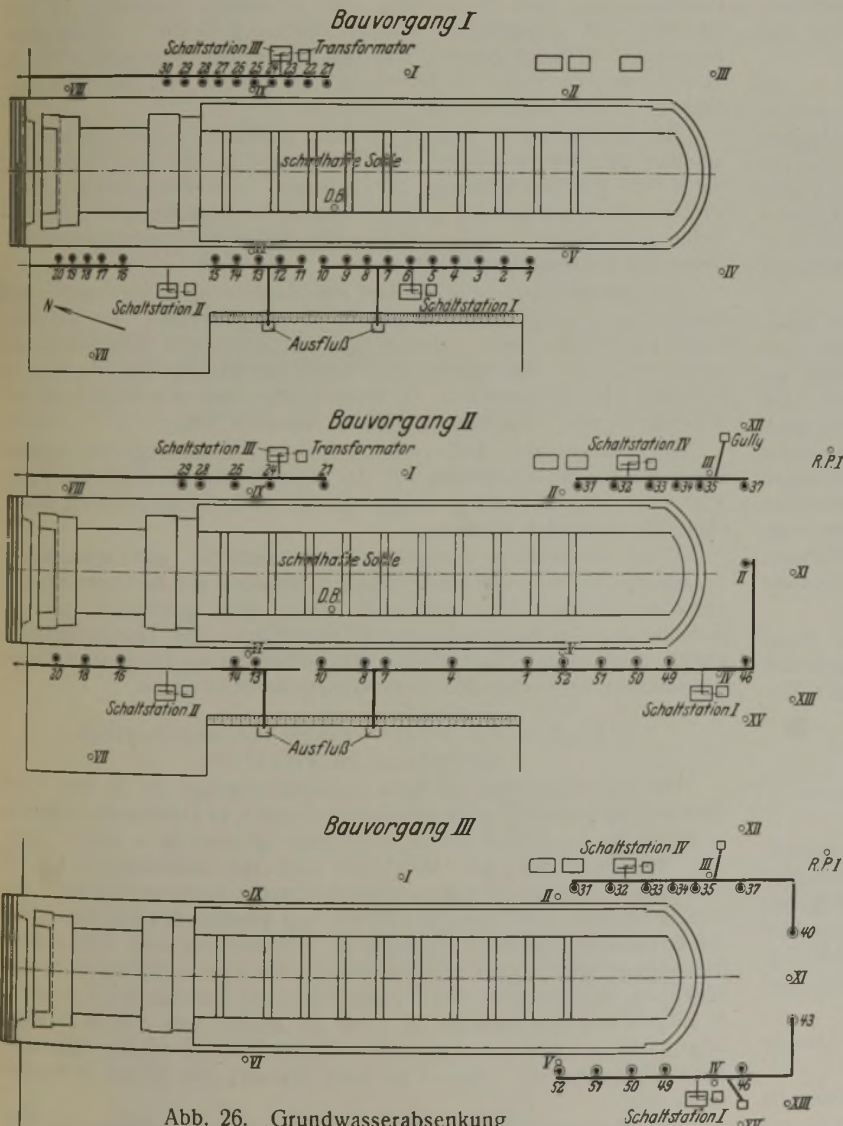


Abb. 26. Grundwasserabsenkung bei der Ausbesserung des Dockes VI in Kiel. Grundsätzliche Anordnung der Tiefbrunnensenkungsanlage während der drei Bauabschnitte.



Abb. 27. Ausbesserung des Dockes VI in Kiel. Eine Serie von SSW-Tauchpumpensätzen fertig zum Einbau über den zugehörigen Brunnenreihen. In dem Holzkasten neben den Brunnen sind die Anschlußkabel für die Tauchpumpensätze geführt, darunter die Abflußleitung, an die die Druckrohre der Pumpen angeschlossen werden.

Wie sich bei der Ausführung der Absenkung zunächst ergab, entsprach die Verminderung des Auftriebes nicht der an der Außenseite des Dockes erreichten Absenkung. Deutete diese Erscheinung schon darauf hin, daß die in der Sohle beobachteten Quellen aus tieferen artesischen Grundwasserstockwerken gespeist wurden, so fand diese Auffassung noch eine weitere Bestätigung durch die Feststellung verschiedenartiger Beimengungen des anfangs aus



Abb. 28. Ausbesserung des Dockes VI in Kiel. Anschluß eines SSW-Tauchpumpensatzes an das Zuleitungskabel; über dem langgestreckten Motor, der bereits 1 Stück in das Brunnenrohr herabgelassen ist, die Kreiselpumpe.

Brunnen gehobene Wasser ausgesprochen salzig war.

Prof. Dr. W. Wetzel, Kiel, hat in einem Gutachten über die für die Grundwasserabsenkung bei Dock VI maßgebenden Bodenprofile drei Profile, deren Proben von ihm untersucht wurden, gemäß Abb. 20 u. 21 geologisch gedeutet. Aus einem Vergleich dieser Profile mit drei anderen aus der Nachbarschaft, die von anderer Seite geologisch gedeutet sind, folgert Wetzel, „daß unter dem oberen Diluvium sich überall ganz gleichmäßig der vermutlich interglaziale Wasserhorizont hinzieht, der das erste nicht oberflächen-abhängige Wasserstockwerk im Kieler Untergrund ist“.

Normalerweise macht sich dieser Wasserhorizont, der durch Oberflächenwasser aus größerer Entfernung gespeist wird, nach oben hin nicht bemerkbar. Im allgemeinen dichtet der Geschiebemergel nach oben hin praktisch vollkommen ab. Wetzel hält es jedoch für möglich, daß der Wasserandrang an der Docksohle von diesem I. Kieler Stockwerk aus gesteigert wird, dadurch daß dieses Stockwerk künstlich angeritzt sein kann, oder womöglich auch dadurch, daß örtliche tektonische Störungen den Untergrund etwas aufgelockert bzw. den Schichtverband unterbrochen haben. Ferner kommt nach Wetzel in Betracht, daß gerade in der landwärtigen Umgebung der Dockanlagen der obere Teil des oberen Diluviums sandige Ausbildung besitzt und demzufolge oberflächlichen Sickerwässern Eingang gewährt.

Daß tatsächlich eine Verbindung vom I. Kieler Stockwerk zur Docksohle besteht, zeigte sich, als ein Teil der Brunnen bis in das genannte Stockwerk vertieft wurde, durch weiteres Nachlassen oder völliges Versiegen der Quellen.

c) Die Wahl des Absenkungssystems.

Vergleich der Tiefbrunnensenkung mit den möglichen Ausführungsweisen der Staffelsenkung.

Ohne Anwendung von Tiefbrunnenpumpen wäre die Grundwasserabsenkung für Dock VI wegen Platzmangels und der kaum zu vermeidenden Störung des Werftbetriebes geradezu unmöglich gewesen. Der nachfolgende Vergleich der Tiefbrunnensenkung mit verschiedenen Ausführungsweisen der Staffelsenkung zeigt die Vorteile der Tiefbrunnensenkung augenfällig. Folgende Ausführungsweisen der Staffelsenkung mit Kreiselpumpe sind zu nennen:

1. Freilegen der Seitenmauern und Einbau einer Staffelsenkungsanlage auf den Böschungen der ausgehobenen Baugrube (Abb. 22).

2. Staffelsenkungsanlage mit in sich gestaffelten Brunnen außerhalb der Dockkammer unter Verwendung von schmalen Hilfsbaugruben mit lotrechten Wänden zur Aufnahme der Saugleitungen der tieferen Staffeln und deren Pumpensätzen (Abb. 23).

den Absenkungsbrunnen außerhalb der Dockgründfläche geförderten Wassers und des durch die Risse der Docksohle hochquellenden Wassers. Das Quellwasser zeigte vorwiegend „süßen“ Charakter, während das aus den

3. Staffelsenkungsanlage mit in sich gestaffelten Brunnen innerhalb der Dockkammer (Abb. 24).

Die Ausführung nach 1. nimmt den ganzen wertvollen Platz rings um das Dock herum in Anspruch; sie erfordert erhebliche Erdarbeiten und eine lange Bauzeit; sie hat den Vorzug, daß die Seitenmauern völlig entlastet werden.

Die Ausführung nach 2. kann auch so angeordnet werden, daß die Hilfsbaugrube unmittelbar hinter den Seitenmauern liegt. Die Seitenmauern werden nicht völlig vom Erddruck entlastet; die Herstellung der Hilfsbaugruben, ihre Aussteifung und allmähliche Vertiefung ist umständlich und zeitraubend. Bei der Staffelnung in sich wird gegenüber Ausführung 1. Gerät gespart, aber auf Kosten der Betriebssicherheit, da immer nur eine Staffel in Betrieb ist. Im ganzen wird gegenüber Ausführung 1. eine Kostenersparnis eintreten.

Bei Ausführung 3. wird noch mehr an Kosten gespart, da die Erdarbeiten gänzlich entfallen. Sehr nachteilig ist das Durchbohren der Sohle für die Durchführung der Brunnen. Die Festigkeit der Sohle wird hierdurch weiter herabgesetzt. Die spätere Abdichtung der Brunnenlöcher macht Schwierigkeiten und Kosten. Die Absenkungsanlage behindert ferner die Ausbesserungsarbeiten.

Im vorliegenden Falle müßte von Ausführung 3. auch wegen der eigenartigen geologischen Verhältnisse abgesehen werden. Die unter der Sohle anstehenden mehr oder weniger undurchlässigen Tonschichten und Mergelbänke des oberen Diluviums hätten die Wirkung von Filterbrunnen innerhalb der Dockkammer so beeinträchtigt, daß eine wesentliche Absenkung an den Seitenmauern nicht zu erwarten war.

Die Mängel der drei vorbeschriebenen Ausführungsarten konnten durch die für die Ausführung von der Bauabteilung der Deutschen Werke Kiel, der die Bauleitung oblag, gewählte Tiefbrunnensenkungsanlage (Abb. 25) vermieden werden.

Unter Vermeidung kostspieliger, umständlicher und zeitraubender Erdarbeiten konnten die notwendigen Tiefbrunnen auf der Dockaußenseite eingebaut werden. Die Docksohle wurde nicht geschwächt, und eine Schmälerung des Bauplatzes wurde vermieden. Die Tiefbrunnenanlage konnte auch so aufgebaut werden, daß keine Störung der schon im Gange befindlichen vorbereitenden Ausbesserungsarbeiten eintrat.

d) Einbau der Grundwasserabsenkungsanlage, Anordnung im einzelnen.

Die zur Ausführung gelangte Tiefbrunnenanlage ist in Abb. 26 im Grundriß dargestellt. Insgesamt wurden bisher 44 Tiefbrunnen eingebaut, in denen bis zu 30 Stck. Tauchpumpensätze gleichzeitig in Betrieb waren. Für die Schaltung der Maschinen sind vier Schaltstationen I bis IV vorgesehen, von denen bis zu drei gleichzeitig betrieben wurden. Entsprechend dem Ausführungsprogramm der Dockverstärkung, das vorsah, die Bauarbeiten auf der Hafenseite zu beginnen und nach der Landseite fortzuführen und zu beenden, schritt auch der Absenkungsbetrieb von der Hafenseite zur Landseite fort. Zuerst waren die Schaltstellen I, II und III in Betrieb mit den Brunnen Nr. 1 bis 30, sodann kam Station IV hinzu, und die Station I wurde umgebaut. Station II und III wurden dann außer Betrieb genommen. Zurzeit ist noch Station I und IV mit 14 Brunnen in Betrieb.

Als Maßnahme gegen den Wasserandrang in den Rissen der Sohle wurden neun (Steuerbordseite: Nr. 49, 50, 51 u. 52; Backbordseite: Nr. 32, 33, 34 u. 35) Brunnen bis zum I. Kieler Grundwasserstockwerk vertieft,

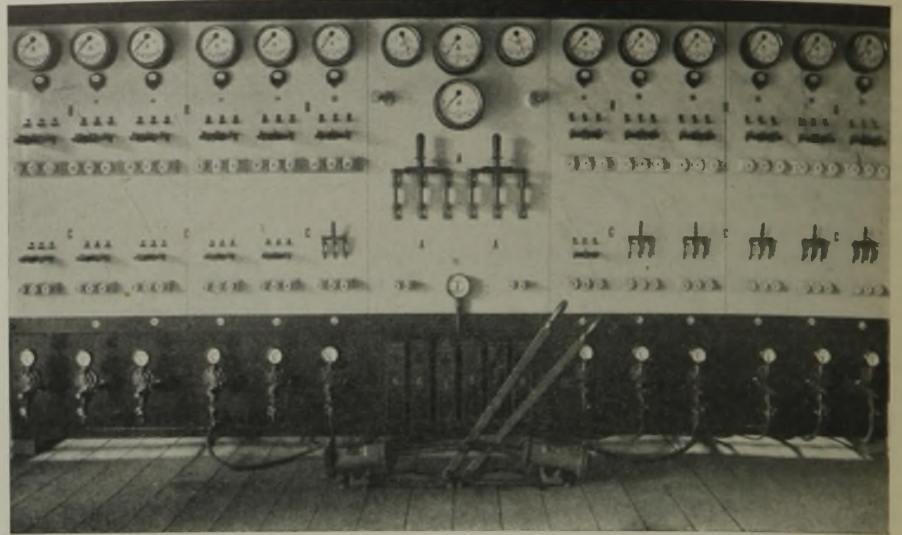


Abb. 29. Ausbesserung des Dockes VI in Kiel. Schaltstelle für 12 Tiefbrunnenpumpen.

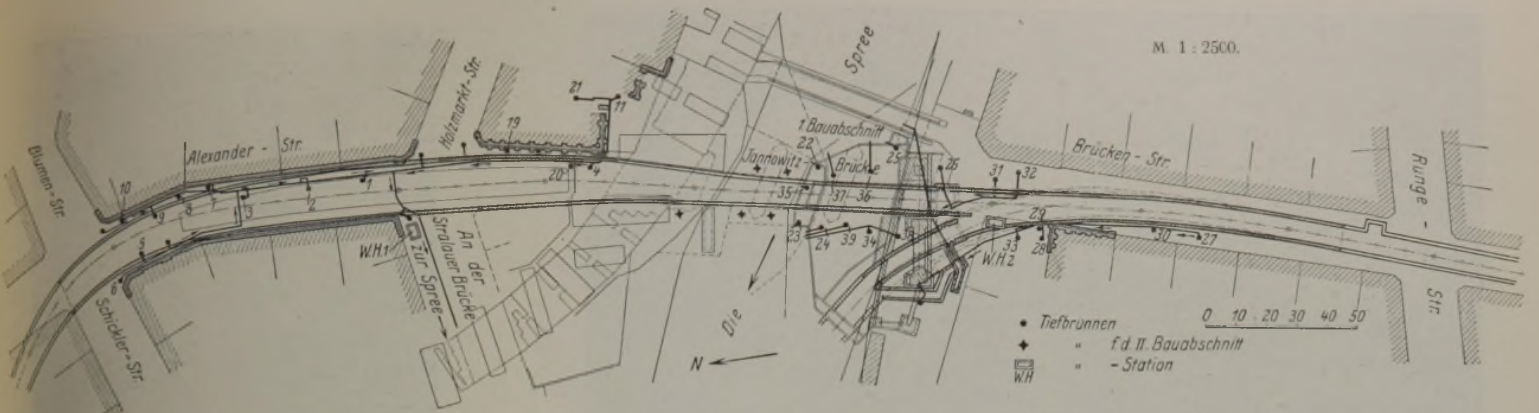


Abb. 30. Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln, Los XIX, Spreetunnel. Lageplan der Baustelle mit Eintragung der Tiefbrunnenanlage.

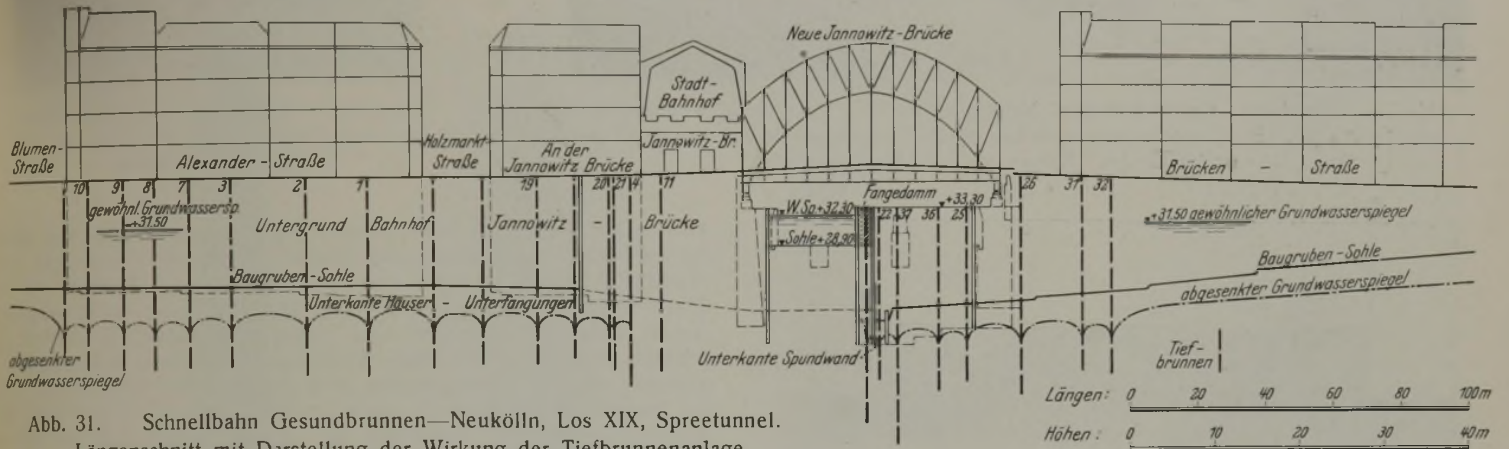


Abb. 31. Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln, Los XIX, Spreetunnel. Längenschnitt mit Darstellung der Wirkung der Tiefbrunnenanlage.

wobei auch allen höher gelegenen Sand-Einlagerungen gleichfalls durch entsprechende Filterkonstruktion Vorflut zu den vertieften Brunnen gegeben wurde.

Einzelheiten über den Einbau und die Anordnung der Absenkungsanlage zeigen Abb. 27, 28 u. 29. Die Betonarbeiten wurden durch die Firma Steffen Soest, Kiel, ausgeführt, während die Grundwasserabsenkung durch die Siemens-Bauunion durchgeführt wurde.

IV. Anwendung der Tiefbrunnensenkung mittels Tiefbrunnenpumpen bei der Unterfahrung von Wasserläufen.

In Abschnitt Ib wurde auf die Vorteile hingewiesen, die sich bei solchen Unterfahrungsbauten durch die Anwendung der Tiefbrunnen-

pumpe ergeben. Die erste praktische Anwendung der elektrischen Tauchpumpensätze bei einem Unterwassertunnel geschieht bei der neuen Spreekreuzung durch die Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln an der Jannowitzbrücke in Berlin.

Dieser Tunnelbau wird in zwei Abschnitten durchgeführt, indem zunächst vom linken Spreeufer aus durch eine Fangedammumschließung die Baugrube gegen das Spreebett abgeschlossen wird (Abb. 30). Nach Fertigstellung des ersten Abschnittes folgt der zweite vom rechten Spreeufer aus, wobei für diesen zweiten Abschnitt die Fangedammumschließung so angeordnet wird, daß sie das Endstück des im Abschnitt I fertiggestellten Tunnels mit umschließt. Die Trockenlegung der Baugrube geschieht ausschließlich durch Rohrbrunnen mit Tiefbrunnenpumpen. Die

Abb. 33. Kanaltunnel in Köln-Mülheim. Lageplan der Tiefbrunnenanlage.

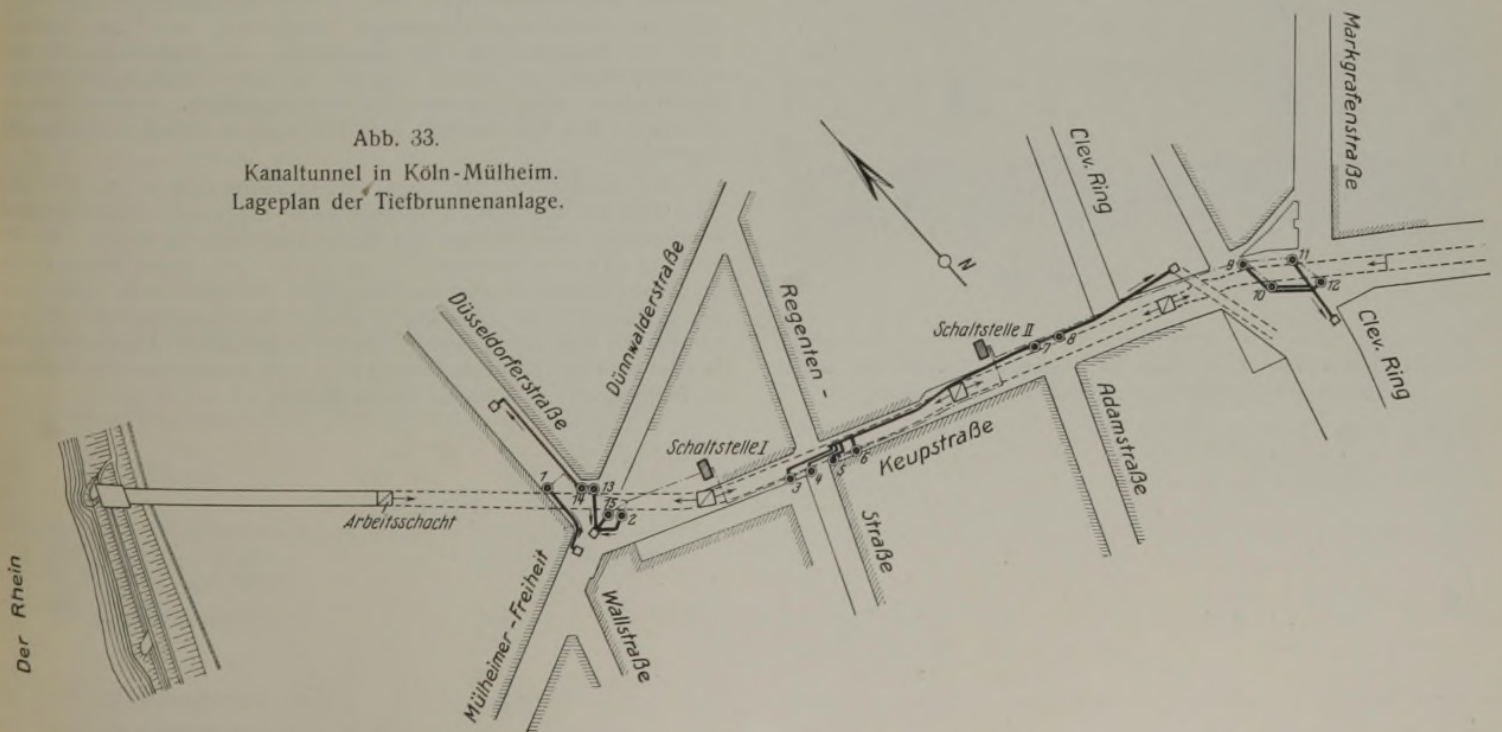




Abb. 32. Schnellbahn Gesundbrunnen—Neukölln, Los XIX, Spreetunnel. Bauabschnitt linke Spreeseite. Die Grundwasserabsenkung durch Tiefbrunnen in den Fangedämmen ist im Gange. Bohren weiterer Tiefbrunnen.



Abb. 35. Kanaltunnel Köln-Mülheim. Brunneneinbau an der Kreuzung mit der Düsseldorfer Straße.

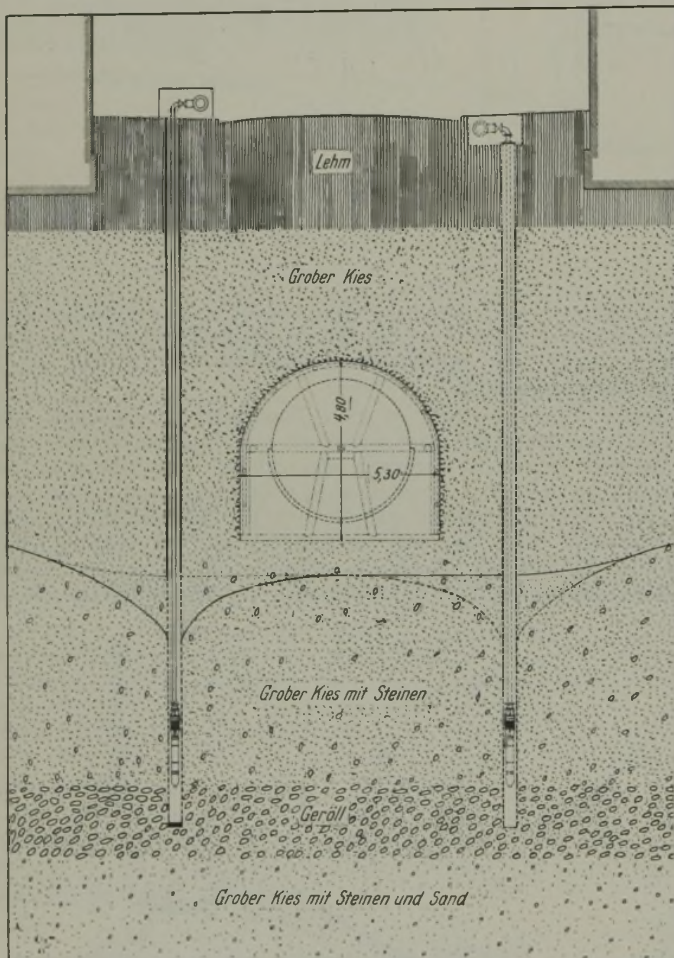


Abb. 34. Kanaltunnel Köln-Mülheim. Querschnitt durch den Kanal während des Vorbaues unter Grundwasserabsenkung.

Wirkung der im Bereich des Flußbettes angeordneten Brunnen wird durch die auf beiden Ufern bereits eingeleiteten Grundwasserabsenkungen noch verstärkt (Abb. 31). Zurzeit sind die Bauarbeiten im Abschnitt auf der linken Spreeseite im Gange (Abb. 32). Die Absenkung wurde allmählich erzielt, indem jeder Brunnen nach Fertigstellung sofort in Betrieb genommen wurde. Die verlangte Absenkung wurde ohne Schwierigkeiten erreicht. Aus Sicherheitsgründen wird die Zahl der Brunnen vor Kopf der Fangedammumschließung größer gewählt, als es zur Erzielung der Absenkung unbedingt notwendig ist. Jeder Brunnen gießt für sich in die Spree aus.

Zu erwähnen ist, daß auch bei diesen Arbeiten die Freihaltung der Baugrube von Wasserhaltungseinrichtungen sich sehr vorteilhaft bemerkbar macht.

V. Tiefbrunnensenkung bei dem tunnelmäßigen Vorbau eines städtischen Entwässerungskanals.

Schließlich sei noch eine Anwendung der Grundwasserabsenkung mittels Tiefbrunnenpumpen beim Bau eines Kanaltunnels in Köln erwähnt. In Abb. 33 ist diese Absenkungsanlage schematisch dargestellt. Der Vorbau des Kanals geschah tunnelmäßig mit Hilfe der Getriebezimmern. Bei niedrigen Rheinwasserständen liegt die Kanalsohle über dem vom benachbarten Rhein beeinflussten Grundwasserstand. Da in den tiefer gelegenen Kanalteilen in der Nähe des Rheins schon bei mittleren Rheinwasserständen mit Grundwasser zu rechnen ist, wurde eine Grundwasserabsenkungsanlage vorgesehen, und zwar entschied sich die Bauherrin für die Anwendung von Tiefbrunnen mit Tiefbrunnenpumpen, da es so möglich ist, die Grundwasserabsenkungseinrichtungen völlig getrennt von der eigentlichen Vorbaustrecke anzuordnen. Wie Abb. 34 zeigt, sind die Brunnen seitlich des Kanalprofils angeordnet.

Die Anlage war mit insgesamt 15 Tiefbrunnen in der Zeit vom 12. Dezember 1928 bis 9. Februar 1929 mit kurzen Unterbrechungen entsprechend dem Wechsel der Rheinwasserstände in Betrieb. Die Absenkung schwankte zwischen 1,00 und 2,5 m. Unter ihrem Schutze wurden die Ausbrucharbeiten und das Betonieren der Sohle an den Kreuzungen des Kanals mit der Düsseldorfer Straße, der Regentenstraße und dem Cleveschen Ring fertiggestellt. Der zu bewältigende Wasserandrang war in dem sehr durchlässigen Untergrunde recht beträchtlich. Die Förderung je Tiefbrunnenpumpe betrug 20 bis 26 l/sek.

Alle Rechte vorbehalten.

Tiefbrunnenpumpen für Grundwasserabsenkungszwecke.

Von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. W. Sichardt, Oberingenieur der Siemens-Bauunion.

Für die Grundwasserabsenkungen nach dem System der Tiefbrunnen-senkung¹⁾ werden SSW-Tauchpumpensätze benutzt, deren Bauart das Ergebnis langjähriger hartnäckiger Arbeit in der Werkstatt, auf dem Ver-suchsstand und auf der Baustelle ist. Über diese Entwicklung ist vom Verfasser an anderer Stelle²⁾ berichtet worden.

Bei den von den Siemens-Schuckertwerken hergestellten SSW-Tauch-pumpensätzen sind grundsätzlich zwei verschiedene Typen zu unter-scheiden, und zwar

1. Tauchpumpensatz mit über der Pumpe angeordnetem Motor (Abb. 1 bis 4),
2. Tauchpumpensatz mit unter der Pumpe angeordnetem Motor (Abb. 5 u. 6).

Die Type 2 mit untenliegendem Motor verdankt ihre Konstruktion hauptsächlich den Bestrebungen der Siemens-Schuckertwerke, die Erdöl-förderung aus tiefen Sonden, wo sehr große Förderhöhen zu überwinden sind, zu verbessern. Da, wo es sich darum handelt, die Tauchpumpen-sätze zum Zwecke der Förderung von Flüssigkeiten dauernd in ein be-stimmtes Bohrloch einzubauen, z. B. zur Wassergewinnung oder Erdöl-gewinnung, wird der Pumpensatz in seinen Abmessungen und Leistungen den jeweiligen Verhältnissen möglichst genau angepaßt werden müssen. Bei Tauchpumpensätzen für die Zwecke der Grundwasserabsenkung ist mit kürzeren Betriebszeiten und wiederholtem Einbau unter häufig auch bei ein und derselben Baustelle wechselnden Förderverhältnissen hin-sichtlich der Förderhöhe und der zufließenden Wassermenge zu rechnen.

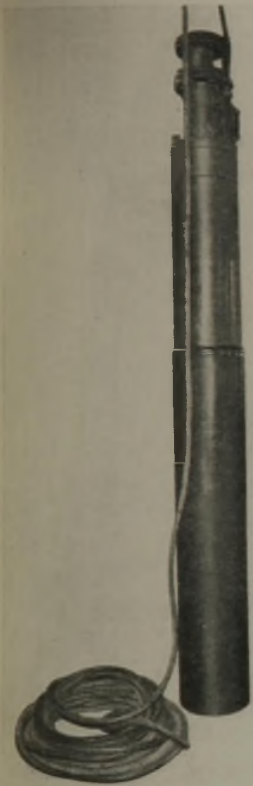


Abb. 1.
Elmotachmotorpumpe
mit Taucherglocke.

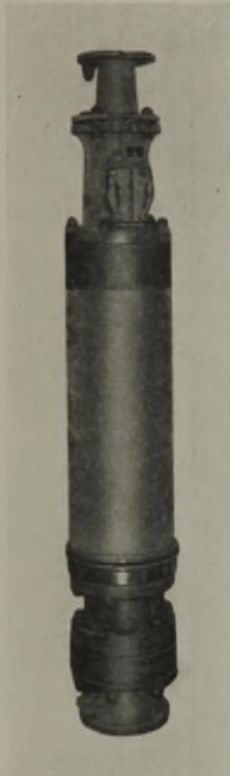


Abb. 2.
Elmotachmotorpumpe
ohne Taucherglocke.



Abb. 3.
SSW-Tauchmotorpumpe TO
mit Taucherglocke.

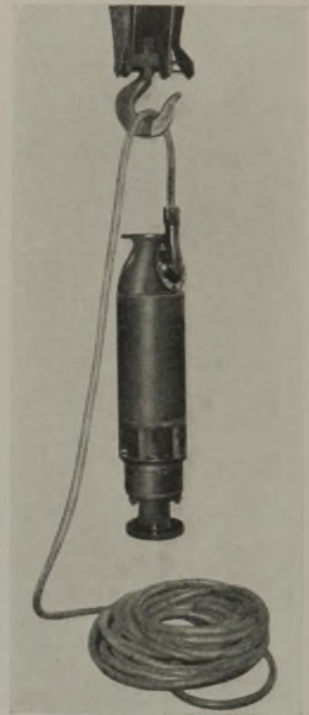


Abb. 4.
SSW-Tauchmotorpumpe TO
ohne Taucherglocke.

Beide Konstruktionen haben sich unter den verschiedenartigsten Betriebs-verhältnissen bewährt, und zwar

- a) bei geringem, mittlerem und starkem Wasserandrang, entsprechend k -Werten nach Darcy von etwa 0,0001 bis 0,005,
- b) bei nahezu chemisch reinem Wasser und solchem mit den ver-schiedensten in der Natur vorkommenden Beimengungen wechselnder Menge, wie z. B. sehr feinen Schlammteilchen, Salzen und Säuren, ins-besondere auch bei Vorhandensein starken Eisengehaltes.

¹⁾ Vergl. „Die Bautechnik“ 1927, Heft 47, 49 u. 50.

²⁾ W. Sichardt, Die Anwendung von Tiefbrunnenpumpen zur Trockenlegung von Baugruben, Siemens-Zeitschrift April 1927, S. 188 u. f.

Bei der Festlegung der Konstruktionsdaten mußten die geo-hydrologischen Verhältnisse des Baugrundes, die technisch-wirtschaftlichen des Brunnen-baues und der Brunnenkonstruktion und das von der Brunnenkonstruktion und der Zusammensetzung des Baugrundes bedingte Brunnenfassungsver-mögen in Erwägung gezogen werden, ferner die Anforderungen der Gründungstechnik hinsichtlich der Fläche und Tiefe der zu erzielenden Absenkung und schließlich die maschinentechnische Seite des Problems.

Es liegt auf der Hand, daß es nicht möglich ist, allen diesen ver-schiedenartigen Anforderungen, die teilweise zueinander entgegengesetzt sind, durch eine bestimmte Konstruktion so zu entsprechen, daß allen Bedingungen in gleicher Weise mit dem größten denkbaren Nutzen Rech-nung getragen wird. Die gewählten Konstruktionsdaten und die hieraus

Vergleich der bisher bei Grundwasserabsenkungen verwendeten SSW-Tauchpumpensätze.

Lfd. Nr.	Typ e	Nr. der Ab-bildung	Anordnung des Motors	Schutz des Motors gegen Feuchtigkeit	Stufen-zahl der Pumpe	Leistung kW	Größter Durchmesser des Pumpensatzes mm	Länge des Motors mm	Gesamtlänge des Pumpen-satzes mm
1	SSW-Tauchpumpensatz Konstruktion Elmo-Werk	1 u. 2	über der Pumpe	Taucherglocke	2	13,5	310	1380	2750
2	SSW-Tauchpumpensatz Tu	6	unter der Pumpe	Motorsumpf mit Hilfs-pumpe bezw. Druckluft-entwässerung	2	10	235	1480	2300
3	SSW-Tauchpumpensatz Tu	5	unter der Pumpe	wie laufende Nr. 2	2	5	190	1910	2650
4	SSW-Tauchpumpensatz To	3 u. 4	über der Pumpe	Taucherglocke	2	10	270	820	2400

entwickelten Maschinen stellen Kompromißlösungen dar, die zwar nur für bestimmte mittlere und häufig vorkommende Verhältnisse dem Ideal ganz nahe kommen; bei Abweichungen nach oben und unten — sei es in bezug auf die Fördermenge oder in bezug auf die Förderhöhe — liegt indessen die Einschränkung des Wirkungsgrades in verhältnismäßig geringen Grenzen. In der vorstehenden Übersicht sind die wichtigsten Daten der bisher zur Verwendung gekommenen SSW-Tauchpumpensätze zusammengestellt.

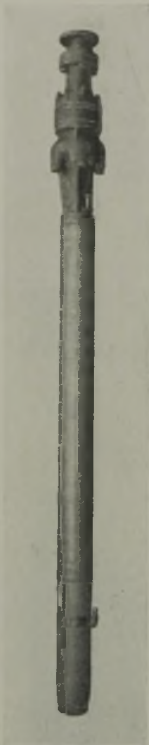


Abb. 5.

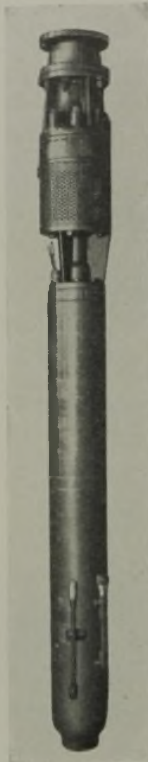


Abb. 6.

SSW-Tauchpumpensatz TU 5 kW. SSW-Tauchpumpensatz TU 10 kW.

Die größte konstruktive Schwierigkeit bei derartigen Unterwasserpumpen besteht in der Sicherung der Motorwicklungen gegen Wasserzutritt. Die notwendige Trockenhaltung des Motors wird auf verschiedene Weise vorgenommen, je nachdem, ob der Motor über oder unter der Pumpe angeordnet ist. Die gefährliche Stelle, an der das Wasser in das Motorinnere eintreten kann, ist die Stopfbuchse, durch die die Motorwelle aus dem Motorinneren zur Kupplung mit der Pumpe herausgeführt ist. Diese Stopfbuchse liegt bei oberliegendem Motor auf der Unterseite des Motors. Der Schutz gegen Wasserzutritt geschieht hier durch Anordnung einer Taucherglocke, in der ein dem äußeren Wasserdruck entsprechender Luftdruck ständig gehalten wird. Die Taucherglocke ist so lang bemessen, daß ein Nachfüllen der Luft erst nach einigen Wochen notwendig ist. Der Luftverbrauch, hervorgerufen durch Undichtigkeiten, ist also sehr gering. Bei untenliegendem Motor ist die Sicherung des Motors gegen Eindringen von Wasser grundsätzlich von dieser eben beschriebenen Konstruktion verschieden. Bei der Stopfbuchse eintretende Flüssigkeit wird nach einem am unteren Ende des Motorgehäuses angeordneten Pumpensumpf geleitet, sammelt sich dort und wird von Zeit zu Zeit durch eine kleine Hilfskreiselpumpe aus dem Motorgehäuse entfernt (Abb. 7). Zur Sicherheit ist vorgesehen, daß das Wasser aus dem Pumpensumpf auch mit Hilfe von Druckluft herausgepreßt werden kann.

Bei beiden Konstruktionsarten sind besondere Signaleinrichtungen vorgesehen, die mit Kontakten in der Taucherglocke bzw. im Pumpensumpf verbunden sind und nach der Schalttafel in der Schaltstelle geführt sind. Sobald der Wasserstand bis zu dem Kontakt ansteigt, wird an der Schalttafel ein Signal ausgelöst, das dem Maschinisten angibt, daß die Zuführung von Druckluft notwendig ist. Beide Ausführungsarten haben sich auch unter sehr schwierigen Verhältnissen (verunreinigte Förderflüssigkeit) bewährt.

Abb. 8 zeigt, in welcher einfachen Weise der Tauchpumpensatz in einen beliebig tiefen Brunnen eingebaut werden kann. Der Strom wird dem Motor zugeführt durch eine Spezial-Gummischlauchleitung, die an die Steigerohre, an denen der Tauchpumpensatz im Brunnen hängt, an-

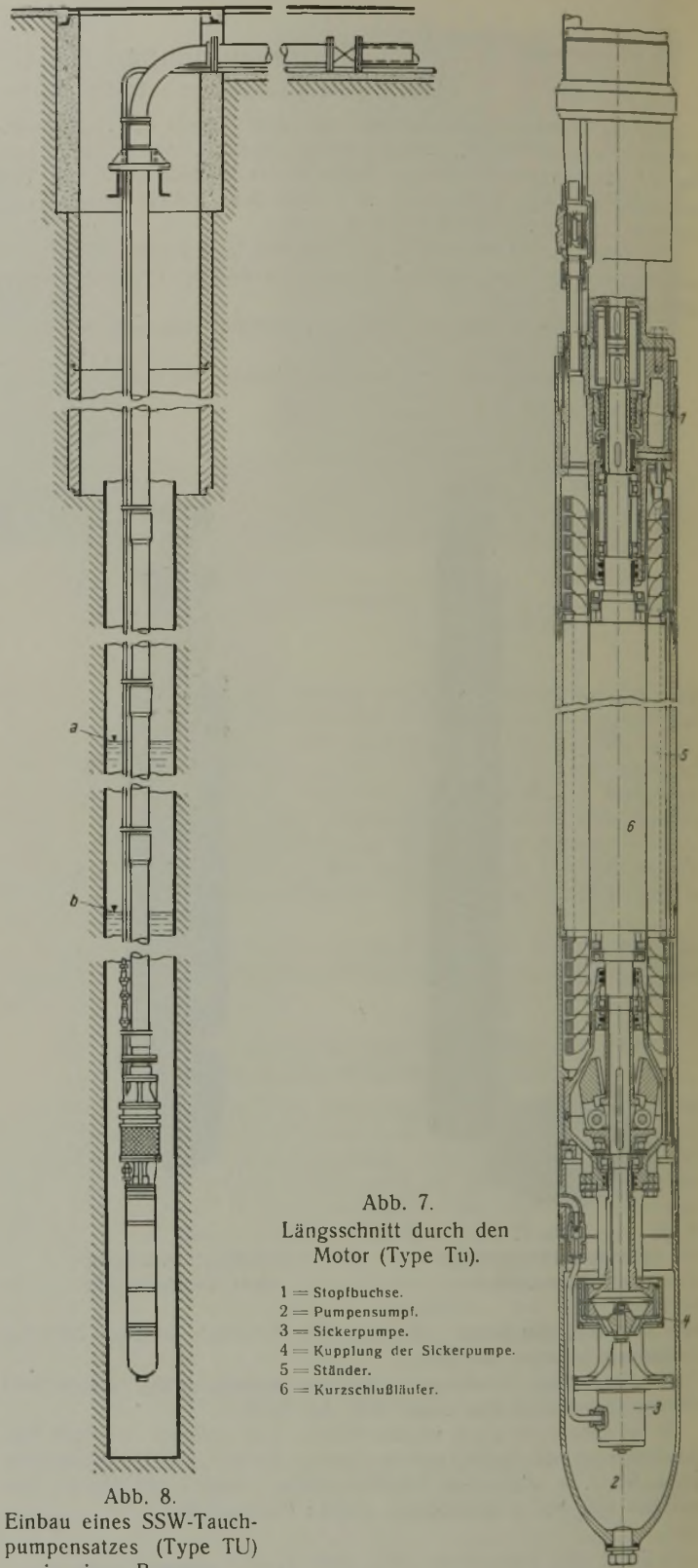


Abb. 7. Längsschnitt durch den Motor (Type Tu).

- 1 = Stopfbuchse.
- 2 = Pumpensumpf.
- 3 = Sickerpumpe.
- 4 = Kupplung der Sickerpumpe.
- 5 = Ständer.
- 6 = Kurzschlußbläuer.

Abb. 8. Einbau eines SSW-Tauchpumpensatzes (Type TU) in einen Brunnen.

geschellt wird. Die Gummischlauchleitung wird über der Pumpe in einen besonderen gas- und wasserdichten Endverschluß geführt, in dem die drei Phasen aufgelöst und zu einer unmittelbar anschließenden wasserdichten Steckvorrichtung geleitet werden. Von der Steckvorrichtung geht die Zuleitung in Form von in Stahlrohr verlegten Gummi-Aderleitungen zum Klemmkasten des Motors.

Bei Mehrbrunnenanlagen mit zentraler Schaltung werden alle über Tage vorgesehenen Schaltapparate in einer Zentralstelle vereinigt.

Die Tauchpumpensätze kommen auch für Wassergewinnungsanlagen in Betracht, sofern es sich um die Hebung von Wasser aus Grundwasserströmen handelt, deren Spiegel in größerer Tiefe unter Gelände liegt.