

fieben verschiedenen Hauptzollämtern zugeteilt, und zwar: Kuhwärder, Jonas, Rehrwieder, Ericus (Abb. 233), St. Annen (Abb. 234), Meyerstraße und Entenwärder. Daneben bestehen eine Hauptzollkasse (Abb. 235), ein zollstatistisches Bureau und eine technische Lehranstalt, deren Räume und Sammlungen im Verwaltungsgebäude der Generalzolldirektion untergebracht sind.

Bei der Hauptstelle, den Zollämtern und im Grenzaufsichtsdienst sind zusammen 3000 Beamte tätig. Mit dem Wachsen des Hamburger Hafens hält auch die Ausdehnung des Freihafens Schritt, so daß mit einer stetigen Vermehrung der Zollstellen, mit einer Zunahme der Längsentwicklung der zu schützenden Grenze und mit einer unausgefegten Vergrößerung des Beamtenstabes und der Verwaltung gerechnet werden muß.



Abb. 235. Hauptzollkasse.

Der Elbtunnel.

Dipl.-Ing. Stockhausen.

Durch den Elbtunnel zwischen St. Pauli und Steinwärder ist für die Häfen westlich des Reiherstiegs dem Fuhrwerksverkehr eine feste Verbindung geschaffen, die den Umweg über die Elbbrücke vermeidet. Zugleich ist er für den beträchtlichen Arbeiterverkehr ein unentgeltlich zu benutzender Weg, der auch bei Nebel und Eisgang nicht versagt. Zum Bau dieser Verbindung als Tunnel zwangen die örtlichen Verhältnisse. Wagenfähren, Schwebefähren, bewegliche Brücken hätten den regen Schiffsverkehr empfindlich gestört, eine Hochbrücke hätte etwa 25 Millionen Mark Baukosten erfordert und einen verlorenen Hub von 55 m gegenüber 24 m beim Tunnel bedeutet. Der Tunnel hat dagegen nur 10,7 Millionen Mark Baukosten erfordert. Er enthält keine Rampen, um den Verkehr unmittelbar von Ufer zu Ufer ohne Umwege zu ermöglichen. Fuhrwerke und Fußgänger werden in beiden Endschächten mit Aufzügen hinunter und herauf befördert. Die Gesamtanlage des Tunnels zeigen Abb. 236 und 237

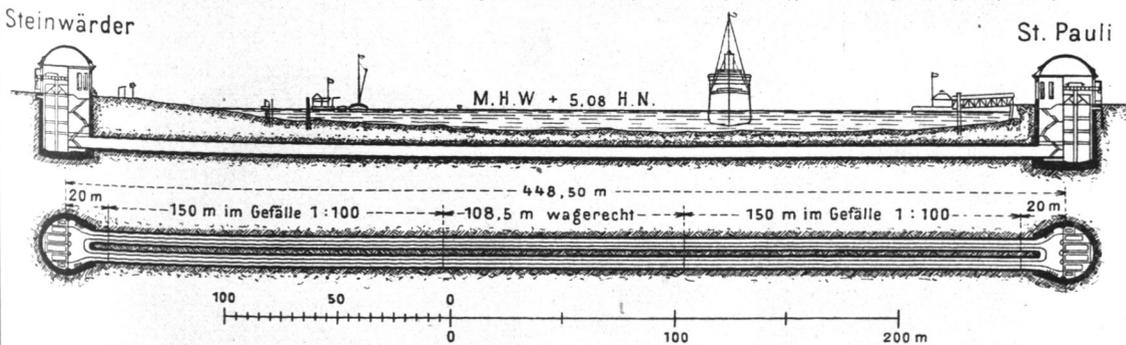


Abb. 236 und 237. Längsdurchschnitt und Tunnelgrundriß.

fähren, bewegliche Brücken hätten den regen Schiffsverkehr empfindlich gestört, eine Hochbrücke hätte etwa 25 Millionen Mark Baukosten erfordert und einen verlorenen Hub von 55 m gegenüber 24 m beim Tunnel bedeutet. Der Tunnel hat dagegen nur 10,7 Millionen Mark Baukosten erfordert. Er enthält keine Rampen, um den Verkehr unmittelbar von Ufer zu Ufer ohne Umwege zu ermöglichen. Fuhrwerke und Fußgänger werden in beiden Endschächten mit Aufzügen hinunter und herauf befördert. Die Gesamtanlage des Tunnels zeigen Abb. 236 und 237

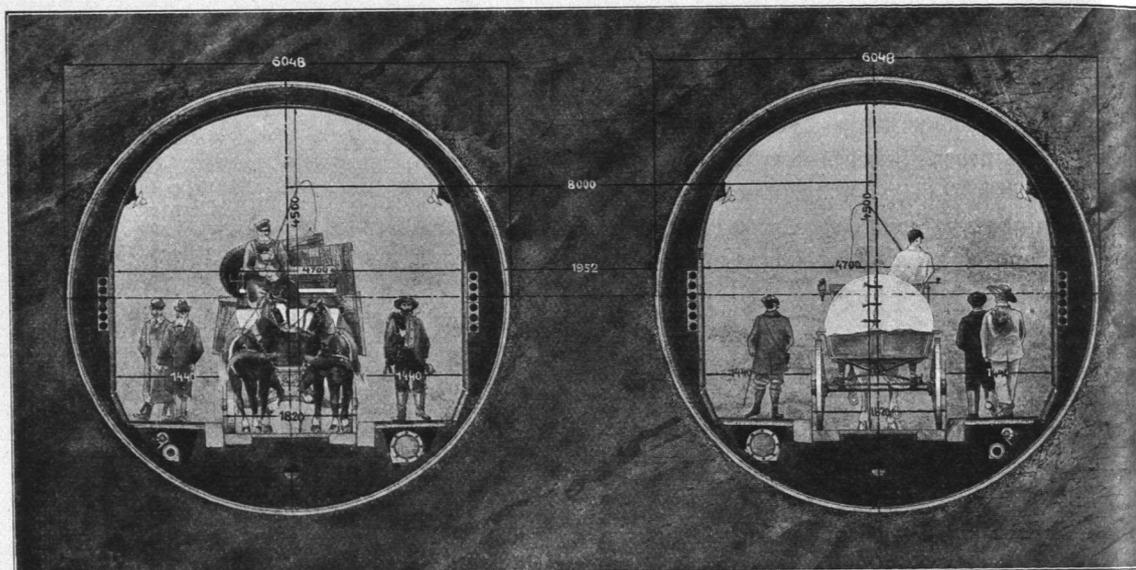


Abb. 238. Tunnelquerchnitte.

im Längenschnitt und Grundriß. Die beiden Fahrschächte haben eine Achsentfernung von 448,5 m, die Fahrbahnsohle liegt in ihnen 23,5 m unter der Straße. Die Schächte haben einen lichten Durchmesser von 22 m und sind mit geschlossenen Einfahrtshallen überbaut.

Die Schächte sind durch zwei völlig getrennte, je einer Verkehrsrichtung dienende Tunnelrohre miteinander verbunden. Die Rohre haben 6 m äußeren Durchmesser und 8 m Achsentfernung. Sie fallen von den Schächten auf einer Länge von 150 m in einer Neigung von 1 : 100,

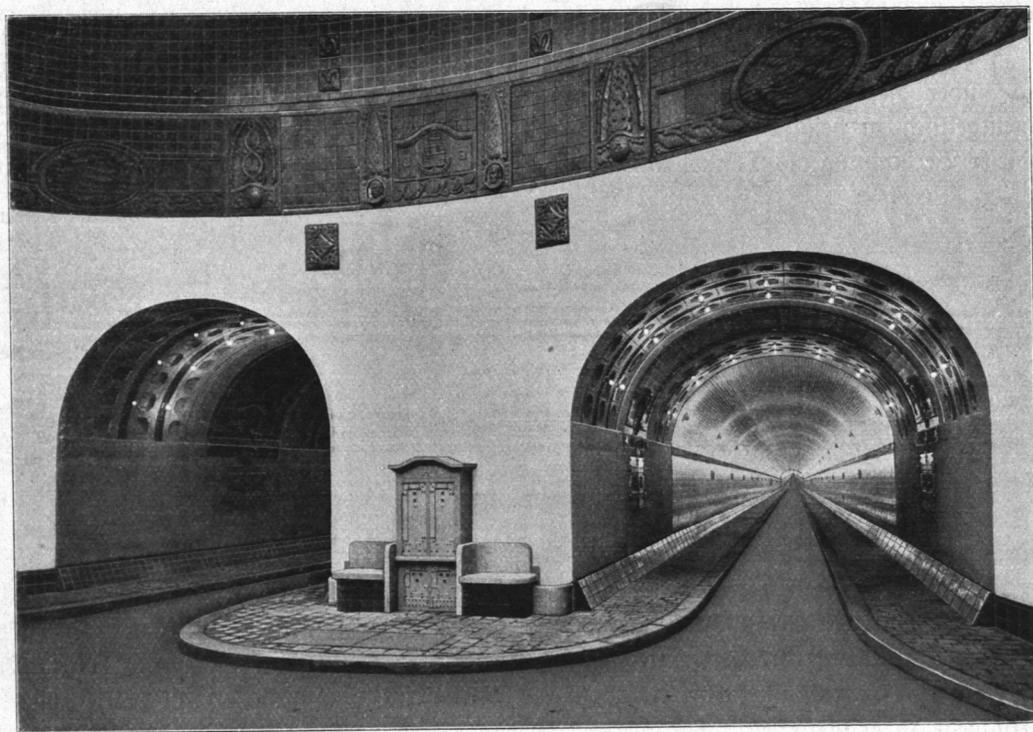


Abb. 239. Tunnelmündungen.

die Gefällstrecken sind durch ein 108,5 m langes wagerechtes Stück verbunden. Die Sohle des Elbstroms liegt in der Mitte etwa 5 m unter Hamburger Null, die Oberkante des Tunnels auf - 11 m, die Unterkante auf - 17 m, demnach liegt die Fahrbahn an ihrer tiefsten Stelle etwa 21 m unter dem mittleren Hochwasserspiegel der Elbe (+5). Die Lage des Tunnels läßt eine Vertiefung der Elbe um weitere 3 m, auf 13 m unter mittlerem Hochwasser zu.

Abb. 238 zeigt die Tunnelrohre und läßt die Bauart im allgemeinen erkennen.

In dem kreisförmigen, durch die eiserne Tunnelwandung gebildeten Rohr ist der innere Raum dem dargestellten Querschnitt entsprechend ausbetoniert.

In den Seitenwänden und in der Sohle befinden sich Ausparungen zur Aufnahme von Licht- und Kraftkabeln, Telephon-, Telegraphen-, Rohrpost- und Stadtwasserleitungen. Für den Tunnelbetrieb ist außerdem noch eine Spülleitung, die gleichzeitig Feuerlöschzwecken dienen kann, sowie eine Pumpleitung angelegt. An den tiefsten Stellen des Tunnels sind Pumpsümpfe eingebaut, die das zum Reinigen des Tunnels benutzte Wasser mit den tierischen Abgängen durch eine Sielleitung aufnehmen. Zwei in den Schächten aufgestellte Hochdruck-Kreiselpumpen heben diese Abwässer in die städtischen Siele.

Die lichte Tunnelweite beträgt 4,7 m, die lichte Tunnelhöhe 4,5 m. Die 1,82 m breite Fahrbahn hat beiderseits Fußwege. Diese sind mit Asphaltplatten, die Fahrbahnen mit Spurplatten aus Granit auf Asphaltunterlage und dazwischen mit Hartgußasphalt belegt. Die größte Fuhrwerksbreite ist 2,5 m, die größte Fuhrwerkshöhe 4 m und die größte Wagenspurweite 1,8 m.

Da das Gesamtgewicht des Tunnels bei gewöhnlicher Ausführung auf 1 m Länge um etwa 3000 kg leichter als

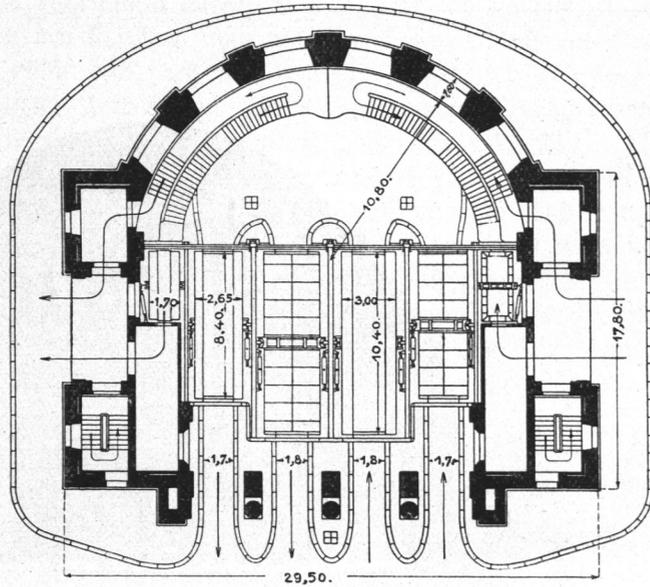


Abb. 240. Schachtgrundriß.

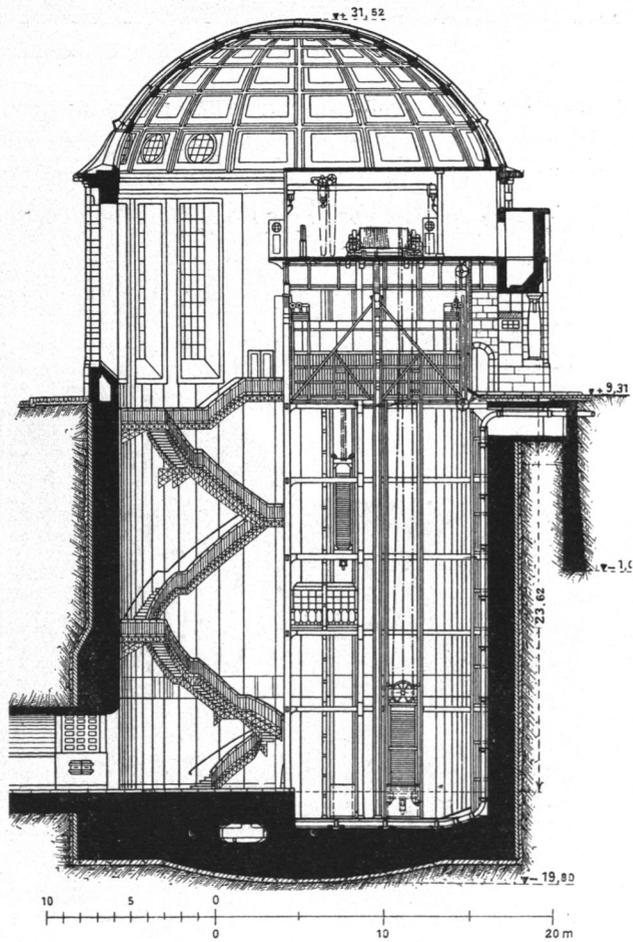


Abb. 241. Vertikalschnitt durch den Fahrtschacht.

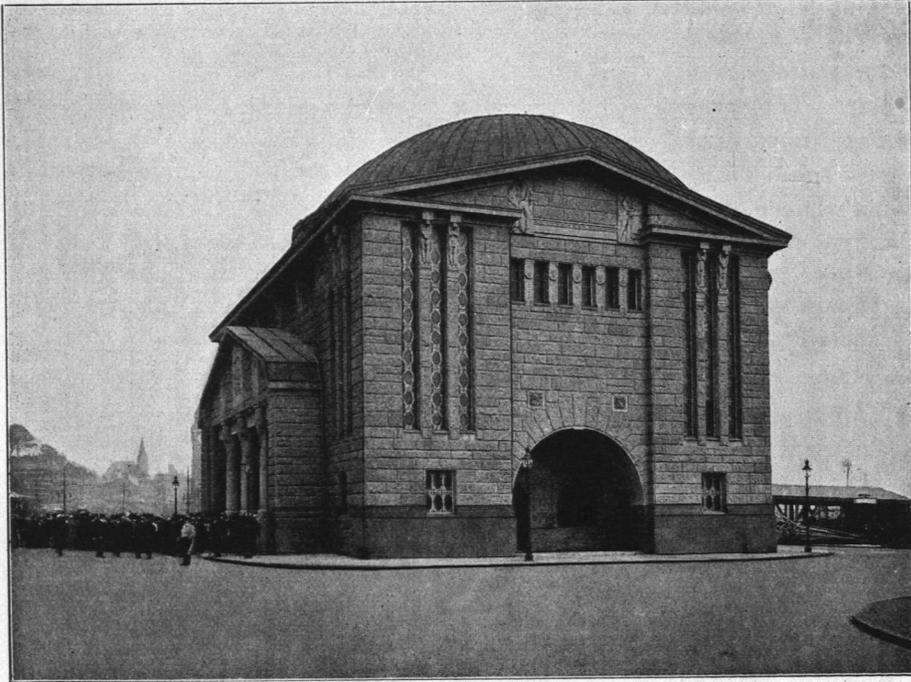


Abb. 242. Einfahrthalle St. Pauli.

das verdrängte Wasser gewesen wäre, der Tunnel sich also nicht mit seiner Sohle, sondern mit der Decke an das Gebirge angelegt hätte, wurde ein möglichst schweres Betonmaterial verwandt und außerdem eine Roheisenbelastung von 2140 kg/m eingebracht, so daß das Einheitsgewicht des Tunnelrohres 1,01 beträgt.

In die Schächte münden die Tunnelrohre mit trompetenartig ausgebildeten Übergängen, um den Verkehr glatt zu leiten. Die Tunnelmündungen (Abb. 239) sind mit Vorsatzbeton, die Tunnelwände und das Gewölbe mit glasierten Tonplatten verkleidet, das Innere ist durch elektrische Glühlampen erleuchtet. Die Fahrshächte sind in ihrem Grundriß so aufgeteilt, daß der landseitige Halbkreis



Abb. 243. Einfahrthalle Steinwärder.

von den in ihrer Größe abgestuften sechs Fahrstühlen ausgefüllt wird, während die stromseitige Hälfte zur Überleitung des Verkehrs von den Aufzügen nach den Tunnelrohren dient und eine doppelläufige Treppenanlage aufnimmt. (Abb. 240.) Die Aufzugsgerüste stehen frei im Innern des Schachtes, die Treppen sind in leichter Ioly-Bauart an den Seitenwänden ausgekragt. Das Tageslicht dringt durch große Fenster ungehindert bis auf die Sohle hinunter. (Abb. 241.)

Die die Fahrschächte überdeckenden Einfahrthallen sind in ihrer äußeren Form genau gleich ausgebildet und mit Kupfer gedeckt, so daß sie aus der Ferne, vom Strom oder vom Lande gesehen, als zusammengehörig erscheinen. In Baustoff und ihren Einzelformen tragen sie jedoch dem verschiedenartigen Gepräge der durch den Tunnel verbundenen Stadtteile Rechnung. Die Einfahrthalle St. Pauli (Abb. 242) entspricht in ihrer Form und ihrem Baustoff (Basaltlavaflockel, darüber Tuffstein) dem benachbarten, früher erbauten Empfangsgebäude der St.-Pauli-Landungsbrücken, die Einfahrthalle Steinwärder (Abb. 243) schließt sich mit ihrem Ziegelrohbau den dort

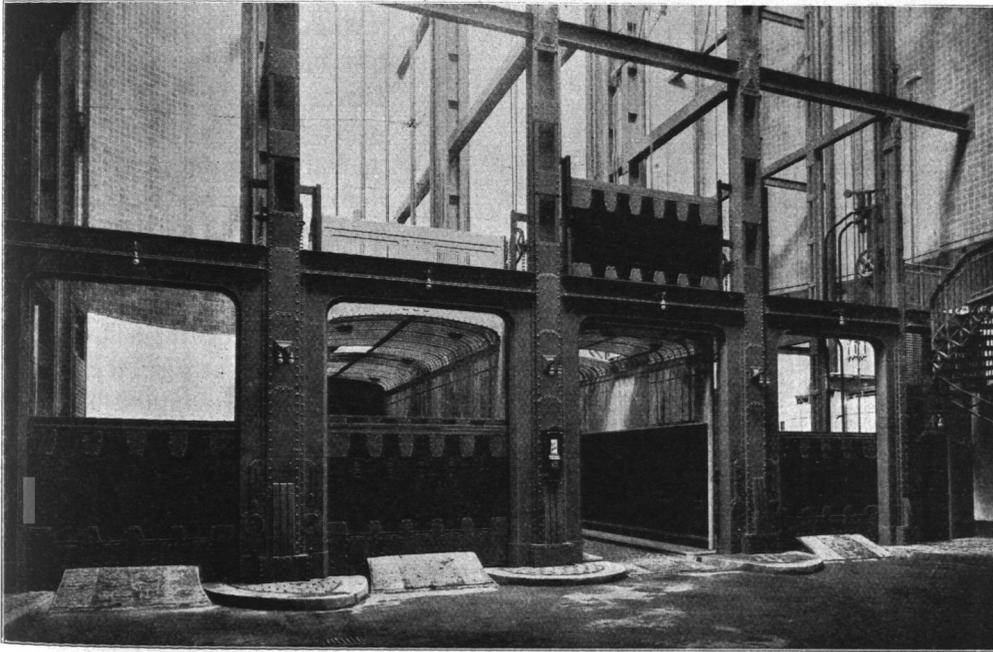


Abb. 244. Aufzüge.

vorhandenen industriellen Bauten an. Diese Halle wird seitlich von zwei Zollgebäuden begrenzt, die trotz etwas beengter Raumverhältnisse mit der Halle eine einheitliche Baugruppe bilden.

An der Vorderseite der Schachtgebäude finden sich die Zufahrten zu den mittleren vier Aufzügen, die für Fuhrwerke bestimmt sind; zwei davon dienen für die Einfahrt, zwei für die Ausfahrt, da auch die Aufzüge, entsprechend der Benutzung der ihnen gegenüberliegenden Tunnelrohre, in der Regel rechtsgehend betrieben werden.

Die beiden größten Wagenaufzüge haben 10 m Länge, 3 m Breite und 10 t Tragfähigkeit, die beiden kleineren Aufzüge 8 m Länge, 2,6 m Breite und 6 t Tragfähigkeit. Außerdem befinden sich an den Seiten noch zwei kleinere Personenaufzüge von 3,5 m Länge und 1,7 m Breite mit 2,4 t Tragfähigkeit (s. Abb. 240). Zu Zeiten des Arbeiterandranges nach und von den Werften werden sämtliche Aufzüge zur Personenbeförderung benutzt. Es können dann mit einem Hub sämtlicher Aufzüge $(130 + 80 + 26) \times 2 = 472$ Personen befördert werden.

Die Zugänge zu den Wagenaufzügen sind gegen die Straße und die Schachtsohle durch mit Druckwasser bewegte Hubtüren abgeschlossen, die nur geöffnet werden können, wenn der

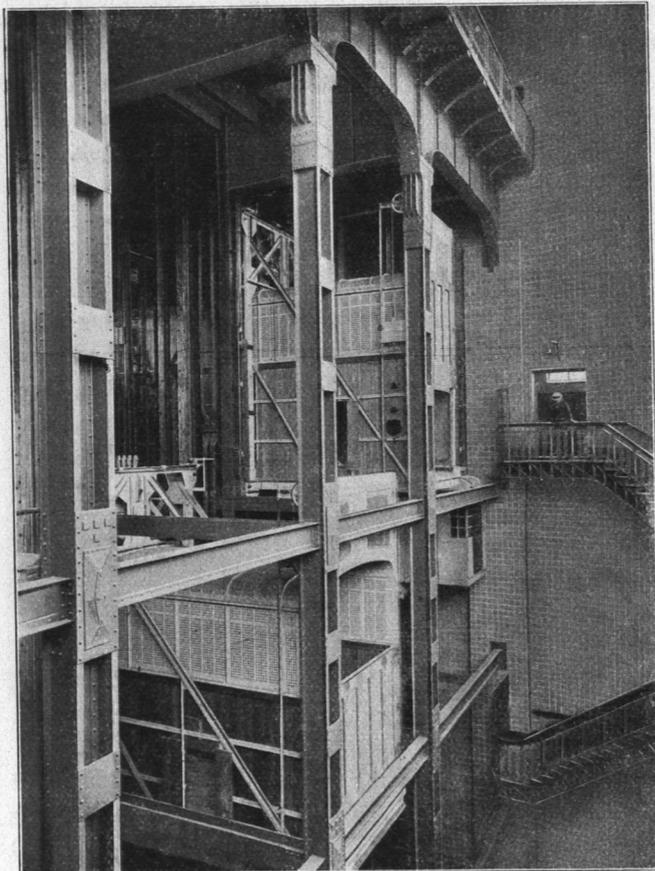


Abb. 245. Aufzugsgerüst mit Aufzügen.

Schachthohle durch einfach verzierte Eisenblechwände abgeschlossen. Das Heben und Senken der Aufzüge erfolgt durch elektrisch angetriebene Winden, die über den Aufzügen in einem Maschinenraum vereinigt sind. Gesteuert werden die Winden der Wagenaufzüge von der Abfahrtstelle der Fahrstühle aus, wo ein Führer immer zwei Aufzüge bedient, doch können die Lastaufzüge auch vom Fahrkorb aus gesteuert werden. Die Personenaufzüge werden durch einen

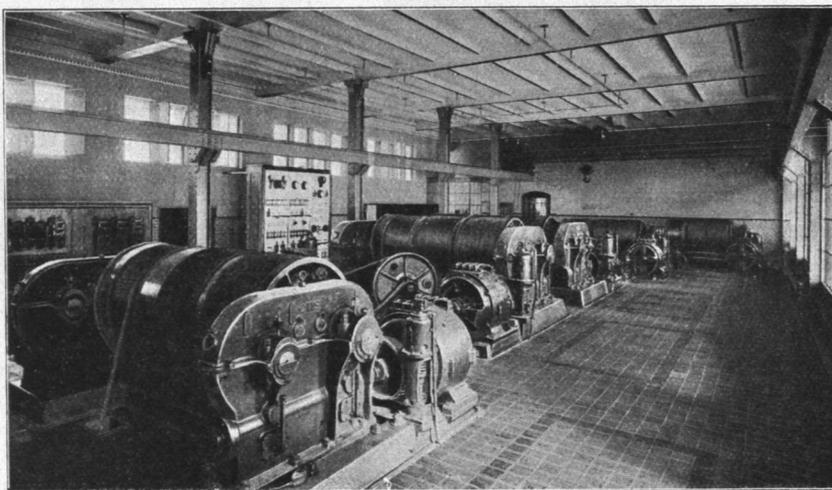


Abb. 246. Aufzugswinden im Maschinenraum.

Aufzug hinter der Subtür eingefahren ist. Gleiche Subtüren schließen die beiden Enden der Fahrstühle ab. Sie werden durch eine Greifvorrichtung von den äußeren Türen mitgenommen und so geöffnet und geschlossen.

Zwischen Fahrbahn und Aufzug sind Übergangsklappen angebracht. Wird die Tür geschlossen, so hebt sich zugleich die Klappe und gibt den Aufzug frei; beim Öffnen der Tür senkt sich die Klappe selbsttätig auf die Vorderkante des Fahrstuhles nieder. (Abb. 244.)

Auch die üblichen Sicherheitsvorkehrungen fehlen nicht; solange die Türen geöffnet sind, ist der Steuerstrom unterbrochen; Fangvorrichtungen halten die Aufzüge beim Bruch eines Seiles; Nottüren erlauben das Umsteigen von einem Aufzug in den benachbarten, falls ein Aufzug einmal steckenbleiben und von Hand nicht wieder in die Endstellung zurückzukurbeln sein sollte. (Abb. 245.)

Die Aufzugsgerüste, die gleichzeitig als Tragbauten der Aufzugsführungen und des Maschinenraumfußbodens dienen, sind in Geländehöhe und über der

ständig mitfahrenden Führer bedient. Sämtliche Aufzüge fahren beim Anstellen mit Schützensteuerung

selbsttätig langsam an und und verlangsamen ihre Fahrgeschwindigkeit am Schluß der Fahrt selbsttätig durch Einschalten von Kontakten. Einschließlich der Beschleunigungs- und Verzögerungszeit gebrauchen die größten Lastenaufzüge für die

Fahrt 35 Sekunden, die kleinen 30 Sekunden, die Personenaufzüge 25 Sekunden. Die in Abb. 246 dargestellten Winden haben je eine Windentrommel, die von dem Elektromotor mittels doppelter Schnecken und zweier gekuppelter Zahnräder angetrieben werden. Die Winden der Wagenaufzüge haben zwei Elektromotoren. Das Gewicht der Fahrstühle und die halbe Nutzlast sind durch Gegengewichte ausgeglichen. Spuffer unter den Fahrkörben und Gegengewichte verhindern ein zu hartes Aufsetzen bei zu großen Seildehnungen.

Der Figurenschmuck des Tunnels schließt sich seiner Baugeschichte und Zweckbestimmung an.

An den Seitengiebeln der Einfahrthalle St. Pauli ist der Auszug des Hafenarbeiters zum Lagerwerk und seine Heimkehr dargestellt. Einige Teile des Schachtes sowie die Tunnel-
eingänge und Knickpunkte sind durch eine reichere architektonische Ausführung besonders hervor-
gehoben und durch künstlerische Plaketten und Wandreliefs (s. Abb. 239 und 256) betont. In
der ganzen Anord-
nung ist auch hier
der Grundsatz durch-
geführt, die Einzel-
heiten der Bauteile
nicht zu verdecken,
sondern durch künst-
lerische Ausgestal-
tung hervorzuheben,
was besonders in
der auf- und abstei-
genden Linie der
Lampenführung,
in den zweckent-
sprechend verteilten
Reliefs sowie in
der Schmuckausbil-
dung der Tunnel-
knickpunkte und der
Tunnelleingänge zur
Wirkung kommt.

Der Untergrund,
in dem der Tunnel

gebaut ist, besteht auf der St.-Pauli-Seite aus festgelagertem tertiären Ton mit überliegender sandiger Mergelschicht. Die Tonschicht fällt im Elbstrom auf etwa ein Drittel der Tunnellänge, vom Schacht St. Pauli gerechnet, steil in die Tiefe ab, dann folgen diluviale und alluviale Sand- und Riesenschichten, die dem Wasser fast ungehinderten Durchgang gewährten. Daher konnte der Bau des Schachtes St. Pauli ohne besondere Hilfsmittel unter Wasserhaltung ausgeführt werden, wogegen für den Schachtbau auf Steinwärder und den eigentlichen Tunnelbau Preßluft angewendet werden mußte.

Die einfachste Ausführung war der Schachtbau St. Pauli; Abb. 247 bis 250 lassen die Bauausführung erkennen. Zum Abfangen des Wassers der überliegenden Mergelschicht wurde zunächst ein ringförmiger Fangedamm aus Beton hergestellt, der später teilweise als Unterbau für die Einfahrthalle verwandt wurde. Innerhalb des Fangedammes wurde ein ringförmiger Schlitze von etwa 2½ m Breite in die Tiefe getrieben. In diesem wurde die Schachtwand von unten nach oben ausgeführt. Nachdem die Schachtwand bis Geländehöhe hochgeführt war, wurde der Erdkern ausgehoben und die Schachtsohle als umgekehrtes Gewölbe eingebaut.

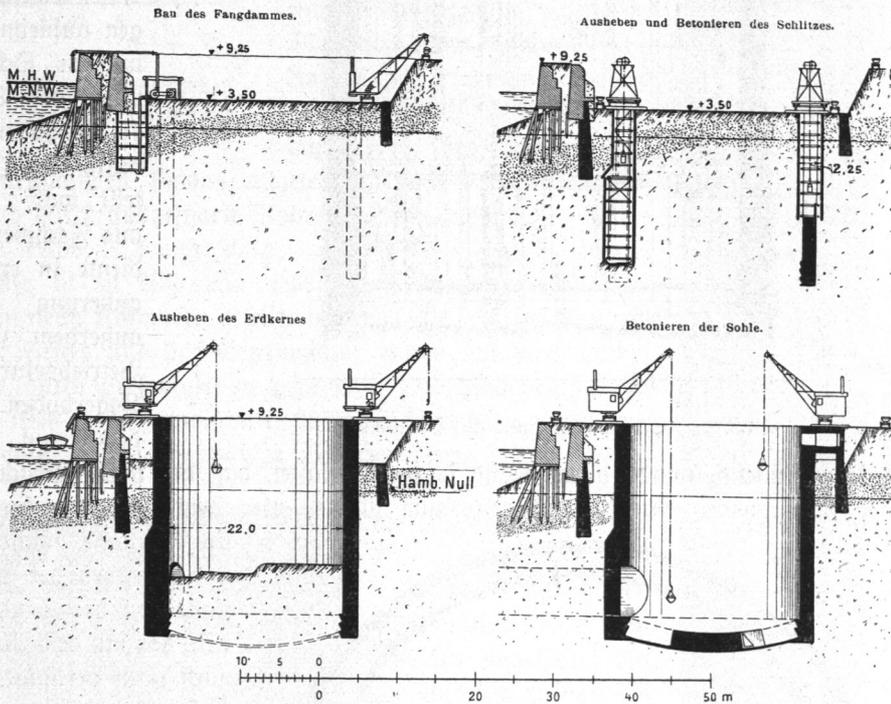


Abb. 247 bis 250. Schachtbau St. Pauli.

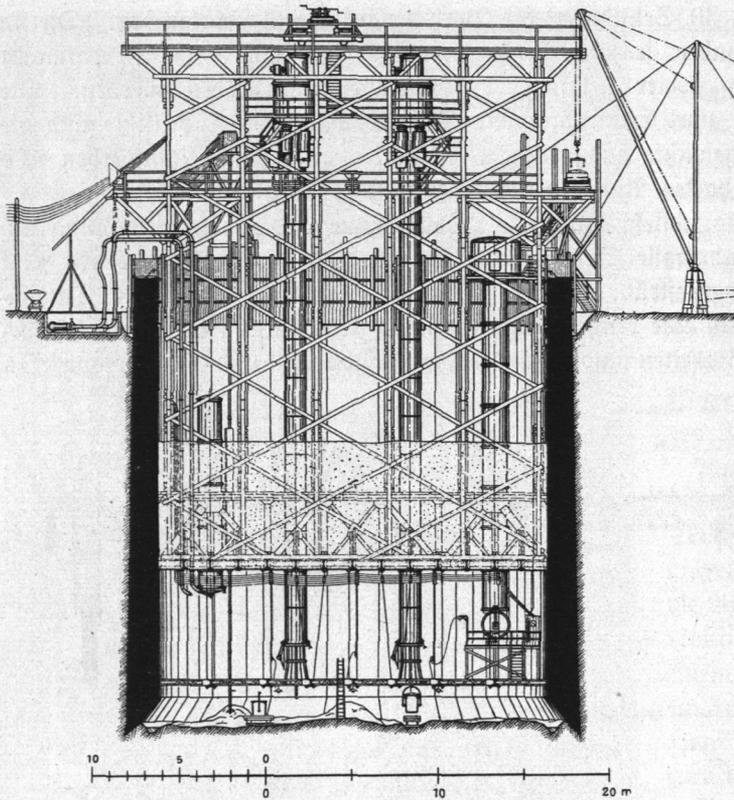


Abb. 251. Schachtabenkung auf Steinwänden.

trägern ruhend, wurde durch Sand so stark belastet, daß der halbe Druck der Preßluft ausgeglichen wurde. Aus dem Arbeitsraum führten vier Schleusen, eine für Arbeiter und drei für Baustoffe, nach oben. Zum Halten und Verfezen der Schleusen und Rohre stand auf der Senkkastendecke ein Gerüst, das mit dem Absinken des Schachtes nach oben verlängert wurde.

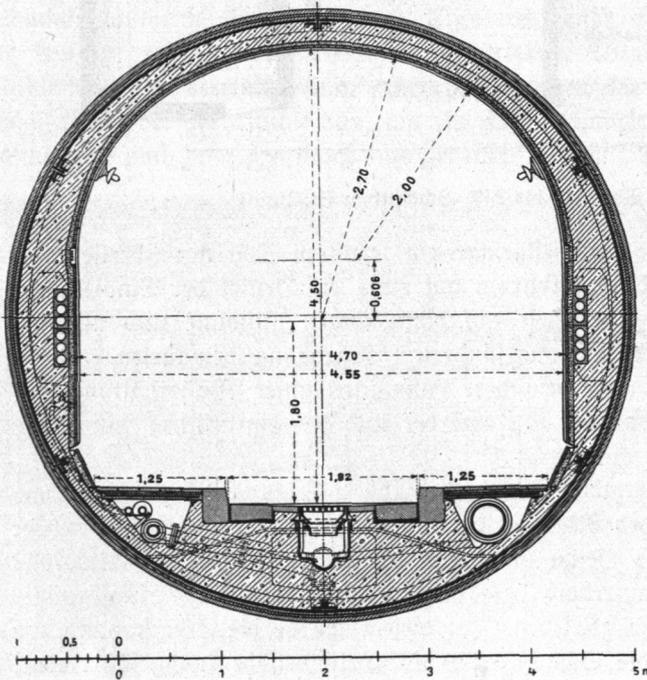


Abb. 252. Querschnitt durch ein Tunnelrohr.

Um die Gewölbewirkung sicher zu erzielen und die Schichtenbildung im Beton zu vermindern, wurde die Sohle ohne Unterbrechung schneckenförmig um ein Mittelstück herum ausbetoniert.

Der mittels Preßluft abgeteufte Schacht auf Steinwänden (Abb. 251) besteht innerhalb einer Blechhaut mit geklebter Isolierschicht aus Eisenbeton, um die beim Absinken entstandenen Spannungen aufnehmen zu können. Im unteren Schachtteil ergab sich unter der Senkkastendecke ein 10 m hoher Arbeitsraum, der durch eine Zwischendecke unterteilt war. Die Zwischendecke, aus Fachwerkträgern hergestellt, diente in erster Linie zur Verankerung der Schachtwände, außerdem zur Aufstellung von Betriebseinrichtungen und als Lagerboden. Die Senkkastendecke, auf schweren Fachwerk-

trägern ruhend, wurde durch Sand so stark belastet, daß der halbe Druck der Preßluft ausgeglichen wurde. Aus dem Arbeitsraum führten vier Schleusen, eine für Arbeiter und drei für Baustoffe, nach oben. Zum Halten und Verfezen der Schleusen und Rohre stand auf der Senkkastendecke ein Gerüst, das mit dem Absinken des Schachtes nach oben verlängert wurde.

Die Bodenförderung erfolgte teils durch Kübel, die mit elektrischen Winden hochgezogen wurden, teils durch Ausblaseleitungen, die etwa 6 bis 12 cbm in der Stunde leisteten.

Nachdem der Schacht seine Endstellung erreicht hatte, wurde die Sohle in ähnlicher Weise wie im Schacht St. Pauli eingebracht. Nach ihrem Erhärten wurde die Druckluft des Schachtes abgelassen und die Einrichtungen für den Tunnelvortrieb eingebaut.

Wie aus dem Querschnitt (Abb. 252) hervorgeht, ist die eiserne Tunnelwandung in sechs Kreisabschnitte geteilt, die durch flanschartige Schuhe miteinander

verbunden sind. Innen schließt sich unmittelbar die schon oben erwähnte außen noch drei Zementschichten, die zum Schutze gegen Rost dienen. Die genaue Ausbildung des Tunnelmantels ist aus Abb. 253 erkennbar. Er besteht aus I-Trägern von 25 cm Höhe und 67,6 kg/m Gewicht mit verschobenem Steg. Der Innenflansch nimmt die Vernietung auf, der äußere trägt die innere der genannten drei Zementschichten. Eingewalzte Nuten ergeben eine 30 mm tiefe und 4 mm breite Rinne, die zur Dichtung

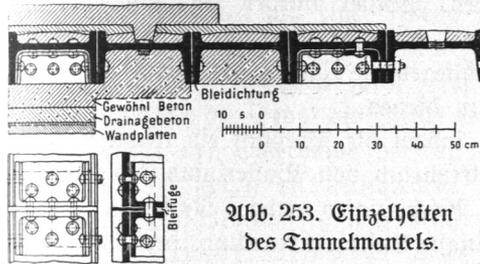


Abb. 253. Einzelheiten des Tunnelmantels.

mit Blei ausgefüllt und verstemmt wurde. Auch um die schon erwähnten Stoßschuhe zur Verbindung der einzelnen Stücke eines Ringes zieht sich eine solche Bleinute. Um trotzdem etwa eintretendes Leckwasser unsichtbar zu machen, ist die Plattenverkleidung des Tunnels auf eine Schicht stark durchlässigen Betons aufgelegt, die eine vollständige Entwässerung bildet und durch ausgesparte Rohre etwaiges Leckwasser in die Tunnelsohle abführt. (Abb. 252 und 253.)

Die Vortriebsweise ist in Abb. 254 gedrängt zusammengestellt. Der Vortriebschild war in neun Kammern geteilt, in denen die Arbeiter standen. Zur Sicherung des Firstes und der Seitenwände waren auf zwei Drittel des Umfangs eiserne, durch Preßwasser zu bewegende Triebpfähle eingebaut. Im Sandboden war stets ein hölzerner, durch hydraulische Pressen abgesteifter Brustvorbau notwendig. Die regelmäßige Vortriebslänge betrug 50 cm, gleich zwei Ringbreiten, die Tagesleistung etwa 1 1/2 m.



Abb. 255. Vortriebschild im Tunnel.

Ausbetonierung an,

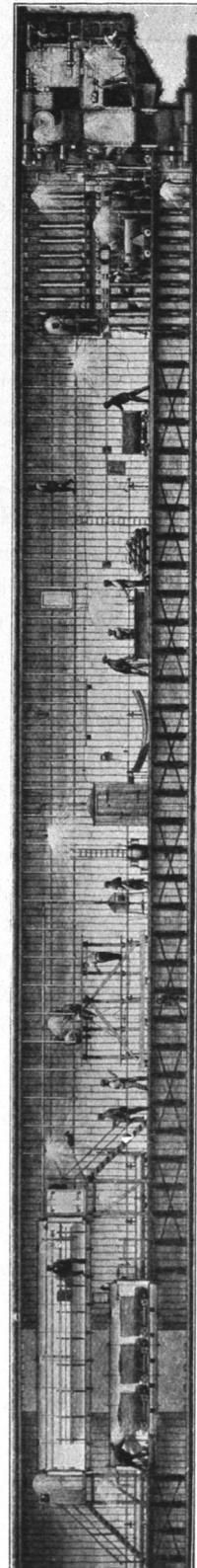


Abb. 254. Vortriebsweise.

In den Schild waren Abschlußtüren und Not-schleusen eingebaut. An der Rückseite befand sich ein Preßwasserkran für den Einbau der Tunnelringe. Nach jedem Einbau von zwei Ringen wurde der Zwischenraum zwischen ihnen und dem Schildmantel mit Zementmörtel unter Traßzusatz hinterspritzt; eine zweite Hinterspritzung wurde beim Vortrieb des Schildes hinter dem Schildschwanz vorgenommen. So lagern sich noch zwei Schalen aus Beton rost-schützend außen um den

Tunnelmantel herum. Abb. 255 gibt ein Bild des Arbeitsraumes hinter dem Schild und läßt dessen rückseitige Wand, das Gerüst für den Einbau, die Verschraubung und erste Dichtung der Ringe und einen Hinterspritzungskessel erkennen.

Der Tunnel ist als erster Unterwassertunnel der Welt aus Profileisen hergestellt und auch als erster genietet, da Versuche ergaben, daß eine Nietung dichter ausfällt als eine Verschraubung.

Solange die fertiggestellte Tunnelbaustrecke noch kurz war, diente die Senkkastendecke des Schachtes Steinwärder als Abschluß des Preßlufttraumes. Später wurden Abschlußwände aus Beton in den Tunnel eingebaut, die unten eine Material-, oben eine Personenschleuse enthielten. (Abb. 254.) Von der Personenschleuse führte ein hochliegender Notsteg bis vor Ort, um bei plötzlichen Wassereinbrüchen als Rückzugsmöglichkeit zu dienen.

Ein solcher Einbruch fand am 24. Juni 1909 statt, indem die Preßluft ein trichterförmiges Loch in die Stromsohle riß, worauf unmittelbar der Einbruch von Wasser- und Schlammassen folgte. Zum Glück konnten sich alle in dem Tunnel Beschäftigten retten. Nach vier Wochen Unterbrechung wurde der Vortrieb fortgesetzt. Sorgfältigste Luftdruckregelung, der Einbau von Dammbalken im Schildmantel und peinlich genaue Ablotung des Elbgrundes auf Kolke waren Mittel, durch die eine Wiederholung verhütet wurde.

Zur Bauausführung war eine Maschinenanlage von 1300 P. S. notwendig. Die Druckluftpressen mußten bis zu 15000 cbm angesaugte Luft stündlich leisten. Außerdem war Druckwasser für den Schildvortrieb erforderlich, sowie Preßluft von 6 bis 8 Atm. für die Niet- und die Stemm- vorrichtungen. Für die Behandlung der Preßluftkranken diente der unter Aufsicht eines auf der Baustelle wohnenden Arztes stehende Krankenraum.

Der Bau war in Generalübernahme an die Firma Ph. Holzmann & Cie. in Frankfurt a. M. vergeben. Die Arbeit begann am 22. Juli 1907, am 29. März 1910 erfolgte der Durchschlag des ersten Tunnelrohres, am 7. September 1911 wurde der Tunnel dem Personenverkehr, am 30. November 1911 dem Wagenverkehr übergeben.

Es war von vornherein nicht beabsichtigt, die Baukosten durch Erhebung von Gebühren zu verzinsen. Auf Wunsch der Bürgerschaft wurde der Tunnel dem Personenverkehr unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Nur für Gepäck und Fuhrwerke ist eine Abgabe zu zahlen. Diese bewegt sich zwischen 25 Pf. für einen Handkarren und 4 Mark für einen vollbelasteten Wagen. Im Jahre 1913 benutzten monatlich etwa 850000 Arbeiter und 9000 Fuhrwerke, außerdem noch 10000 bis 15000 Radfahrer den Tunnel.



Abb. 256. Relief „Der Tunneldurchschlag“.