

ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN

HERAUSGEGEBEN IM PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM

SCHRIFTLITER: INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS · HOCHBAU Dr.-Ing. GUSTAV LAMPMANN

80. JAHRGANG

BERLIN, FEBRUAR 1950

HEFT 2

Alle Rechte vorbehalten.

HOCHBAUTEN DER ELEKTRISIERTEN STADT- UND VORORTBAHNEN REICHSBAHNDIREKTION BERLIN.

Von Reichsbahnoberrat Brademann, Regierungs- und Baurat a. D.

Die Umstellung des Dampfzugbetriebes in elektrischen Betrieb, die hauptsächlich erfolgte, um die Leistungsfähigkeit der Strecken und damit die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, bestand nicht nur in der Beschaffung anderer Betriebsmittel und deren Versorgung mit Strom. Um eine brauchbare Schnellbahn zu erreichen, mußten auch die bestehenden Bahnanlagen den erhöhten Leistungen angepaßt werden. Die bisher für den elektrischen Betrieb eingerichteten Strecken haben eine Länge von 255,4 km mit 118 Bahnhöfen und Haltestellen. Die Veränderung umfaßte deshalb umfangreiche Maschinen-, betriebs- und bautechnische Arbeiten. So war eine große Reihe ingenieurtechnischer und hochbautechnischer Aufgaben zu lösen.

Von dem ingenieurtechnischen Anteil hat Dr.-Ing. Remy die „Bahnhofsumbauten“ in einem größeren Aufsatz (Zentralblatt der Bauverwaltung 1928, Nr. 26, 27, 29) geschildert. Er zeigte dort, daß durch den Umbau der Gleisanlagen bei Wannsee der Neubau des Empfangsgebäudes¹⁾ nötig wurde und begründete die Notwendigkeit, im Zusammenhang mit der Lösung des Knotens westlich von Charlottenburg zwei neue Empfangsgebäude, für den Umsteigebahnhof Ausstellung und für die neue Haltestelle Eichkamp, zu errichten.





Eine vorläufige Teilausführung ist das Empfangsgebäude des Umsteigebahnhofs Ausstellung (Abb. 2 bis 5, 10 bis 15). Dieser Kreuzungsbahnhof ist als Turmbahnhof ausgebildet, eine Form, die für reinen Personenverkehr manche Vorteile

bietet. Die Aufgabe war, eine Anlage zu schaffen, die den augenblicklichen Verhältnissen entspricht, also den großen Umsteigeverkehr zwischen Stadt- und Ringbahn bewältigt, die daneben den vorläufig geringen Zu- und Abgang der Reisenden nach außen ermöglicht, die aber auch zur Bewältigung später einsetzenden Massenverkehrs von und zum Bahnhof erweitert werden kann. Die Kreuzung der Stadt- und Ringbahngleise (Abb. 10) legte den Gedanken nahe, das Empfangsgebäude über der Kreuzung zu errichten und mit einer einzigen Kuppelhalle alle Bedingungen, vor allem die einer Ueberdachung aller Bahnsteige zu erfüllen. Ein solcher Entwurf wäre vielleicht die auch städtebaulich beste Lösung gewesen, aber bei diesem Entwurf war eine Teilausführung nicht möglich. Dagegen erlaubte der zur Ausführung gewählte Entwurf, bei dem das Empfangsgebäude in den Winkel zwischen Ring- und Stadtbahngleise, nach der Avus zu, gesetzt wurde, eine der wirtschaftlichen Lage entsprechende sparsame Ausführung.

Die tief im Einschnitt liegenden zwei Stadtbahngleise sind verhältnismäßig windgeschützt und konnten deshalb die übliche offene Ueberdachung erhalten (Abb. 5). Dagegen erschien es unerlässlich, die Reisenden auf dem hochliegenden, die Stadtbahnsteige im rechten Winkel überschneidenden Ringbahnsteig durch eine geschlossene Halle gegen die Unbilden der Witterung zu schützen. (Abb. 5.)

Der Umsteigeverkehr vollzieht sich über zwei massive Treppen. Daneben sind zum erstenmal bei der Reichsbahn Rolltreppen zur Ueberwindung der großen Höhe angewendet worden. Zunächst ist neben jeder

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1928, Nr. 44, S. 279, und Deutsche Bauzeitung 1928, Nr. 52.

-  Schaltwerk
-  Schaltstelle
-  Unterwerke mit örtlicher Bedienung
-  Unterwerke mit Fernbedienung

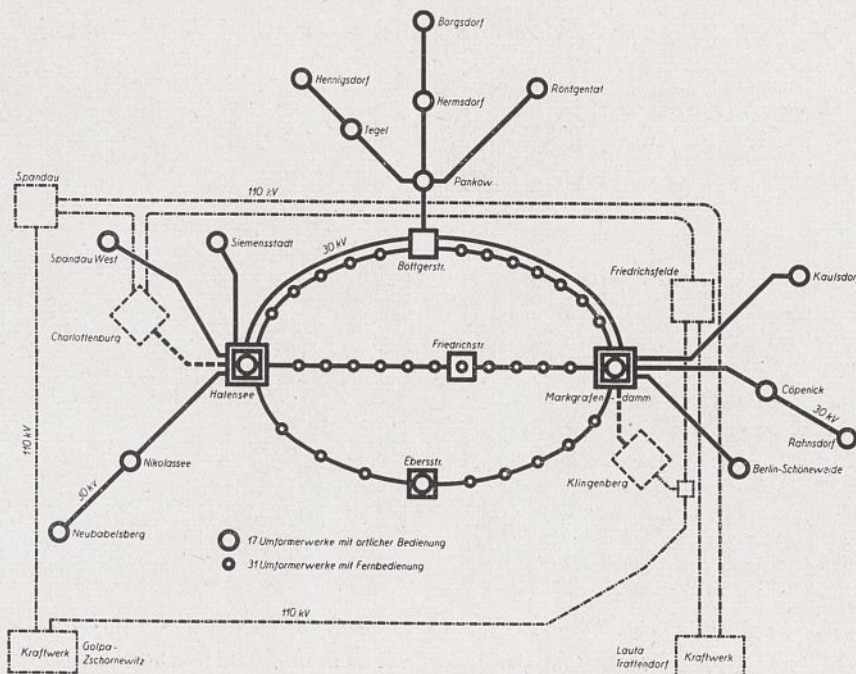


Abb. 1.
Stromversorgung der
Berliner Stadt-, Ring- und
Vorortbahnen.

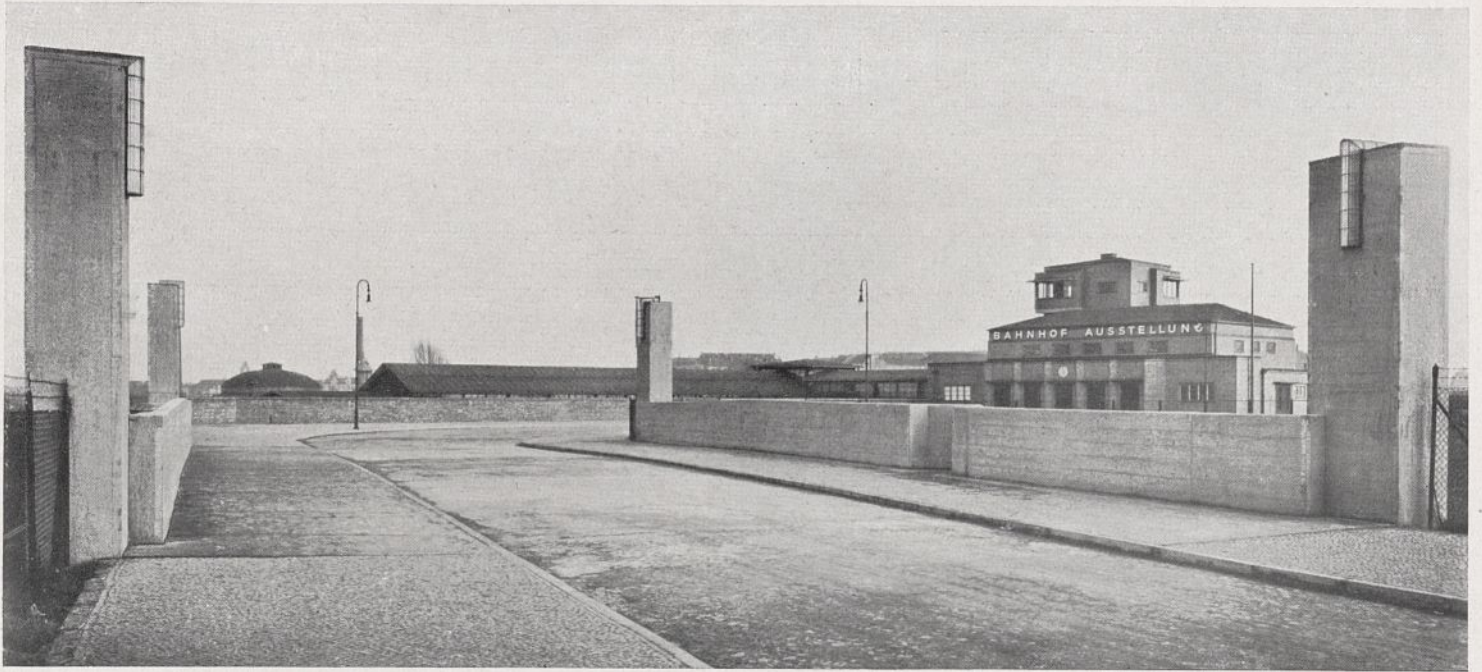


Abb. 2. Zugangsbrücke zur neuen Straße zwischen Halenseer Brücke und Königsveg.

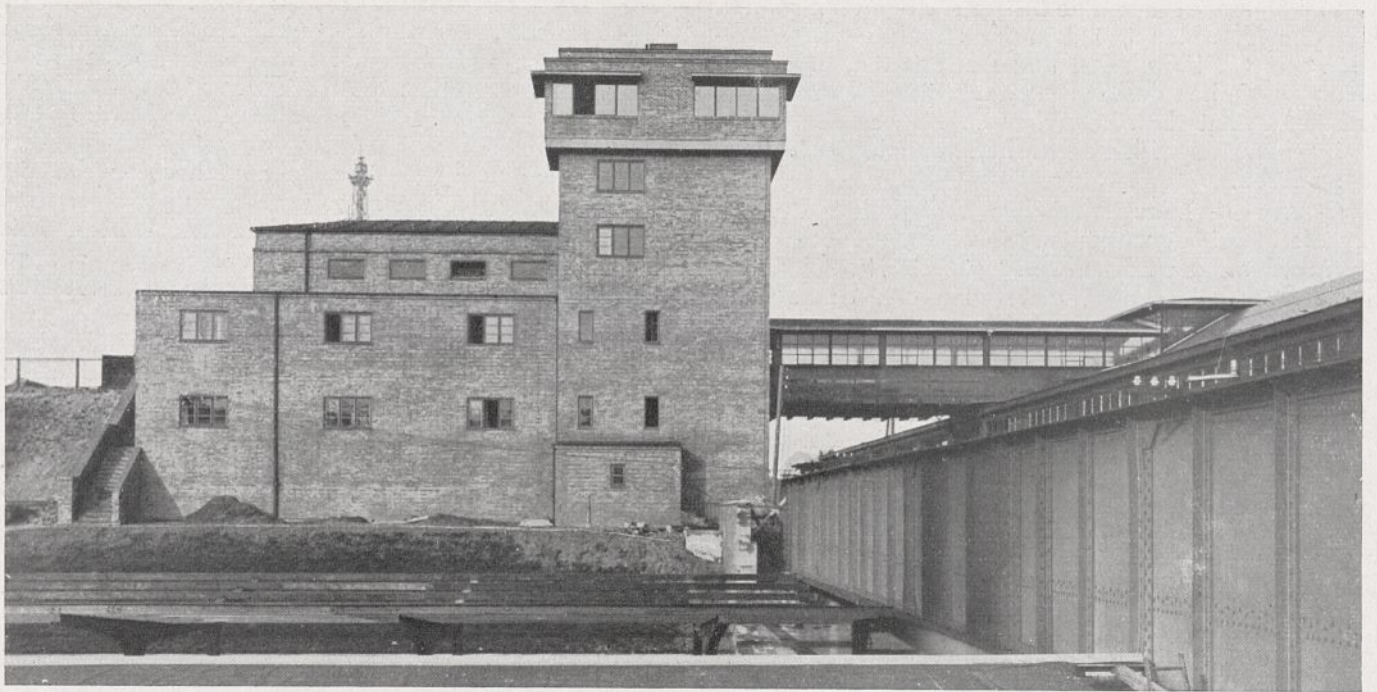


Abb. 5. Ringbahnhalle mit Gang zur Schallerhalle, Stellwerksturm und Überdachung der Stadtbahnsteige.



Abb. 4. Halle mit Zugangsbrücke.



Abb. 5. Ringbahnhalle mit Aufgang zum Empfangsgebäude.

Abb. 2 bis 5. Empfangsgebäude Bahnhof Ausstellung.



Abb. 6. Bahnsteigseite. Die Bahnsteigüberdachung ist noch nicht ausgeführt. Beabsichtigt ist eine spätere Überbrückung zum jenseitigen Gelände.



Abb. 7. Eingangseite vom Königsweg und von der Siedlung.



Abb. 8. Windfangvorbau mit Zeitungsverkauf.



Abb. 9. Windfangvorbau mit Leuchtbuchstaben.

Abb. 6 bis 9. Empfangsgebäude Bahnhof Eichkamp.

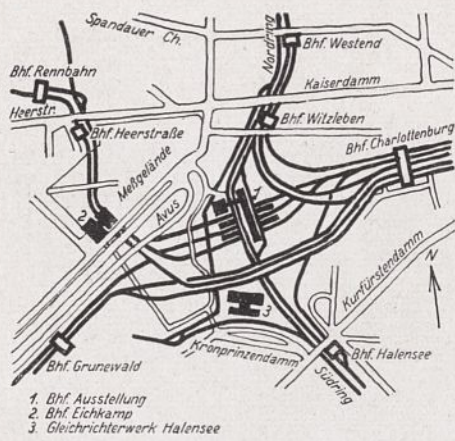


Abb. 10. Lageplan.



Abb. 11. Stellwerksraum.

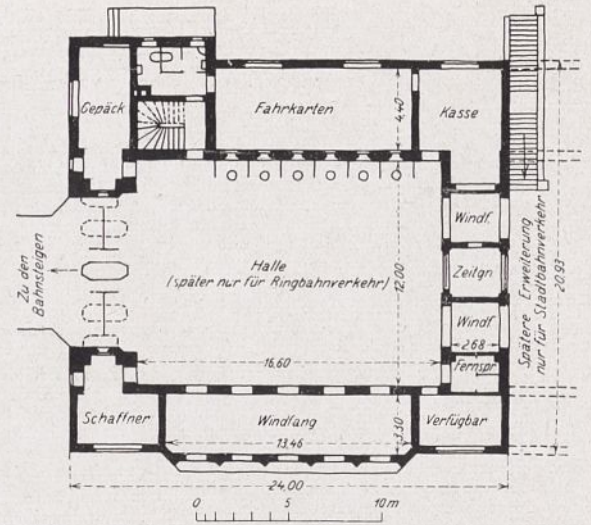


Abb. 12 (rechts). Grundriß.
M. 1:400.

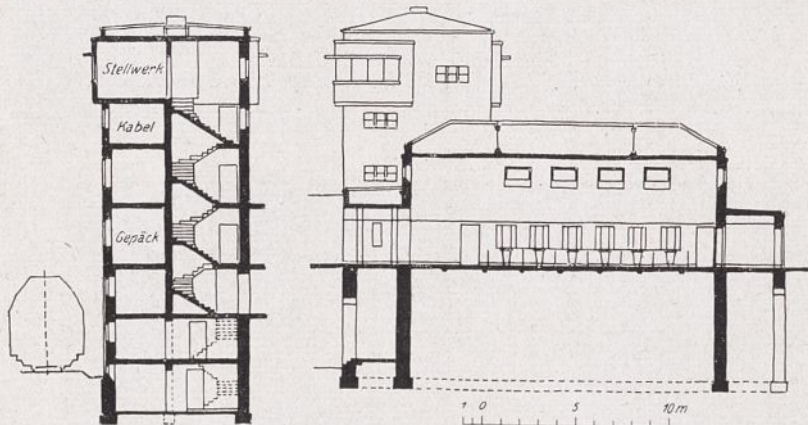


Abb. 13 und 14. Querschnitte.

Abb. 10 bis 15. Empfangsgebäude Bahnhof Ausstellung.

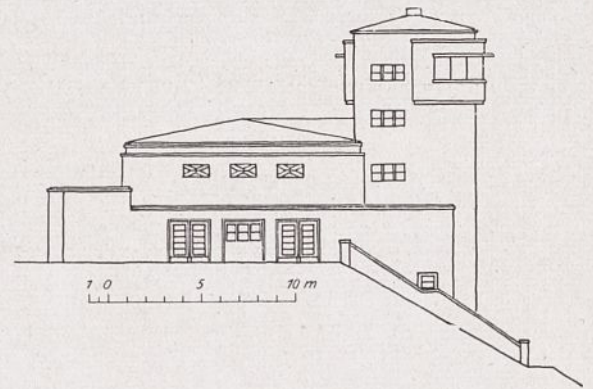


Abb. 15. Seitenansicht.

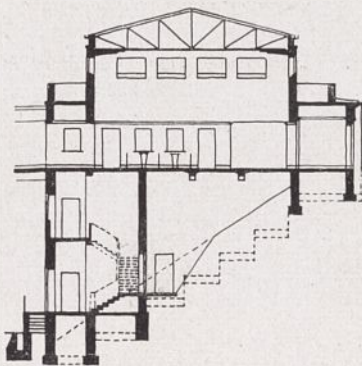


Abb. 16. Querschnitt.

Abb. 16 und 17. Empfangsgebäude Bahnhof Eichkamp.

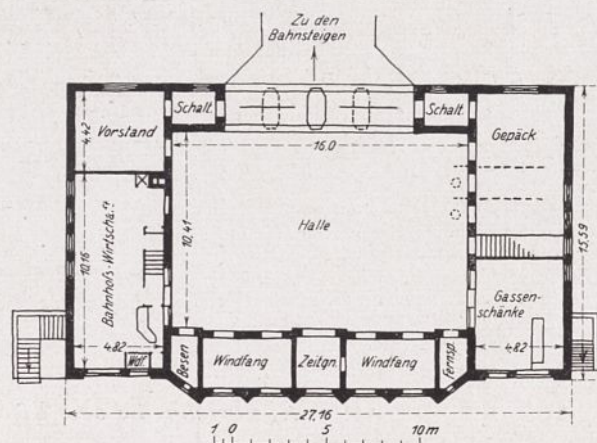


Abb. 17. Grundriß. M. 1:400.

massiven Treppe nur je eine Rolltreppe angelegt, die bei einer Breite von 1,2 m und einer Geschwindigkeit von rund 0,5 m/sek etwa 8000 Reisende in der Stunde befördern kann. Die Konstruktion nimmt aber auf eine etwa notwendig werdende Erweiterung durch Einbau einer zweiten Rolltreppe Rücksicht.

Vom Ringbahnsteig gelangt man über eine massive Treppe und über einen das westliche Ringbahngleis überbrückenden Gang zur Schalterhalle, von der durch Windfänge der Vorplatz erreicht wird. Das angrenzende Gelände ist von dort über eine Brücke zugänglich (Abb. 2).

Bei einem viergleisigen Ausbau der Ringbahnstrecke kann neben der jetzigen Bahnsteighalle eine zweite für das noch fehlende zweite Gleispaar angelegt werden. Ebenso ist die Möglichkeit vorhanden, westlich neben der zunächst erbauten eine zweite Schalterhalle zu errichten, die dann nur für den Zu- und Abgang der Reisenden zur

Stadtbahn über eine eigene Brücke und Treppe bestimmt ist, während die bisher ausgeführte später nur dem Ringbahnverkehr dient. (Abb. 4 und 10.)

Im östlichen Winkel zwischen Stadt- und Ringbahnsteigen hat ein Stellwerk Platz gefunden, das der Sehliesen wegen etwa 20 m über die Stadtbahngleise gelegt werden mußte — das höchste Stellwerk von Berlin (Abb. 5, 10 bis 15). Das Empfangsgebäude ist ebenso wie das in Eichkamp mit rotbunten Klinkern verblendet, die nur geringe Unterhaltung fordern. In der Ringbahnsteighalle herrschen braune und rote, auf den Stadtbahnsteigen gelbe und rote Farbtöne vor. Einige lebhaftere Punkte bilden die Bahnsteighäuschen.

Die Haltestelle Eichkamp mußte, da an der Vorortstrecke Grunewald—Charlottenburg Platz nicht vorhanden war, in den neuen Einschnitt der Vorortstrecke Spandau—Charlottenburg gelegt werden. (Abb. 10.) Dort

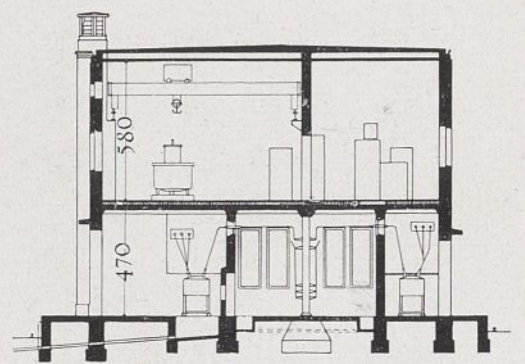
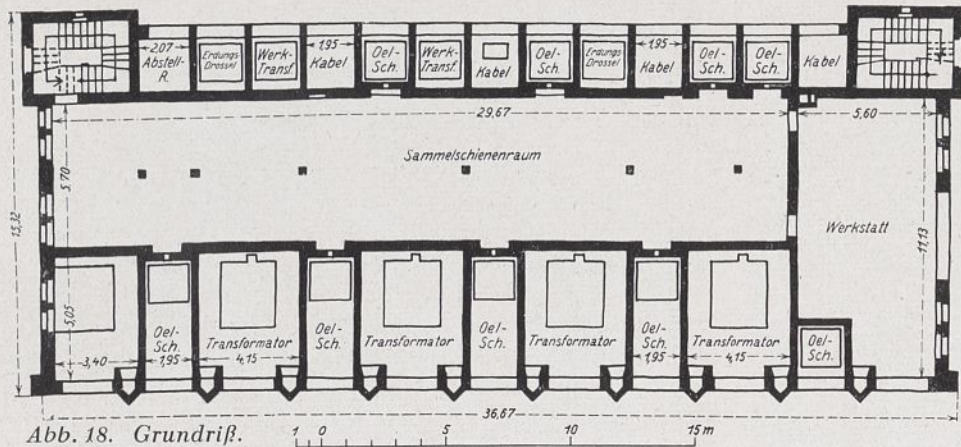


Abb. 18 und 19. Gleichrichterwerk Tegel. M. 1:500.

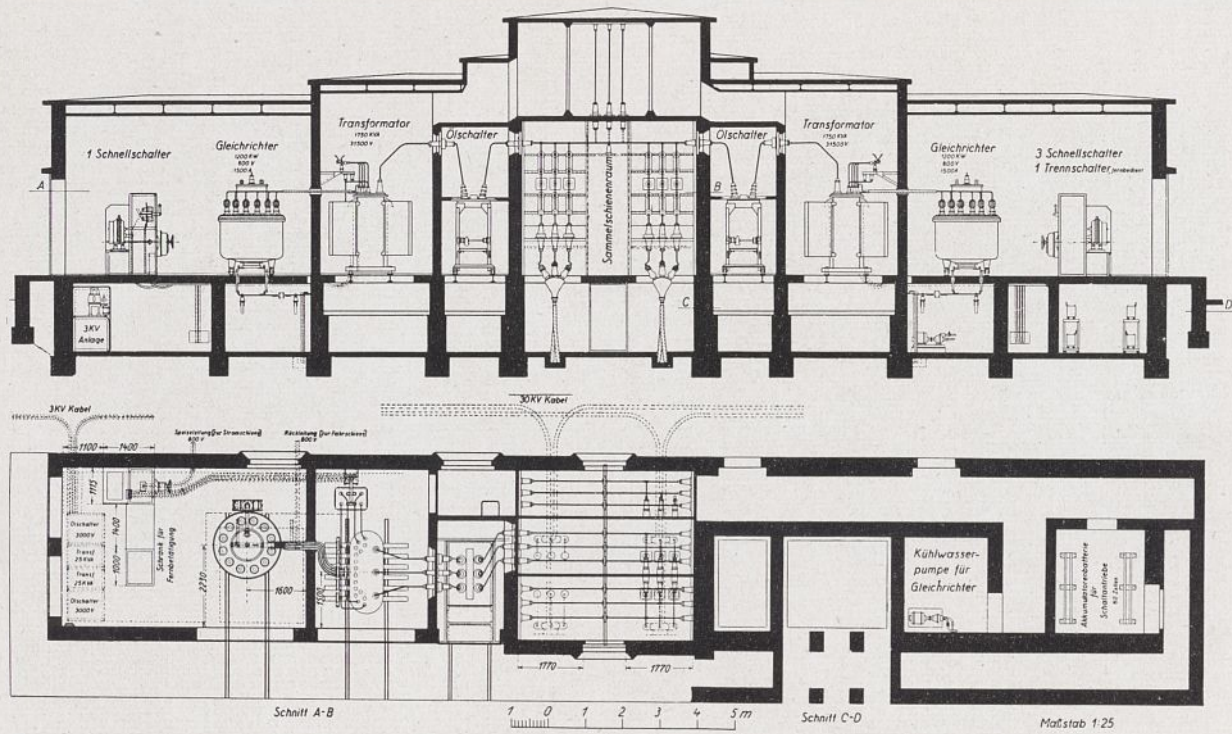


Abb. 20 und 21. Kleingleichrichterwerk in Regelbauart. Grundriß und Längsschnitt. M. 1:200.

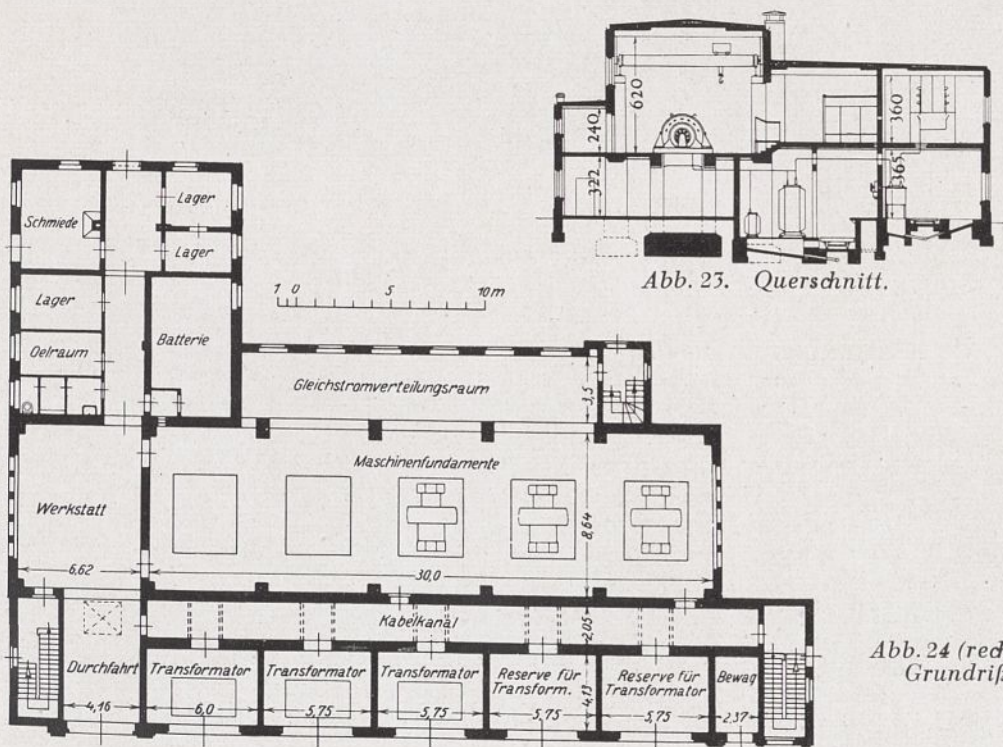


Abb. 22. Umformerwerk Pankow, Grundriß. M. 1:400.

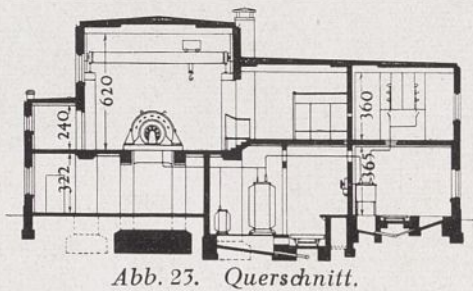


Abb. 23. Querschnitt.

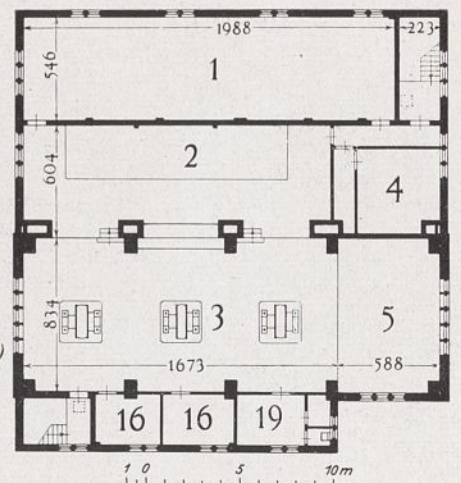


Abb. 24 (rechts) Grundriß

Abb. 23 und 24. Umformerwerk Borgsdorf. M. 1:400



Abb. 25. Umformerwerk Pankow, am Schnittpunkt der drei Nordstrecken.

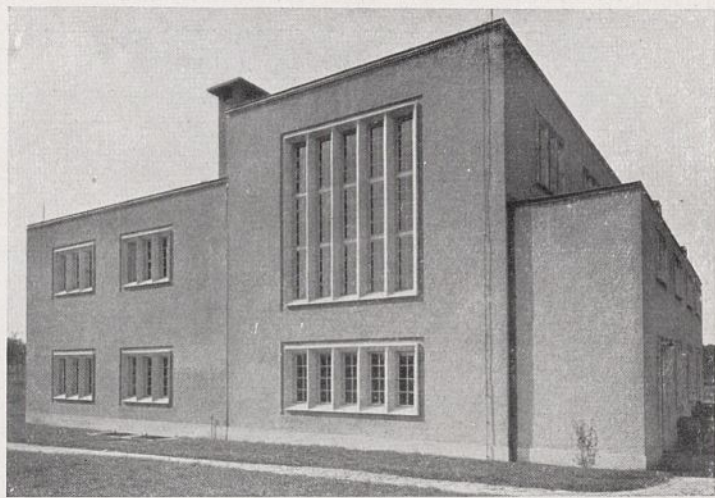


Abb. 26. Umformerwerk Borgsdorf.



Abb. 27. Gleichrichterwerk Tegel, Straßenansicht. Im Hintergrund das zugehörige Beamtenwohnhaus.



Abb. 28. Gleichrichterwerk Niederschöne weide.

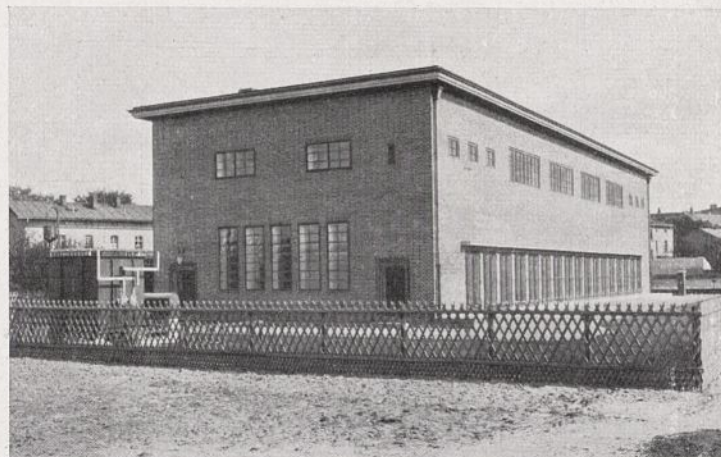


Abb. 29. Gleichrichterwerk Spandau. Links Wasserrwiderstand.

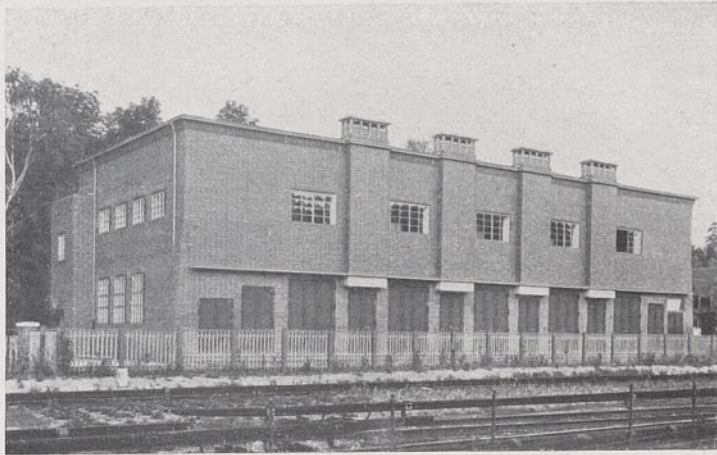


Abb. 50. Gleichrichterwerk Neubabelsberg, Bahnseite.

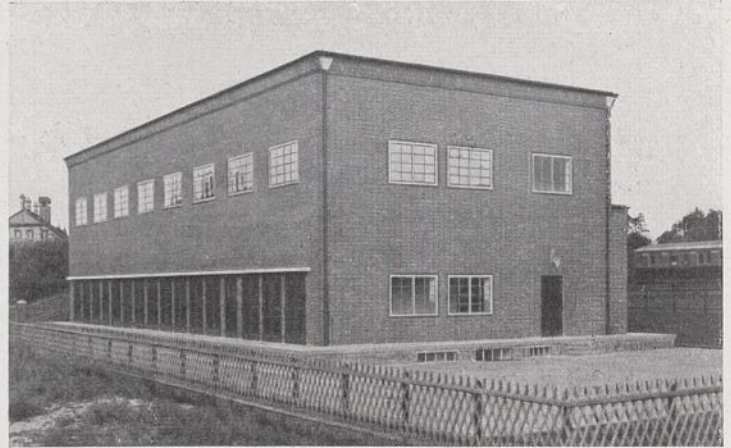


Abb. 51. Gleichrichterwerk Nikolassee.

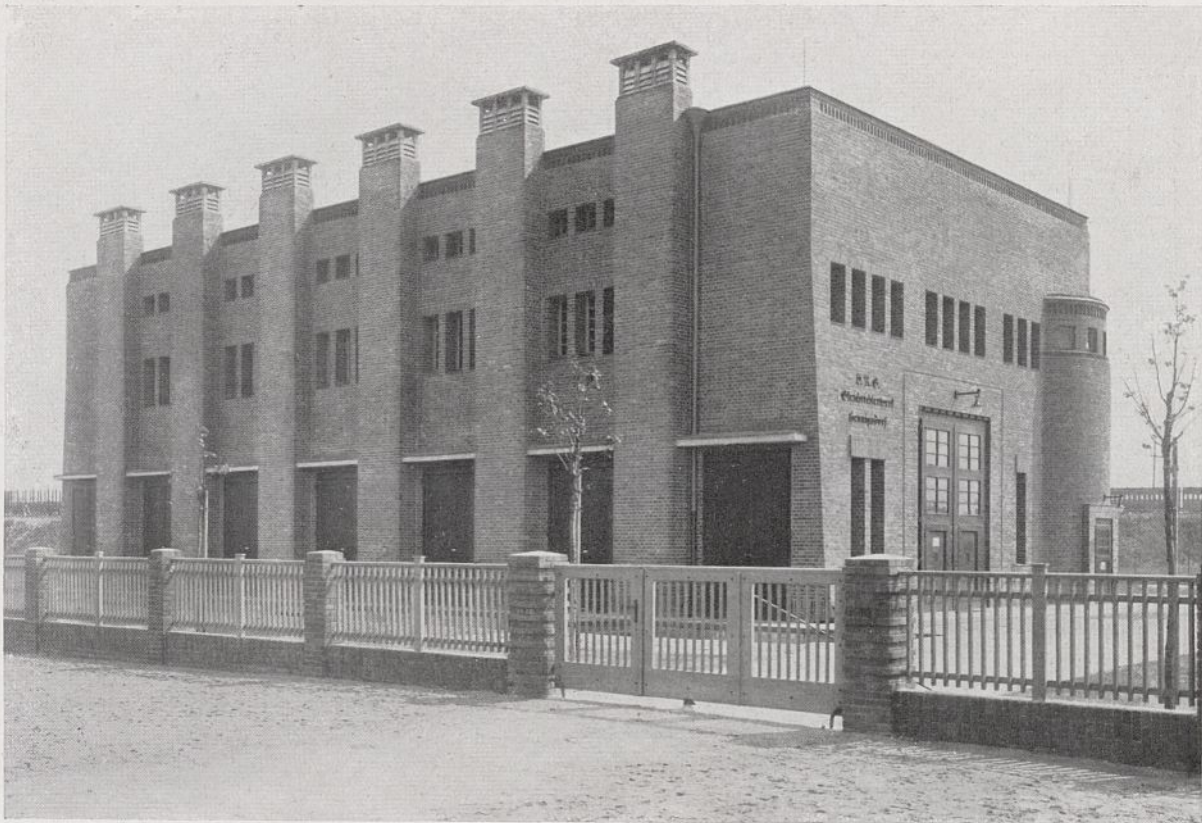


Abb. 52. Gleichrichterwerk Hennigsdorf, Straßenseite.



Abb. 53. Gleichrichterwerk Cöpenick, Straßenseite.
Besonderes Kabelgeschoß.

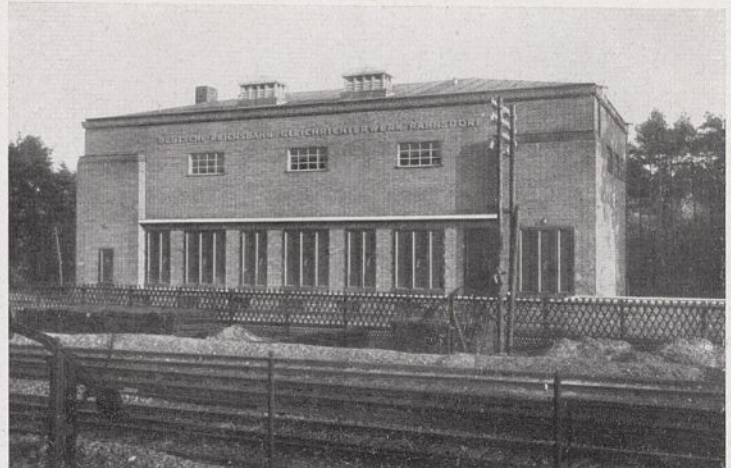


Abb. 54. Gleichrichterwerk Rahnsdorf, Bahnseite.
An höher Böschung gelegen, dreigeschossig.

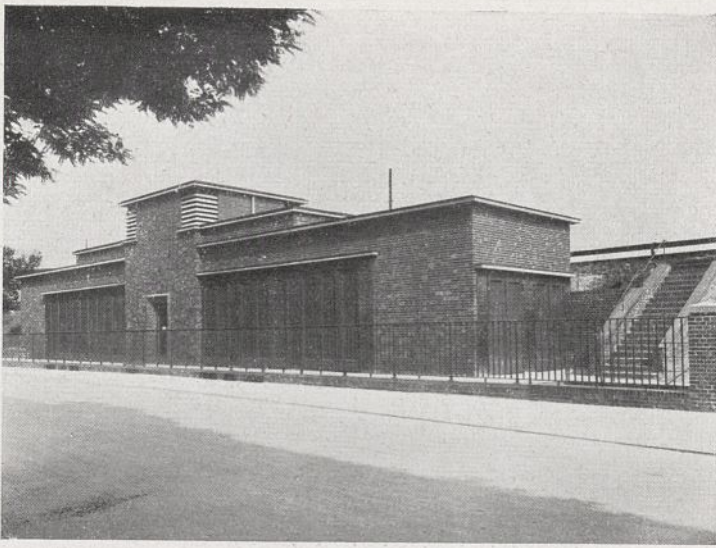


Abb. 55. Kleingleichrichterwerk Kaiser Friedrich-Straße. Liegt dicht an der Bahn, aber ohne Gleisanschluß.

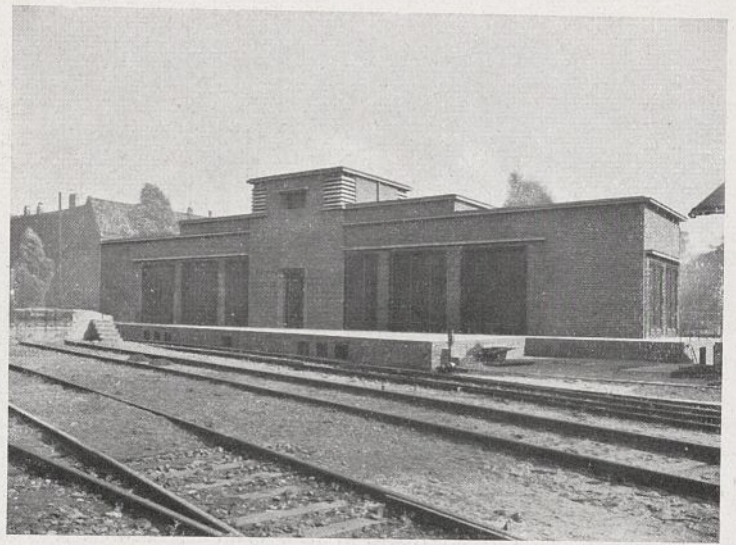


Abb. 56. Kleingleichrichterwerk Wilmersdorf-Friedenau. Rampe bis an die vorhandenen Gleise vorgezogen.

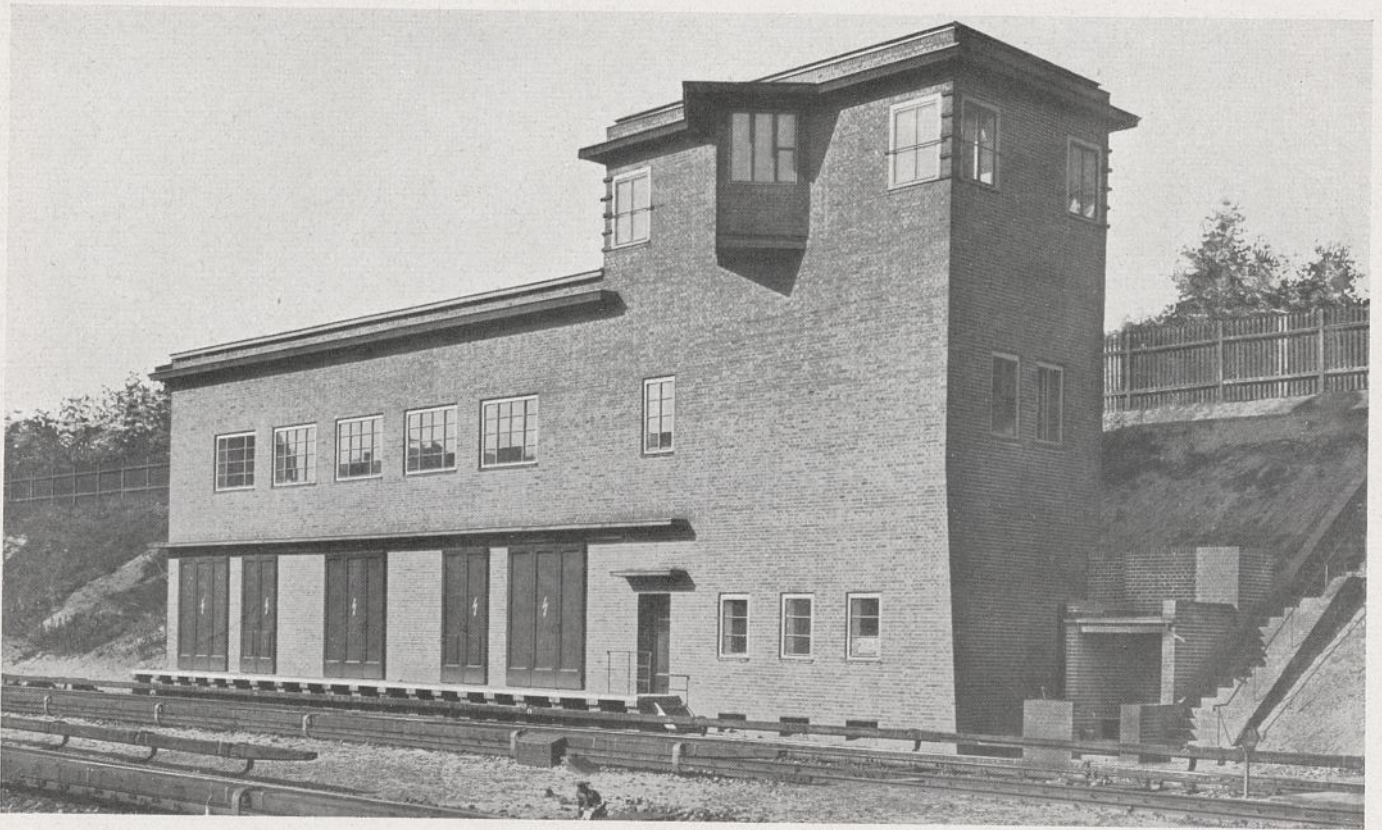


Abb. 57. Gleichrichterwerk Hermannstraße Im dritten Geschoß ein Stellwerk.

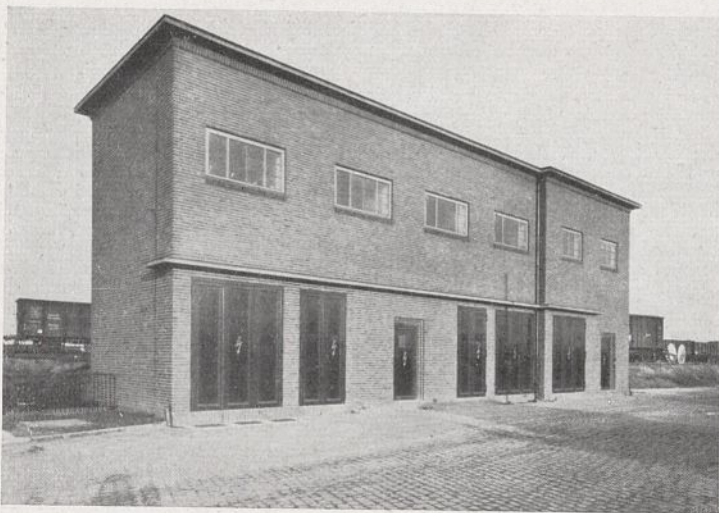


Abb. 58. Gleichrichterwerk Weissensee. Spätere Erweiterung nach rechts vorgesehen.

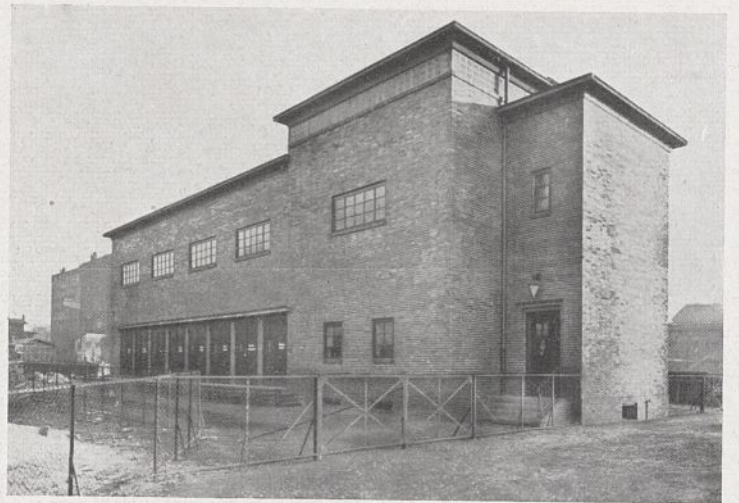


Abb. 59. Schaltstelle Böttgerstraße. Schaltwerk durch Prismenoberlicht beleuchtet.

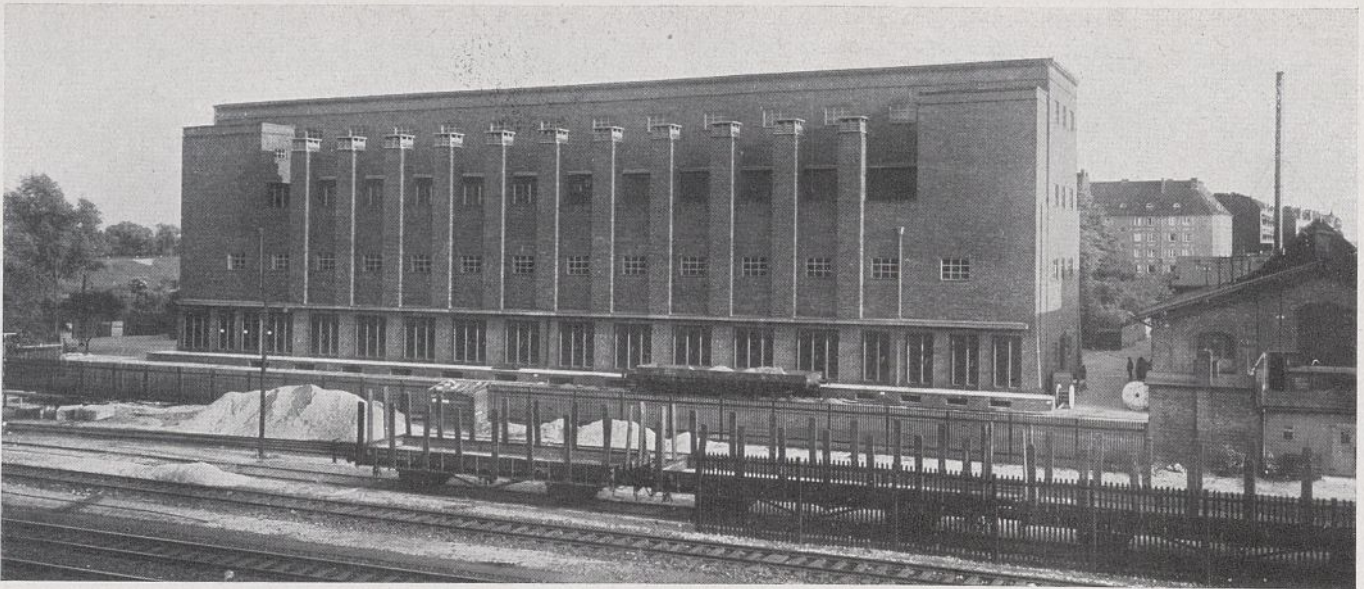


Abb. 40. Hauptschaltwerk Markgrafendamm. Ansicht von Bahnhof Stralau-Rummelsburg.

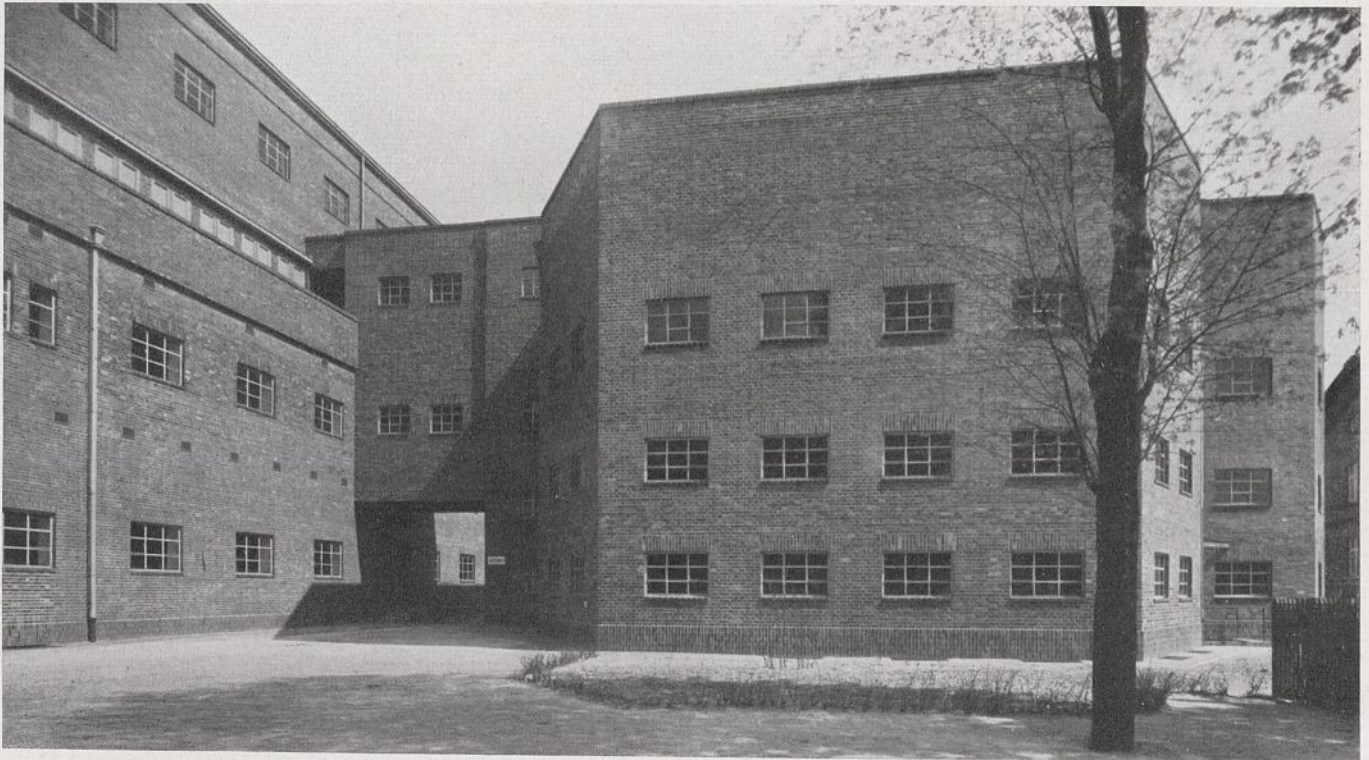


Abb. 41. Hauptschaltwerk Markgrafendamm. Links Hochspannhaus, rechts Schalthaus.



Abb. 42.
Hauptschaltwerk
Halensee.

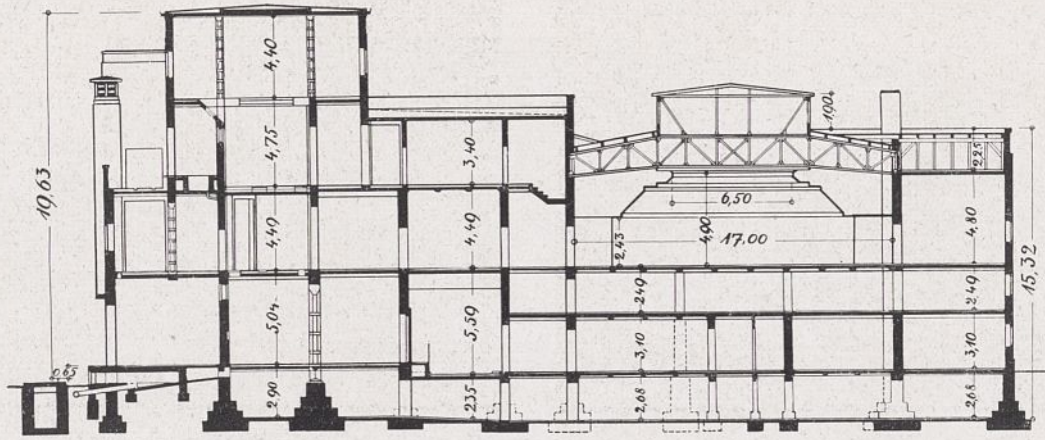


Abb. 45. Querschnitt.

Abb. 45 bis 45.
Hauptschaltwerk Markgrafendamm.
M. 1 : 600.

- 5. Reaktanzraum.
- 7. Gleichrichterraum.
- 8. Schaltwarte.

Abb. 44. Grundriß.

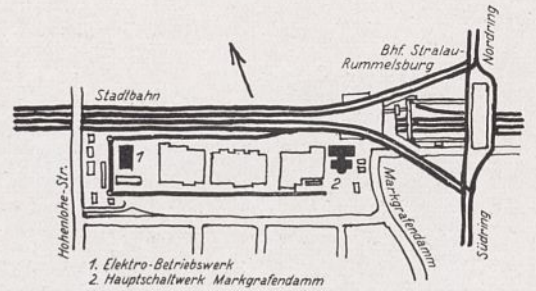
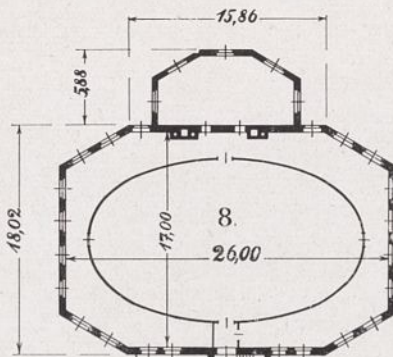
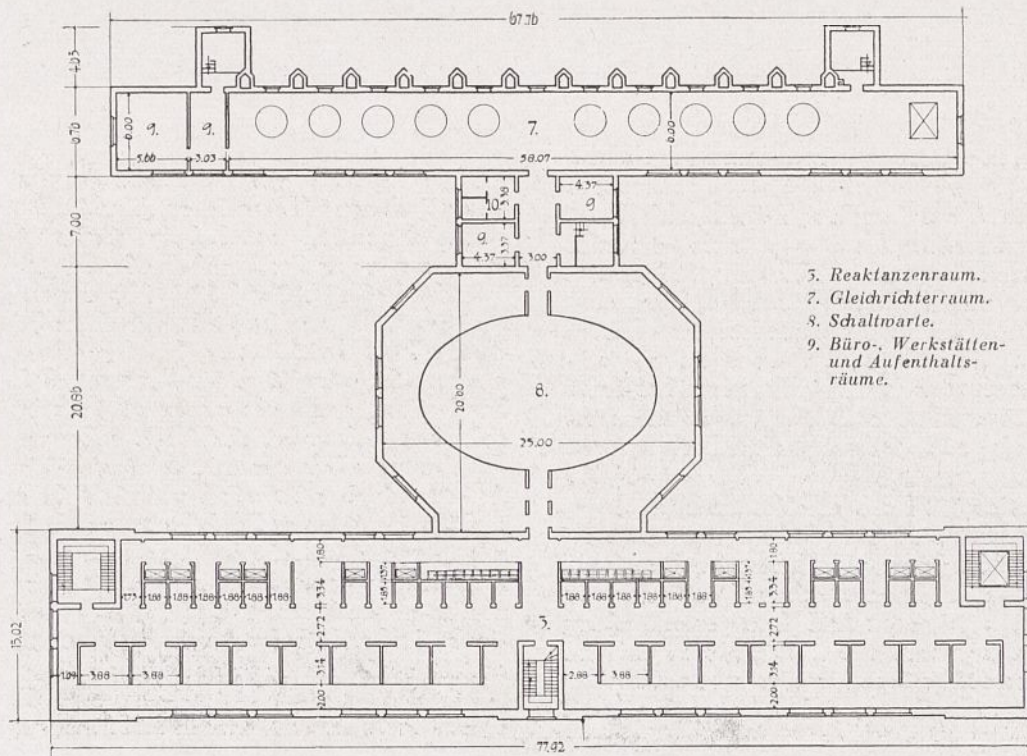


Abb. 45. Lageplan.



- 5. Reaktanzraum.
- 7. Gleichrichterraum.
- 8. Schaltwarte.
- 9. Büro-, Werkstätten- und Aufenthaltsräume.

Abb. 46. Hauptschaltwerk Halensee, erstes Obergeschoß. M. 1 : 600.

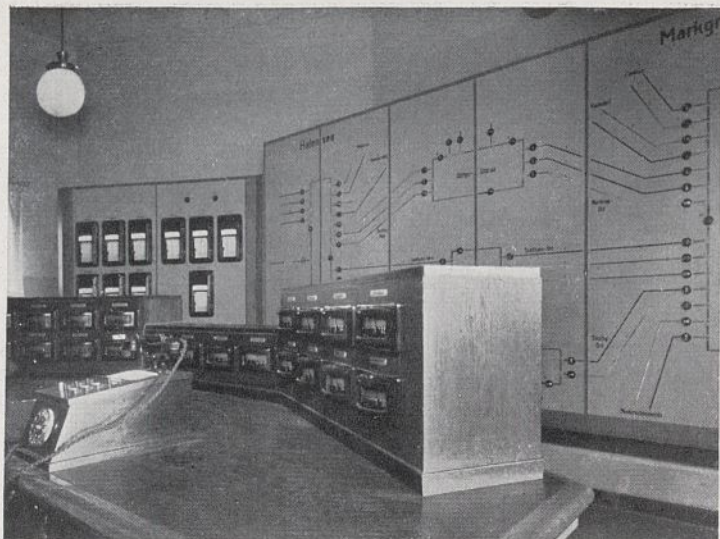


Abb. 47. Lastverteilteraum. Leuchtschaltbild mit selbstschreibenden Instrumenten.



Abb. 48. Gleichrichterraum. Im Gange Schienen zur Beförderung der Gleichrichter zum Aufzug.

Abb. 47 und 48. Hauptschaltwerk Markgrafendamm.

liegt sie auch günstig für die Siedlung und für die Aufschließung des angrenzenden Geländes zu Sport- und Ausstellungszwecken. Die Anlage wurde deshalb so geplant, daß sie für spätere größere Bedürfnisse erweitert werden kann. Die neuen Gleise der Strecke Spandau—Charlottenburg liegen etwa 6 m unter dem Gelände des Bahnhofsvorplatzes. Es handelte sich also für das Empfangsgebäude um den günstigen Fall, daß die Reisenden ohne verlorene Steigung über eine Brücke zu und von dem Bahnsteig geführt werden (Abb. 6 bis 9, 16, 17). Für die Erweiterung ist die Möglichkeit vorgesehen, über eine vom Treppenabsatz in der Mittelachse anzulegende Brücke das jenseitige Gelände zu erreichen. (Abb. 6.) Dort kann dann für den entgegengesetzten Verkehr ein zweites Empfangsgebäude errichtet werden. Aus wirtschaftlichen Gründen ist der Ausbau der Gesamtanlage vorläufig nur soweit ausgeführt, wie ihn das augenblickliche Bedürfnis erfordert. Das Stellwerk konnte mit einigen anderen Diensträumen in dem Unterbau, der sich durch die Lage am Einschnitt ergab, untergebracht werden. Von der Ueberdachung der Bahnsteige wurden zunächst nur kurze Stücke am Treppenabgang ausgeführt. Die beabsichtigte Gesamtwirkung wird sich erst ergeben, wenn die Bahnsteige in ganzer Länge überdacht sind.

Für die Bauten der Stromversorgung lagen Erfahrungen nur wenig vor. Der elektrische Aufbau solcher

Anlagen befindet sich in steter Entwicklung. Die Umformung des Stromes hat im letzten Jahrzehnt eine große Wandlung durchgemacht²⁾, die sich auch auf die Gebäude der dazu erforderlichen Anlagen auswirkt. Die Reichsbahn übernimmt den Strom von den Kraftwerken als Drehstrom mit 50 000 V Spannung an zwei Stellen im Osten und Westen, an den wichtigen Punkten, wo die Stadtbahn und der Ring sich schneiden. (Abb. 1.) Von diesen Uebernahmestellen in Halensee und am Markgrafendamm (Stralau-Rummelsburg) wird der Drehstrom durch besondere reichseigene 50 000 V-Kabel über das ganze Bahnnetz verteilt und den einzelnen längs der Strecke angeordneten 49 Unterwerken (14 an den Vorortstrecken und 35 an der Stadt- und Ringbahn) zugeführt. In der Regel versorgt Markgrafendamm die Osthälfte und Halensee die Westhälfte des Bahnnetzes. Die Trennungslinie der Speisebezirke der beiden Werke verläuft etwa in der Linie Gesundbrunnen—Friedrichstraße—Ebersstraße. Jedes der beiden Werke kann aber den ganzen Bezirk allein mit Strom versorgen.

²⁾ S. Schlemmer. Elektrisierung der Berliner Stadt- und Vorortbahnen. Glasers Annalen 1927. — Dr.-Ing. Wechmann. Neuere Erfahrungen im elektrischen Zugbetrieb. Verkehrstechnische Woche 1929, Nr. 30—35.



Abb. 49. Hauptschaltwerk Halensee, Schaltwarte.

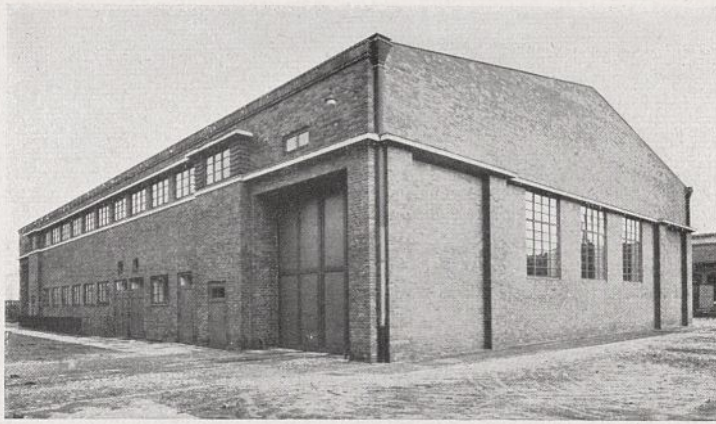


Abb. 50. Überwachungswerk Markgrafendamm.

In den Unterwerken befinden sich die Anlagen, mittels deren der Drehstrom mit 50 000 V in Gleichstrom mit 800 V umgewandelt wird. Die Umformung erfolgte auf den beiden ersten der drei 1922 bis 1926, gewissermaßen als Versuchsstrecken, auf elektrischen Betrieb umgestellten Berliner Nordstrecken, Berlin Stettiner Vorortbahnhof—Bernau und Berlin—Oranienburg (1922 bis 1924), durch rotierende Einankerumformer (Umformerwerke Pankow, Röntgental, Hermsdorf und Borgsdorf). Dagegen erhielten die beiden Unterwerke Hennigsdorf und Tegel der 1924/26 umgestellten Strecke nach Velten Quecksilberdampf-Großgleichrichter, die in der erforderlichen Größe erst entwickelt werden mußten. Für den weiteren Ausbau 1927/28 wurden dann nur Gleichrichter verwendet. Die aus maschinentechnischen Gründen verhältnismäßig weiträumigen Umformerwerke wandelten sich in Gleichrichterwerke, die geschlosseneren Baukörper ergaben.

Das Umformerwerk Pankow (Abb. 22, 25) zeigt neben dem zweigeschossigen Maschinenhaus mit den Umformern im Obergeschoß und den Schaltanlagen im Erdgeschoß einen dreigeschossigen Bauteil zur Aufnahme der Transformatoren, Oelschalter und der Sammelschiene und einen zweigeschossigen für die Schalttafeln und die Streckenschalter. Im später erbauten Umformerwerk Borgsdorf ist auch die Hochspannungsanlage zweigeschossig angelegt. (Abb. 25, 24, 26.) Transformatoren und Oelschalter mit ihrem großen Gewicht wurden im Erdgeschoß aufgestellt, hier noch an einem Innengang, in allen späteren Werken an den Außenseiten. Das war schon eine Grundforderung für den Entwurf der Gleichrichterwerke in Hennigsdorf und Tegel, zweigeschossige Bauten, in deren Erdgeschoß Oelschalter, 50 000 V-Anlage und Transformatoren, und in deren Obergeschoß Gleichrichter, Gleichstromschaltanlage und 800 V-Anlage untergebracht sind. (Abb. 18, 19, 27, 32.)

Allen Werken gemeinsam ist die Aufstellung der Umformer oder Gleichrichter im Obergeschoß entsprechend dem Grundsatz einfachster Leitungsführung. Der schwere Pfeilerunterbau der Umformer versperrt das Untergeschoß stark. (Abb. 22 bis 24.) Die leichteren Gleichrichter brauchen keine besonderen Stützen, sie können auf der entsprechend verstärkten Decke aufgestellt werden. (Abb. 20, 21, 45, 48.) Die Anordnung der Werke Hennigsdorf und Tegel wurde dann maßgebend für die Ausbildung der Gleichrichterwerke auf den Außenstrecken der Gesamtelektroskopierung, die grundsätzlich auf demselben elektrischen Entwurf aufgebaut sind. Aus der Lage zum Bahnnetz und den besonderen örtlichen Verhältnissen ergaben sich gewisse Abweichungen, die sich auch in der äußeren Erscheinung ausdrücken. (Abb. 28 bis 31, 33, 34.) Die stärksten Abweichungen zeigen die Gleichrichterwerke Cöpenick und Rahnsdorf, dreigeschossige Bauten — Rahnsdorf liegt an einer hohen Böschung. (Abb. 35, 34.)

Während in den 14 Werken der Vorortlinien, die je 5 bis 4 Gleichrichtersätze enthalten und die mit Wärtern besetzt sind, die Leistung für größere Streckenabschnitte

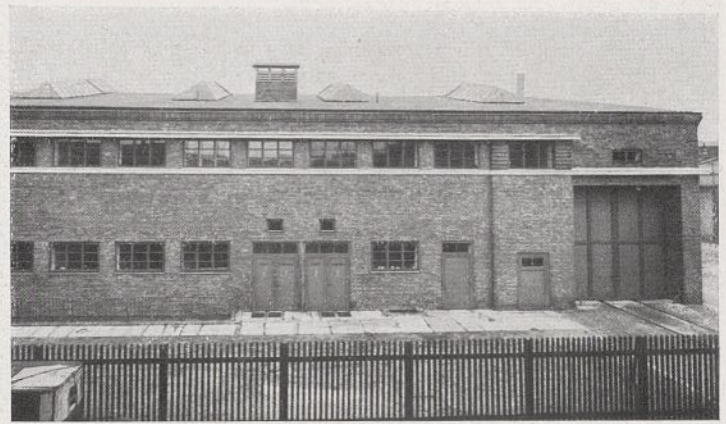


Abb. 51. Überwachungswerk Markgrafendamm.

vereinigt ist, wurde für die Stadt- und Ringbahn die verteilte Speisung mit Fernsteuerung gewählt. Die ganze Strecke wurde in viele kurze Teilstrecken aufgeteilt, von denen 30 von je einem kleinen Gleichrichterwerk mit je 2 Gleichrichtersätzen gespeist werden. Von diesen Werken konnten 8 in Stadtbahnbögen untergebracht werden, die also nach außen nicht in Erscheinung treten. Für 19 an der Ringbahn gelegene wurde ein Regelentwurf aufgestellt. Die Auswahl geeigneter Bauplätze war nicht groß. Im allgemeinen konnten nur sehr schmale Baustellen, meist zwischen den Gleisen oder an Böschungen, freigemacht werden. Für den Regelentwurf, der für zwei Gleichrichtersätze aufzustellen war, wurde deshalb die symmetrische Anordnung der beiden Sätze zu beiden Seiten eines Mittelraumes, der die Schalt- und Lüftungsanlagen enthält, gewählt. Da die Werke fernbedient werden, sind Nebenräume nicht erforderlich, alle Räume können von außen zugänglich gemacht werden. (Abb. 20, 21.) So ergab sich ein langgestreckter schmaler Baukörper mit erhöhtem Mittelteil, der sich eng an die elektrische Anlage anschließt, also ein Gehäuse, bei dem die Architektur durchaus von innen nach außen entwickelt wurde. (Abb. 35, 36.) Die freistehenden Kleingleichrichterwerke konnten mit wenigen Ausnahmen Gleisanschluß erhalten. Wo die Aufstellung einer fahrbaren Reserve mit einem Gleichrichtersatz betrieblich möglich ist, wurde ihr Anschluß im erhöhten Mittelteil vorgesehen. (Abb. 36.)

Drei kleinere fernbediente Werke weichen von dem Regelentwurf ab, da bei ihnen auf spätere Erweiterung für Güternahverkehr Rücksicht genommen werden mußte. Von ihnen wurde das Werk am Bahnhof Hermannstraße (Abb. 37) außerdem aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen mit einem neu zu errichtenden Stellwerk baulich vereinigt. Am Bahnhof Friedrichstraße, in der Prinz-Louis-Ferdinand-Straße wurde ein größeres Gebäude erforderlich³⁾.

Neben diesen unbesetzten Werken, die von vier Schaltstellen aus — Markgrafendamm, Halensee, Ebersstraße, Böttgerstraße — ferngesteuert werden, sind in den Werken Markgrafendamm, Halensee⁴⁾ und Ebersstraße größere wärterbesetzte Gleichrichterwerke untergebracht, von denen eine ganze Anzahl Speiseabschnitte, die strahlenförmig von ihnen ausgehen, gespeist werden. Ebersstraße enthält eine Anlage für 8, Halensee und Markgrafendamm solche für je 10 Gleichrichter. (Abb. 44, 46.)

Die Schaltstelle in der Böttgerstraße dient allein der Fernsteuerung. (Abb. 39.) Dagegen sind in den Werken Markgrafendamm, Halensee und Ebersstraße Anlagen für verschiedene Zwecke vereinigt. In den Werken Markgrafendamm und Halensee ist die Gleichrichteranlage baulich vereinigt mit der Hochspannungsanlage, die den gelieferten Strom übernimmt, mißt und verteilt, und mit der Schaltanlage, von der aus die Fernschalter des Werkes

³⁾ Wasmuths Monatshefte 1929, Heft 12.

⁴⁾ Abb. Zentralblatt der Bauverwaltung 1928, S. 707.



Abb. 52. Ueberwachungswerk Markgrafendamm, Werkstatthalle.

selbst und die der zugehörigen Unterwerke gesteuert werden. (Abb. 44, 46, 49.) Markgrafendamm enthält außerdem die Hauptbefehlsstelle, von der die Last auf die stromliefernden Werke gleichmäßig verteilt wird, und in der ein Leuchtschaltbild Aufschluß über die jeweils stattfindende Stromlieferung und Stromverteilung des gesamten Kabelnetzes Aufschluß gibt. Der Zustand wird außerdem durch selbstschreibende Instrumente überwacht und aufgezeichnet. (Abb. 47.)

Der Bauplatz für das Werk Markgrafendamm am Bahnhof Stralau-Rummelsburg war verhältnismäßig klein und schlecht auszunutzen, da ein Anfuhrweg für die angrenzenden Lagerhäuser freizuhalten war. (Abb. 45.) Die verschiedenen Anlagen mußten deshalb zum Teil ineinandergeschachtelt werden, das Gleichrichterwerk war nur im Hochspannungshaus mit unterzubringen, wodurch recht enge Verhältnisse entstanden. (Abb. 44.) Die Transformatorzellen befinden sich im Erdgeschoß des vier-

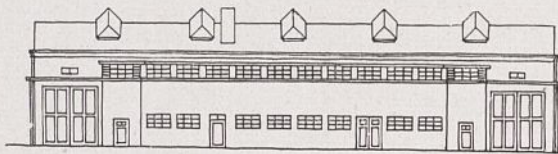


Abb. 53. Ansicht.

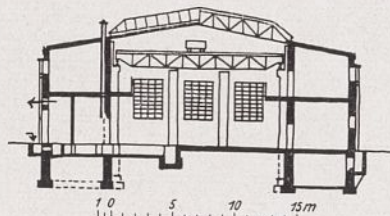


Abb. 54. Querschnitt.

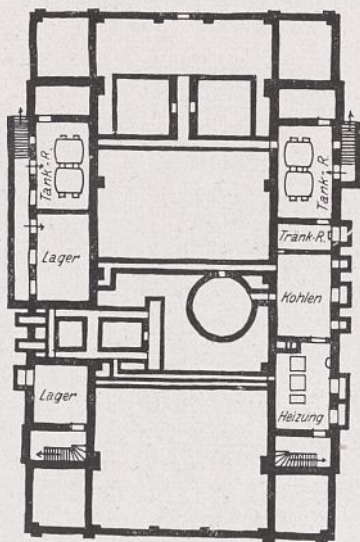


Abb. 55. Kellergeschoß.

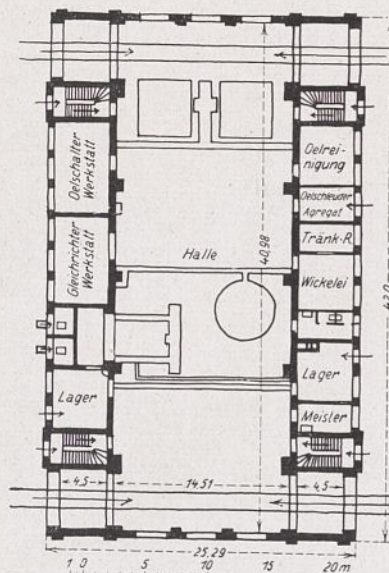


Abb. 56. Erdgeschoß.

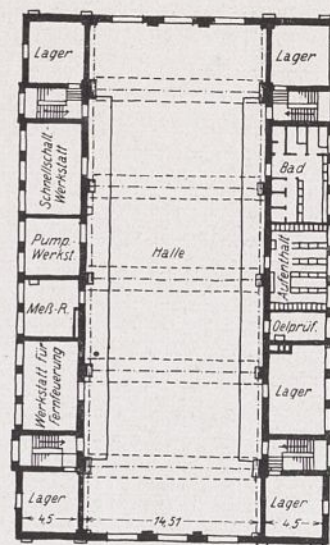


Abb. 57. Obergeschoß.

Abb. 55 bis 57. Ueberwachungswerk Markgrafendamm. M. 1 : 600.

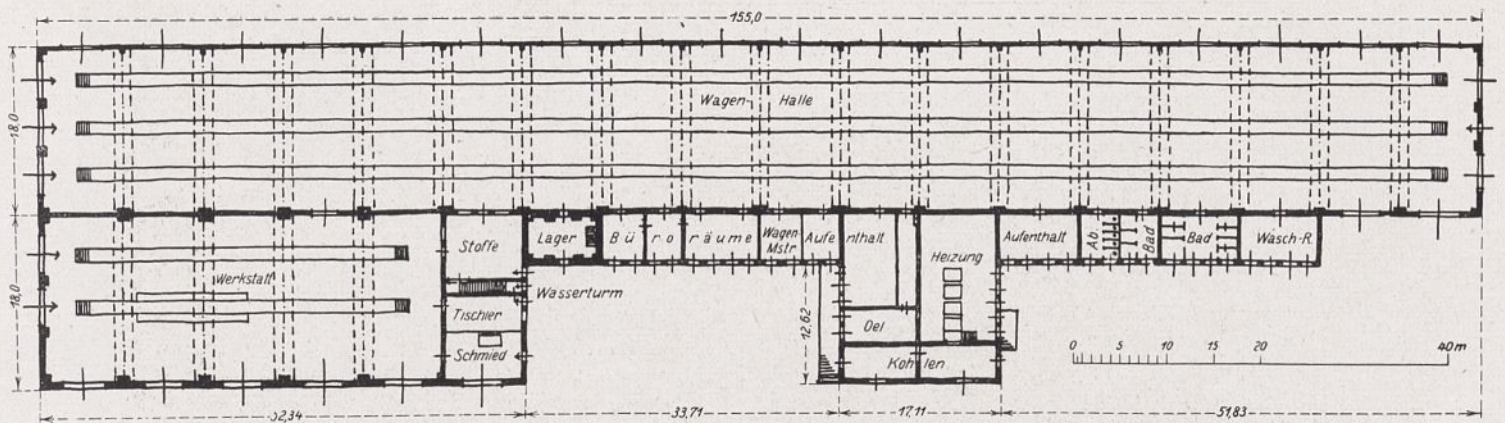


Abb. 58. Grundriß. M. 1:800.

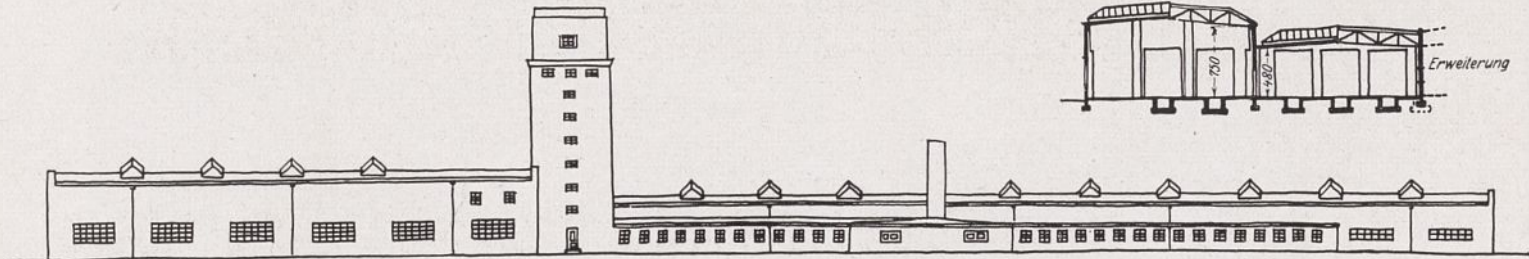


Abb. 59. Ansicht.

Abb. 58 bis 60. Triebwagenschuppen Velten.

Abb. 60 (oben). Querschnitt.

geschossigen Hochspannungshauses, durch eine Laderampe mit dem Anschlußgleis verbunden. Die Oelschalterzellen wurden im zweiten Obergeschoß angeordnet. Ihre bei Ueberdruck aufspringenden Türen münden auf einen Gang mit einem Gleis, auf dem die schweren Maschinen über einen Fahrstuhl zur Rampe des Anschlußgleises befördert werden können. (Abb. 40, 45, 48.) Die sehr umfangreiche Schaltwarte wurde in einem besonderen mit dem Hochspannungshaus verbundenen Bauteil untergebracht, der noch den Lastverteiler (Abb. 47), Kabelsammel- und Verwaltungsräume enthält. In der Schaltwarte sind die 70 Felder für die Bedienung des Werkes selbst und zur Fernsteuerung und Fernüberwachung der Unterwerke der Stadtbahn und des östlichen Teiles der Ringbahn ellipsenförmig angeordnet, eine Form, die die Uebersicht erleichtert und etwa notwendige Ergänzungen in fortlaufender Reihenfolge gestattet. Die Warte ist durch in den Fußboden eingelassene Widerstandsbänder elektrisch geheizt. Die Schaltwarte ist ebenso groß und ähnlich ausgebildet wie die in Halensee, die ebenfalls in einem besonderen Bauteil untergebracht ist. (Abb. 49.) In Halensee⁵⁾ konnte auch das Gleichrichterwerk für sich untergebracht werden, da der Bauplatz für eine klare Dreiteilung der verschiedenen Anlagen ausreichte. (Abb. 42, 46, 49.)

Um Ausbesserungen beschädigter elektrischer Apparate ausführen zu können, wurde auf dem ausgedehnten Grundstück der Reichsbahn am Bahnhof Stralau-Rumelsburg noch ein Ueberwachungswerk errichtet. Es enthält eine große Werkstatthalle (Abb. 52) mit einem Kran für 20 Tonnen Nutzlast, zu deren beiden Seiten im Erdgeschoß und im Obergeschoß, von Laufgängen aus zugänglich, die Räume der Arbeitskolonnen für Gleichrichter-, Transformatoren-, Schaltapparate- und Kabelbeschädigungen und Büro-, Wasch- und Baderäume untergebracht sind. (Abb. 53 bis 57.) Durch eine Schiebebhühne ist die Zuführung beladener Güterwagen vom Anschlußgleis aus möglich.

Für die Unterbringung und Pflege der Wagen mußte eine Reihe neuer Wagenschuppen errichtet werden; mehrere vorhandene wurden um- und ausgebaut. Abb. 61

⁵⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1928, Nr. 20. Schaltwerk Halensee.

zeigt die Einfahrtseite des großen sechsgleisigen Schuppens der umfangreichen Anlage auf dem Stettiner Vorortbahnhof, die außerdem ein Betriebswerk mit Nebenanlagen umfaßt. Eine größere Anlage entstand 1925/26 am Ende der Strecke Berlin—Velten, nördlich Bahnhof Velten. Sie besteht ebenfalls aus einem Wagenschuppen und einem Betriebswerk. (Abb. 58 bis 60, 62, 63.) Der Wagenschuppen kann drei Vollzüge von je 140 m Länge aufnehmen. Jedes Gleis hat Arbeitsgruben mit den erforderlichen Einrichtungen zum Nachsehen und Reinigen der Wagen. Daneben befindet sich die zweigleisige Werkstatthalle, die mit einem Dreimotorenlaufkran für 10 Tonnen Nutzlast ausgerüstet ist, der es gestattet, Motoren und beschädigte Drehgestelle auszubauen und auf Güterwagen zu verladen. Um den beheizten Raum möglichst niedrig zu halten, wurden die Binder in die Oberlichte gelegt. In einem Anbau sind Büros, Uebernachtungsräume für das Triebwagenpersonal, Bade- und Waschräume und ein größeres Oellager untergebracht. Das Werk hat einen von Rohrbrunnen gespeisten Wassersammelbehälter, dessen turmartiger Unterbau eine größere Zahl Lagerräume enthält. Der Wagenschuppen kann nach Westen um eine gleiche Halle erweitert werden.

Die Umformerwerke der Nordstrecken sind Putz-, die Schuppen am Stettiner Bahnhof Eisenfachwerkbauten, sämtliche anderen Bauten sind Backsteinbauten mit rotbunter Verblendung. Die ersten Bauten des Hauptbaujahres 1927 wurden am 15. 5. begonnen; am 1. 10. war auch der letzte so weit gefördert, daß die elektrische Ausrüstung beginnen konnte. Der innere Ausbau mußte mit dieser gleichlaufen und erforderte 10 Monate. Die Daten des größten Baues, des Schaltwerks Halensee (57 500 cbm) sind: Baubeginn 1. 4. 27; Rohbau fertig 1. 8.; Beginn der elektrischen Ausrüstung 15. 9.; in Betrieb genommen 1. 6. 28. Für den Umfang der Bauaufgabe des Jahre 1927 zeuge die Zahl der vermaurten Steine. Für rd. 40 Bauten wurden 13,7 Millionen Steine gebraucht. Allein um diese zu befördern, waren 5425 Wagen erforderlich, d. s. 68,5 hundertachsige Güterzüge.

Die Hochbautentwürfe wurden in Zusammenarbeit mit den bau- und maschinentechnischen Sachdezernenten unter Leitung des Verfassers im Hochbaubüro der Reichsbahndirektion Berlin aufgestellt.

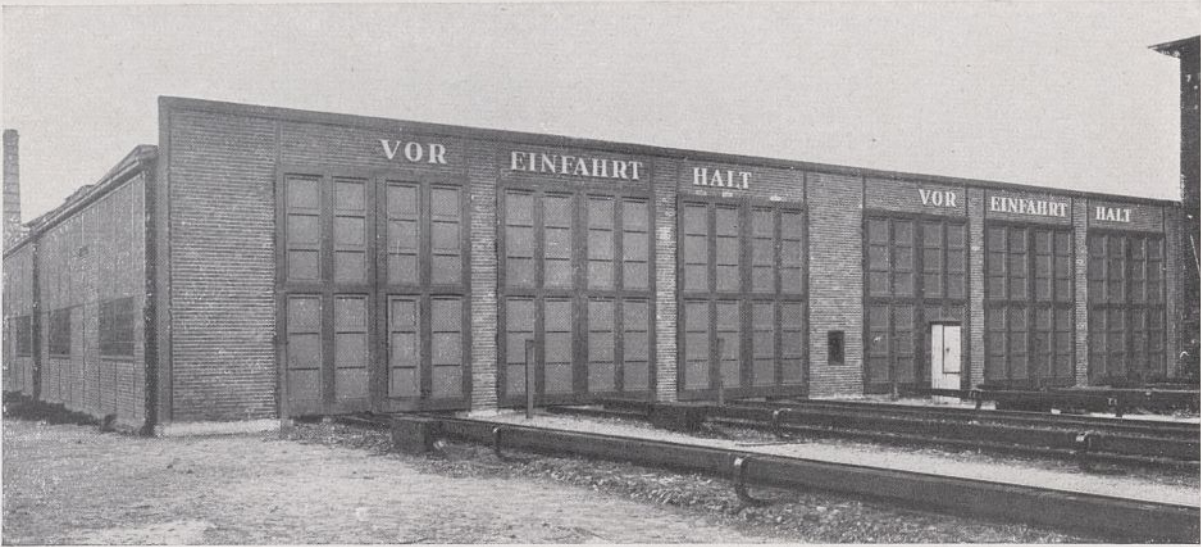


Abb. 61. Wagenschuppen Stettiner Bahnhof, Einfahrtseite.



Abb. 62. Wagenschuppen Velten, Einfahrtseite.

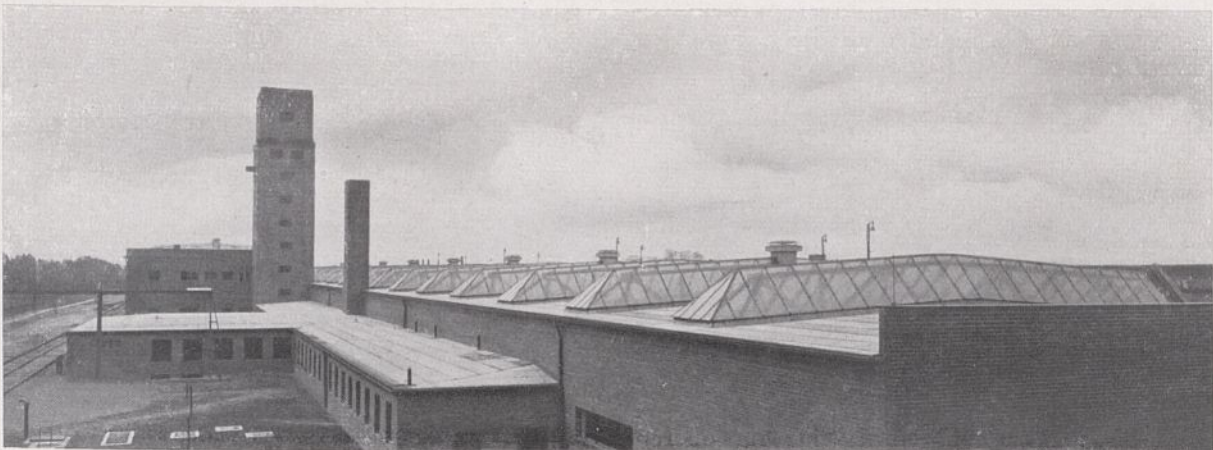


Abb. 63. Wagenschuppen Velten.

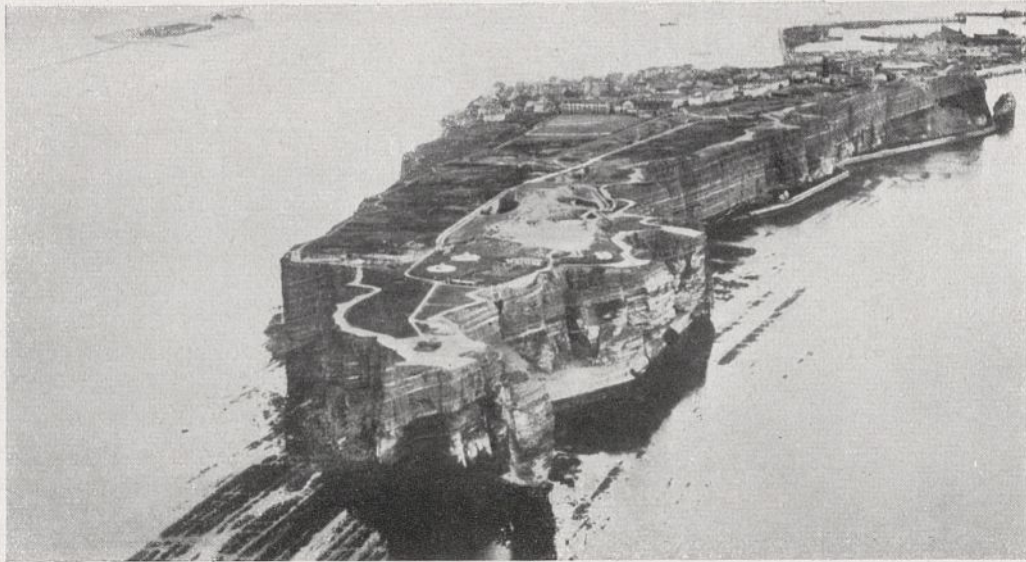


Abb. 1. Helgoland vom Flugzeug gesehen.

DIE SÜDWESTSCHUTZMAUER AUF HELGOLAND UND IHRE VORGESCHICHTE.

Von Ministerialrat Verlohr, Berlin, und Regierungsbaurat Bahr, Helgoland.

I. Grundlagen des Schutzes der Insel.

1. Lage, geologischer Aufbau und Entstehung der heutigen Gestalt der Insel (Abb. 1). Helgoland liegt von der Süd- und der Ostküste der Nordsee gleich weit (rd. 70 km) entfernt und gehört fast schon der Hochsee an. Beinahe rings um die Insel stehen über 20 m Wassertiefe. Stürme aus jeder Richtung tragen daher eine schwere Brandung an ihre Ufer heran. Sie liegt in vielfach stärkerem Angriff als die Inseln des Küstensaumes von Texel bis Fanö, denen Landnähe und ausgedehnte Watten auf der Festlandseite völligen Schutz geben, während Sandbänke oder wenigstens geringe Wassertiefen die Brandung auf der Seeseite wirksam abschwächen*). Dem härteren Angriff setzt die rote Insel zwar auch härteren Widerstand entgegen. Ihr Felsen ist den quartären Schichten der südlichen Nordsee und ihrer Küstengebiete, durch die er als Horst früher geologischer Formationen hindurchragt, an Festigkeit überlegen. Trotzdem bringt der unaufhörliche Anprall der Brandung auch diesem Gestein Verluste, und der Widerstand der Insel ist auf reine Verteidigung beschränkt. Die isolierte Lage in großer Wassertiefe schneidet ihr die Zufuhr neuen Bodens ab, die im Küstensaum der Nordsee die gerissenen Lücken immer wieder ausfüllt, stellenweise sogar Raum gewinnt. Helgoland kann immer nur verlieren; und so bedarf seine Felswand ebensowohl eines künstlichen Schutzes wie die im Angriff liegenden Sand- und Klaiküsten des Festlandes und seiner Randinseln.

Da Helgoland aus ganz anderen Bodenschichten besteht als die Küstengebiete, so sind auch die Grundlagen für die Anordnung der Schutzbauten andere. Der geologische Aufbau der Insel sei daher kurz behandelt.

Den roten Felsen der Hauptinsel bildet Buntsandstein, der zur untersten Schicht der Trias gehört. Ein auf den ersten Blick auffälliger Farbenunterschied zwischen den dunkelroten unteren und den hellroten oberen Schichten, die an der Südwestseite der Insel anstehen, läßt weiter erkennen, daß verschiedene Ablagerungen des Gesteins vertreten sind. Die untere Schicht besteht aus tonigen, schiefrigen, schwach kalkhaltigen Sandsteinen des mittleren Buntsandsteins. Sie ist mit Bänken von reinem, überwiegend weißem, ziemlich lockerem Quarzsand durchsetzt, dem „Katersand“ der Helgoländer. Diese Bänke sind zumeist nicht über 0,5 m stark; nur im oberen

Grenzhorizont erreichen sie eine Mächtigkeit von 4 m. Die obere, ziegelrote Schicht gehört dem oberen Buntsandstein (Röt) an; sie ist tonreicher als der mittlere Buntsandstein und stark kalkhaltig. Auch hier finden sich Bänke von hellgrauem bis graugrünem Sandstein. Dieser hat aber durch seinen höheren Kalkgehalt einen besseren Zusammenhang als der Katersand und ist fester als das Tongestein.

Diese Schichten, die in einem von Regengüssen oft überschwemmten Gebiet ursprünglich horizontal abgelagert waren, sind dann — wir folgen hier der Darstellung von Pratje in seinem „Geologischen Führer“ für Helgoland**) — durch das germanische Muschelkalkmeer überflutet worden. Denn der Muschelkalk ist ebenfalls, und zwar in allen drei Abteilungen, der unteren, mittleren und oberen, vertreten. Er steht jetzt noch in dem westlichen der beiden Klippenzüge an, die sich von der Düne aus nach Nordwesten und unter der Düne in südlicher Richtung hinziehen (Abb. 2). Die Schichten bestehen aus schieferig-tonigen grauen, roten und gelben Kalken und Tonen, die im mittleren Muschelkalk mit Bänken und Adern von Gips durchsetzt sind.

Die nächstfolgende Triasformation, der Keuper, sowie der ganze Jura sind ausgefallen. Dagegen ist die Kreide, und zwar wahrscheinlich mit sämtlichen Abteilungen, wieder abgelagert. Sie besteht teils aus schieferigen Tonen, teils aus reiner Kreide mit Feuersteineinlagerungen. Sie bildet den östlichen der erwähnten beiden Klippenzüge und verliert sich östlich der Düne unter dem Sand des Meeresbodens, findet sich aber auch südwestlich und westlich des Buntsandsteinmassivs, etwa außerhalb der 10 m-Tiefenlinie wieder.

Im Tertiär, das in ganz Europa große Veränderungen brachte, erfolgte auch eine starke Hebung der Insel. Eine Scholle von etwa 5 km Länge — von Südwest nach Nordost gemessen — und 4 km Breite wurde an drei Seiten losgerissen, an der Südwestkante um etwa 1200 m gehoben und dabei schräggestellt. Die gesamten Buntsandstein-, Muschelkalk- und Kreideschichten fallen mit einem Winkel von 16 bis 20° nach Nordosten. Am Ende der Hebung lag hier also ein kleines Gebirge, das im Südwesten — an der Grenze zwischen dem Buntsandstein und der südwestlich davon im Meeresboden anstehenden

*) Vergl. a. Jahrg. 1905 d. Bl., S. 555 u. 711.

**) Die Darstellung ist durch kürzlich erschienene Arbeiten von Pratje u. a. in unwesentlichen Einzelheiten überholt.

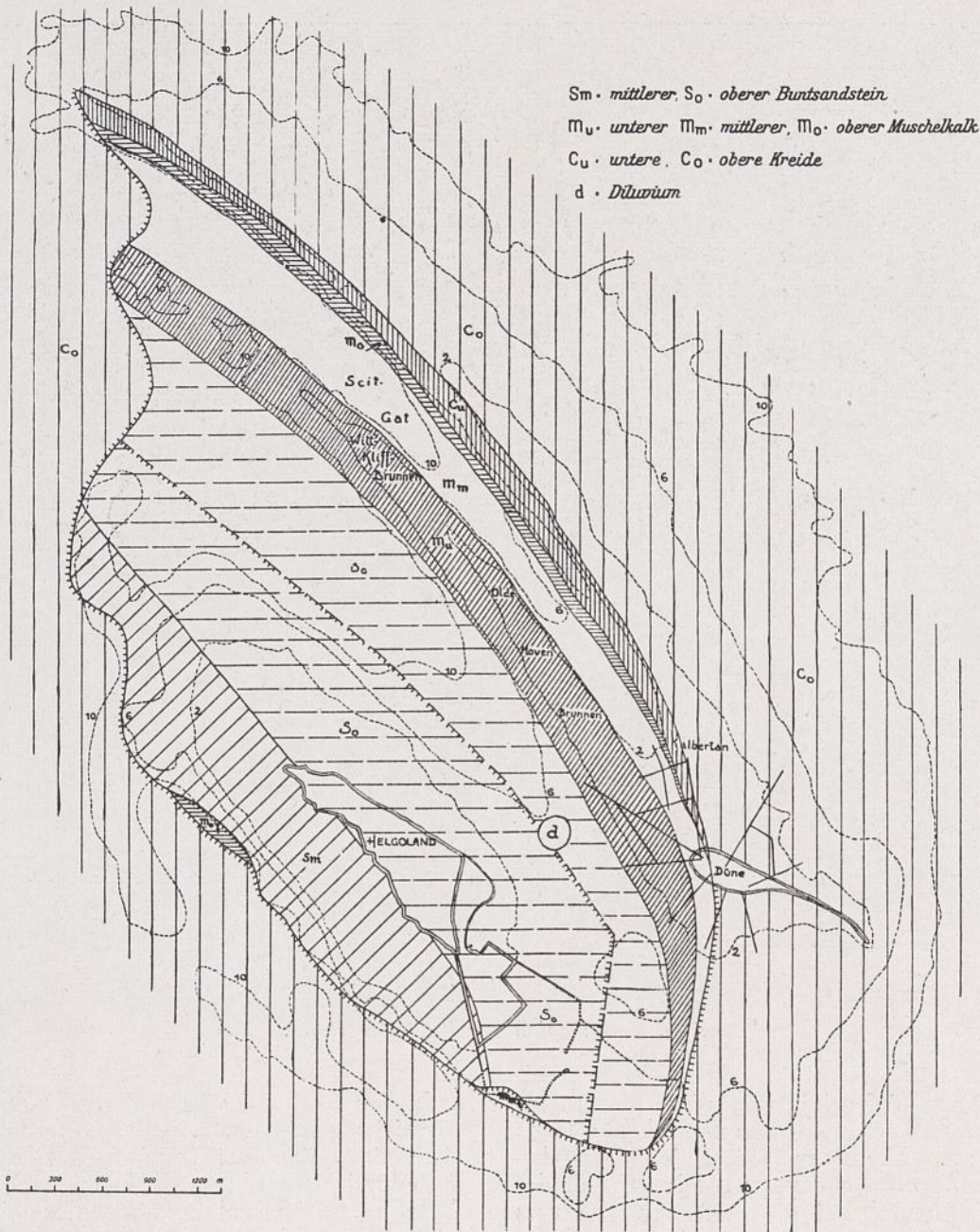


Abb. 2. Geologische Karte von Helgoland.
Aus dem „Geologischen Führer für Helgoland“ von Dr. Otto Pratje.

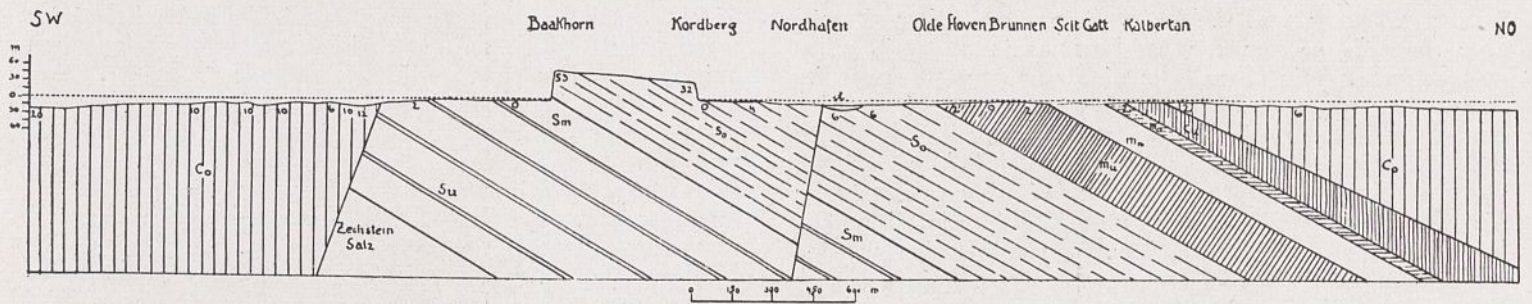


Abb. 3. Geologisches Profil von Helgoland.
Aus dem „Geologischen Führer für Helgoland“ von Dr. Otto Pratje.

Kreide — einen Steilabsturz zeigte und nach Nordosten allmählich abfiel. Der Buntsandstein trug dabei anfangs noch die volle Ueberdeckung mit Muschelkalk und Kreide. Dieses Gebirge wurde dann von der Brandung des jung-tertiären Meeres bis zum Wasserspiegel wieder zerstört. So entstand die ebene Fläche, deren Rest heute die Oberfläche der Hauptinsel bildet, während sich östlich davon in gleicher Höhe die Muschelkalk- und Kreideschichten ausdehnten. Am Ende der Tertiärzeit fiel das ganze Nordseegebiet durch eine Hebung trocken und wurde zum Festland, auf welchem Helgoland nun als Tafelberg emporragte. Die Vereisung Norddeutschlands im Diluvium überdeckte auch diesen Berg, wie die auf der Insel angetroffenen Findlinge beweisen. Nach dem Zurück-

weichen des Eises bildete Helgoland inmitten einer Ebene wiederum einen Tafelberg, der im Südwesten aus Buntsandstein mit einer vorgelagerten Kreidestufe, im Osten aus Muschelkalk und weiterhin aus Kreide bestand. Durch den Berg zog sich auf der Grenze zwischen Buntsandstein und Muschelkalk in der Richtung des Streichens der Schichten ein Tal mit einem Süßwassersee, der allmählich verlandete.

Das Nordseegebiet hat später wieder mehrere Senkungen durchgemacht, die aus den unterseeischen Brandungsterrassen der Insel nachzuweisen sind. Die tiefste Terrasse liegt etwa 20 m unter dem heutigen Niedrigwasser. Bei ihrer Ausbildung war Helgoland nach Osten hin noch mit dem Festland verbunden und bildete ein

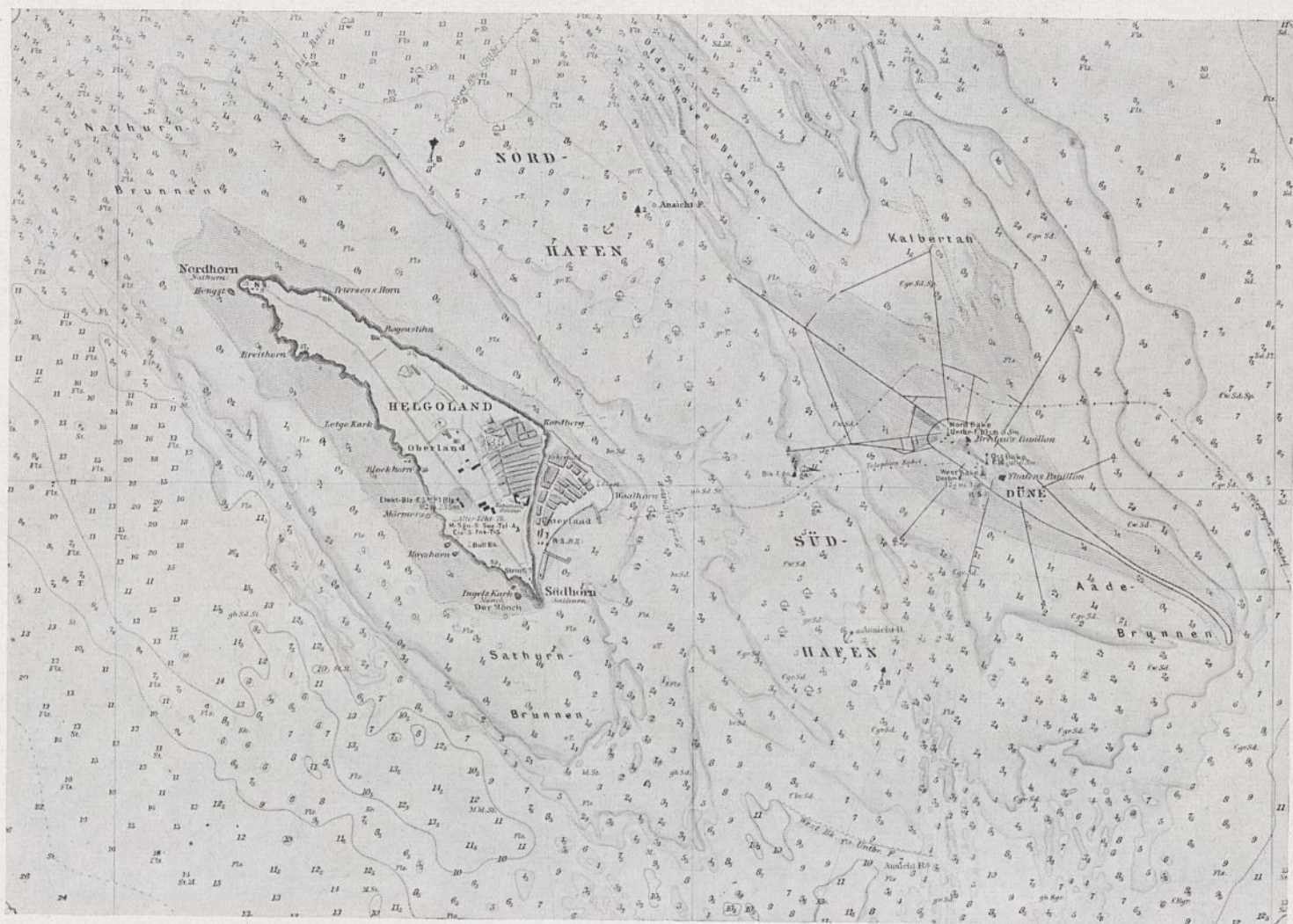


Abb. 4. Lageplan der Insel Helgoland.

Vorgebirge; die 20 m-Tiefenlinie läßt diese Gestaltung noch erkennen. Die nächste Terrasse liegt heute 10 m unter Niedrigwasser. Die 10 m-Tiefenlinie bildet bereits einen geschlossenen Ring um die Insel; zur Zeit der Entstehung dieser Terrasse hat die Insel sich also vom Festland getrennt. Diese zweite Senkung ist wahrscheinlich nicht früher als in der Stein- oder Bronzezeit geschehen. Auf der Insel sind Gräber aus dieser Zeit gefunden worden; und daß die Steinzeitmenschen bereits eine längere Seereise zur Insel gemacht haben, ist nicht anzunehmen. Die Oberfläche dieser beiden Terrassen im Südwesten der Insel besteht noch aus Kreide; die heutige Brandungsterrasse, die der letzten Senkung ihr Entstehen verdankt, liegt dagegen im Buntsandstein (Abb. 5).

Das oben erwähnte Tal sank bei diesen Vorgängen bis unter den Meeresspiegel und bildete die Rinne des heutigen Nord- und Südhafens. Im Nordhafen werden noch jetzt Stücke von Torf und von dem tonigen, durch Druck verfestigten Schlamm des alten Seebodens mit Resten von Süßwasserschnecken (der „Töck“ der Helgoländer) gefunden. Am Schluß der letzten Senkung waren also schon zwei getrennte Inseln in Form von Tafelbergen vorhanden, die westliche aus Buntsandstein, die östliche aus Muschelkalk, Gips und Kreide bestehend, beide gleich hoch, mit einer ausgedehnten Sandanlagerung, die sich östlich und südlich dieser Inseln ausgebreitet haben muß.

Das Muschelkalk- und Kreidestein und namentlich der Gips widerstehen dem Angriff der Brandung schlechter als der Buntsandstein. So wurde der Kalk- und Kreidestein, das „Witte Kliff“, das ursprünglich eine viel größere Ausdehnung hatte als der Buntsandsteinfelsen, das „Rote Kliff“, schneller zerstört. Beschleunigt wurde diese Entwicklung in historischer Zeit durch die Helgoländer selbst, die im 16. und 17. Jahrhundert den Kalk und Gips des Witten Kliffs abbrachen und zu Bauzwecken

nach dem Festland verkauften. Einer Karte vom Jahre 1639 ist zu entnehmen, daß das Witte Kliff derzeit noch etwa die Größe des heutigen Unterlandes (rd. 10 ha) hatte und noch ebenso hoch war wie der rote Felsen. Aber schon im Jahre 1711 nahm eine Sturmflut den letzten Rest des Kreidesteins, den „Witten Mönch“ (Mönch im Helgoländer Sprachgebrauch = alleinstehender Felsen) hinweg. Jetzt sind vom Witten Kliff nur noch unterseeische Klippen vorhanden, die lediglich bei tiefer Ebbe stellenweise zum Vorschein kommen. Zwischen dem Witten und dem Roten Kliff bestand bis in das 18. Jahrhundert etwa in der Linie von der heutigen Ostspitze der Insel zur Nordwestspitze der Düne ein Wall von Sand und Geröll, das „Waal“ der Helgoländer. In der Neujahrsnacht 1720/21 wurde auch dieses von einer Sturmflut durchbrochen. Die Lücke erweiterte sich durch Seegang und Tidenströmungen schnell bis auf 1½ km Breite. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts bot die ganze Insel im wesentlichen schon das jetzige Bild (Abb. 4).

Heute ist der anstehende Buntsandsteinfelsen, das Oberland der Hauptinsel, noch rd. 41 ha groß. Er bildet ein Dreieck, dessen längste Seite sich von Nordwest nach Südost erstreckt und rd. 1700 m mißt, während die beiden anderen Seiten rd. 1200 und 600 m lang sind. Seine Oberfläche fällt mit rd. 5° nach Nordosten; die Höhe über dem Meeresspiegel (M.N.W.) nimmt daher von 50 bis 60 m an der Südwestseite bis auf 30 m an der Ostspitze ab. Im Schutze des Felsens und von seinem Abbruchmaterial genährt, hat sich vor der Ostseite das aus Sand und Geröll aufgebaute Unterland erhalten, dessen Fläche seit dem Untergang des Waals ziemlich unverändert 10 ha beträgt. Dagegen hat die Sandansammlung, die sich ehemals im Schutze des Witten Kliffs gebildet hatte, die heutige Düne, nach der Zerstörung dieses Schutzes und infolge des Fehlens neuer Zufuhr stetig

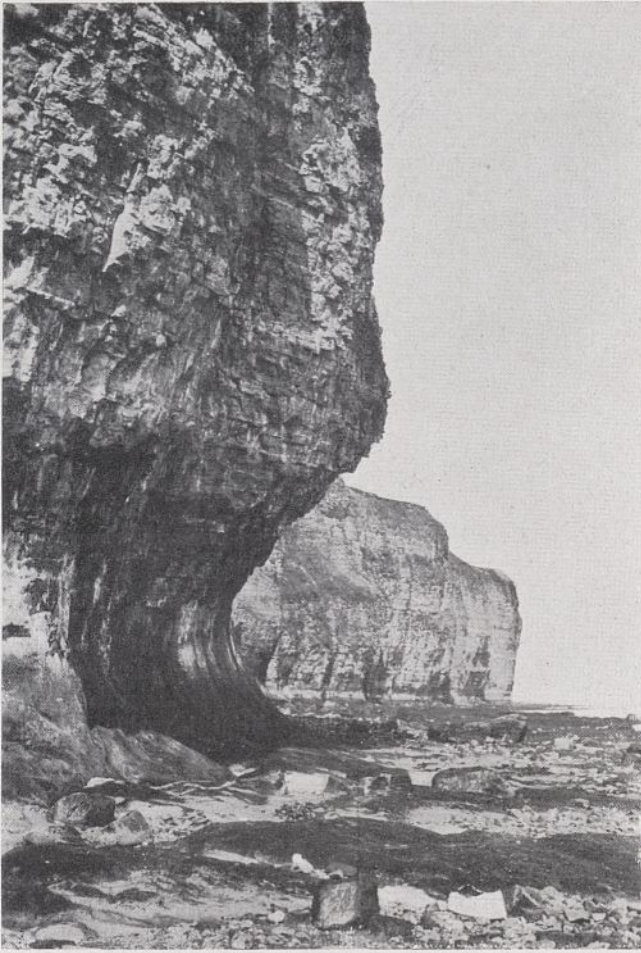


Abb. 5. Brandungshohlkehle.

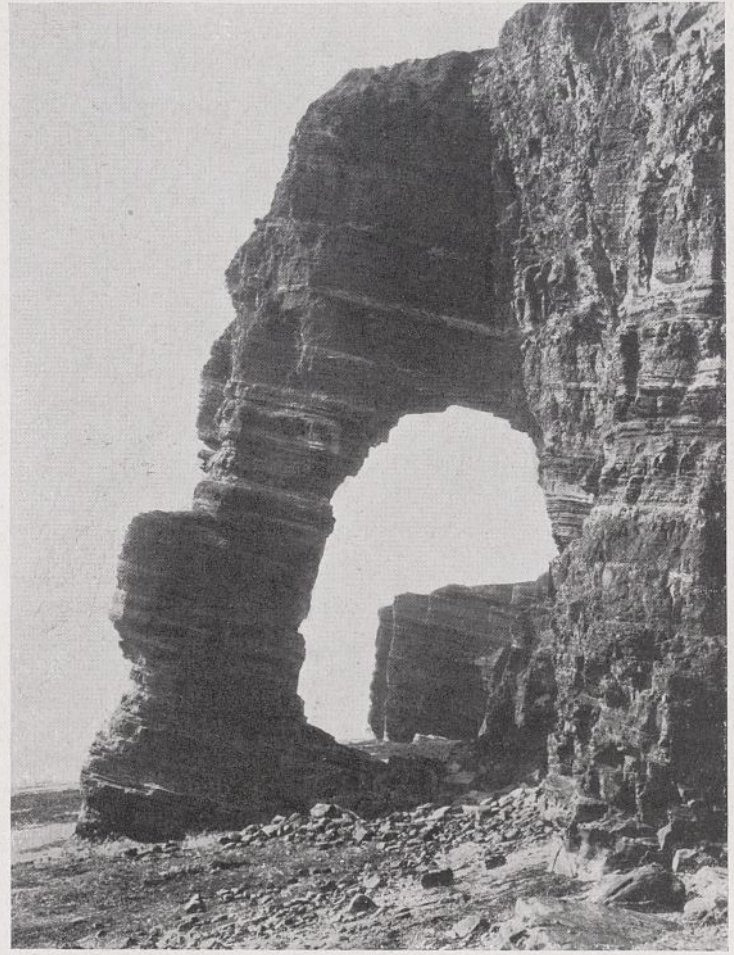


Abb. 6. Letze Kark kurz vor dem Einsturz 1895.

abgenommen. Die hochwasserfreie Fläche der Düne ist zur Zeit rd. 11 ha groß; davon entfallen nur noch 2,5 ha auf die Dünenhügel, die sogenannte Hohe Düne.

2. Der Abbruch der Insel.

a) Zerstörende Kräfte. Trotz seiner größeren Widerstandsfähigkeit liegt aber auch der rote Felsen, das Oberland, in stetem Abbruch. Die in dem Buntsandstein eingeschnittene Brandungsterrasse, welche die ursprüngliche Ausdehnung des Roten Kliffs angibt, ist sowohl an der Südwest- wie an der Nordostseite der Insel heute etwa 600 m breit.

Zwei Kräfte arbeiten an der Zerstörung des Felsens: die Angriffe der Witterung und die Angriffe der See; und verschiedene Eigenschaften des Felsens selber leisten der Zerstörung Vorschub.

Das unversehrte Gestein hat etwa die Härte guten Betons. Frisch herausgebrochene Stücke zeigen Druck-

festigkeiten von 200 bis 500 kg/cm², wobei der mittlere Buntsandstein die größeren, der obere die kleineren Werte hat. Verderblich wirkt aber sein Gehalt an Calcium-Carbonat CaCO₃ und vor allem die weitgehende Zerrüttung, die das Gestein bei den geologischen Bewegungen erfahren hat. Der Felsen ist von vielfachen Verwerfungen durchsetzt, die zumeist senkrecht oder parallel zum Streichen verlaufen und den Felsen in unzählige Blöcke geringen Umfanges bis zu einigen Zentimetern Seitenlänge herab zerlegen. Die kleineren Verwerfungen bilden meistens glatte Flächen, die größeren dagegen breite Zerrüttungszonen, die mit lehmartig verwittertem, kaum mehr widerstandsfähigem Gestein ausgefüllt sind. Diese Verwerfungen lassen sich auch auf der Brandungsterrasse weit hinaus verfolgen und durchsetzen zum Teil wohl das ganze Felsmassiv.

b) Vorgang der Zerstörung. Durch die Kohlensäure der Luft wird das an sich unlösliche Cal-

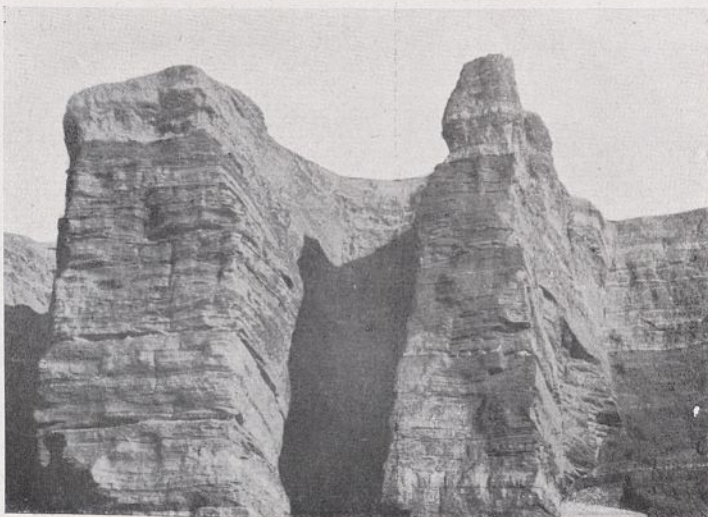


Abb. 7. Slapp.

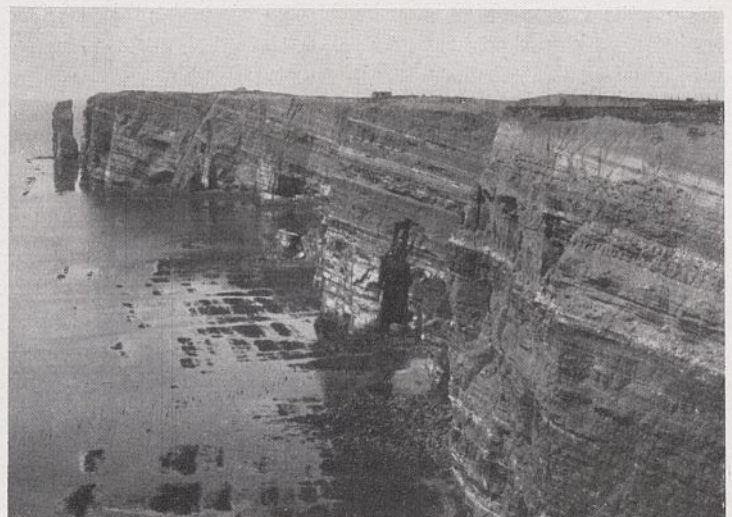


Abb. 8. Ofen.



Abb. 9. Der Hengst.



Abb. 10. Die Nordostküste bei Niedrigwasser.

cium-Carbonat in lösliches Calcium-Bicarbonat umgewandelt. Dieses wird durch Regen- und Seewasser ausgelaugt, das Felsgestein so seines Hauptbindemittels beraubt und dann vom Wasser fortgewaschen. In die Spalten und Risse dringt Wasser ein, welches bei Frost das Gestein zersprengt. Auch durch Wärmedehnung bei starker Sonnenbestrahlung und durch den Angriff des Windes werden viele gelöste kleine Stücke zum Absturz gebracht.

Die Brandung wäscht den Felsen außerdem durch mechanische Angriffe ab und schafft eine Brandungshohlkehle (Abb. 5). Ist diese tief genug, so brechen die darüberliegenden Felsplatten ab; denn die Zugfestigkeit des schieferigen Gesteins ist sehr gering und beträgt nur 5 kg/cm^2 . Die Absturzmassen schützen dann den Felsfuß eine Zeitlang; sie werden aber bald von der See zerrieben und fortgeführt, worauf der Angriff von neuem einsetzt. Diese Zerstörung schreitet an den Stellen mit hohem CaCO_3 -Gehalt, besonders aber dort, wo durch Verwerfungen das Gestein stark zerrüttet ist, am schnellsten fort. So entstehen Höhlen, die sich durch Einsturz der darüber liegenden Decken zu Einbuchtungen der Küste erweitern: die sogenannten „Slapps“ der Helgoländer (Abb. 7). Zwischen den Slapps bleiben die widerstandsfähigeren Felsabschnitte als sogenannte „Hörns“ stehen. Werden die Slapps so tief, daß die harten Felsstücke umgriffen werden können, so entstehen in den Seitenwänden der Hörns wieder Höhlen, die von den Helgoländern „Oefen“ genannt werden (Abb. 8). Schließlich vereinigen sich die Höhlen von beiden Seiten her; das Horn wird durchbrochen, und es entsteht ein offenes Tor, ein „Gatt“ (Abb. 6). Zur Zeit ist nur ein solches vorhanden, das Jung Gatt, das aber durch Abbrüche der benachbarten Felswand größtenteils wieder verschüttet ist. Durch Verwitterung stürzt nunmehr der Torbogen ein; der Torpfeiler bleibt als einzeln stehender Fels, als „Stack“ oder „Mönch“

übrig. Der „Mönch“ oder „Ingels Kark“ nahe der Südspitze und der „Hengst“ an der Nordspitze sind Reste solcher Tore, die erst im 19. Jahrhundert der Zerstörung anheimfielen (Abb. 8 und 9). Das Stack, das nun von allen Seiten angegriffen wird, fällt schließlich der Brandung zum Opfer.

Sobald der Felsen auf diese Weise bis etwa zur Höhe des MHW abgetragen ist, verlieren die Brandungswellen ihre zerstörende Kraft, und die fast ständige Wasserbedeckung hält auch die Angriffe der Atmosphäre fern. Außerdem bedeckt sich die Terrasse bald mit einem dichten Rasen von Tang und Algen, der eine gute Schutzdecke liefert (Abb. 12). Ein weiterer Abbruch findet jetzt nur noch dadurch statt, daß der Tang, den die Sturmbrandung losreißt, an seinen Haftwurzeln kleine Felsteilchen mit fortführt. Diese Abnahme ist jedoch äußerst gering. Nur unmittelbar vor der Felswand bildet sich durch die rücklaufende Brandung eine Rinne von etwa 10 m Breite und 30–40 cm Tiefe, in der auch kein Pflanzenwuchs bestehen kann.

c) Unterschiede im Abbruch der einzelnen Inselseiten. Die klimatischen Verhältnisse und die Ungleichartigkeit des Felsens haben zur Folge, daß die Zerstörung an der Südwest- und der Nordostseite der Insel in ganz verschiedener Weise vor sich geht.

Die Westwinde überwiegen an Häufigkeit und Stärke die Ostwinde bei weitem. Sie bringen außerdem höhere Wasserstände mit sich, tragen also eine stärkere Brandung an den Felsen heran. Die Ostwinde bringen im Winter den Frost, der infolgedessen der Nordostseite stärker zusetzt als der Südwestseite. Dazu kommt, daß die Felsschichten nach Ostnordost fallen. Die Sandsteinschichten des oberen Buntsandsteins sind fast wasserundurchlässig und bilden Quellhorizonte, auf denen das versickerte Regenwasser nach der Nordostseite abfließt;



Abb. 11. Die Südwestküste bei Hochwasser.



Abb. 12. Brandungsterrasse an der Westseite bei Niedrigwasser.



Abb. 13. Bewachsene Absturzhalde an der Ostseite.

es tritt hier auf diesen Schichten zutage, hält den Felsen ständig feucht und begünstigt die Sprengwirkung des Frostes. An der Südwestseite übt also die Brandung, an der Nordostseite die Witterung den stärkeren Angriff aus.

Die Felsküste selbst besteht im Bereich der Brandung an der Südwestseite fast ganz aus mittlerem Buntsandstein, in welchem zumeist einzelne starke Verwerfungen mit nicht zerrütteten festen Stöcken abwechseln. Die Nordostwand liegt dagegen zur Hauptsache im oberen Buntsandstein, der durch die Verwerfungen durchgehends zu sehr kleinen Blöcken zermürbt ist. Die Widerstandsfähigkeit des Felsens ist also an der Nordostseite gleichmäßiger als an der Südwestseite.

Der vorwiegend frontale Angriff der Brandung und die ungleichmäßige Festigkeit des Gesteins an der Südwestseite haben zur Folge, daß diese tief gegliedert ist und noch jetzt alle Stufen der oben beschriebenen Zerstörung in Slapps, Hörns, Oefen, Toren und Stacks zeigt (Abb. 11). Das Ueberwiegen des Witterungsangriffes, dessen Wirkung von der wechselnden Widerstandsfähigkeit des Gesteins ziemlich unabhängig ist, und ganz besonders die gleichmäßige Zerrüttung des Felsens geben der Nordostseite einen viel glatteren Verlauf mit geringen Einbuchtungen und wenig ausgeprägten Hörns (Abb. 10). In der Literatur wird zumeist dem Angriff der Tideströmungen, die auf der Nordostseite hart an die Felswand heranreichen, ein Hauptanteil an der Zerstörung zugeschrieben und der glatte Verlauf der Nordostküste auf diesen Angriff zurückgeführt. Das ist falsch. Erreicht die Tideströmung im Nordhafen auch Geschwindigkeiten bis 1,5 m/sek, so ist sie damit doch nicht stark genug, um für sich allein den Felsen abzuschleifen. Schon mäßige Brandung färbt mit den Tonteilchen des zerriebenen Gesteins das Wasser in einem breiten Streifen um die Insel rot (die „Krebssuppe“ der Helgoländer); bei ruhiger See bleibt diese Färbung aber auch während des schärfsten Tidestromes aus. Die Strömung ist an der Zerstörung nur insofern beteiligt, als sie das von der Brandung zerriebene Gestein schneller fortführt und dadurch zum schnelleren Verschwinden der Absturzhalden, die den Felsfuß eine Zeitlang schützen, beiträgt.

Ist nun der Angriff der See an der Südwestseite stärker als an der Nordostseite, so trifft er dort auch auf durchschnittlich härteres Gestein. Die geringere Widerstandsfähigkeit des Felsens an der Nordostseite, das Hinzutreten des stärkeren Frostangriffes, der Einfluß der Tideströmungen und des an der Nordostseite zutage

tretenden Niederschlagwassers haben zur Folge, daß die Nordostseite ebenso stark zurückweicht wie die Südwestseite. Auch die Brandungsterrasse, der Rest des bereits zerstörten Felsens, ist an den beiden Seiten ungefähr gleich breit.

Ganz anders verhält sich die Ostseite der Felseninsel. Durch das vorgelagerte Unterland ist zunächst ihr Fuß dem Angriff der Brandung entzogen. Infolgedessen bleibt auch das abwitternde Gestein liegen. Dieses hat an vielen Stellen schon Schutthalden gebildet, die durch eine dichte Pflanzendecke die Felswand nunmehr auch dem Angriff der Witterung entziehen und so den Weg weisen, den die Arbeiten zum Schutz der Insel zu gehen haben (Abb. 15).

d) Maß des Abbruchs. Der jährliche Flächenverlust des Oberlandes der Insel betrug vor Inangriffnahme der Schutzbauten durchschnittlich 150 bis 200 m², das sind rund $\frac{1}{2500}$ bis $\frac{1}{2000}$ der Gesamtfläche. Er verteilt sich fast ausschließlich auf die Südwest- und Nordostseite.

5. Grundsätzliche Anordnung der Insel-schutzwerke. Aus der Art der Zerstörungsvorgänge ergibt sich, daß folgende Maßnahmen notwendig sind, um das weitere Abbröckeln der Insel vollständig zu unterbinden:

1. Schutz des Felsfußes gegen die Angriffe der See;
2. Schutz der Felswände gegen die Angriffe der Atmosphäre;
3. Abfangung des auf der Felsoberfläche versickernden Regenwassers.

Die an zweiter und dritter Stelle genannten Maßnahmen seien vorweg behandelt. Ein unmittelbarer Schutz der ganzen Felswand läßt sich technisch ausführen. Er würde aber gewaltige Mittel erfordern, die in keinem Verhältnis zum erreichbaren Erfolge stünden. Das Tageswasser abzufangen und unschädlich abzuleiten, ist leichter und billiger, der Erfolg aber auch geringer. Durch Abpflasterung der Felskante am Südwestrande, Schaffung von Wasserablauftrinnen und Bau einer Kanalisation ist hier übrigens das meiste schon getan.

Der Stärke des Angriffs entsprechend ist die wichtigste Maßregel der Schutz des Felsfußes gegen die See. Das Gestein ist gegen die Angriffe der Brandung nicht widerstandsfähig genug; es gilt also vor den Felsfuß eine Wand aus härterem Gestein zu setzen. Die Druckfestigkeit des Gesteins reicht dabei aus, um massive Bauwerke

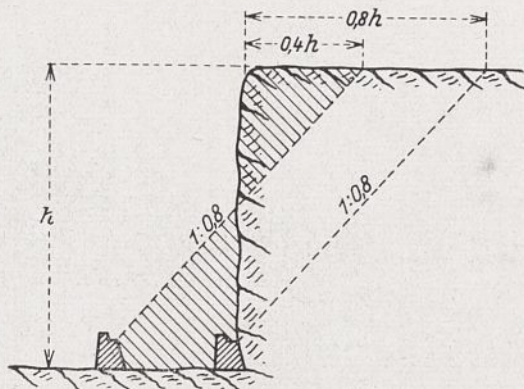


Abb. 14. Wirkung der Schutzmauer.

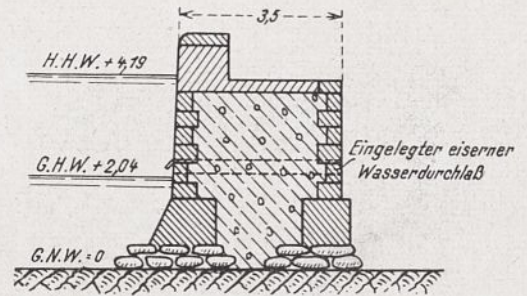


Abb. 15. Querschnitt der Schutzmauer nach Fülischer.

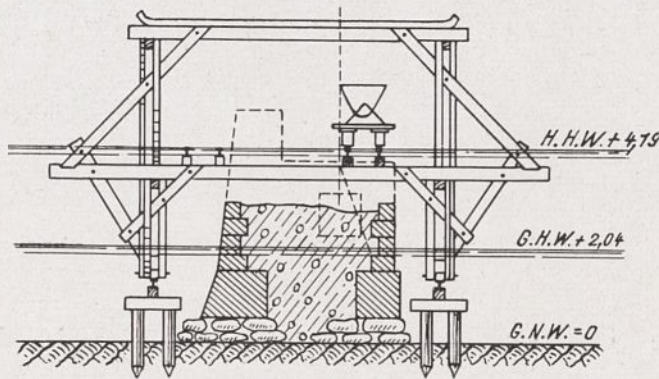


Abb. 16. Baugerüst der Schutzmauer nach Fülischer. Querschnitt.

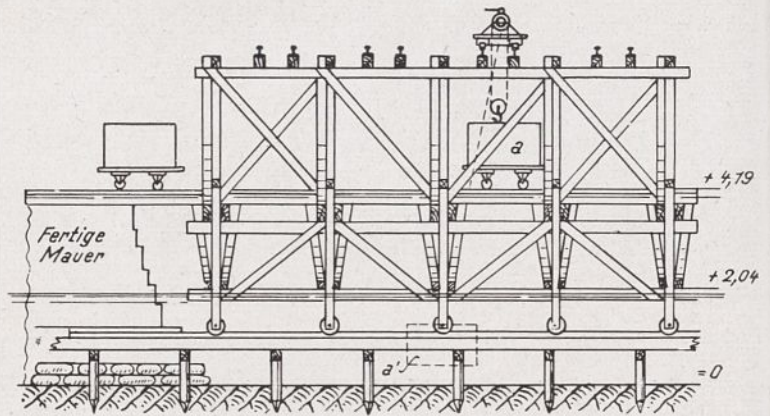


Abb. 17. Baugerüst der Schutzmauer nach Fülischer. Ansicht.

zu tragen, und die Zerstörung des Felsens macht auf der Brandungsterrasse keine meßbaren Fortschritte mehr, sobald die M.N.W.-Höhe erreicht ist, — auch da, wo die Kolkwirkung der rücklaufenden See die Terrasse vor der steilen Felswand noch etwas vertieft. Der Schutz durch massive Mauern mit steiler Vorderwand ohne besondere Sicherung des Fußes ist also das Gegebene.

Die Angriffe der Atmosphäre schreiten dann zwar noch fort. Weil aber nach Erbauung einer Mauer der Fuß des Felsens nicht mehr zurückweicht, können die Einwirkungen der Atmosphäre nur so lange dauern, bis die Wand sich zu einer Böschung umgebildet hat, die schließlich begrünt und damit die weiteren Angriffe abschneidet. Der Schutz des Felsfußes gegen die Brandung zieht also mittelbar den Schutz der Felswand gegen die Atmosphäre nach sich — so wie dies auf natürlichem Wege an der Ostseite der Insel bereits geschehen ist.

Grundlegend für die Anordnung der Mauer sind dabei zwei Punkte: ihre horizontale Ausdehnung und ihr Abstand vom Felsfuß. Wie bereits erwähnt, ist die Widerstandsfähigkeit des Gesteins sehr verschieden. Am geringsten ist sie in den Verwerfungsspalten; daneben gibt es Wände von größerer Festigkeit; am härtesten endlich sind die Teile, die als vorspringende Hörns sich kenntlich zeigen. Man kann den Schutz auf die schwächsten Stellen beschränken, also die Verwerfungsspalten und Höhlen ausmauern. Oder man schützt schwächere Wandabschnitte in größerer Ausdehnung durch Mauern, die zwischen die festen Teile, die Hörns, gespannt werden. Schließlich kann man die Insel mit einer fortlaufenden Mauer umgeben.

Die erste Form des Schutzes ist die billigste. Sie gibt aber nur einen beschränkten Schutz und vermag die Zerstörung der Insel zu verzögern, doch nicht aufzuhalten. Die zweite Form würde in ihrer Schutzwirkung völlig genügen; denn die Zerstörung des Hörns schreitet sehr langsam fort. Von den jetzt vorhandenen Hörns haben viele ihre Gestalt annähernd behalten, solange darüber Aufzeichnungen bestehen. Auch konnte neuerdings festgestellt werden, daß ihr Zurückweichen während der letzten 50 Jahre stellenweise überhaupt nicht meßbar

war und in diesem langen Zeitraum nur nach Millimetern zählen kann.

Trotzdem gibt die fortlaufende Mauer die zweckmäßigste Schutzform, und zwar aus Gründen der Bauausführung. Der fast ständig herrschende Seegang erlaubt den Verkehr mit Booten und Leichtern auf der Brandungsterrasse nur selten; der harte, unebene Boden verbietet das Trockenfallenlassen größerer Fahrzeuge. Es ist daher nicht möglich, Baustoffe in großen Mengen von See her an den Felsfuß heranzubringen. Die Anfuhr der Baustoffe auf der Brandungsterrasse mit Feldbahn wäre auf wenige Stunden des Niedrigwassers beschränkt und überdies vielen Stockungen unterworfen. Für Einzelbaustellen bleibt daher nur der Weg, die Baustoffe vom Hafen auf das Oberland und von dort mit Kränen und Drahtseilbahnen wieder herunter zu schaffen. Diese Anfuhr erfordert einen Aufwand von Zeit und Kosten, den die Verminderung an Mauerlänge durch Aussparen der Hörns nicht wettmachen kann. Eine durchlaufende Mauer bietet dagegen den Vorteil, daß sie selbst als hochwasserfreie Fahrbahn dient und einen fast ununterbrochenen Betrieb bei verhältnismäßig geringen Förderkosten erlaubt.

Der Abstand der Mauer vom Felsen ist bei einem durchlaufenden Bauwerk in ziemlich weiten Grenzen wählbar. Setzt man die Mauer unmittelbar gegen den Felsfuß, so stürzt alles abwitternde Gestein über die Mauer hinweg und wird von der See fortgeführt. Der Böschungsfuß setzt also an der Oberkante der Mauer an, und von der Felsoberfläche geht ein Streifen verloren, dessen Breite sich aus der Höhe der Felswand und dem natürlichen Böschungswinkel des losen Gesteins ergibt. Dieser Winkel beträgt an den ausgebildeten Böschungen der Ostseite 1:0,8. Bei einer mittleren Höhe der Felswand von 55 m an der Südwest- und 40 m an der Nordostseite wird die verlorene Fläche also 44 bzw. 52 m breit (Abb. 14). Die Insel muß damit auch bei völligem Schutz des Felsfußes an den beiden Längsseiten noch über ein Viertel ihrer jetzigen Fläche verlieren. Rückt man aber die Mauer so weit vor, daß alles in der oberen Hälfte der Wand abstürzende Gestein Platz findet, um

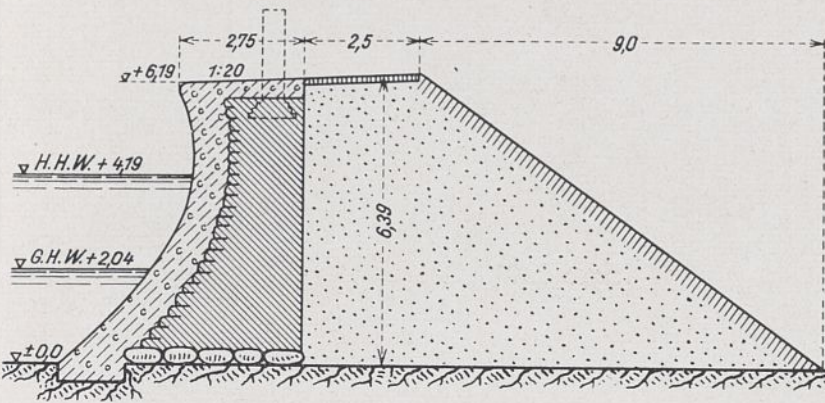


Abb. 18. Querschnitt der Schutzmauer nach Brennecke.

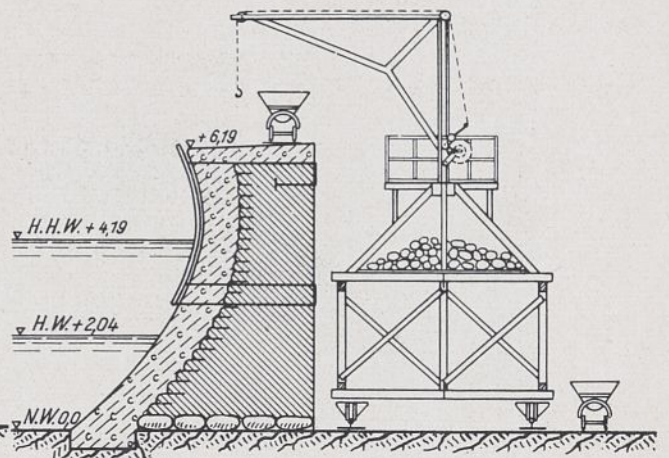


Abb. 19. Querschnitt des Baugerüsts der Schutzmauer nach Brennecke.

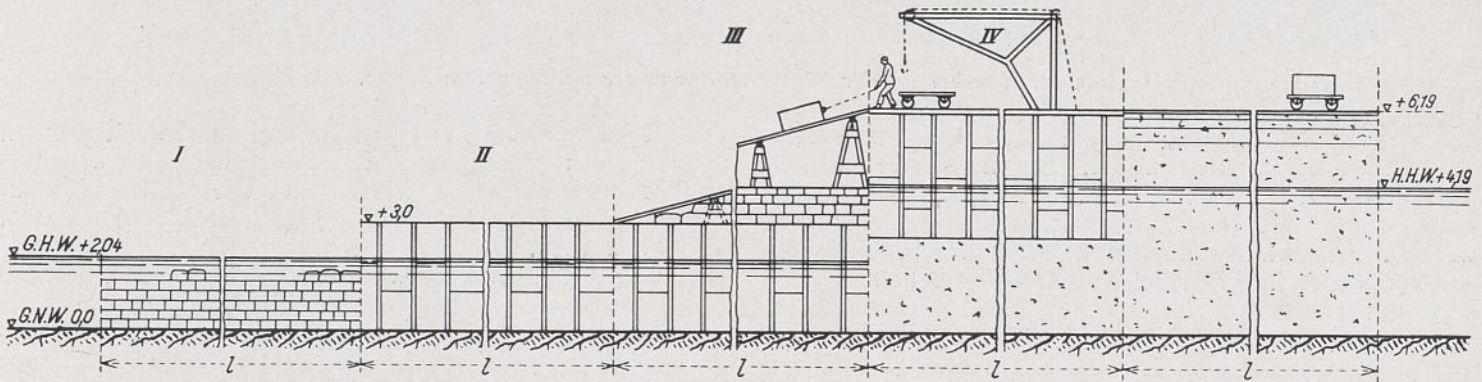


Abb. 20. Ansicht des Baugerüsts der Schutzmauer nach Brennecke.

sich vor der unteren Wandhälfte abzulagern, so beträgt der Geländeverlust des Oberlandes nur noch das 0,8 fache der halben Höhe oder im Durchschnitt 22 bzw. 16 m. Andererseits darf die Mauer nicht noch weiter seewärts gelegt werden; denn sie wird dann unnötig lang, und hinter der Mauer entsteht ein Wasserraum, in welchem die überkommene Brandung neue Wellen erzeugt und die Böschung wieder angreift. So ergibt sich der günstigste Mauerabstand zum 0,8 fachen der halben Höhe oder im Durchschnitt zu 16 bis 22 m.

Die schöne Steilwand der Insel mit ihren lebhaften Farben und bewegten Formen wird hinter einem solchen Schutzwerk allmählich verschwinden und einer bewachsenen Böschung Platz machen, so daß der Felsen schließlich das Aussehen eines begrünten Hügels gewinnt. Aber das muß in Kauf genommen werden, wenn die Insel überhaupt erhalten bleiben soll. Zudem wird diese Entwicklung erst in mehreren Jahrhunderten vollendet sein.

II. Vorgeschichte der Südwestschutzmauer.

1. Die ersten Entwürfe zum Bau einer Schutzmauer. Bis zum Jahre 1890 gehörte Helgoland zu England und wurde als besondere britische Kronkolonie verwaltet. Für die Engländer war die Insel weder in militärischer Hinsicht noch als Stützpunkt für die Schifffahrt oder als Badeort so wichtig, daß sich für sie der immer kostspielige Inselschutz gelohnt hätte. Anders standen die Dinge für Deutschland, in dessen Besitz Helgoland im Jahre 1890 überging. Die Insel gewann für die Reichsmarine bald großen Wert als Seefestung, welche die Mündungen der Elbe und Weser deckte und deren enge Blockade verhinderte. Für den Schiffsverkehr der deutschen Nordseehäfen war sie Standort eines Hauptansegelungsfeuers und eines wichtigen Nebelsignals; ihre Reede bot kleineren Fahrzeugen bei Sturmweather eine notdürftige, aber unentbehrliche Zuflucht. Dazu kam die Bedeutung ihres Seebades, das schon unter englischer Herrschaft fast nur von deutschen Gästen besucht worden war, und schließlich bildete die

Insel für Deutschland ein Naturdenkmal von einziger Art. Diese Gründe wogen schwer genug, um große Aufwendungen für die Erhaltung ihres schon recht kleinen Bestandes zu rechtfertigen.

Da die Insel zu Preußen geschlagen wurde, war dieses neben der Reichsmarine hauptsächlich an ihrer Sicherung interessiert. Bereits im Jahre 1892 sandte das preußische Ministerium der öffentlichen Arbeiten den Regierungsbaumeister Römer zur Untersuchung der geologischen, hydrologischen und wasserbautechnischen Verhältnisse der Insel dorthin.

Nach zahllosen Vorschlägen von Laien jeden Berufes, die sich in Zeitungsaufsätzen und Eingaben an die Staatsregierung mit Erfindungen und neuen Ideen betätigten, stellte im Jahre 1897 der Geheime Oberbaurat Fülischer von seiten des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten, fünf Jahre später der Marine-Oberbaurat Brennecke von seiten der Reichsmarine die ersten brauchbaren Pläne zur Erhaltung der Insel auf. Beide Entwürfe waren in der Anordnung des Schutzes ziemlich gleich; sie sahen ein durchlaufendes Bauwerk in dem oben errechneten Abstände vor der Südwest- und Nordostseite der Insel vor. Sie unterschieden sich jedoch im Querschnitt und infolgedessen auch im Bauverfahren.

Fülischer wollte die ganze Südwest- und Nordostseite der Insel von der Südspitze bis zum Kordberg mit einer Mauer umschließen. Auch die schmale Nordspitze, deren Fläche für sich betrachtet eine Sicherung nicht mehr lohnte, sollte in den Schutz einbezogen werden, um sie als Wellenbrecher für die Düne zu erhalten. Den Querschnitt der Mauer zeigt Abb. 15. Ihr Hauptkörper erstreckte sich bis HHW, die Brüstung 1 m höher. Sie bestand aus Beton mit allseitiger Klinkerverblendung. Der Schotter für den Beton sollte auf der Insel selbst durch Absprengen überhängender, ohnehin verlorener Felsmassen gewonnen werden. Um im Bereich des gewöhnlichen Tidewechsels sogleich standfeste Körper zu schaffen, sollte auf eine Ausgleichschicht von Betonsäcken an der Außen- und Innenseite je eine Reihe von Klinker-

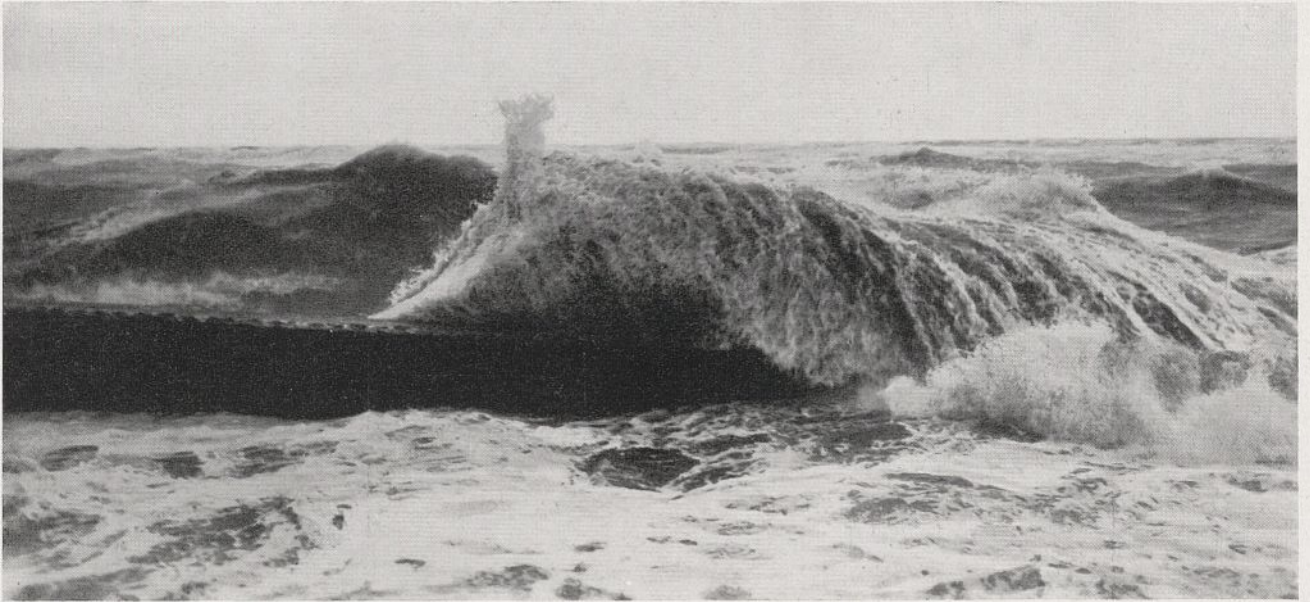


Abb. 21. Brecher an der Südwestschutzmauer bei schwerem Sturm.

blöcken versetzt werden, die am Lande als regelrechtes Mauerwerk herzustellen waren. Die Blockreihen sollten eine Höhe von 1,5 m über M N W erhalten, der Zwischenraum sofort mit Schütt- oder Stampfbeton ausgefüllt werden. Absatzweise war darüber die Verblendung aus Klinkermauerwerk hochzuziehen und der Betonkern herzustellen. Die Mauer war also in jedem Arbeitsabschnitt standsicher. Für die Ausführung sollten fahrbare Baugerüste dienen, deren Schienenbahn auf kurzen, in Bohrlöcher eingesetzten Pfählen ruhte (Abb. 16 u. 17). Die Kosten berechnete Fülcher auf 1385 M/m, insgesamt für die 5250 m lange Mauer auf 4,5 Millionen M.

Der Entwurf von Brennecke ließ die Nordspitze aus dem Schutzwerk herausfallen; seine Mauer war daher nur 2710 m lang. Im übrigen war ihre Linienführung annähernd die gleiche wie in Fülchers Entwurf. Im Querschnitt zeigte das Schutzwerk nach Abb. 18 einen Sanddeich, der an der Seeseite durch eine Mauer gedeckt war. Die Krone des Bauwerks war auf 2 m über H H W gelegt. Der Mauer war eine schalenförmige Vorderseite gegeben, die das Ueberschlagen der Brandung verhindern und den Rücklauf der Wellen begünstigen, also die Kolkwirkung auf die Felssohle abschwächen sollte. Die Mauer sollte aus Bruchsteinen hergestellt werden, die dem Inseln felsen zu entnehmen waren, und eine Schutzschicht aus unverblendetem Zement-Traßbeton erhalten. Die Ausführung der Mauer war ebenfalls von fahrbaren Gerüsten gedacht, die aber auf der Felssohle laufen sollten (Abb. 19 u. 20). Anschließend sollte aus Sandboden, der in der Nähe zu baggern und mit Schuten bei Hochwasser an die Mauer heranzubringen war, der Deich geschüttet und mit Inselgeröll abgedeckt werden. Die Kosten berechnete Brennecke auf 1400 M/m oder insgesamt 5,8 Millionen M. Mit den gleichen Preisansätzen und der gleichen Bauwerklänge, wie sie Fülcher vorgesehen hatte, stiegen die Kosten jedoch auf 6,5 Millionen M.

Die beiden Entwürfe standen sich also in wesentlichen Punkten scharf gegenüber. Kaiser Wilhelm II., der sich warm für den Schutz der Insel einsetzte, bestimmte daher im Herbst 1902, daß „die gegenüberstehenden Ansichten in kommissarischen Beratungen zwischen dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten und dem Reichsmarineamt zunächst zum Austrag zu bringen seien“, und zwar unter Hinzuziehung des Oberbaudirektors F r a n z i u s, Bremen. Bei diesen Besprechungen machte das preußische Ministerium gegen den Entwurf Brenneckes vor allem folgende Bedenken geltend:

1. das in einer Tide aufgeführte Mauer- und Betonwerk werde bei der Ueberflutung starke Schäden erleiden;
2. die Schutzmauer sei, weil für sich nicht standsicher, bis zur Hinterfüllung stark gefährdet;

3. die Anfuhr des Hinterfüllungsbodens mit Schuten sei wegen der fast steten Brandung zu schwierig;
4. der Sanddamm werde trotz der großen Kronenhöhe durch überschlagende Brandung zerstört werden.

Gegen Fülchers Entwurf wurde eingewandt, daß die Kronenhöhe der Mauer zu niedrig sei, so daß die überschlagende Brandung dahinter Wirbelbewegungen hervorrufen und den Böschungsfuß der Absturzhalden weiter angreifen würde.

Man stand eben damals vor einer neuen Aufgabe. Heute, nachdem für den Bau von Uferschutzwerken auf Helgoland und ihr Verhalten gegen die See 25jährige Erfahrungen vorliegen, kann kein Zweifel bestehen, daß der Bau einer Schutzmauer nach Brenneckes Entwurf mit einem völligen Fehlschlag geendet hätte. Schon die Ausführung einer für sich nicht standfesten Mauer mußte zu schweren Rückschlägen führen. Eine Holzschalung, wie sie zur Herstellung der Betonschutzschicht nötig war, läßt sich im Tidebereich gar nicht halten; ebenso ist die Anfuhr großer Bodenmengen mit Schuten auf der Brandungsterrasse ausgeschlossen. Das fertige Bauwerk hätte vollends versagt. Brennecke nahm an, daß die Kronenhöhe von 2 m über H H W genügen würde, um „Wasser in größeren Mengen überhaupt nicht, sondern nur bei besonders hohen und stürmischen Hochwassern ungefährliche Spritzer“ übergehen zu lassen. Wie wenig diese Schätzung zutrifft, lehrt die Abb. 21, die bei der Sturmflut vom 10. Oktober 1926 aufgenommen worden ist. Sie zeigt einen Brecher, der bei Windstärke 9 bis 10 und einem Wasserstand von nur 1,6 m über M H W = 0,6 m unter H H W in einer 2 m hohen, geschlossenen Masse über die Südwestschutzmauer läuft, deren Krone an dieser Stelle 2 m über H H W liegt. Keine praktisch ausführbare Mauerhöhe vermag das Ueberschlagen so gewaltiger Wassermengen zu verhindern. Der Sanddamm des Schutzwerkes wäre selbst bei höherer Kronenlage trotz der Abdeckung mit Inselgeröll beim ersten schweren Sturm fortgespült und dann die Mauer zerstört worden. Schließlich war die vorgeschlagene Ausführungsweise mit fahrbaren Kränen, die auf der Felsterrasse liefen, so wenig leistungsfähig und so empfindlich gegen Seegang, daß sie viel zu geringe Baufortschritte ergeben hätte — ein Nachteil, der allerdings ebenso dem Entwurf von Fülcher anhaftete.

2. Bau einer Probestrecke im Jahre 1905.
a) Wahl der Baustelle. Da keine der beteiligten Stellen sich auf praktische Erfahrungen berufen konnte, entschloß sich Preußen im Jahre 1905, eine Probestrecke nach dem von Fülcher entworfenen Querschnitt zu bauen und dadurch eine Klärung der widerstreitenden Meinungen herbeizuführen. Hierfür wurde das Slapp zwischen Blockhorn und Spitzhorn gewählt. In diesem Slapp, und

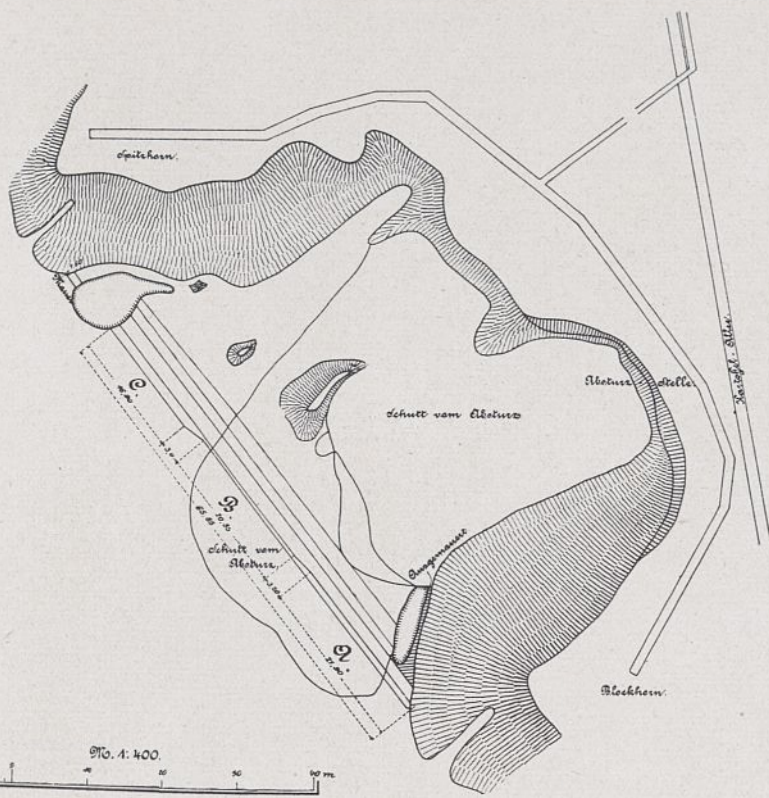


Abb. 22. Lageplan der Probestrecke von 1905.

zwar dicht vor einem neu erbauten Festungswerk, war im Jahre 1902 eine große Felsmasse abgestürzt. Durch die Probestrecke konnte also zugleich eine besonders gefährdete Stelle nebst den Festungsanlagen gesichert werden (Abb. 22). Außerdem bot die Absturzhalde Gelegenheit zur bequemen Heranführung der Baustoffe. Denn die Mauer sollte — wie die bald darauf erbauten, gleichfalls einzeln stehenden Mauern der Festungsbauverwaltung — vom Oberland aus hergestellt werden, weil die preußische Bauverwaltung schon damals die Anfuhr der Baustoffe mit Schuten für undurchführbar hielt.

b) Querschnitt der Mauer. Im Querschnitt der Mauer Profil A (Abb. 25) wurden Umriss und Abmessungen fast unverändert nach dem Entwurf von Fülischer beibehalten. Eine Teilstrecke wurde jedoch nach dem Profil B der Abb. 24 ausgebildet, um Beobachtungen zu sammeln, wie weit ein Ueberhang der Mauerkrone das Herüber-schlagen der Brandung abschwächt; eine weitere Teilstrecke erhielt das Profil C (Abb. 25), das Brennecke für die Vorderwand seiner Schutzwerkmauer vorgeschlagen hatte.

Für die Verblendung der Vorderseite und Krone der Mauer wurde aber entgegen dem Entwurf von Fülischer statt der Klinker Granit gewählt. Die würfelförmigen Werksteine von 0,75 m Kantenlänge, die an die Stelle der Blöcke aus Klinkermauerwerk traten, wurden dabei bis über M.H.W.-Höhe angeordnet. Diese Aenderung war für die Bauausführung wertvoll. Die schwere Werksteinverblendung stellte ja gleichzeitig eine durch ihr Eigengewicht standsichere Betonschalung dar, und diese erstreckte sich nunmehr über den ganzen Bereich des mittleren Tidehubs, also auch des durchschnittlich zu erwartenden Seeganges. Die Rückseite der Mauer blieb unverblendet. Die Verwendung von Betonblöcken, die am Lande hergestellt werden und vor dem Einbau wenigstens sechs Wochen an der Luft erhärten sollten, wurde als genügende Sicherung gegen die schädlichen Einflüsse des Seewassers erachtet. Da die Blöcke ebenfalls die Betonschalung vertreten mußten, erhielten sie die gleichen Abmessungen wie die Granitwerksteine. Im Tidebereich füllten sie fast den ganzen Mauerquerschnitt aus, um die Menge des Betons, der an Ort und Stelle einzubringen und daher gegen Wellenschlag empfindlich war, herabzudrücken.

Für den Beton wurde eine Anzahl wechselnder Mischungsverhältnisse gewählt, um deren verschiedene

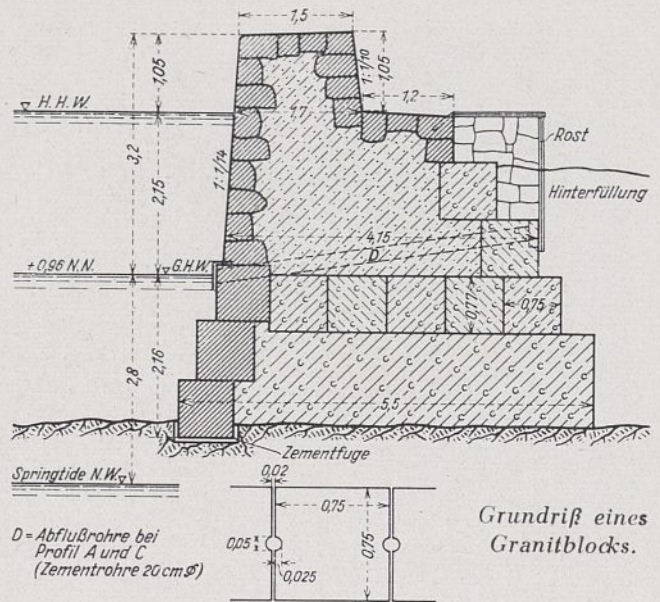


Abb. 25. Querschnitt der Mauer, Profil A.

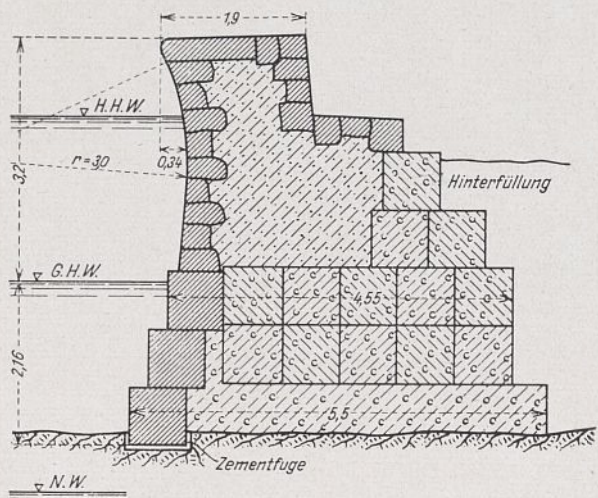


Abb. 24. Querschnitt der Mauer, Profil B.

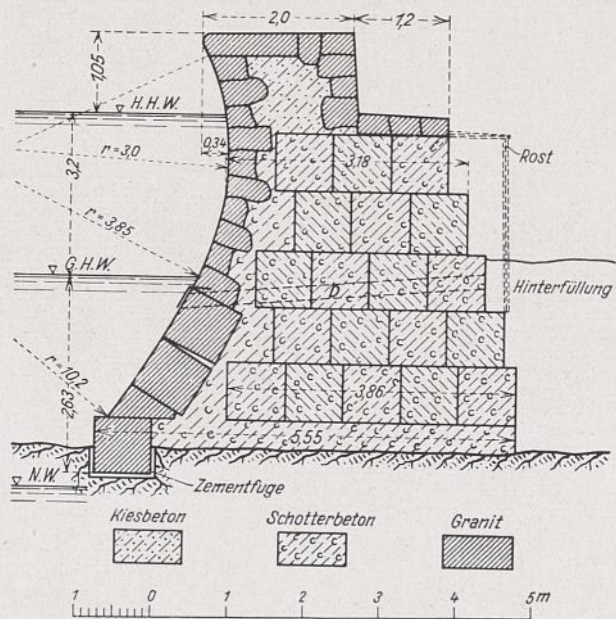


Abb. 25. Querschnitt der Mauer, Profil C.

Abb. 25 bis 25. Querschnitte der Probestrecke von 1905.

Widerstandsfähigkeit gegen Seewasser zu erproben. Die Blöcke wurden in folgenden Mischungen angefertigt:

- 1 T Portlandzement : 6 T Kies,
- 1 T Portlandzement : 5 T Sand : 4 T Granitschotter,
- 1 T Portlandzement : 5 T Sand : 6 T Granitschotter,
- 1 T Portlandzement : 4 T Sand : 6 T Granitschotter,
- $\frac{1}{2}$ T Portlandzement : $\frac{1}{2}$ T Traß : 5 T Sand : 4 T Granitschotter.



Abb. 26. Probestrecke von 1905, Ansicht der Baustelle.

Versuchshalber wurde auch in der Krone der Brüstungsmauer eine Strecke der Granitverblendung an der landseitigen Kante durch unverblendeten Beton in diesen Mischungen ersetzt. Der Füllbeton der Mauer wurde in der Tidezone mit Granitschotter (1 T Portlandzement : 5 T Sand : 4 T Granitschotter), über MHW mit Kies (1 T Portlandzement : 6 T Kies) hergestellt. Zur Hauptsache wurde Stettiner Sternzement, für einige Blöcke Hemmoor-Zement verwendet.

Die Hüttenzemente waren derzeit noch nicht als Normzemente anerkannt, ihre Brauchbarkeit im Seebau nicht erprobt. Sie kamen neben dem Portlandzement damals nicht in Betracht. Nach dem heutigen Stand der Betonherstellung für Seebauten ist auch die Verwendung von Traß sehr knapp und der Zementgehalt des Betons mit rd. 150—250 kg auf 1 m³ fertigen Betons z. T. gering bemessen, wenigstens für die Blöcke der Außenreihen. Einige weitere Versuche mit Magnesiumfluatanstrich und Zusatz von Eisenoxydglanz zum Beton bieten heute kein Interesse mehr.

Da Helgoland keine Süßwasserbrunnen besitzt und auf Versorgung mit Regenwasser oder auf Frischwasserbezug vom Festlande angewiesen ist, konnte Süßwasser nur für den Beton der Blöcke verwendet werden.

c) Bauausführung. Der Bau wurde Anfang Mai 1905 unter der Leitung des Regierungsbaumeisters Zander durch die Firma Struwe u. Gertz, Husum, begonnen.

Für die Anfuhr der Baustoffe und Geräte konnten die Förderanlagen der Festungsbauverwaltung der Reichsmarine mit benutzt werden. Das Baugut wurde an der einzigen derzeit vorhandenen Umschlagstelle, einer kleinen Mole am Strand des Unterlandes, gelöscht und mit Feldbahn durch einen Tunnel auf das Oberland gebracht. Hier wurde oberhalb der Baustelle ein Lagerplatz eingerichtet. Auf dem Platz begann vorweg die Herstellung der Betonblöcke; 400 Stück wurden jedoch fertig vom Festland bezogen.

Sämtliche Baustoffe wurden mit Kränen vom Oberlande herabgefiert, die Granit- und Betonblöcke in Stropps,

das übrige Baugut in Kästen. Ein hölzerner Auslegerkran mit Dampfwinde stand vor der Ostecke des Slapps, in der die Absturzhalde lag, und förderte bis zur Spitze der Halde. Von hier aus wurden die Blöcke und Kästen auf einer Gleitbahn mit Bremsseil weiter herabgelassen. In der Nordecke des Slapps verlief die Felswand in der lotrechten Scherfläche einer Verwerfung und war bis zur Oberkante besonders steil und glatt. Hier konnte das Baugut mit einem eisernen Dampfdruckkran bis zur Felsterrasse herabgefiert werden. Beide Krane zusammen konnten stündlich 20 Spiele ausführen und 10 bis 20 m² Baustoffe fördern. Für den Verkehr des Baupersonals wurde an der Felswand eine Strickleiter befestigt, an die sich auf der Halde eine Treppe anschloß (Abb. 26). Anfangs als Notbehelf gedacht, wurde diese Verbindung bald fast ausschließlich benutzt; der ursprünglich geplante Verkehr mit Booten wurde zu oft durch Seegang unterbunden.

Besondere Aufmerksamkeit erforderten die Schutzvorkehrungen gegen Gesteinsschlag. An den Wänden des Slapps wurde alles lose sitzende Gestein mit Stangen herabgestoßen; über den Anschlußstellen der Mauer an den Felsen wurden Schutzdächer aus Bohlen und Drahtgeflecht errichtet. Einen vollkommenen Schutz gewährten diese natürlich nicht; sie konnten nur die häufig herabfallenden kleinen Gesteinsbrocken auffangen. Gegen große abstürzende Felsblöcke, die sich nur selten, aber meistens ohne vorhergehende Anzeichen loslösen, sind Schutzmaßnahmen praktisch überhaupt nicht möglich. Doch sind Verletzungen damals nicht vorgekommen.

Auf der Baustelle wurde zunächst in Tidarbeit die Felssohle von Geröll und verwittertem Gestein gesäubert und der 0,5 m tiefe Schlitz für den untersten Granitverblendungsstein ausgestemmt. Dann wurden die Blöcke und Werksteine von Hand versetzt und der Beton zwischen beiden jeweils in der Höhe einer Blockschicht eingebracht. Im August 1905 war die 66 m lange Mauer fertiggestellt. Bei einer Anschlagsumme von 217 000 M kamen die Ausführungskosten, da der Bau vom Wetter sehr begünstigt worden war, nur auf rd. 178 000 M. Da-

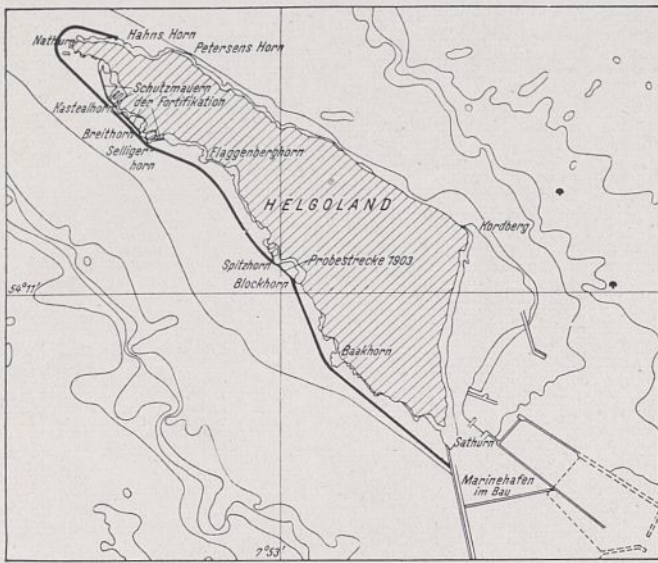


Abb. 27. Lageplan der Schutzmauer nach dem Entwurf von 1909.

von trug die Reichsmarine, deren Festungsanlagen zugleich durch die Mauer gesichert wurden, ein Drittel.

Die Baukosten betragen also rd. 2700 M für 1 m Mauer. Die im Jahre 1911 begonnene durchgehende Mauer stellte sich nur auf rd. 2000 M/m. Die hohen Mehrkosten der Probestrecke sind zum Teil auf den geringen Umfang der Bauausführung zurückzuführen, größtenteils aber auf die kostspielige Anfuhr der Baustoffe über das Oberland. Dabei ist noch zu beachten, daß für die Förderung bis auf das Oberland die Anlagen der Marine zur Verfügung standen. Die Bauzeit betrug 5 Monate 18 Tage, die monatliche Leistung 18 m Mauer. Ist die Arbeit durch einen Lieferungsverzug auch etwas gehemmt worden, so ist der Unterschied gegen die Baufortschritte der 1911 begonnenen durchlaufenden Mauer, 40 bis 50 m monatlich, doch ebenfalls bedeutend.

Sowohl die Ausführung dieser Probestrecke wie das Verhalten der fertigen Mauer brachten eine Reihe wertvoller Beobachtungen.

d) Erfahrungen bei der Ausführung. Vor allem zeigte sich, daß man innerhalb des Tidebereichs zwischen den Blockschalungen frischen Beton einbringen konnte, der unmittelbar darauf überflutet wurde, ohne allzu große Verluste an Masse oder eine Beeinträchtigung seiner Festigkeit zu erleiden. Als zu Beginn des Baues nicht genügend Blöcke zur Verfügung standen, war auf einer kurzen Mauerstrecke sogar Beton zwischen Holzschalung hergestellt worden, allerdings nur bis 1 m Höhe über Felssohle, also im Bereich der schwächsten Wasserbewegung, und in den günstigen Monaten Mai und Juni. Ferner kam man schon hier dazu, den Beton weich anzumachen; er wurde fester und namentlich dichter als erdfeuchter Beton. Der Füllbeton des Mauerkörpers ließ sich erdfeucht überhaupt nicht einwandfrei herstellen, weil die Tidearbeit meistens keine Zeit zu sorgfältigem Stampfen ließ. Aber auch die Blöcke erhielten bei stärkerem Wasserzusatz glattere Außenflächen mit weniger Nestern. Auch wurden Versuche mit der Verwendung von Inselgestein als Betonzuschlag angestellt. Sie ergaben einen Mißerfolg; selbst die härtesten, ausgesuchten Felsstücke wurden beim Stampfen zertrümmert und bildeten Schlamm. Der Ersatz von Granitschotter durch Inselgestein bei der Betonherstellung, der in den früheren Kostenanschlägen eine so große Rolle spielte, war damit abgetan. Wichtig war ferner die Erfahrung, daß Betonblöcke von 0,75 m Seitenlänge schwer genug waren, um von der im Sommer durchschnittlich auftretenden Brandung nicht verschoben oder umgekippt zu werden, sobald sie vergossen waren.

e) Beobachtungen über das Verhalten der Versuchsmauer. Die fertige Mauer zeigte sich schon bei den schweren Stürmen im Herbst 1905 als vollkommen standsicher, war aber ebenso dem großen Druck der hinter ihr liegen-

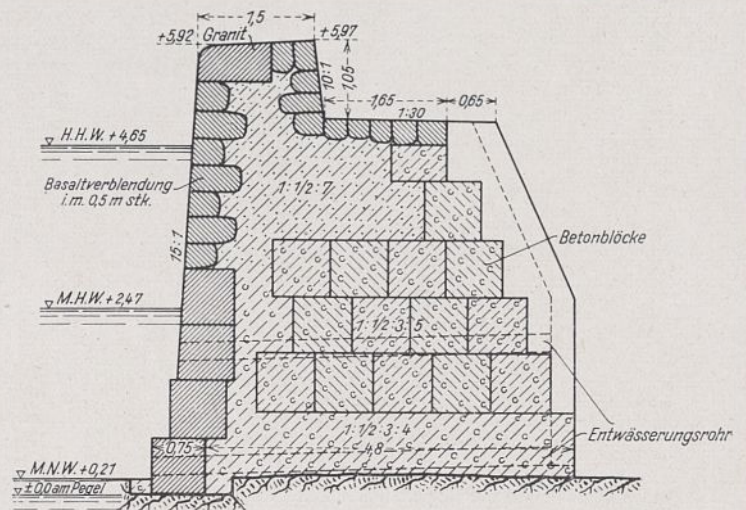


Abb. 28. Endgültiger Querschnitt der Südwestschutzmauer. M. 1:100.

den Absturzmassen gewachsen. Bald wurde auch festgestellt, daß die Form der Vorderseite fast keinen Einfluß auf das Ueberkommen der Brecher hatte. Mäßige Brandung wurde durch den Ueberhang der Profile B und C wohl zurückgeworfen; schwere Sturmsee lief dagegen über die drei Profile gleichmäßig hinweg. Ob die Profile sich im Angriff der rücklaufenden See auf die Felssohle verschieden auswirkten, konnte natürlich erst eine längere Beobachtung lehren. In den seither vergangenen 25 Jahren ist der Felsen vor der Mauer, wie zu erwarten, tatsächlich in geringem Maße ausgewaschen; die Abnahme ist ebenfalls vor allen Profilen gleich groß. Auch die Höhe des Schutzwerkes ließ einen geringeren Einfluß auf die Menge des überkommenden Wassers erkennen, als man bis dahin angenommen hatte. Schwere Brandung warf sehr große Wassermengen über die Mauer. Doch war die Kraft der Wellen fast vollkommen gebrochen. Allerdings wurde der Fuß der Sturzhalde bei hohen Sturmfluten noch angegriffen, weil die Mauer zu dicht an den Felsen herangerückt war; das hatte sich hier aber wegen der Anschlüsse an die Hörns nicht vermeiden lassen. Bei der besonders schweren Sturmflut vom 10. Oktober 1926 rutschte die ganze Halde infolgedessen nach, und es hat in 6 m Abstand hinter der Schutzmauer noch eine besondere Abwehrmauer von 1,5 m Höhe gebaut werden müssen.

Die Beobachtungen über das Verhalten des unverblendeten Betons im Seewasser mußten sich gleichfalls auf einen längeren Zeitraum ausdehnen. Die Rückseite der Mauer wurde aber bald von Absturzmassen zugedeckt. Sie war damit dem Angriff des Seewassers und der lückenlosen Ueberwachung fast ganz entzogen. Der unverblendete Beton in der Krone der Brüstungsmauer ist aber trotz des geringen Zement- und Traßgehaltes unversehrt geblieben, obwohl er von der Brandung oft benetzt wird.

5. Weitere Entwürfe. Auf Grund der zunächst gesammelten Erfahrungen und Beobachtungen wurde schon im Herbst 1905 ein Entwurf für den Schutz der ganzen Insel aufgestellt. Eine Ringmauer sollte die Insel vom Sathurn bis zum Kordberg unter Einschluß des Hengstes umfassen. Mit ihrer Erbauung mußte die Geröllzufuhr, die den Strand des Unterlandes erhält, aufhören; infolgedessen war auch das Unterland zu sichern. Diese Aufgabe sollten zwei 75 m lange Molen übernehmen, die an den Endpunkten der Mauer ansetzten. Sie mußten vorweg errichtet werden, um der Baustoffanfuhr für die weitere Arbeit als Löschkajen zu dienen.

Für die Strecke vom Sathurn bis Petersens Horn war die Mauer als freistehendes Bauwerk geplant, für den Restabschnitt der Nordostseite von Petersens Horn bis zum Kordberg als leichtere Stützmauer. Hier lagen derzeit große Absturzmassen, mit denen das Schutzwerk sofort hinterfüllt werden konnte. Für den Querschnitt der

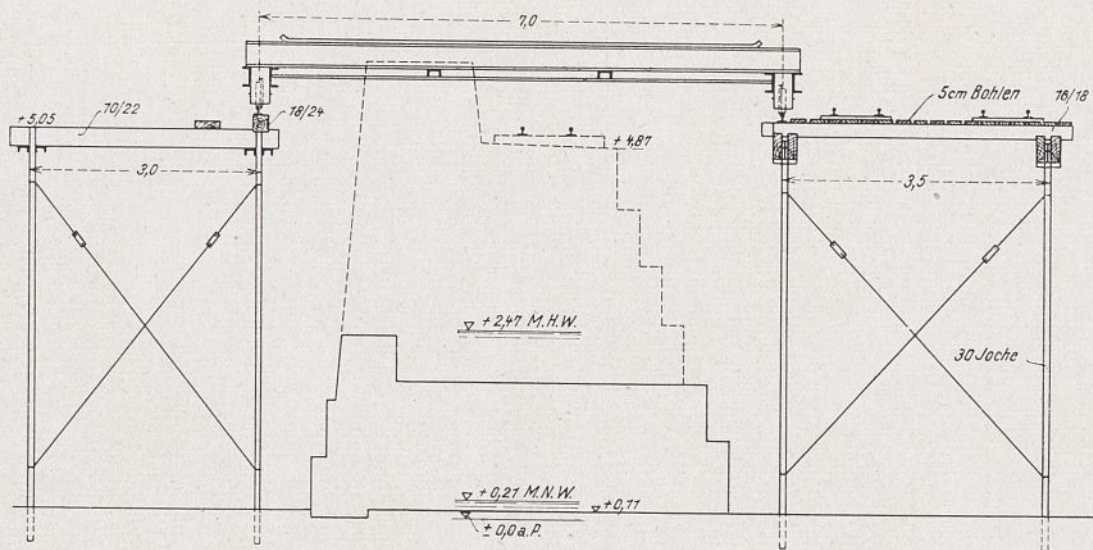


Abb. 29. Querschnitt des Baugerüsts. M. 1:100.

freistehenden Mauer wurden zunächst noch zwei Profile, und zwar A und B der Versuchsstrecke von 1905, vergleichsweise behandelt. In einer Ueberarbeitung des Entwurfes durch die Regierung zu Schleswig wurde dabei der Granitverblendung und den Betonblöcken schon die gleiche Form und Anordnung gegeben, die später zur Ausführung gelangt ist (vgl. Abb. 28). Auch die damals festgesetzten Betonmischungsverhältnisse sind später beibehalten worden.

Schwierigkeiten bereitete aber schon bei der Entwurfsbearbeitung wieder die Frage der Bauausführung. Die Anfuhr der Baustoffe vom Oberlande her kam nicht mehr in Betracht; ein anderes Verfahren war noch nicht erprobt. So wurde eine Drahtseilbahn auf hölzernen Stützböcken vorgeschlagen, die auf der fertigen Mauer als Seilförderbahn, über der jeweiligen Baustrecke als Hängebahn arbeiten sollte. Die Baustoffe, die auf der Seilzugstrecke in Feldbahnwagen herankamen, sollten umgeladen und an der Hängebahn mit einer Motorlaufkatze, die Blöcke in Stropps, die losen Stoffe in Kippkübeln, zur Verwendungsstelle geschafft werden. Der Förderbetrieb wurde auf diese Weise teuer und wenig leistungsfähig. Bei der Umarbeitung des Entwurfes empfahl die Regierung zu Schleswig, an der Innenseite der Mauer ein hochwasserfreies festes Gerüst zu bauen, auf welchem zwei Fördergleise und ein Krangleis verlegt werden konnten.

Als Bauzeit waren 6 Jahre angesetzt, das erste für die Molen, 5 Jahre für die Mauer, die zugleich von beiden Endpunkten aus vorgetrieben werden sollte. Der Baufortschritt mußte also auf jeder Seite 320 m jährlich betragen. Die Kosten waren zu 5,25 Millionen M berechnet. Die freistehende Mauer an der Südwestseite der Insel war dabei mit 1737 M für 1 lfd. m veranschlagt.

Die Erwägungen über die voraussichtliche Wirkung und die vorteilhafteste Anordnung der Mauer, ebenso die Verhandlungen mit der Marine über die Beteiligung an den Baukosten zogen sich aber jahrelang hin. Mit der Marine wurde schließlich eine Halbierung der Kosten zwischen dem Reich und Preußen vereinbart. So konnte der Entwurf von 1905 erst nach 6 Jahren wieder aufgenommen werden. Wegen der hohen Kosten wurde der Schutzplan jetzt aber auf die am meisten gefährdete Südwestseite der Insel beschränkt und nur eine 1980 m lange Mauer von der Südspitze bis Hahns Horn vorgesehen (Abb. 27). Im November 1909 wurde dann eine besondere Bauabteilung auf Helgoland eingerichtet.

4. Endgültiger Entwurf. Die Ausdehnung des Schutzwerkes wurde in der Folge noch weiter eingeschränkt. Im September 1910 entstand ein letzter Entwurf für die 775 m lange Strecke von der Südspitze bis zum Block Horn, d. h. bis zum Anschluß an die Probestrecke von 1905 (vgl. Abb. 27). In der Ausbildung des Mauer-

querschnitts schloß der Entwurf sich den früheren an. Die Frage, welche Form für die Vorderseite der Mauer zu wählen sei, blieb auch jetzt noch offen. Die Kosten waren zu 1 656 000 M für die Mauer mit gerader Vorderwand und 1 714 000 M für die Mauer mit gekrümmter Vorderwand, d. h. zu 2100 bzw. 2200 M für 1 m veranschlagt.

Die Festungsbauverwaltung hatte in den Jahren 1904 bis 1908 nahe der Nordspitze der Insel kurze Schutzmauern mit überhängender Krone ausgeführt, um Befestigungsanlagen zu sichern. Versuchshalber hatte die Marine einem Abschnitt ihrer kurz vorher begonnenen Hafentmole gleichfalls eine überhängende Krone gegeben. Die Beobachtung dieser Bauten bestätigte die Erfahrung, welche schon die preußische Probestrecke geliefert hatte. Bei schwerem Seegang vermochte die schalenförmige Vorderwand das Ueberkommen der Brandung nicht abzuschwächen. Damit fiel schließlich im Juni 1911 die Entscheidung zugunsten der billigeren Ausführung mit gerader Vorderwand. Die erste Ausschreibung der Baustoffe ergab ferner, daß die Verblendung des oberen Mauerteils mit dem dauerhafteren Basalt nicht kostspieliger wurde als mit Granitbruchsteinen. So erhielt die Mauer den in Abb. 28 dargestellten endgültigen Querschnitt.

Eine wesentliche und für die Bauleistung ausschlaggebende Aenderung gegen die früheren Entwürfe erfuhr aber das Baugerüst, indem es nach Abb. 29 beiderseits der Mauer angeordnet und aus alten Eisenbahnschienen mit Zugstangenverspannung und Holzverzimierung errichtet wurde. Dieses Gerüst hat sich in der Folge gut bewährt und den erzielten Baufortschritt erst ermöglicht. Die Schienen ließen den Seegang unter geringem Widerstande durchlaufen. Bei Sturm bis Windstärke 9, d. h. bei allen Stürmen der Sommermonate hielt das Gerüst unbedingt stand und erlitt höchstens geringfügige Schäden an der Verzimierung. Traten schwere Sturmfluten ungewöhnlich spät im Frühjahr ein, wenn das Gerüst schon aufgestellt war, oder sehr früh im Herbst, bevor es wieder beseitigt war, so wurde die Baustelleneinrichtung allerdings, wie es mehrere Male geschehen ist, von Grund auf zerstört. Das Gerüst erlaubte ferner, Feldbahngleise hochwasserfrei bis an die Arbeitsstelle heranzuführen. Es bot dabei Platz genug, um jedesmal vor Beginn der Tidarbeit Vorratszüge mit Granit- und Betonblöcken bereitzustellen und dadurch jede Tide voll auszunutzen. Die Fahrbühnen, die auf dem inneren und äußeren Gerüst über der Baugrube liefen, trugen einen Trichter zum Schütten des Betons und zwei Handdrehkrane zum Herablassen und Versetzen der Blöcke. So war die Verwendung leichter Geräte möglich, die schnell auf- und abgebaut sowie mit geringen Hilfsmitteln geborgen und ausgebessert werden konnten, wenn sie durch Seegang von den Gerüsten heruntergeschlagen wurden. (Schluß folgt.)