



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000322244



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE W KRAKOWIE

WYDZIAŁ *Inżynierski*

KATEDRA ZAKŁAD *Bud. Wodu I.*

I. INWENT. *115/a*

Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft

Siebzehnter Band

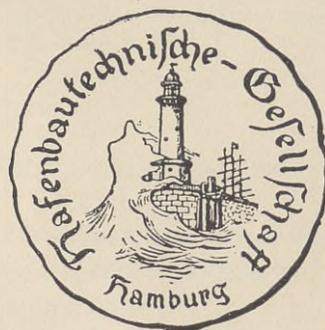
Hafenbauvereine  
1897/1898



Jahrbuch  
der  
Hafenbautechnischen Gesellschaft

Siebzehnter Band  
1938

Mit 375 Abbildungen im Text  
und auf 6 Tafeln



Berlin  
Verlag von Julius Springer  
1939

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
in fremde Sprachen, vorbehalten.  
Copyright 1939 by Julius Springer in Berlin.  
Printed in Germany.



J. X. 61 / 1938

nr inw. 2092



## Inhaltsverzeichnis.

### Vortrag, gehalten auf einem Vortragsabend am 24. Februar 1938 in Berlin.

	Seite
<b>Die Veränderungen der Helgoländer Düne und des umgebenden Seegebietes.</b> Von Regierungsbaurat Dr.-Ing. <b>Martin Bahr, Tönning</b> . . . . .	1
<b>A. Die Ursachen der Veränderungen der Düne und ihrer Umgebung</b> . . . . .	3
<b>I. Aufbau und jüngste Geschichte des Inselgebietes von Helgoland</b> . . . . .	3
<b>II. Die verändernden Kräfte</b> . . . . .	8
<b>1. Strömungen</b> . . . . .	8
a) Strömungen in der weiteren Umgebung von Helgoland S. 8 — b) Strömungen in der Umgebung der Düne S. 9.	
<b>2. Seegang</b> . . . . .	12
<b>III. Die erhaltenden Kräfte</b> . . . . .	13
<b>1. Natürlicher Schutz der Düne</b> . . . . .	13
<b>2. Künstlicher Schutz der Düne</b> . . . . .	13
a) Schutzbauten auf der Düne selbst S. 13 — b) Die Buhnen der Düne S. 14 — c) Der Marinehafen S. 15.	
<b>IV. Die Wirkung der verändernden und der erhaltenden Kräfte einzeln und im Zusammenspiel</b> . . . . .	15
<b>1. Wirkungen im Seegebiet um die Düne</b> . . . . .	15
a) Angriff auf den Grund S. 15 — b) Verfrachtung des Bodens S. 18.	
<b>2. Kräftewirkung auf die Düne selbst</b> . . . . .	22
a) Sandhaushalt der Unterdüne S. 22 — b) Sandhaushalt der Hohen Düne S. 27 — c) Gesamtbild des Sandhaushalts der Düne S. 28 — d) Lagenänderung der Düne S. 28.	
<b>B. Die Veränderungen der Düne und ihrer Umgebung</b> . . . . .	29
<b>I. Verschiebungen zwischen Höhenlage des Inselgebiets und Meeresspiegel</b> . . . . .	29
<b>II. Veränderungen in der Umgebung der Düne</b> . . . . .	31
<b>1. Benutzte Unterlagen</b> . . . . .	31
<b>2. Umfang und Lage des veränderten Gebiets</b> . . . . .	33
<b>3. Größe der Änderungen</b> . . . . .	34
a) Nordhafen und Wal S. 34 — b) Skitgatt S. 35 — c) Nordostabhang der Dünenklippen S. 36 — d) Dünenklippen S. 36 — e) Gesamtverluste des veränderten Gebiets S. 37 — f) Rücken ostnordöstlich der Düne S. 38.	
<b>III. Veränderungen der Düne</b> . . . . .	39
<b>1. Benutzte Unterlagen</b> . . . . .	39
<b>2. Größenänderungen</b> . . . . .	44
<b>3. Änderungen der Gestalt</b> . . . . .	46
<b>4. Änderungen der Lage und ihr Zusammenwirken mit den übrigen Änderungen auf die Hohe Düne</b> . . . . .	47
<b>C. Schlußfolgerungen aus den Veränderungen der Düne</b> . . . . .	52
<b>I. Voraussichtliches Schicksal der ungesicherten Düne</b> . . . . .	52
<b>II. Folgerungen für die Sicherung der Düne</b> . . . . .	54
<b>Schrifttum</b> . . . . .	57
<b>Anhang: I. Angaben und Ermittlungen zu den für die Untersuchung benutzten Seekarten S. 57. — II. Zahlenwerte der Tiefenänderungen in der Umgebung der Düne S. 59. — III. Angaben und Ermittlungen zu den Aufnahmen der Düne S. 64. — IV. Änderungen der Düne S. 66.</b>	

### Vorträge, gehalten auf der 16. Hauptversammlung (30. Oktober bis 1. November 1938) in Magdeburg.

<b>Die Pläne für den weiteren Ausbau des deutschen Wasserstraßennetzes.</b> Von Ministerialdirektor Dr.-Ing. e. h. <b>Gährs, Berlin</b> . . . . .	71
<b>Magdeburg als Hafen- und Schifffahrtsstadt.</b> Von Stadtbaurat <b>Julius Götsch, Magdeburg</b> . . . . .	76

## Vorträge, gehalten auf einem Vortragsabend am 24. November 1938 in Berlin.

	Seite
<b>Neuzeitliche Grund- und Wasserbauten.</b> Von Dr.-Ing. e. h. <b>Rud. Christiani</b> , Kopenhagen . . . . .	94
Castelmoron-Brücke . . . . .	94
Storströmbrücke . . . . .	98
Maastunnel . . . . .	104
<b>Verschiedene Formen von Druckluftgründungskörpern.</b> Von Dr.-Ing. <b>Kurt Lenk</b> , Vorstandsmitglied der Neue Baugesellschaft Wayß & Freytag A.G., Frankfurt a. M. . . . .	112

## Veröffentlichungen der Ausschüsse der Hafenbautechnischen Gesellschaft.

<b>1. Ausschuß der Hafenverkehrswege der Seehäfen.</b> Von Dr. jur. <b>Franz Eggers</b> , Bremen . . . . .	129
<b>2. Ausschuß für Hafenverkehrswege der Binnenhäfen.</b> Von Reg.-Baurat <b>Wehrspan</b> , Wanne-Eickel . . . . .	130
<b>3a. Ausschuß für Hafenumschlagstechnik.</b> Von <b>O. Wundram</b> , Hamburg . . . . .	132
<b>3b. Hafen und Kraftwagenverkehr.</b> Von <b>O. Wundram</b> , Hamburg . . . . .	133

## Beiträge.

<b>Geleitwort für die Aufsätze über die ehemaligen deutschen Kolonialhäfen.</b> Von Professor Dr. Ing. <b>A. Agatz</b> , Hafenbaudirektor a. D., Erster Vorsitzender der Hafenbautechnischen Gesellschaft . . . . .	143
<b>Die wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Kolonialhäfen vor und nach dem Kriege.</b> Von Professor Dr. <b>Bernhard Pfister</b> , Universität Freiburg i. Br. . . . .	145
Togo, Kamerun und Südsee . . . . .	148
Deutsch-Südwestafrika . . . . .	150
Deutsch-Ostafrika . . . . .	153
Kiautschou . . . . .	161
<b>Die technische Entwicklung der deutschen Kolonialhäfen.</b> Von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. habil. <b>Edgar Schultze</b> , Dozent an der Technischen Hochschule Berlin, Geschäftsführer der Hafenbautech- nischen Gesellschaft . . . . .	163
A. Einleitung . . . . .	163
B. Westafrikanische Küste . . . . .	166
1. Allgemeines . . . . .	166
2. Togo . . . . .	167
3. Kamerun . . . . .	169
a) Duala S. 169 — b) Bonaberi S. 173 — c) Kribi S. 173 — d) Victoria, Tiko, Rio del Rey S. 174.	
4. Deutsch-Südwest-Afrika . . . . .	175
a) Swakopmund S. 175 — b) Lüderitzbucht S. 178.	
C. Ostafrikanische Küste . . . . .	179
1. Allgemeines . . . . .	179
2. Deutsch-Ost-Afrika . . . . .	180
a) Tanga S. 180 — b) Daressalam S. 181 — c) Kleinere Häfen S. 184.	
D. Südsee . . . . .	184
1. Allgemeines . . . . .	184
2. Kaiser-Wilhelm-Land (Neu-Guinea) . . . . .	186
a) Friedrich-Wilhelm-Hafen (Madang) S. 186 — b) Salamaua S. 187 — c) Sonstige Anlagen S. 188.	
3. Bismarck-Archipel . . . . .	188
a) Käwieng (Neu-Mecklenburg bzw. Neu-Irland) S. 188 — b) Rabaul (Neu-Pommern bzw. New Britain) S. 189 — c) Herbertshöhe S. 190 — d) Sonstige Anlagen S. 190.	
4. Karolinen . . . . .	190
a) Palauinseln S. 190 — b) Truk-Inseln S. 191 — c) Sonstige Anlagen S. 191.	
5. Marshallinseln . . . . .	192
Jaliut-Inseln S. 192 — b) Nauru S. 192.	
6. Marianen . . . . .	193
a) Saipan S. 193 — b) Tinian S. 193.	
7. Samoa . . . . .	194
E. Ost-Asien . . . . .	194
1. Allgemeines . . . . .	194
2. Tsingtau . . . . .	195
<b>Über die Gestaltung von Hafenbauwerken in Kolonialhäfen an der West- und Ostküste Afrikas.</b> Von Dr.-Ing. <b>Heinrich W. V. Butzer</b> , Dortmund . . . . .	199
A. Vorwort . . . . .	199

B. Molen, Landungsbrücken und Kaimauern im kolonialen Hafenbau . . . . .	200
I. Molen . . . . .	200
1. Swakopmund S. 200 — 2. Victoria S. 204 — 3. Pointe-Noire S. 205 — 4. Mogadiscio S. 206 — 5. Bukoba S. 206.	
II. Landungsbrücken . . . . .	207
a) Landungsbrücken in Holz . . . . .	207
b) Landungsbrücken in Stahl . . . . .	209
1. Die Landungsbrücke Cotonou S. 209 — 2. Die alte und die neue Landungsbrücke in Lome S. 210 — 3. Die Landungsbrücke in Swakopmund S. 214 — 4. Landungsbrücke in Duala S. 217 — 5. Landungsbrücke in Victoria S. 218 — 6. Landungsbrücken in Matadi S. 218.	
III. Kaimauern . . . . .	220
a) Bohlwerke . . . . .	220
1. Kaimauern in Duala S. 220 — 2. Kaimauern in Tanga S. 221.	
b) Pfahlbauwerke . . . . .	221
1. Kaimauern in Duala S. 223 — 2. Die neuen Kaimauern in Daressalam S. 223 — 3. Kaimauern in Beira S. 224 — 4. Kaimauer in Ango-Ango S. 225 — 5. Kaimauer in Boma S. 225 — 6. Walfischbai S. 226.	
c) Auf Pfeilern gegründete Kaimauern . . . . .	226
1. Kaimauern auf Brunnen in Duala S. 226 — 2. Kaimauer in Kilwa-Kisiwani S. 227 — 3. Kaimauern in Lobito S. 227.	
d) Kaimauern als Massivbauwerke . . . . .	231
1. Kaimauern in Daressalam S. 232 — 2. Kaimauern in Tanga S. 232 — 3. Kaimauer in Kilwa-Kisiwani S. 233 — 4. Kaimauer in Kigoma S. 234.	
C. Entwurfsgrundlagen und Gestaltung der Bauwerke im allgemeinen . . . . .	235
I. Zweck der verschiedenen Hafenbauwerke . . . . .	236
II. Technische Vorarbeiten . . . . .	236
a) Meeresströmungen S. 237 — b) Sandbewegung S. 237 — c) Wellen, Gezeiten, Winde S. 237 — d) Baugrunduntersuchungen S. 238 — e) Modellversuche S. 238.	
III. Einfluß der Naturgegebenheiten auf die Anlage der Hafenbauwerke . . . . .	238
a) Molen S. 238 — b) Landungsbrücken S. 239 — c) Kaimauern S. 239.	
IV. Einfluß des Untergrundes auf die konstruktive Ausbildung der Hafenbauwerke . . . . .	239
a) Molen S. 239 — b) Landungsbrücken S. 239 — c) Kaimauern S. 240.	
V. Sonstige Gesichtspunkte für die konstruktive Durchbildung der Hafenbauwerke . . . . .	240
a) Baustoffe . . . . .	240
1. Stahl S. 240 — 2. Beton S. 241 — 3. Holz S. 241 — 4. Natursteine S. 242.	
b) Einflüsse des Verkehrs auf die konstruktive Gestaltung . . . . .	242
c) Einfluß der Bauausführung auf die konstruktive Gestaltung der Bauwerke . . . . .	242
VI. Schlußbetrachtung . . . . .	243
Schrifttum S. 244 — Quellenverzeichnis S. 244 — Bilderverzeichnis S. 244.	
<b>Der Hafen von Marseille.</b> Von P. Peltier, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Technischer Direktor der Handelskammer von Marseille . . . . .	246
I. Geschichtliches . . . . .	246
A. Der eigentliche Hafen von Marseille . . . . .	246
B. Der Kanal von Marseille zur Rhône . . . . .	248
C. Die Nachbarhäfen von Marseille: Bouc, Caronte, Martigues, Etang de Berre . . . . .	249
II. Allgemeine Betriebs- und Verwaltungsgrundsätze des Hafens von Marseille und seiner Nachbarhäfen . . . . .	250
III. Die bemerkenswerten Bauwerke des Hafens von Marseille und seiner Nachbarhäfen . . . . .	250
A. Der eigentliche Hafen von Marseille . . . . .	250
1. Die Anlage des Hafens S. 250 — 2. Die Schutzbauwerke S. 251 — 3. Die Kaimauern S. 252 — 4. Durchfahrten und bewegliche Brücken S. 253 — 5. Kaischuppen S. 254 — 6. Seebahnhöfe S. 256 — 7. Hafenausrüstung — Kräne S. 257 — 8. Fahrgast-Laufbrücken S. 257 — 9. Zusammenfassung der Ausrüstung vom eigentlichen Marseiller Hafen S. 258.	
B. Der Kanal zwischen Marseille und der Rhône sowie die Wasserstraßenverbindung zwischen dem Hafen von Marseille und seinen Nachbarhäfen . . . . .	258
C. Die Nachbarhäfen von Marseille . . . . .	258
IV. Wirtschaftliche Entwicklung des Hafens von Marseille . . . . .	259
1. Transitverkehr S. 260 — 2. Hinterlandsverkehr S. 260 — 3. Werksverkehr S. 261.	

	Seite
<b>Die bauliche Entwicklung der schwedischen Häfen nach dem Weltkrieg.</b> Von Oberingenieur <b>Herman Jansson</b>	
und Ingenieur <b>Carl Semler</b> , Stockholm . . . . .	262
Einleitung . . . . .	262
Die Verbesserung wichtiger Wasserstraßen . . . . .	263
Die Verbesserung des Eisbrecherwesens . . . . .	265
Verbesserungen des Leuchtfeuerwesens . . . . .	266
Die neuere Entwicklung des Hafenwesens . . . . .	266
Organisation und Verwaltung . . . . .	267
Häfen für verschiedene Verkehrszwecke . . . . .	269
Die allgemeine Gestaltung der Häfen . . . . .	273
Hafendämme und Kaikonstruktionen . . . . .	275
Die Kaiflächen . . . . .	287
Verladeanlagen . . . . .	287
Warenschuppen und Speichieranlagen . . . . .	291
Dockanlagen . . . . .	293
Schlußwort . . . . .	294
Schrifttum . . . . .	295

**Berichtigung:** Seite 71, in der Überschrift muß es statt „(16. bis 18. Oktober 1938)“ richtig heißen: „(30. Oktober bis 1. November 1938)“.

# Vortrag

gehalten auf einem Vortragsabend am 24. Februar 1938 in Berlin.

## Die Veränderungen der Helgoländer Düne und des umgebenden Seegebietes.

Von Regierungsbaurat Dr.-Ing. Martin Bahr, Tönning.

Neben dem allbekannten, eindrucksvollen Bild des hohen Felsens von Helgoland mit seinen zerklüfteten Steilufern und seinen lebhaften Farben nimmt die Sanddüne sich recht unscheinbar



Abb. 1. Karte der Deutschen Bucht.

aus und wird gewöhnlich kaum beachtet. Das geht nicht nur den Reisenden so, sondern auch die Fachleute haben sich von den Problemen der Felseninsel meistens mehr anziehen lassen als von denen, die die Düne sowohl dem Seebauingenieur wie dem Geologen stellt. Aber die Frage, wie

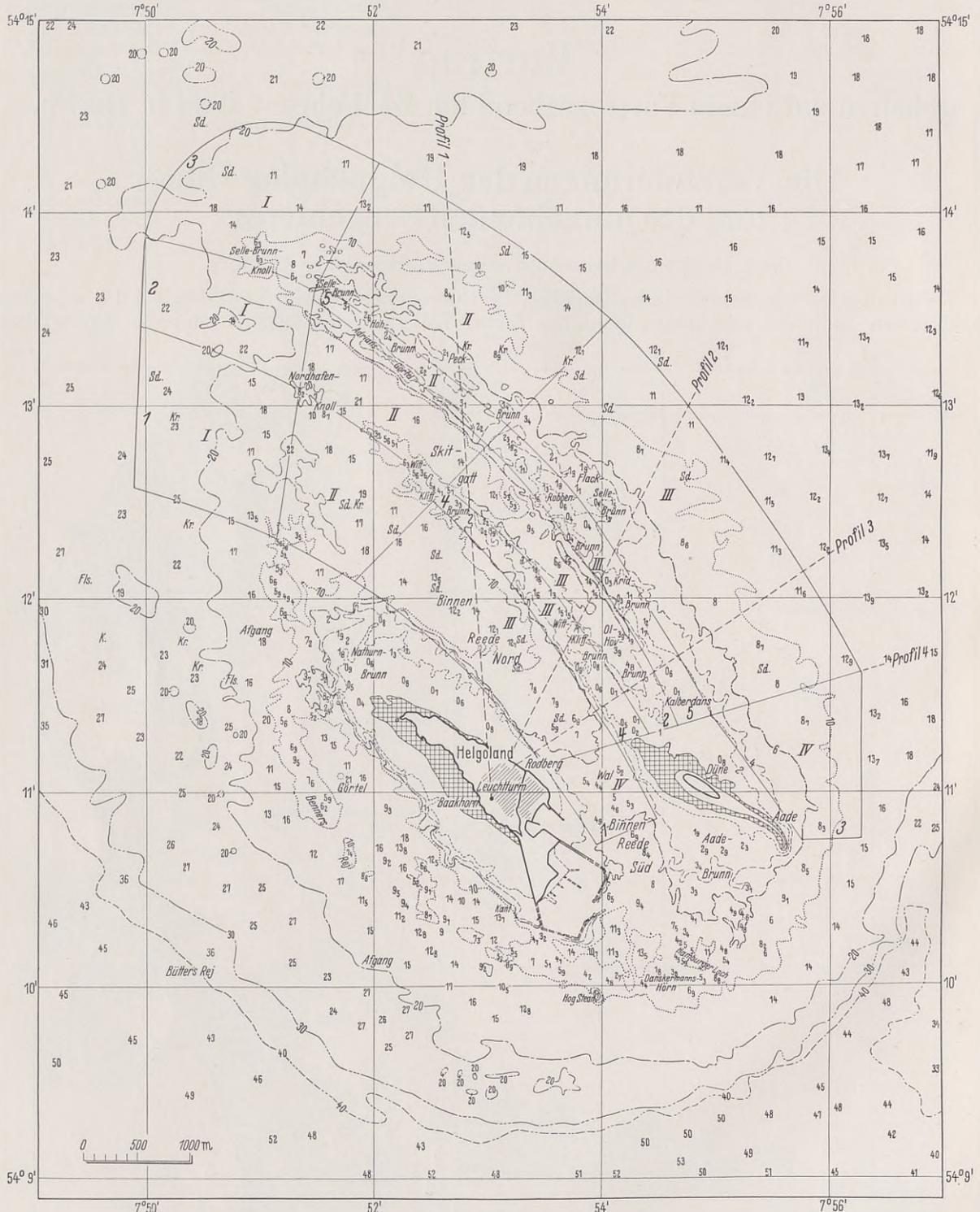


Abb. 2. Karte des Inselgebietes. Nach der Seekarte Nr. 88, Vermessung 1931.

der winzige Sandkegel der Düne sich in dem schwersten an der deutschen Küste vorkommenden Seeangriff durch Jahrhunderte hat halten können, wie ihre weitere natürliche Entwicklung sein wird und wie sie vor dem Untergang zu retten ist, bildet vielleicht die interessanteste unter den vielen Aufgaben, die sich mit dem Gesamtinselgebiet verknüpfen.

## A. Die Ursachen der Veränderungen der Düne und ihrer Umgebung.

### I. Aufbau und jüngste Geschichte des Inselgebietes von Helgoland.

Um die Veränderungen der Helgoländer Düne und des umgebenden Seeraumes zu erklären, müssen wir die Gesamtlage des Inselgebietes, den geologischen Aufbau und die allmähliche Umbildung des vortertiären Inselstockes zu seiner jetzigen Gestalt heranziehen. Mit der Geologie und Morphologie von Helgoland befaßt sich ein reichhaltiges Fachschrifttum, auf das ich verweise. Insbesondere seien die zusammenfassenden Darstellungen im „Geologischen Führer für Helgoland“ von Pratje [17] und in einem Aufsatz über den „Bau der Südwestschutzmauer auf Helgoland“ in der Zeitschrift für Bauwesen 1930 [22] genannt<sup>1</sup>. Ich beschränke mich daher auf eine kurze Übersicht über die Insel und ihre Umgebung, wie sie uns heute erscheinen.

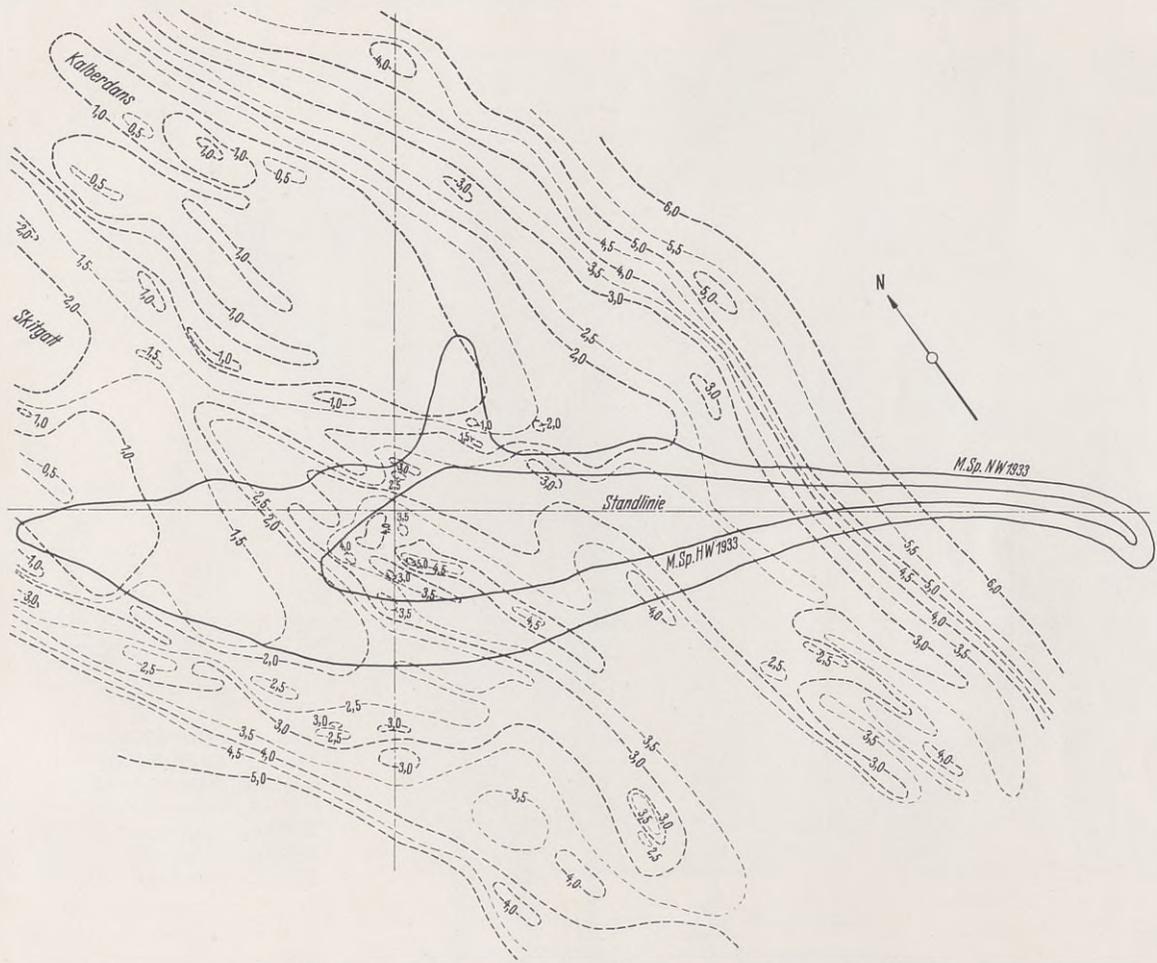


Abb. 3. Höhengschichtenplan des Felsuntergrundes der Düne.

Der alluviale Meeresboden der Deutschen Bucht (Abb. 1) ist wenig gegliedert. Die Tiefenlinien laufen mit der Küste im Süden und Osten annähernd gleich. Von den ostfriesischen Inseln nimmt die Tiefe nach Norden stetig bis auf etwa 40 m zu. Vor der schleswig-holsteinischen Küste senkt sich der Grund nach Westen langsamer, doch ebenso stetig bis zur 25 m-Tiefenlinie, um dann besonders im inneren Winkel der Bucht steiler abzufallen. Die einförmige Bodengestaltung wird nur unterbrochen durch den „Eiderstedter Rücken“, eine diluviale Bodenschwelle mit 10–14 m Wassertiefe, die als Fortsetzung der Halbinsel Eiderstedt, nach Westsüdwest über die 20 m-Tiefenlinie bis an den Steilabfall vorspringend, eine unterseeische Halbinsel bildet. An ihrer Spitze ragt wie ein Vorgebirge das Felsgebiet von Helgoland, eine Scholle von etwa 4 km Breite und 8 km Länge, durch die Sand- und Schlickdecke des Meeresgrundes. Sie endet nach Südwesten mit

<sup>1</sup> Die eingeklammerten schrägen Zahlen beziehen sich auf die am Schlusse der Arbeit gegebene Zusammenstellung des Schrifttums.

schroffem Absturz vor einer bis 55 m tiefen Senke, der „Helgoländer Rinne“. Die Rinne zieht sich mit Tiefen bis 40 m, die in einer Ausbuchtung der 30- und 20 m-Linie noch ihre Fortsetzung finden, an der Südseite des Eiderstedter Rückens nach Osten. Der Rücken erhält dadurch einen unsymmetrischen Querschnitt, mit steilem Südhang, flacher Kuppe und allmählicher Abdachung nach Norden.

Das Felsgebiet von Helgoland gliedert sich nach seiner Bodengestaltung (Abb. 2) in drei Abschnitte, deren Grenzen annähernd mit Formationsgrenzen zusammenfallen: Im Südwesten die

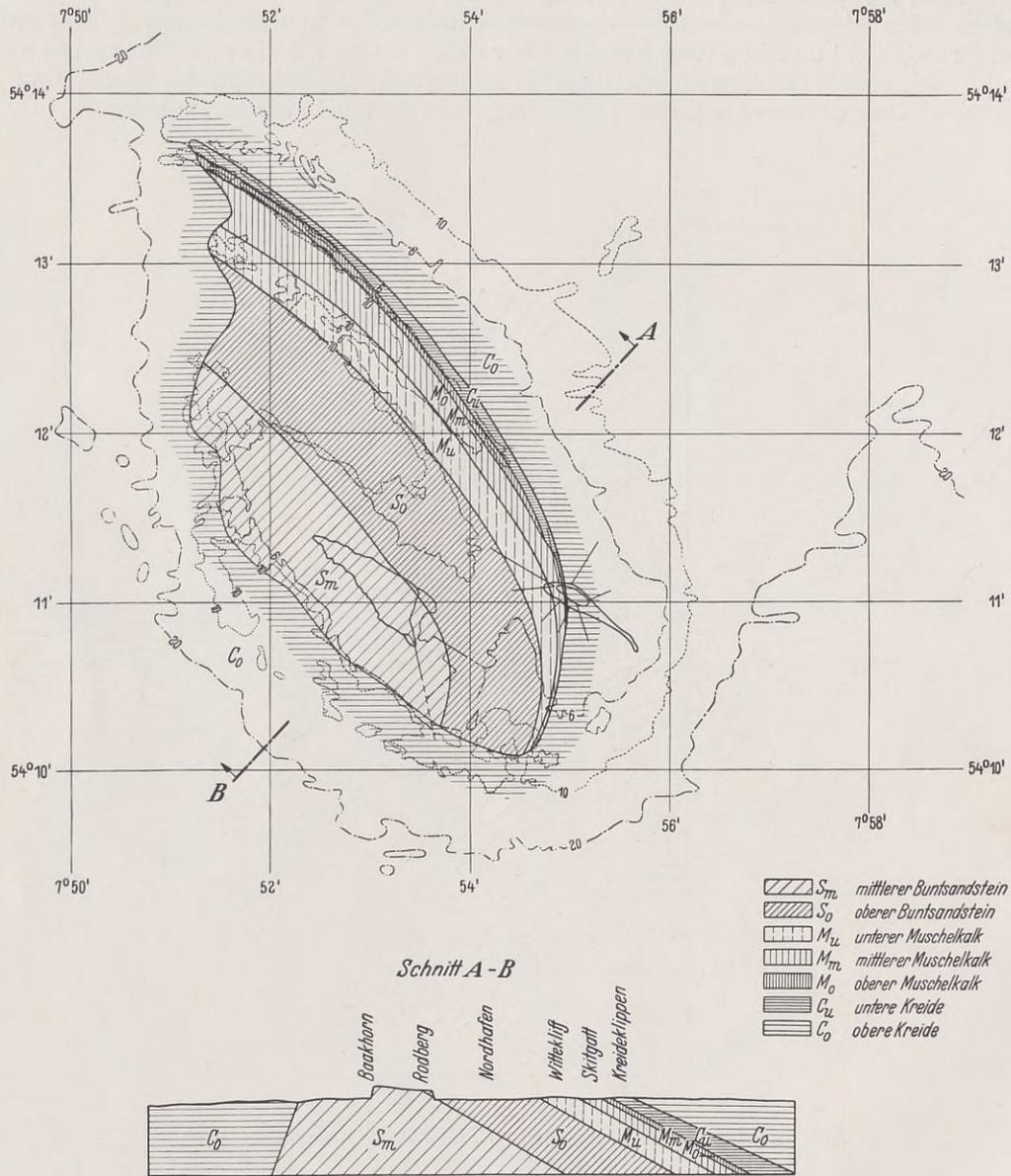


Abb. 4. Geologische Übersichtskarte von Helgoland.

Hauptinsel mit ihrer Brandungsterrasse, in der Mitte die Rinne der Nord- und Südreede, auch Nord- und Südhafen genannt, getrennt durch den von der Insel zur Düne laufenden Rücken des Wals, im Nordosten die Dünenklippen. Die von der Düne nach Nordwesten ausgehenden Klippen werden durch eine Rinne, das Skitgatt, in zwei Arme geteilt, einen kurzen südwestlichen, das Wittekliff, und einen längeren nordöstlichen, der in seinen einzelnen Abschnitten verschiedene Namen trägt und in der Klippe Sellebrunn<sup>1</sup> endet. Die Klippen erreichen ihren höchsten Punkt eben nördlich der Düne und laufen allmählich abfallend in südlicher Richtung unter der Düne weiter, wobei auch die Rinne des Skitgatts noch ausgeprägt ist (Abb. 3). Nach Südwesten umbiegend setzen sie sich über Danskermanns Hörn bis zu dem Einzelfels Hog Stean fort.

<sup>1</sup> Brunn, mit dem hochdeutschen Wort Brünne verwandt, ist die helgoländische Bezeichnung für einen Klippenrücken.

Die Hauptinsel und ihre schon bis auf den Meeresspiegel herab zerstörten Reste, die sie als Brandungsterrasse umgeben, sind im wesentlichen aus mittlerem Buntsandstein aufgebaut (Abb. 4). In dieser Formation sind zwei Schichten zu unterscheiden, eine untere dunkelrote und eine obere hellrote. Die untere Schicht steht in der Südwestwand der Insel und auf der südwestlichen Brandungsterrasse an; sie ist das widerstandsfähigste unter den im Inselgebiet vorkommenden Gesteinen. Die obere Schicht bildet die Hauptmasse des hohen Felsens und den größten Teil der schmalen nordöstlichen Brandungsterrasse. Sie ist in Aussehen und Widerstandsfähigkeit, abgesehen von dem fehlenden Gipsgehalt, sehr ähnlich dem oberen Buntsandstein, der in der Ostecke des Felsens ansteht. Der Boden der Nordreede bis zu den Dünenklippen herüber, des Wals und des größten Teiles der Südreede wird von den gipsführenden Tonen und Mergeln des oberen Buntsandsteins eingenommen. Der südwestliche Arm der Dünenklippen, das Wittekliff, und der Boden des Skitgatts ist Muschelkalk, der ebenfalls gipsführende graue Tone und Mergel, aber von etwas größerer Festigkeit als der obere Buntsandstein, zeigt. Der nordöstliche Dünenklippenzug endlich

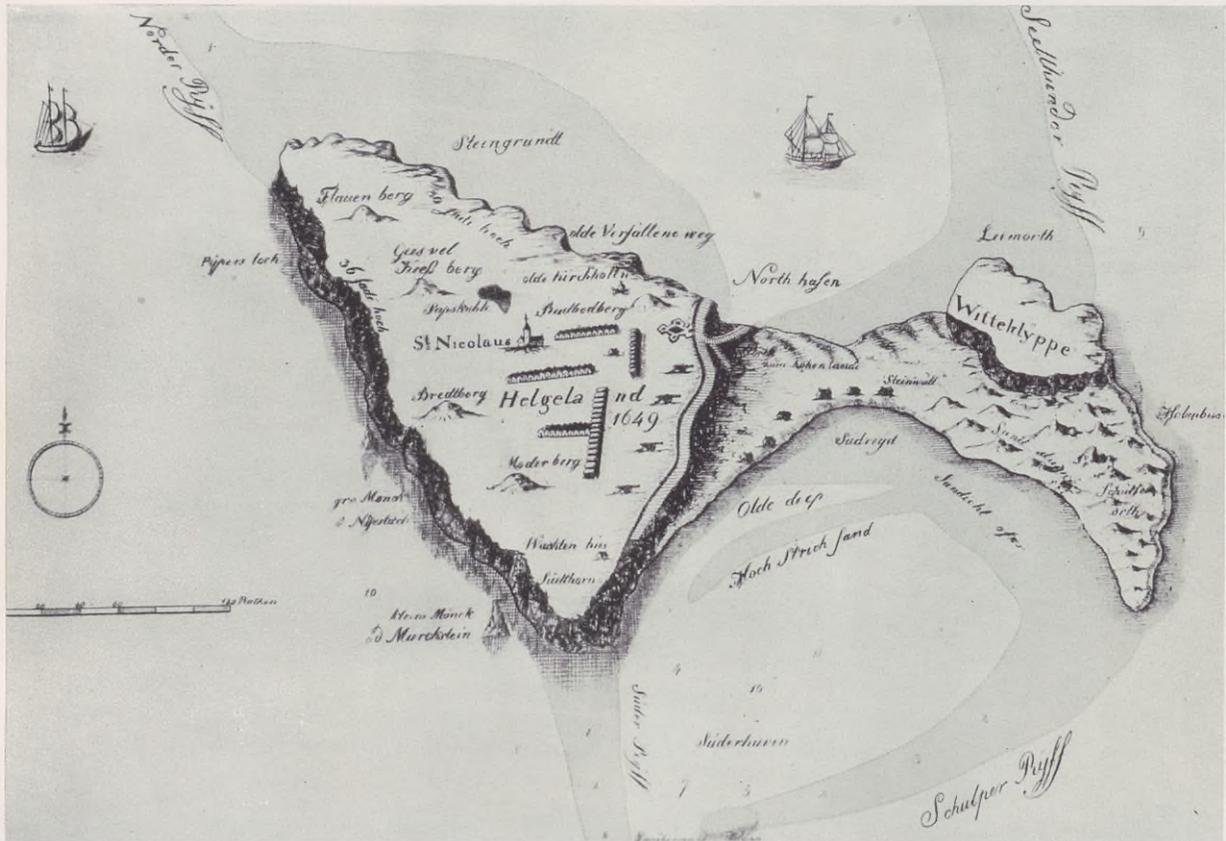


Abb. 5. Karte der Insel Helgoland von Maier 1649.

mit seiner Fortsetzung bis zum Hog Stean ist aus Kreide aufgebaut; ihre Widerstandsfähigkeit ist wieder etwas größer als die des Muschelkalkes. Alle diese Schichten fallen unter einem Winkel von  $10-18^\circ$  nach Nordosten, wo die Kreide sich unter der Sanddecke des Meeresbodens verliert. Dem Steilabfall des Buntsandsteinssockels nach Südwesten sind noch zwei Kreidestufen auf 10 und 20 m Tiefe vorgelagert.

Der Muschelkalk- und Kreidefels der Dünenklippen ragte ursprünglich fast ebenso hoch wie der Buntsandsteinstock der Hauptinsel. Wegen seiner geringeren Festigkeit wurde er jedoch von der See schneller zerstört und die Brandungsterrasse bis zu einer tieferen Lage abgetragen als die des Buntsandsteins. Aber noch zur Zeit des Dreißigjährigen Krieges war Helgoland eine Doppelinsel, bestehend aus dem westlichen Buntsandsteinfelsen, dem Westerkliff, auch Rotekliff genannt, und dem östlichen Muschelkalk- und Kreidefels, dem Oster- oder Wittekliff. So hat der herzoglich holsteinische Mathematicus Meier aus Husum 1649 Helgoland roh vermessen und aufgezeichnet (Abb. 5). Das Wittekliff war damals noch etwa 10 ha groß; es wurde als Schafweide und als Schießbahn für die Helgoländer Landeswehr benutzt. Auf der Brandungsterrasse im Sturmlee, also an der Ostseite jedes der beiden Felsen hatte sich eine Sandanschwemmung, ein Unterland,

gebildet. Das Unterland der Buntsandsteininsel ist noch als solches erhalten; von dem Unterland der Muschelkalkinsel haben wir den Rest in der Düne vor uns. Die Meiersche Karte zeigt weiter, daß die beiden Inselteile durch eine Landbrücke zwischen dem Unterland der Hauptinsel und dem

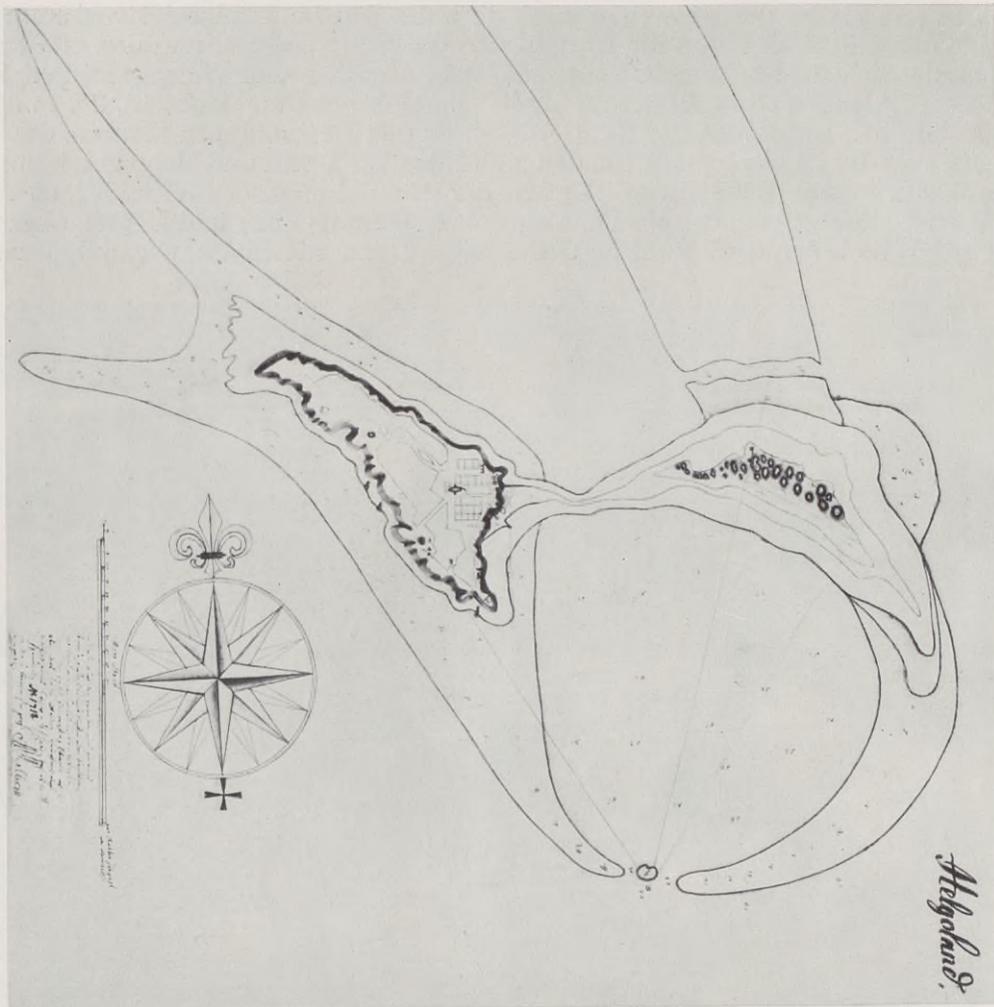


Abb. 6. Aufnahme der Insel Heligoland von Hollerus 1718.



Abb. 7. Der Durchbruch des Wals, Darstellung von Zimmermann 1721.

des Wittekliffs, den „Wal“ miteinander verbunden waren. Der Wal baute sich über der Buntsandsteinschwelle, mit der der Name bis heute erhalten geblieben ist, als Wall von Buntsandstein- und

Feuersteingeröll auf. Er erhielt seine Nahrung aus dem Abbruch der Hauptinsel und der feuersteinführenden Kreideschichten des Wittekliffs.

Die Zerstörung des Restes des Wittekliffs vollzog sich schnell. Zu Anfang des 18. Jahrhunderts stand von ihm nur noch ein Felsstock ähnlich den „Mönchen“ der Buntsandsteininsel, der Witte Mönch, „als ein Heuschober groß“; er fiel 1711 einer Sturmflut zum Opfer.

Mit dem Untergang des Wittekliffs war auch das Schicksal des Wals besiegelt. Der Abbruch der hohen Wände des Wittekliffs hatte den Wal reichlich mit Feuersteinen gespeist. Nachdem der hohe Teil des Wittekliffs verschwunden war, konnte der sehr langsame weitere Abbruch der Brandungsterrasse nicht mehr genügend Geröll liefern, um die Aufarbeitung der Steine in der Brandung und die Sturmverluste am Wal zu ersetzen. Gegen Ende des 17. Jahrhunderts war der Wal noch so hoch, daß nur besonders hohe Sturmfluten über ihn hinweggingen. Aber schon neun Jahre nach dem Verschwinden des Wittekliffs, in der Neujahrsnacht 1720/21, brach er durch (Abb. 6 und 7). Die Tidenströmungen, die nun freien Durchgang hatten, erweiterten im Verein mit der Brandung die Lücke und räumten bis zum Ende des 18. Jahrhunderts die Reste des Wals weg.

So blieb von dem alten Wittekliff nur die Brandungsterrasse in Gestalt der heutigen Dünenklippen und auf der Terrasse das ehemalige Unterland des Wittekliffs, die Düne, als nunmehr isolierter Sandkegel übrig. Die Flugzeugaufnahme Abb. 8 läßt das sehr schön erkennen. Im 17. Jahrhundert noch größer als beide Felsinseln und das Unterland des Westerkliffs zusammen, hat die Düne seit dem Untergang des Wittekliffs und des Wals ständig an Umfang verloren.

Schon diese kurze geschichtliche Darstellung ergibt, daß die Veränderungen der Düne sich von denen an der Küste, wie sie namentlich an den Ostfriesischen Inseln ausgeprägt sind, grundsätzlich unterscheiden müssen. Dort hat die westöstliche Sandwanderung zur Folge, daß die Veränderungen der Inseln und Sände sich in einer stetigen Wiederkehr der gleichen Lagen und Formen, in einem ausgesprochen periodischen Verlauf vollziehen. Dagegen bilden die Änderungen der Düne ebensogut wie die der Buntsandsteininsel den einmaligen Ablauf eines Vorganges, der mit der letzten Senkung des Inselgebietes begann. Und zwar steht die Düne bereits in dem letzten, durch die Zerstörung des Wittekliffs und des Wals eingeleiteten Akt, dessen Ausgang — solange der Mensch nicht eingreift — nicht zweifelhaft sein kann.



Abb. 8. Luftbild der Dünenklippen, aufgenommen 1929.

Das Verschwinden des Wittekliffs und des Wals hat den Seeangriff und das Strömungssystem in der Umgebung der Düne grundlegend geändert. Die Lebensbedingungen, die vor diesem Zeitpunkt für die Düne galten, können wir nicht mehr ermitteln, weil dafür alle Unterlagen in Gestalt genauer Karten und Messungen fehlen; für die Nutzenanwendung auf die Frage, in welcher Zeit und in welcher Weise sich das Schicksal der Düne im natürlichen Ablauf vollenden wird und wie es gewendet werden kann, wäre die Kenntnis der früheren Lebensbedingungen auch wertlos. Unsere Untersuchung muß sich auf den letzten Entwicklungsabschnitt beschränken, der mit dem Untergang des Wals zu Anfang des 18. Jahrhunderts begann.

Die geschichtliche Betrachtung lehrt noch ein zweites: Die Düne ist nur ein Haufen losen Sandes, der dem Angriff der See weniger Widerstand leisten kann als das Muschelkalk- und Kreidegestein. Trotzdem hat sie das Wittekliff um einige Jahrhunderte überdauert. Daraus folgt schon, daß die Düne nicht ausschließlich Verluste erleidet wie das vortertiäre Gestein; sondern sie muß aus dem umgebenden Seeraum irgendwelche Zufuhren haben, die den Abbruch teilweise ausgleichen und dadurch in die Länge ziehen. Diese Zufuhr müssen wir mit erfassen, und so erweitert die Untersuchung der Düne sich von selbst zu einer Untersuchung des ganzen Seegebietes von Helgoland.

Die Aufgabe besteht zunächst darin, die Kräfte zu ermitteln, denen die Erhaltung und denen die Zerstörung der Düne zuzuschreiben ist. Diese Kräfte können wir in zwei Gruppen einteilen: In verändernde Kräfte, d. h. solche, die Boden fortbewegen, sei es von der Düne weg oder zu ihr hin, und die damit teils zerstörend, teils aufbauend wirken, und in erhaltende Kräfte, welche die Fortbewegung des Bodens hindern und auf die Erhaltung des Bestehenden hinzielen. Als verändernde Kräfte kommen Strömung und Seegang in Betracht, als erhaltende Kräfte die wellen- und strömungsbrechende Wirkung natürlicher Hindernisse und künstlicher Schutzbauten.

## II. Die verändernden Kräfte.

### 1. Strömungen.

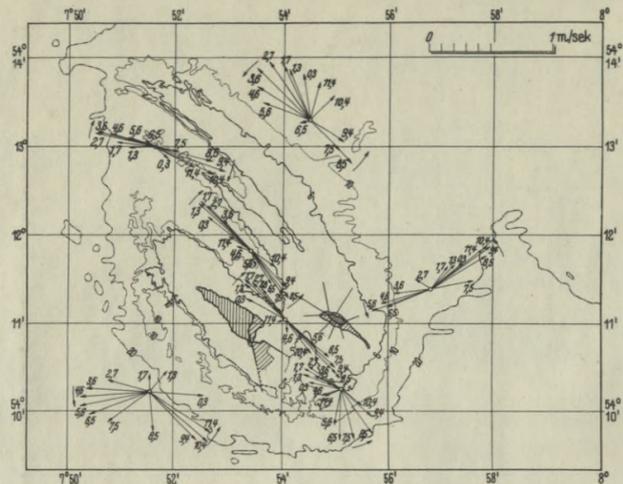
#### a) Strömungen in der weiteren Umgebung von Helgoland.

Die Strömungen in der weiteren Umgebung des Inselgebietes hat in den Jahren 1910/11 das Strombauressort der Marinewerft Wilhelmshaven untersucht. Die Ergebnisse wurden 1929 von Hessen in einem Atlas [20] veröffentlicht, dem die Karten der Abb. 9 entnommen sind. Die Strömungen sind durch Festlegung von Schwimmerbahnen gemessen. Es sind also nur Oberflächenströmungen ermittelt. Nach neuerer Feststellung sind die Strömungsverhältnisse in dem erfaßten Gebiet verwickelter, als die Karten erkennen lassen. Doch genügen diese für einen Überblick, zumal genauere Messungen noch fehlen.

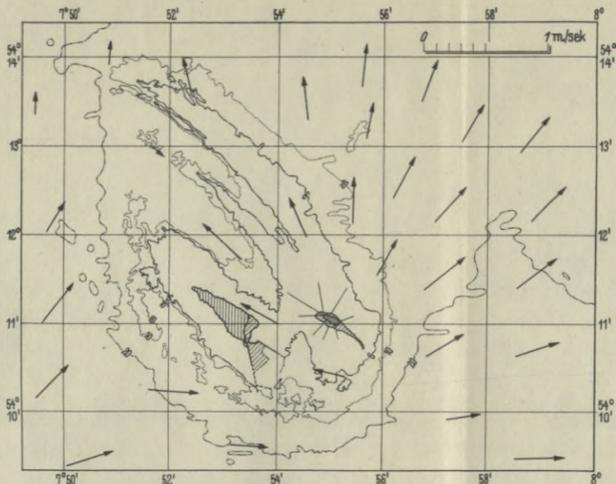
Nach diesen Beobachtungen herrscht zwischen den Strömungen innerhalb des Inselgebietes, das etwa durch die 10 m-Tiefenlinie begrenzt wird, und den Strömungen der offenen See außerhalb der Insel ein starker Unterschied.

Innerhalb des Inselgebietes sind die Stromrichtungen durch die Bodenformen bedingt; sie folgen der Längserstreckung der Klippenfelder. Der Flutstrom setzt im allgemeinen nach Südost, über den Dünenklippen während der letzten Flutstunden mit einer geringen Abweichung nach Osten, im Südhafen nach Südsüdost. Beim Kentern schlägt der Strom unvermittelt in die entgegengesetzte Richtung um. Der Ebbestrom wird noch stärker durch die Bodengestaltung beeinflusst und setzt während der ganzen Dauer der Ebbe nordwestlich. Da das Inselgebiet sich nach Nordwesten mit den Trichteröffnungen des Nordhafens und des Skitgatts allmählich senkt, nach Südosten aber steil abfällt, so kann der Flutstrom besser eindringen als der Ebbestrom. Der Flutstrom ist infolgedessen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 0,6 bis 0,7 m stärker als der Ebbestrom, der nur vorübergehend 0,5 m/sek erreicht. Welche Geschwindigkeit am Boden diesen Oberflächenwerten entspricht, ist schwer zu schätzen. Die Strömungsmessungen an der Düne (S. 10) zeigen, daß die Verteilung der Geschwindigkeit nach der Tiefe von den sonst geltenden Gesetzen abweicht und recht unterschiedlich ist. Nach den Strömungsverhältnissen um die Düne zu schließen, werden die Höchstwerte der Bodengeschwindigkeit bei Flut etwa 0,25 bis 0,3 m/sek, bei Ebbe 0,2 m/sek sein.

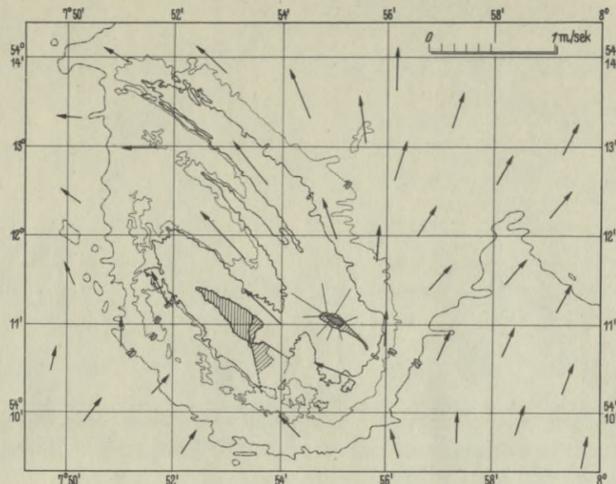
Außerhalb des Inselgebietes kann man dagegen von ausgeprägten Flut- und Ebbestromrichtungen nicht sprechen. Der Strom dreht hier während der Tide gegen den Uhrzeiger fast durch die ganze Windrose. Südwestlich der Insel wandert die Stromrichtung über Flut von Südwest durch Süd bis Südost, über Ebbe von Ost durch Nord und West bis Südwest. Südöstlich der Insel dreht sie über Flut von Süd bis Ost, über Ebbe von Ost durch Nord und West bis Südwest. Auf dem Rücken nordöstlich von Helgoland wechselt die Stromrichtung während der Flut von Ost bis Südost durch Ost bis Nordost und Nordnordost, während der Ebbe von Nord durch West bis Westsüdwest. In diesem letzten Teilgebiet ist also der Drehkreis nicht ganz geschlossen; die sonst vorherrschende Flutstromrichtung nach Südost fällt aus.



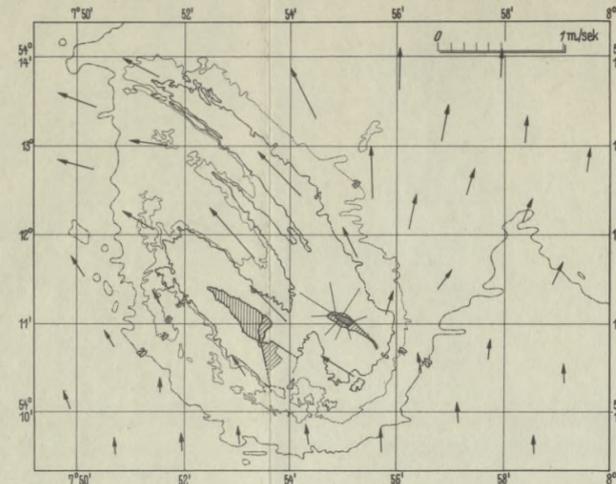
Gesamtstrom. Die Zahlen an den Pfeilen bezeichnen die Phase in Mondstunden nach H. Wss.



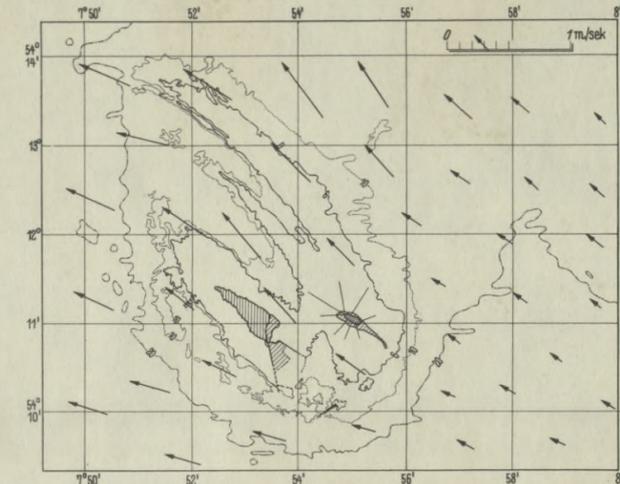
Nr. 0. 0,3 Mondstunden nach H. Wss.



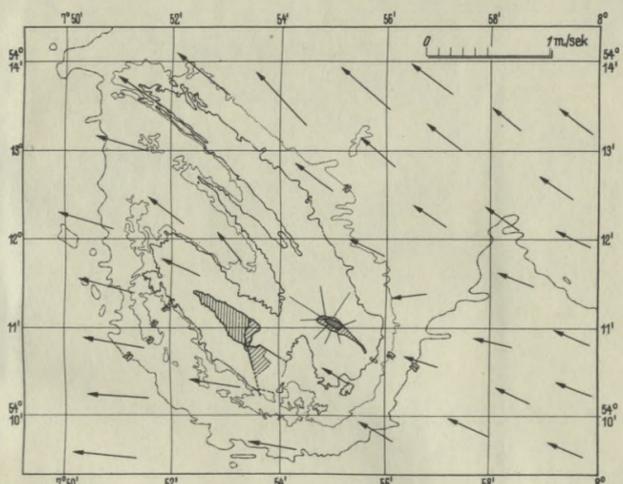
Nr. 1. 1,3 Mondstunden nach H. Wss.



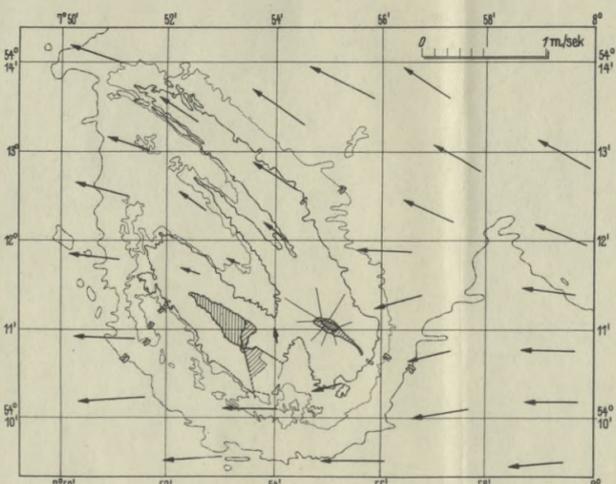
Nr. 2. 1,7 Mondstunden nach H. Wss.



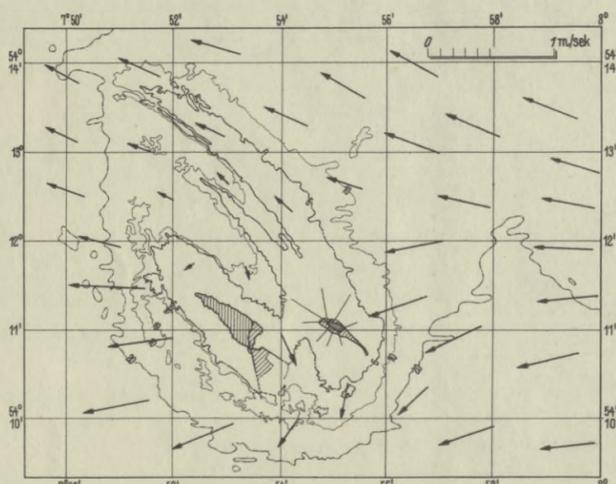
Nr. 3. 2,7 Mondstunden nach H. Wss.



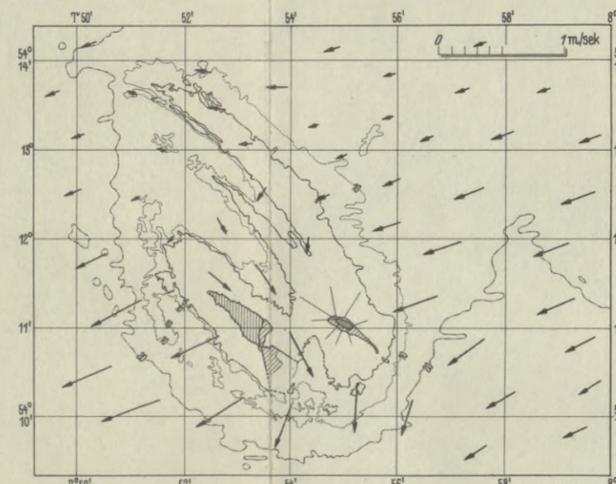
Nr. 4. 3,6 Mondstunden nach H. Wss.



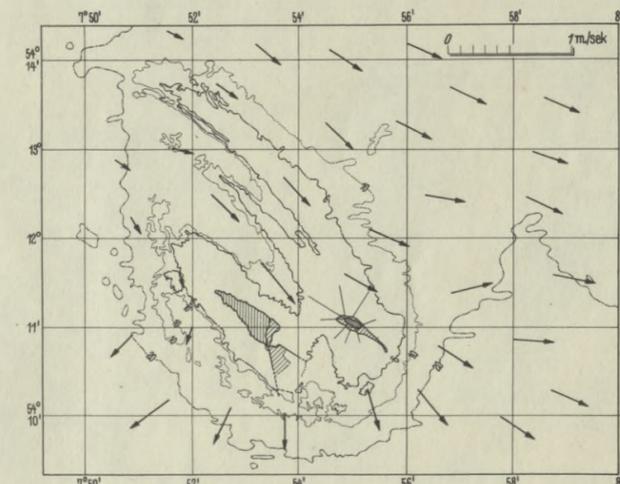
Nr. 5. 4,6 Mondstunden nach H. Wss.



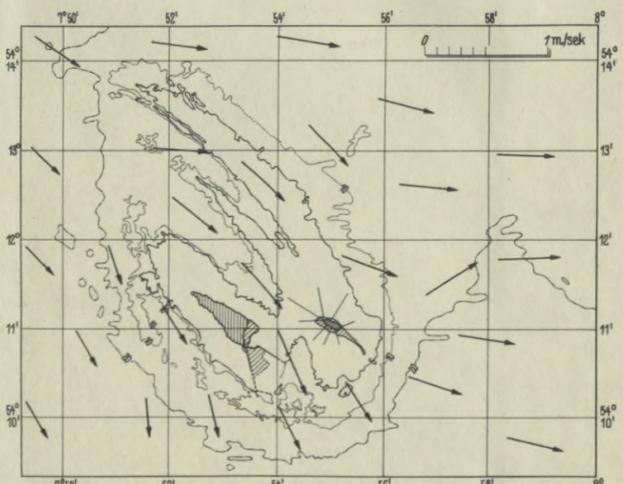
Nr. 6. 5,6 Mondstunden nach H. Wss.



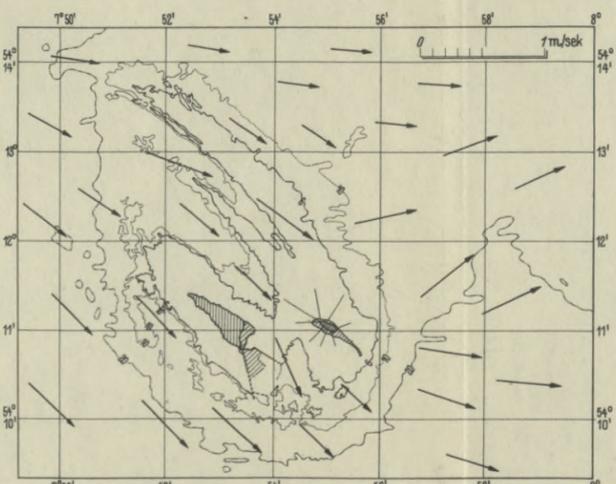
Nr. 7. 6,5 Mondstunden nach H. Wss.



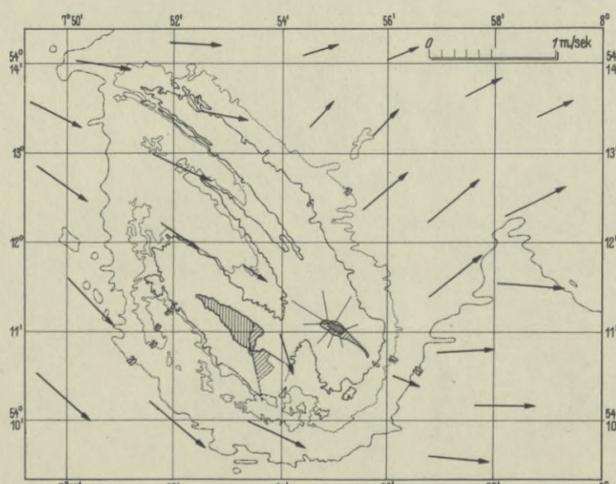
Nr. 8. 7,5 Mondstunden nach H. Wss.



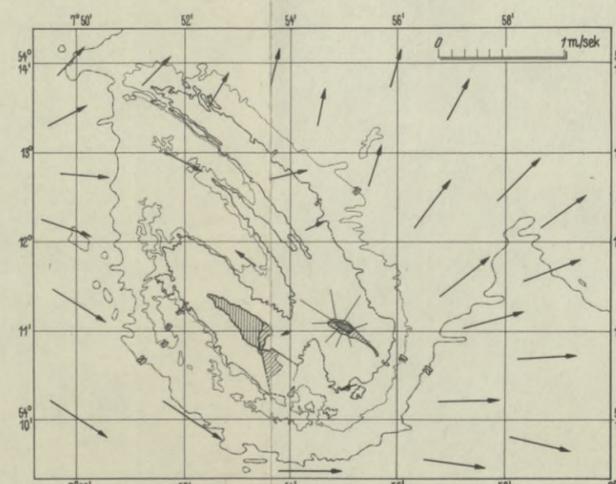
Nr. 9. 8,5 Mondstunden nach H. Wss.



Nr. 10. 9,4 Mondstunden nach H. Wss.



Nr. 11. 10,4 Mondstunden nach H. Wss.

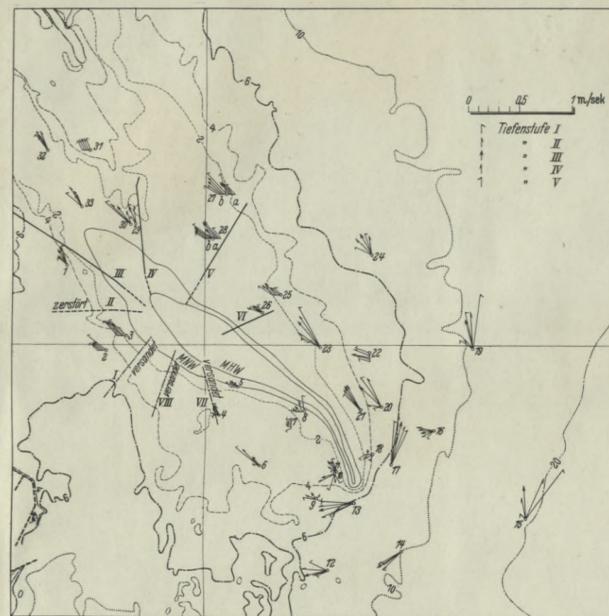


Nr. 12. 11,4 Mondstunden nach H. Wss.

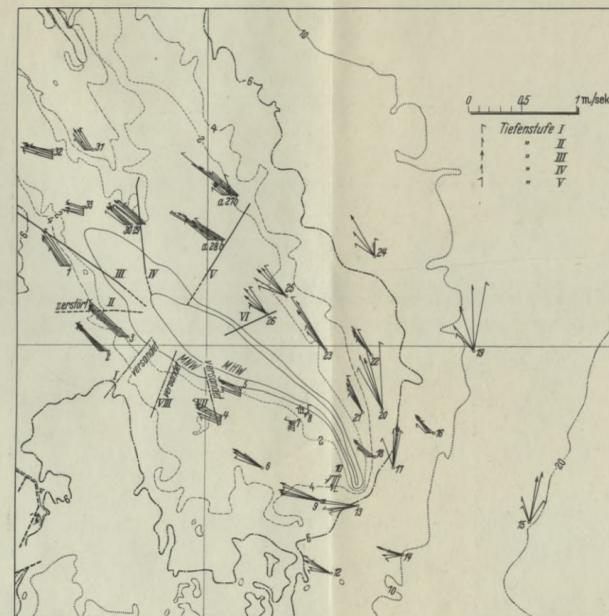
Abb. 9. Die Strömungen im Seegebiet von Helgoland.



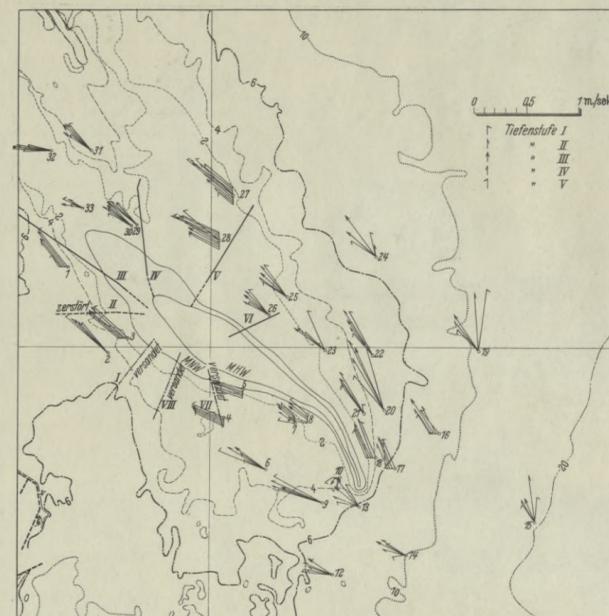
Abb. 10. Die Strömungen in der Umgebung der Düne.



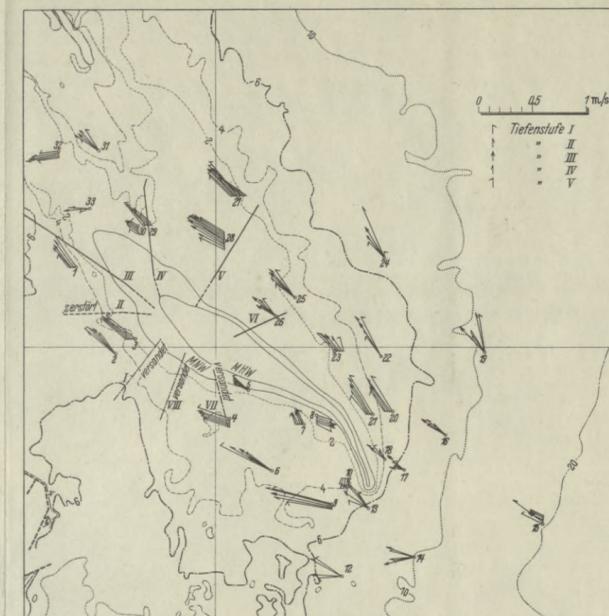
Nr. 0. Zur Zeit des H. Wss.



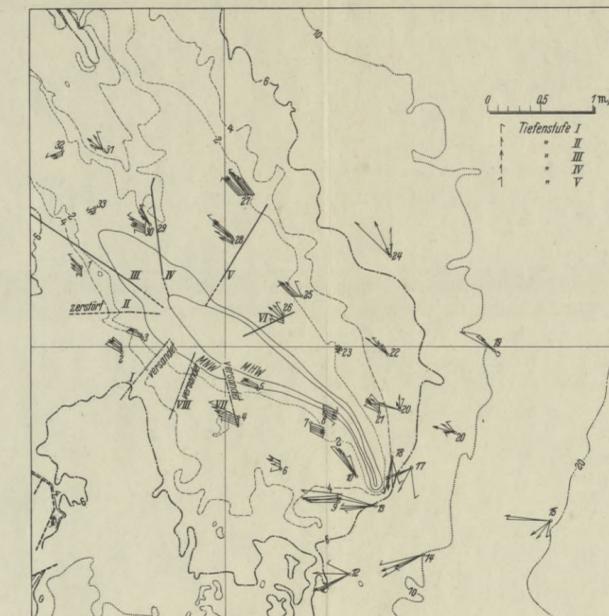
Nr. 1. 1 Mondstunde nach H. Wss.



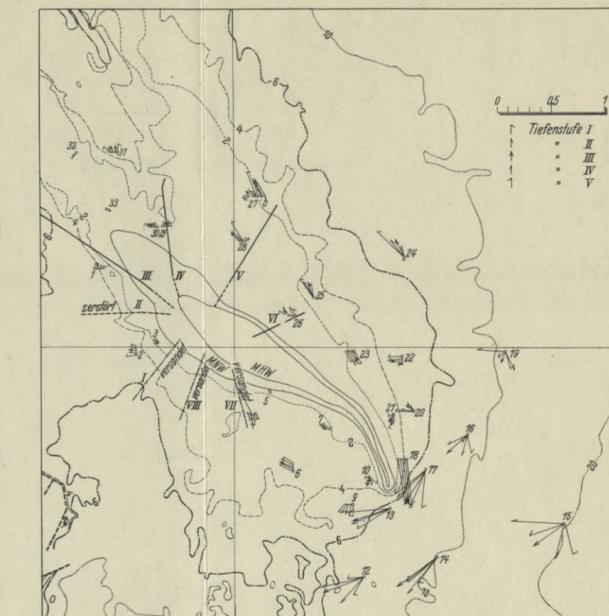
Nr. 2. 2 Mondstunden nach H. Wss.



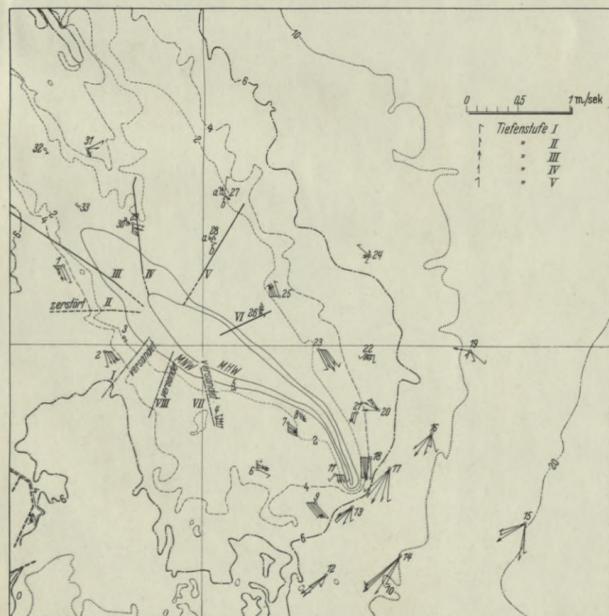
Nr. 3. 3 Mondstunden nach H. Wss.



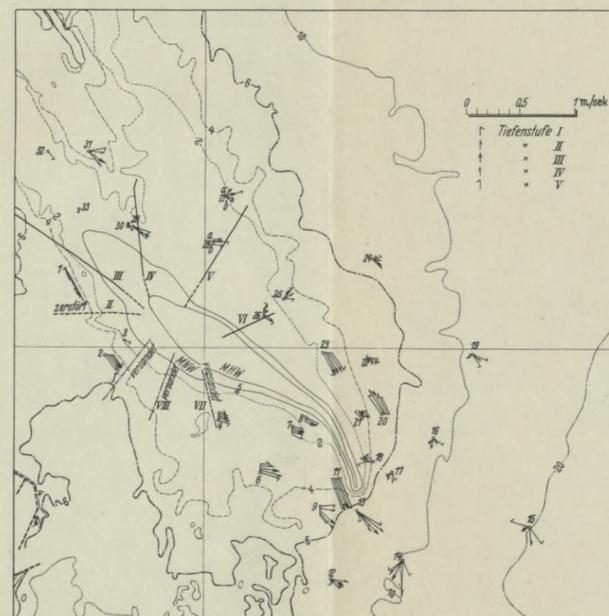
Nr. 4. 4 Mondstunden nach H. Wss.



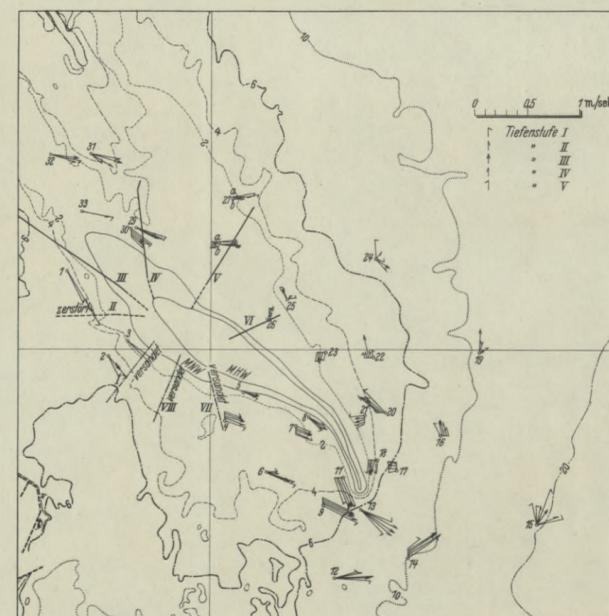
Nr. 5. 5 Mondstunden nach H. Wss.



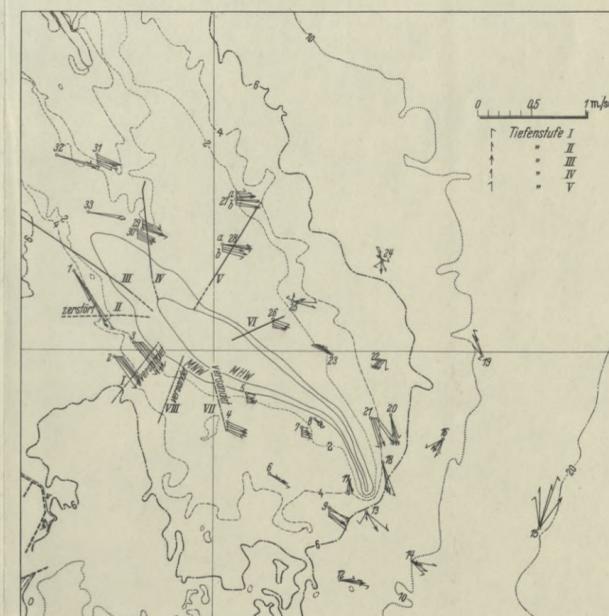
Nr. 6. 6 Mondstunden nach H. Wss.



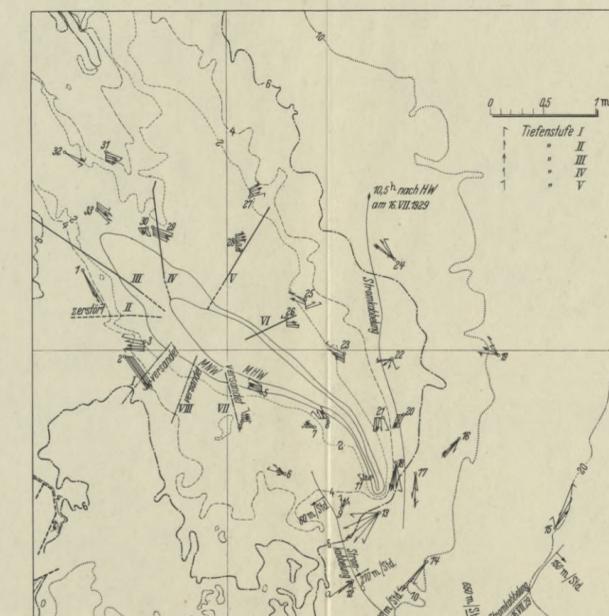
Nr. 7. 7 Mondstunden nach H. Wss.



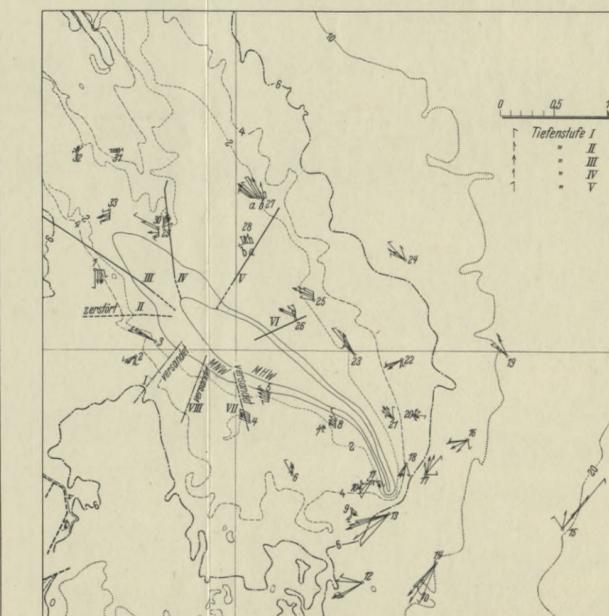
Nr. 8. 8 Mondstunden nach H. Wss.



Nr. 9. 9 Mondstunden nach H. Wss.



Nr. 10. 10 Mondstunden nach H. Wss.



Nr. 11. 11 Mondstunden nach H. Wss.



Starker Wind ändert innerhalb des Inselgebietes die Geschwindigkeit, außerhalb wahrscheinlich auch die Richtung der Strömungen. Doch fehlen genaue Messungen. Dem Nordseehandbuch [24] zufolge sind größere Stromgeschwindigkeiten als 3 m oder 1,5 m/sek, denen eine Bodengeschwindigkeit von 0,7 m/sek entsprechen mag, nicht beobachtet worden. Die größte Stromgeschwindigkeit tritt immer nur für kurze Zeit auf.

#### b) Strömungen in der Umgebung der Düne.

In der Umgebung der Düne wurden die Strömungen auf Veranlassung des Preußischen Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten 1929 von dem Leiter der Gezeitenabteilung der Deutschen Seewarte, Dr. Rauschelbach, mit Strommessern System Rauschelbach untersucht. Die Messungen wurden in fünf Tiefenstufen von 20 cm unter Wasserspiegel bis 50 cm über Grund ausgeführt.

Sie zeigen infolge der unregelmäßigen Bodengestaltung recht verwickelte Erscheinungen (Abb. 10).

In großen Zügen ergibt sich folgendes Bild:

Der Flutstrom setzt auf der Südwestseite der Düne und auf dem nordwestlichen Drittel der Nordostseite schon sechs Mondstunden nach Hochwasser, etwa eine Stunde vor Niedrigwasser, ein, während weiter östlich der Düne noch Ebbestrom läuft (Abb. 10, Karte 6). Der von Osten kommende Ebbestrom teilt sich vor der Aade in zwei Arme. Der eine läuft in etwas größerem Abstand von der Düne, außerhalb des Flutstromstreifens, nach Nordwesten, der andere südöstlich an der Aade entlang, also mit Flutstromrichtung, und von der Aadespitze nach Südwesten weiter.

Kurz nach Niedrigwasser (Karte 7) hat sich der Flutstrom überall durchgesetzt. Nur östlich der Aadespitze läuft noch ein geringer Ebbestrom, dessen südlicher Zweig an der Spitze selbst von dem südwestlich der Düne entlangkommenden Flutstrom in etwa südlicher Richtung mitgenommen wird.

Eine Stunde später (Karte 8) ist auch der Rest des Ebbestroms überwunden. Der Flutstrom an der Südwestseite der Düne setzt um die Aade herum in ostnordöstlicher Richtung und erzeugt an der Nordostseite der Düne einen nach Nordwest gerichteten Nehrstrom, der einen Streifen von etwa 1000 m Breite einnimmt und bis zur Buhne VI reicht. Unmittelbar östlich der Aadespitze zweigt er einen oder zwei gegen den Uhrzeiger kreisende Wirbel ab. Diese Stromverhältnisse ändern sich in der folgenden Stunde nicht wesentlich, nur greifen die Wirbel an der Ostseite der Aade etwas weiter nordwestlich (Karte 9).

Eine weitere Stunde darnach, zehn Mondstunden nach bzw. zwei Mondstunden vor Hochwasser läuft Flutstrom nur noch in der Umgebung der Nordwestspitze der Düne. Das übrige Gebiet ist von Nehrströmen erfüllt (Karte 10). Zu ihrer Erklärung müssen wir die Strömungskarten der Abb. 9 heranziehen, und zwar die Karten 10 und 11, die die Stromverhältnisse je etwa eine halbe Stunde früher und später als zehn Mondstunden nach Hochwasser wiedergeben. Sie zeigen, daß durch den Nord- und Südhafen sowie südlich und südöstlich noch ein starker, aber schnell abnehmender Flutstrom in südsüdöstlicher bis ostnordöstlicher Richtung läuft. Dieser Strom erzeugt offenbar, begünstigt durch den Steilabfall des Klippenfeldes südöstlich der Düne, den großen gegen den Uhrzeiger kreisenden Nehrstromwirbel, der das ganze Gebiet südöstlich der Aade einnimmt. Von dem Wirbel zweigt etwa bei Meßpunkt 9 (Abb. 10, Karte 10) ein schwacher, nordwestlich setzender Nehrstrom an der Südwestseite der Aade ab, und bei Meßpunkt 22 ein gleichartiger Nehrstrom an der Nordostseite, der den Flutstrom nunmehr schon bis Buhne V hin überwindet. Ein dritter, etwas stärkerer geht von dem Wirbel etwa bei Meßpunkt 19 aus, in ungefähr 800 m Abstand von der Düne ebenfalls nach Nordwesten setzend. Dieser Nehrstrom scheint sich, wie in den Meßpunkten 27a und b angedeutet, mit dem nördlich der Nordwestspitze noch vorhandenen Flutstrom zu vereinigen und in den allgemeinen Flutstrom im Nordosten der Düne, der hier nordöstlich setzt, einzumünden.

Eine Stunde vor Hochwasser (Abb. 10, Karte 11) ist der Flutstrom auch um die Nordwestspitze der Düne herum fast erloschen. Die Wirbel- und Nehrstrombildungen an der Aade und dem Südteil der Düne haben sich in der Form wenig geändert, jedoch verstärkt. Die zugehörige Karte 12 der Abb. 9 zeigt, daß sie auch weiter greifen und das Gebiet zwischen Düne und Insel sowie südlich der Düne bis zur 6-m-Tiefenlinie — wo der Nehrstrom fast westlich setzt — erfüllen.

Zur Zeit des Hochwassers (Abb. 9 und 10, Karte 0) kentert der Flutstrom in der weiteren Umgebung südwestlich der Insel und nordöstlich der Düne allmählich, indem er gegen den Uhrzeiger auf nordöstliche bis nördliche Richtung dreht. Nur südlich der Insel fließt der von Südwesten herankommende Strom, der sich vor dem steil ansteigenden Inselmassiv staut, noch in östlicher, also Flutstromrichtung weiter. Im Süd- und Nordhafen dagegen herrscht schon, vielleicht durch Saugwirkung des im Norden rein nördlich setzenden Stromes verursacht, ausgeprägter ziemlich starker Ebbestrom. Beiderseits der Düne läuft infolgedessen gleichfalls reiner Ebbestrom, wobei

derjenige auf der Nordostseite auffallenderweise der stärkere ist. Die Trennungslinie zwischen den Ebbeströmungen auf beiden Seiten der Düne verläuft in Verlängerung der Aade. Die Meßpunkte 12, 13, 14 einerseits, 15 und 19 andererseits zeigen gut den Übergang in das allgemeine Strömungsbild nach Abb. 9 an. Die Wirbelbildung ist auf ein kleines Feld unmittelbar an der Aadespitze zusammengeschrunpft.

Die Ebbeströmungen sind nicht so verwickelt wie die Flutströmungen. Namentlich fehlt zu den ausgedehnten Stromwirbeln bei Flut südöstlich der Düne das Gegenstück bei Ebbe, das wir am Nordwestende der Düne suchen müßten. Die geringe Wassertiefe über den Klippenfeldern läßt es hier nicht zur Ausbildung von Wirbeln kommen.

Bis drei Stunden nach Hochwasser ändert sich das Bild, das schon zur Zeit des Hochwassers vorhanden ist, kaum (Abb. 10, Karten 1, 2 und 3). Die Stärke des Ebbestroms nimmt in den ersten beiden Stunden langsam zu, um in der dritten Stunde (also bei halber Ebbe) schon wieder etwas abzuflauen. Ein ständiger, mit dem Uhrzeiger kreisender Wirbel hält sich westlich der Aadespitze. In der nach Südwesten offenen Bucht der Aade herrscht zeitweilig schwacher Nehrstrom.

In der weiteren Umgebung der Düne dreht der Ebbestrom stetig weiter gegen den Uhrzeiger. Vier Stunden nach Hochwasser hat er südöstlich und östlich der Düne bereits westnordwestliche, fünf Stunden nach Hochwasser westsüdwestliche Richtung (Abb. 9, Karten 4 und 5). Die Trennungslinie zwischen den Ebbeströmungen beiderseits der Düne, die anfangs in Verlängerung der Aade liegt, schwenkt infolgedessen mit herum. Vier Stunden nach Hochwasser liegt sie etwa 250 m nördlich der Aadespitze und verläuft in rein östlicher Richtung, eine weitere Stunde später ist sie noch 50 m nördlicher gerückt und weist nach Ostnordost. Südlich dieser Trennungslinie läuft der Ebbestrom südlich um die Aade herum und dann in nordwestlicher Richtung weiter, nördlich der Trennungslinie unmittelbar nach Nordwesten. Im übrigen ändert sich auch in der zweiten Hälfte der Ebbe an den Stromrichtungen nichts. Der Wirbel an der Westseite der Aade hält sich gleichfalls. Die Geschwindigkeit sinkt dagegen weiter ab, und zwar von der Aade zur Nordwestspitze der Düne in steigendem Maß. Bereits vier Stunden nach Hochwasser ist die Strömung unmittelbar vor der Nordwestspitze — wo die Wassertiefen allerdings nur noch einige Dezimeter sind — nahezu Null. Fünf Stunden nach Hochwasser oder fast zwei Stunden vor Niedrigwasser ist im ganzen Umkreis der Nordwestspitze von Buhne I bis nördlich Buhne V hin das gleiche der Fall.

Die Stromgeschwindigkeiten sind durchweg gering, und zwar bei Flut noch kleiner als bei Ebbe. Sie bleiben im allgemeinen unter 0,4 m/sek bei Flut, unter 0,5 m/sek bei Ebbe. Die Höchstwerte betragen 0,68 m/sek. Sie wachsen im allgemeinen mit zunehmender Wassertiefe und sind daher südöstlich der Düne am größten. Der Flutstrom ist an der Südwestseite der Düne stärker als an der Nordostseite, der Ebbestrom umgekehrt. Die Erklärung dafür ist in der Bodengestaltung zu suchen: Der Nordhafen hat eine breite, tiefe Mündung und verengt sich trichterförmig nach Südosten. Er fängt daher einen starken Flutstrom auf und verleiht ihm durch Zusammenpressung eine zunehmende Geschwindigkeit. Von Süden her steigt das Inselmassiv dagegen steil bis fast zum Niedrigwasserspiegel an, die enge Einfahrt zum Südhafen liegt zudem weit von der Düne entfernt. Der Ebbestrom staut sich infolgedessen und fließt zur Hauptsache östlich um die Düne herum, wo die Tiefen nach Norden zu nur allmählich abnehmen und nicht geringer als 10 m werden.

Die Verteilung der Geschwindigkeit nach der Tiefe folgt den für Gerinne geltenden Gesetzen nicht; sie zeigt von Meßpunkt zu Meßpunkt und an jedem Punkt noch im Verlauf der Tide große Schwankungen. An vielen Punkten ist die Geschwindigkeit zwar zeitweise an der Oberfläche oder auf ein Viertel der Wassertiefe am größten und nimmt von da bis zum Grunde ab. Doch ist die Abnahme ganz unterschiedlich, manchmal geht die Geschwindigkeit auf der untersten Tiefenstufe, 0,5 m über dem Boden, bis auf ein Fünftel des Größtwertes herunter, ist also unmittelbar über dem Boden noch kleiner. In den Gebieten mit geringer Wassertiefe, westlich und nördlich der Düne, und in den Gebieten der Stromwirbel bleibt sie dagegen oft auf ganze Tiefe gleich. Von den Stromwirbeln südöstlich der Düne abgesehen überschreitet die Geschwindigkeit der untersten Tiefenstufe örtlich und zeitlich nur vereinzelt den Wert von 0,25 m/sek; die Bodengeschwindigkeiten werden demnach nicht über 0,20 m/sek betragen.

Wie weit starker Wind in der Stromrichtung die Geschwindigkeiten steigert, konnte leider auch hier nicht ermittelt werden; derartige Messungen sind in dem offenen Seegebiet nicht ausführbar.

Die Stromrichtungen sind an den einzelnen Meßpunkten fast durchweg in den fünf verschiedenen Tiefenstufen ungleich. Am geringsten sind die Unterschiede da, wo der Strom über größere Flächen mit gleichbleibender Richtung und Geschwindigkeit setzt, wie z. B. der Ebbestrom an der Nordostseite der Düne. Am größten sind die Schwankungen in Gebieten mit Wirbel- und Nehrstrombildung, also namentlich an der Aade. Der Unterschied zwischen der Richtung des Oberflächen- und des Bodenstromes kann hier 90° und gelegentlich noch mehr betragen. Je größer diese

Abweichungen aber sind, desto geringer ist an dem betreffenden Punkt die Stromgeschwindigkeit. Sie bleibt bei Abweichungen von  $90^\circ$  stets unter 0,1 m/sek, so daß derartige Störungen keine große Wirkung haben.

An vielen Punkten, auf denen mit zwei Geräten an der Steuerbord- und Backbordseite eines Fahrzeuges etwa 8 m voneinander entfernt gemessen wurde, traten schon auf diesem kurzen Abstand große Unterschiede in Richtung und Geschwindigkeit auf. Auch diese Störungen sind am häufigsten und stärksten in den Gebieten der Wirbelbildung und setzen gleichfalls die Geschwindigkeit herab.

Ein Einfluß der Bühnen an der Düne auf den Tidestrom ist nicht festzustellen. Zur Zeit der Messungen waren die Bühnen VII, VIII und I größtenteils versandet, Bühne II zerstört, Bühne III vom Strand abgerissen, Bühne V vom Strand abgerissen und stark beschädigt. Immerhin waren die Bühnen III, IV und VI noch annähernd im ursprünglichen Zustand und hätten sich im Strömungsbild bemerkbar machen müssen. Es ist aber aus allen Karten ersichtlich, daß die Strömungen nirgends durch die Bühnen abgelenkt oder gestaut werden. Ein solcher Einfluß der Bühnen war auch von vornherein nicht zu erwarten, denn sie sind als flachgewölbte Packwerkskörper gebaut, die sich nur an einzelnen Stellen mehr als 1 m über den Grund erheben.

Da unsere Untersuchung sich über einen Zeitraum von 200 Jahren erstreckt, ist noch die Frage wichtig, ob die Strömungen früher einen wesentlich anderen Verlauf hatten und die Düne damit anderen Gesetzen unterlag.

Leider besitzen wir aus der Zeit vor den Messungen der Marine 1910/11 keine zahlenmäßigen Unterlagen für die Stromverhältnisse. Vermessungsschiffe haben bei Peilarbeiten in den Helgoländer Gewässern gelegentlich Beobachtungen angestellt, die in die Segelhandbücher aufgenommen sind. Aber diese für die Schifffahrt bestimmten und ausreichenden Angaben sind zu vereinzelt und ungenau; dazu beziehen sie sich nur auf die der Schifffahrt zugänglichen Gebiete. Ein Bild von den Strömungen an der Düne zu geben oder gar Vergleiche mit den neuen Messungen durchzuführen erlauben sie nicht.

Eine Schilderung der Strömungen um die Düne herum brachte Geisse in einem Aufsatz über die „Schutzbauten an der Helgoländer Düne“ in der Zeitschrift für Bauwesen 1904 [14]. Sie stützt sich aber zweifellos nicht auf Messungen und ist deshalb für den vorliegenden Zweck nicht brauchbar. Doch wird in anderer Beziehung auf sie zurückzukommen sein.

Für unsere Frage, ob die Strömungen sich im Laufe der Zeit geändert haben, sind wir deshalb auf Rückschlüsse aus Veränderungen der Bodengestalt des Helgoländer Gebiets angewiesen. Solche Veränderungen können zweierlei Art sein: Natürliche, die sich in der Regel langsam vollziehen, und künstliche, in verhältnismäßig kurzer Zeit geschaffene.

Eine durchgreifende Umformung erfuhr das Inselgebiet mit dem Durchbruch und dem allmählichen Verschwinden des Wals in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Vorher müssen die Tideströme im Umkreis der Düne völlig anders gewesen sein als später. Sie sind jedoch hier gleichgültig, weil wir nur den Entwicklungsabschnitt der Düne, der eben mit dem Durchbruch des Wals begann, untersuchen können. Seit der Mitte des 18. Jahrhunderts ist aber eine grundlegende Änderung der Strömungen nicht mehr anzunehmen. Die Umformung des Insel- und Dünengebietes zu seiner heutigen Gestalt war damals in großen Zügen vollendet, und wenn der Abbau des gesamten vortertiären Inselstocks auch ununterbrochen fortschreitet, geht er doch sehr langsam vor sich. Wohl hat, wie wir aus der ersten Vermessung der Helgoländer Gewässer 1855 wissen, der Nordhafen, das Skitgatt und der Nordostabhang der Dünenklippen sich seither durch Forträumung der Sanddecke über dem Felsgrund noch stark vertieft. Auch die Dünenklippen und der Wal haben noch an Höhe abgenommen. Doch sind diese Änderungen nicht so stark, daß sie das Strömungsbild wesentlich beeinflussen könnten, um so mehr als das beherrschende Strömungssystem der offenen See um die Insel herum zweifellos seit langer Zeit sich gleich geblieben ist. Lediglich muß durch die Austiefung des Nordhafens und des Wals die Geschwindigkeit des Flutstromes zwischen Hauptinsel und Düne etwas gestiegen sein. Wiebel [6] gibt die Stärke des Tidestromes über dem Wal nach einer Messung 1847 zu 0,54—0,56 m/sek an; jetzt beträgt sie bei Flut 0,6—0,7 m/sek.

Für die letzten 50 Jahre, in denen die erwähnten Änderungen nur noch fast unmerklich fortschreiten, ist mit Sicherheit zu sagen, daß das Strömungsbild in der Umgebung der Düne keine Wandlung durch Natureinflüsse mehr erfahren hat. Eine Ausnahme bildet nur die Aade, die bald nach Westen, bald nach Osten gekrümmt, bald gerade gestreckt ist und damit die Nehrströmungen in ihrer unmittelbaren Umgebung, namentlich die Wirbel an ihrer Spitze verändert.

An künstlichen Eingriffen, die das Strömungsbild beeinflussen könnten, kommen die Bühnenbauten an der Düne und der Bau des Marinehafens in Betracht.

Die Bühnen wurden 1896—1900 ausgeführt. Wie schon gesagt, ist heute kein Einfluß der Büh-

nen auf die Strömungen festzustellen. Demnach hat auch die Errichtung der Bühnen eine solche Wirkung nur in geringem Maße gehabt.

Durch den Bau des Marinehafens 1908—1916 wurde der hochwasserfreie Teil der Insel um rd. 1000 m nach Südosten, also gleichlaufend mit der Düne verlängert. Einen Einfluß auf die Strömungen an der Düne hat dieser Bau aber gleichfalls nicht ausgeübt. Das Klippenfeld, auf dem der Hafen errichtet ist, steigt aus den großen Tiefen südwestlich von Helgoland steil bis nahe unter Niedrigwasser auf und wirkte für die Strömungen bereits wie eine Mauer. Wie noch heute auf dem Klippenfeld an der Südwestseite der Insel, waren die Strömungen über dem jetzigen Hafengebiet zweifellos gering und konnten auf jeden Fall die starken Tideströme des Süd- und Nordhafens oder über diese hinweg die Strömungen an der Düne nicht beeinflussen. Das wird durch einige Vergleichsmessungen der Marine über die Strömungen beiderseits des Hafens vor und nach seiner Erbauung bestätigt.

Das Strömungsbild nach den Messungen der Marine und der Seewarte und die Feststellung, daß es sich in den letzten 50 Jahren nicht geändert hat, steht teilweise in Widerspruch zu der Beschreibung, die Geisse in dem erwähnten Aufsatz über „Schutzbauten an der Helgoländer Düne“ gibt. Die Messungen der Marine 1910/11, die erste umfassende Beobachtung der Strömungen bei Helgoland überhaupt, sind erst 1929, die Messungen der Seewarte von 1929 noch gar nicht veröffentlicht. Infolgedessen bot die Darstellung von Geisse bislang die einzige bekanntgewordene Beschreibung der Strömungen um die Düne herum. Sie ist in das gesamte Schrifttum über Helgoland, soweit es sich mit der Düne befaßt, übergegangen und hat dort zu den gleichen Fehlschlüssen geführt, die Geisse zog. Bisher hat nur Hagmeier, ein genauer Kenner der örtlichen Verhältnisse, die Richtigkeit der Darstellung angezweifelt [21]. Es ist deshalb nötig, darauf einzugehen.

Geisse, der von 1896—1899 als örtlicher Bauleiter die Bühnen nach dem Entwurf des Oberbaudirektors Franzius ausführte, hielt sich in dieser Zeit fast ständig — auch im Winter — auf der Düne auf. Er stützte sich daher wohl zur Hauptsache auf Beobachtung durch Augenschein von der Düne aus. Es ist verständlich, daß solche Beobachtungen nicht mit Messungen gleichwertig sind.

Den Verlauf der Ebbe schildert Geisse übereinstimmend mit dem Bild, das die Messungen ergeben. Das Hauptstück seiner Darstellung bildet jedoch der Nehrstrom während der Flut, der im ersten Teil der Flut um die Aade herum nach Osten und dann an der Nordostseite der Düne entlang, im weiteren Verlauf der Flut um die Aade nach Westen und längs der Südwestseite der Düne, beidemale in nordwestlicher Richtung setzen soll. In Wirklichkeit ist der schwache, örtlich begrenzte Nehrstrom, der an der Südwestseite der Aade während der letzten beiden Stunden vor Hochwasser auftritt, ersichtlich bedeutungslos und kommt vor allem nicht von der Ostseite der Düne her. Der Wirbel, der in diesem letzten Abschnitt der Flut südlich und südöstlich der Düne gegen den Uhrzeiger kreist, erzeugt unmittelbar an der Aade einen nach Süden—Südwesten setzenden Strom; diesen hat Geisse anscheinend für echten Flutstrom gehalten und mit dem Nehrstrom an der Südwestseite der Aade, dessen Ausdehnung er wohl überschätzte, in Verbindung gebracht. Tatsächlich läuft vielmehr während der ganzen Flut ein nach Nordwesten gerichteter Nehrstrom an der Nordostseite der Düne, und dieser Strom setzt nur vorübergehend an die Düne heran und entwickelt seine größte Stärke in 700—1000 m Abstand von der Düne über Wassertiefen von 6—8 m.

Der von Geisse wiedergegebene Schluß — auf dem die Sicherung der Düne durch Bühnen aufgebaut ist —, daß die Düne im Kern einer Rundströmung liege und der von der Düne losgerissene Sand in einem Kreislauf zusammengehalten werde, ist also falsch, mindestens nur teilweise richtig. Das wird auch durch eine einfache Beobachtung erwiesen: Die erste Vermessung der Helgoländer Gewässer mit Tiefenangaben in der Umgebung der Düne ist 1855, also vor 81 Jahren ausgeführt. Die beträchtlichen Bodenmassen, die seitdem von der Düne verlorengegangen sind, müßten sich durch eine Aufhöhung des Grundes um die Düne bemerkbar machen, wenn sie tatsächlich durch eine Kreisströmung erhalten blieben; aber die Tiefen haben nirgends abgenommen.

## 2. Seegang.

Die zweite Kraft, die die Bodenformen des Meeresgrundes umgestaltet, ist die Wirkung der Wellen. Sie ist, wie wir nachher sehen werden, im Helgoländer Seeraum die primär umgestaltende Kraft überhaupt. Aber gerade über diese Kraft und über die Art, wie ihre Einwirkung auf den Meeresboden im einzelnen vor sich geht, wissen wir fast nichts. Die Frage der Tiefenwirkung der Wellen ist eine der am meisten vernachlässigten in der Hydromechanik, wohl deswegen, weil die Probleme für Rechnung und Versuch gleich unzugänglich sind. Es gibt bisher weder eine mathematische noch eine empirische zahlenmäßige Beziehung zwischen Höhe und Geschwindigkeit einer Welle und der Bodenmenge, die sie bei einer bestimmten Wassertiefe und Grundbeschaffenheit in Bewegung setzt. Es ist darum kein großer Mangel, daß von Helgoland — außer einigen photographisch ermittelten Zahlen Eckhardts über die Höhe der Brandungswellen auf der Bunt-

sandsteinterrasse westlich des Marinehafens — keine Wellenhöhenmessungen vorliegen. Sie würden uns unmittelbar nichts nützen, sondern höchstens Relativzahlen für die mehr oder minder starke Beeinflussung des Bodens geben. Da nun aber die Wellenhöhe von der Stärke des Windes und der Streichlänge bei der betreffenden Windrichtung abhängt, können wir die Wellenmessungen auch durch eine Windstatistik ersetzen, für die wenigstens leidliche Beobachtungen vorhanden sind.

Auf der Windrose, Abb. 11, sind die Jahreswindwege in einem 25jährigen Mittel nach den Aufzeichnungen der Wetterbeobachtungsstelle Helgoland des Preußischen Meteorologischen Instituts dargestellt. Die Windverhältnisse im Seegebiet um Helgoland sind darnach die gleichen wie in der ganzen Deutschen Bucht. Die Jahreswege der Stürme stehen etwa im selben Verhältnis wie die Jahreswege aller Windstärken.

Die größten Jahreswege haben die Winde aus SW und WSW. Sie verursachen aber bei Helgoland nicht den stärksten Seegang, weil sie von der ostfriesischen Küste her keine große Streichlänge haben und nur über ein Seegebiet von 20—30 m Wassertiefe wehen, auch keine hohen Sturmflutwasserstände hervorrufen. Die W- bis NNW-Winde fallen in den Gesamtwindwegen etwas ab; aber die nordwestlichen Stürme bringen den schwersten Seegang und die höchsten Wasserstände, da sie über die Nordsee in ihrer größten Ausdehnung und in die deutsche Bucht hineinwehen. Bei NW- und NNW-Stürmen sind in der Regel auch die Niedrigwasserstände hoch und können das mittlere Hochwasser übersteigen. Infolgedessen ist der Seegang um die Düne herum bei heftigem und anhaltenden NW-Sturm manchmal mehrere Tiden hindurch sehr hart. Die Winde aus N, O und S können wir im allgemeinen vernachlässigen. Sie sind weniger häufig, und wegen der geringen Streichlänge und Wassertiefe zwischen der Küste und Helgoland erzeugen sie keinen starken Seegang. Stürme aus Ost bis Süd sind außerdem immer mit niedrigen Wasserständen verbunden.

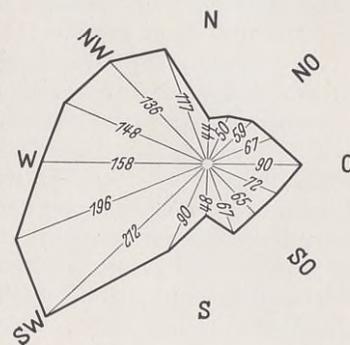


Abb. 11. Jahresmittel der Windwege 1889/1913 in 100 km.

Zur Ergänzung seien noch die Hauptwerte der Gezeiten bei Helgoland nach Berechnung der Gezeitenabteilung der Seewarte wiedergegeben:

Mittlerer Tidehub . . . . .	= 2,25 m
Mittlerer Springtidehub . . . . .	= 2,56 m
HHW . . . . .	= 4,75 m über KN

(KN = Seekarten-Null = MSp NWss.).

### III. Die erhaltenden Kräfte.

#### 1. Natürlicher Schutz der Düne.

Die Klippenzüge nordwestlich der Düne (Abb. 2), die sich stellenweise noch bis Mittelniedrigwasser erheben, schwächen den Seegang bei Nordwest- bis Nordnordweststürmen stark ab. Auch bei West- und Westnordweststurm wird die See, die über den äußeren Teil der Klippen läuft, hier gebrochen und dadurch ihr Angriff beim Einschwenken gegen die Nordostseite der Düne aufgehoben.

Die wellenbrechende Wirkung der Kreideklippen südsüdwestlich der Düne (Danskermannshörn) ist belanglos; aus dieser Richtung kommt kein gefährlicher Seegang.

Die hochwasserfreie Hauptinsel fängt den Seegang ganz ab. Sie liegt aber mit ihrer Längserstreckung nicht senkrecht zur Verbindungslinie Insel—Düne; ihr Sturmshadow für die Düne ist daher nur schmal.

Die hochliegende Brandungsterrasse nordwestlich der Insel vermindert den Seegang gleichfalls sehr wirksam. In wesentlich geringerem Maß galt dies vor dem Bau des Marinehafens von der tieferliegenden Terrasse an der Südostseite.

#### 2. Künstlicher Schutz der Düne.

##### a) Schutzbauten auf der Düne selbst.

Solange die Düne noch mit der Hauptinsel verbunden war, lieferte sie den Helgoländern Trinkwasser und schützte den damals tiefen Südhafen gegen Nord- und Ostwinde. Nach dem Durchbruch des Wals wurde die Trinkwasserversorgung von der Düne unmöglich, der Südhafen verflachte sich. Die Düne verlor damit für die Insel sehr an Bedeutung, und man sah ihrer ständigen Abnahme tatenlos zu. Erst mit der Begründung des Seebades 1826 gewann die Düne wieder größeren Wert. Bald darauf wurden die ersten Stimmen laut, die sich für ihre Erhaltung einsetzten. Die Helgoländer haben etwa 1840 angefangen, die Düne mit „Pallisaden und Flechtwerk“ zu sichern. Etwa gleichzeitig begannen sie, die damals noch ausgedehnten Kahlstellen der Düne mit Strand-

hafer festzulegen. Später sind auch einzelne hölzerne Wellenbrecher am Dünenfuß erbaut worden, die aber stets bald wieder zerstört wurden. Die Faschinenbauten werden dagegen von der Gemeinde Helgoland noch heute angewandt. Teils sind dies Faschinezäune in der Art von Sandfangzäunen, teils waagerechte Buschpackungen zwischen dünnen Pfählen.

Wie die Helgoländer zu dieser merkwürdigen Art des Schutzes einer Düne gegen den schwersten Seeangriff der deutschen Küste gekommen sind, ist nicht mehr festzustellen. Wahrscheinlich haben sie an anderen Dünenküsten Sandfangzäune gesehen und deren Zweck mißverstanden. Die Zäune wurden anfänglich auch in zwei Reihen, der eine am Fuß, der andere am Hang der Hohen Düne angelegt; sie dienten also wenigstens nebenher dem Sandfang, wenn sie auch wegen ihrer Stellung und ihrer großen Höhe wenig dazu geeignet waren. Die Helgoländer werden nun, solange vor der Hohen Düne noch ein breiter Strand lag, beobachtet haben, daß die letzten schwachen Ausläufer der Brandung sich in den Zäunen totliefen. So verwandten sie die Zäune mehr und mehr als reine Schutzwerke gegen den Seeangriff und hielten trotz ständiger Mißerfolge und trotz aller Kritik — die z. B. schon der englische Gouverneur von Helgoland 1869 in scharfer Form übte — hartnäckig daran fest. Heute dienen die Zäune in dreifacher Reihe sogar als „Schutz“ an der Nordostseite der Düne, an der das Mittelhochwasser unmittelbar den Fuß der Hohen Düne bespült. Der unterste Buschzaun steht hier schon im Bereich der gewöhnlichen Tide. Die Faschinen werden im Sommer bald dürr und brechen dann beim ersten stärkeren Seegang über dem Boden ab. Im Tidebereich räumt die Schleifwirkung des am Strand entlang wandernden Feuersteingerölls noch schneller mit ihnen auf. Infolgedessen sind die Unterhaltungskosten hoch und stehen in keinem Verhältnis zu dem Erfolg, der allenfalls darin zu suchen ist, daß die Zäune bei höheren Fluten 1—2 Stunden lang die Brandung ein wenig schwächen, bis sie abgebrochen oder herausgespült werden. (Wegen dieses geringen Nutzens verwandte auch die Preußische Bauverwaltung die Zäune, um den Strand bis zu seiner endgültigen Sicherung notdürftig zu halten.) Bei dem jetzigen Zustand des Nordoststrandes wirken die Zäune sogar schädlich. Sie stehen hier aus Platzmangel am Dünenhang in drei Reihen treppenförmig übereinander. Die Brandung packt den Raum hinter den Zäunen dicht voll Geröll. Sie erhalten dadurch keine größere Widerstandsfähigkeit, denn das Geröll hat keinen Zusammenhang; aber sie wirken wie eine steile, undurchlässige Wand, vor der die Brandung den ungeschützten Grund auskolkt. Der scharfe Rückgang des Nordoststrandes in den letzten Jahren trotz günstiger Witterungsverhältnisse muß zum Teil dieser Wirkung der Buschzäune zugeschrieben werden.

Im Jahre 1895 begannen die Helgoländer auch nach dem Vorbild der Wasserbauverwaltung mit dem planmäßigen Heranziehen einer Vordüne und eines Dünenfußes durch Strandhaferpflanzungen und Sandfangzäune. Zuvor hatten sie auf Anregung des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten einen Ausschuß zum Studium des Dünenbaues nach Swinemünde geschickt und wurden anschließend von einem Dünenmeister des Wasserbauamts Memel unterwiesen. In den Sturmfluten des Dezembers 1895 wurden jedoch die Anfangsarbeiten zerstört. Seitdem blieb der Strand so ungünstig, daß sie nicht wieder aufgenommen wurden.

Im ganzen sind alle diese unzulänglichen Schutzversuche an der Düne selbst ohne großen Einfluß auf ihre Veränderungen geblieben und können in der weiteren Untersuchung übergangen werden.

#### b) Die Bühnen der Düne.

Die acht Bühnen der Düne (Abb. 2) sind 1896—1900 nach dem Entwurf des Oberbaudirektors Franzius, Bremen, ausgeführt. Es sind Packwerks- und Senkstückbauten mit Steinbelastung. Sie sollten nicht nur den Strand gegen Abbruch decken, sondern sollten den Sand, von dem man glaubte, daß er mit der vorhin besprochenen Kreisströmung um die Düne herumwandere, auffangen und die Düne wieder vergrößern.

Die Bühnen hatten einige Anfangserfolge, indem sich in einzelnen Feldern Sand sammelte. Allerdings muß ein Teil dieser Ansammlungen der natürlichen Ablagerung des Sandes an der jeweiligen Sturmleeseite, wie sie an der Düne stets stattfand, zugeschrieben werden. Die Bühnen verbesserten ferner den Strand durch Abriegelung der schädlichen Längspriele, die sich hier häufig bilden. Der erwartete Dauererfolg ist jedoch ausgeblieben. Die Gründe sind bei der Beschreibung der Strömungen schon angedeutet. Die Voraussetzung, daß der von der Düne fortgespülte Sand durch Kreisströmungen in der Nähe zusammengehalten werde und sich um die Düne herum massenhaft bewege, war irrig; und zweitens üben die Bühnen keinen Einfluß auf die Strömungen aus. Wohl wandern große Sandmassen von Nordwest nach Südost an der Düne vorbei. Aber um diesen aus anderen Gebieten stammenden Sand aufzufangen, hätte das System der Bühnen anders angesetzt und eine andere Querschnittsform gewählt werden müssen. Die Bühnen sind sehr niedrig gehalten, um sie dem Angriff der Brandung möglichst wenig auszusetzen und infolgedessen eine leichte, billige Bauweise anwenden zu können; sie sollten erst mit fortschreitender Versandung

aufgehöhrt werden. Aber eben wegen ihrer geringen Höhe vermögen sie keinen ruhigen Wasser-  
raum zu schaffen, in welchem Seegang und Strömung gezwungen werden, den mitgeführten Sand  
abzulagern. Die Strömungsmessungen beweisen, daß schon bei gewöhnlichen Wasserständen die  
Strömung durch die Buhnen nicht beeinflußt wird. Erst recht gilt das natürlich bei höheren Fluten  
mit starkem Seegang, bei denen überhaupt erst größere Sandmassen in Bewegung sind. Die  
Peilungen, die nach Abschluß des Buhnenbaues regelmäßig durchgeführt wurden, haben gezeigt,  
daß die vereinzelt und ziemlich regellosen Sandablagerungen rings um die Düne nicht an die  
Buhnen gebunden waren. Auch auf der Luftaufnahme Abb. 8 lassen die Sandablagerungen, die  
stellenweise als dünne Schleier über dem Klippenfeld liegen, keinen ursächlichen Zusammenhang  
mit den Buhnen erkennen.

Nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse mußte den Buhnen ein Erfolg versagt bleiben,  
und die Entwicklung der Düne seit 1900 liefert die Bestätigung dafür. Besonders deutlich zeigen  
das die Schaulinien der Größen- und Lagenänderung der Düne (Abb. 19 bis 21), auf die ich noch  
zurückkomme. Während der Bau des Marinehafens sich in diesen Kurven scharf ausprägt, ist der  
Bau der Buhnen fast spurlos vorübergegangen. Auch in vielen Einzelheiten tritt die Wirkungs-  
losigkeit der Buhnen hervor. Solange z. B. die Düne von Südwest nach Nordost wanderte, lagen  
die Buhnen VII, VIII und I an der Südwestseite fast dauernd frei und der Südweststrand war  
schmal, während an der Nordostseite die Strandbreiten größer und die Buhnen ziemlich versandet  
waren. Als durch die Erbauung der Marinehafensmolen die Wanderungsrichtung der Düne sich  
umkehrte, sandeten die Buhnen der Südwestseite in kurzer Zeit ein und der Südweststrand ver-  
breiterte sich, während nun die Buhnen V und VI freigespült wurden und der Nordoststrand  
zurückging.

Den einzigen dauernden Erfolg der Buhnen kann man darin sehen, daß sie auf dem Tidestrand  
bis etwas unterhalb der Niedrigwasserlinie die Strömungen in geringem Maße am Angriff auf den  
Grund hinderten und die Bildung von Längsprielen unterbanden. Dadurch ist der Abbruch der  
Düne etwas verzögert worden.

Da die Buhnen nicht wie erwartet versandeten, lagen sie ständig in schwerem Angriff. Trotz-  
dem wurde das Buhnensystem bis 1914 in vollem Umfang unterhalten, weil man immer noch auf  
einen Erfolg hoffte. Nach dem Kriege wurden die seeseitigen Enden aufgegeben und nur noch die  
Strandabschnitte gehalten, wegen der Deckung des Tidestrandes, die bei den Buhnen V und VI  
auch deutlich in Erscheinung trat. Nachdem die Preußische Bauverwaltung sich 1927 von der  
Unterhaltung der Düne zurückgezogen hatte, blieben die Buhnen sich selbst überlassen und ver-  
fielen. Denn nach Meinung der Helgoländer sind sie für die Düne schädlich, weil sie die Wellen  
auf den Strand lenken. Die Buhnen IV, V und VI rissen vom Strande ab, und die entstandenen  
10—30 m breiten Lücken wirken jetzt allerdings schädlich, weil der wenn auch schwache Tide-  
strom sich in den Lücken zusammendrängt und zusammen mit dem Seegang den Strand hinter  
den Buhnen stärker angreift. Der Abbruch des Nordoststrandes wird durch die Lücken in Ver-  
bindung mit der ungünstigen Wirkung der Buschzäune verschärft.

Immerhin sind diese Einzelwirkungen, die nützlichen wie die schädlichen, für die Veränderungen  
der Düne im ganzen bedeutungslos geblieben. Die Buhnen können in der weiteren Untersuchung  
ebenfalls übergangen werden.

#### c) Der Marinehafen.

Durch den Bau des Marinehafens 1908—1916 (Abb. 2) wurde die tiefgelegene Brandungsterrasse  
südöstlich der Hauptinsel sturmflutfrei, und die Sturmschattenbasis der Insel wurde von 1700 auf  
2800 m verlängert. Zwar wurden die Molen schon 1922 zum größten Teil bis zum Niedrigwasser-  
spiegel wieder gesprengt. Aber es hat sich gezeigt, daß die Trümmer der Molen und die davor  
liegenden Wellenbrecherblöcke den Seegang genügend brechen, um die Düne gegen Angriffe an der  
Südwestseite fast völlig zu schützen.

### IV. Die Wirkung der verändernden und der erhaltenden Kräfte einzeln und im Zusammenspiel.

#### 1. Wirkungen im Seegebiet um die Düne.

##### a) Angriff auf den Grund.

**Allgemeine Gesetze.** Nach den auf S. 8 und 10 gegebenen Zahlen reicht die Bodengeschwindig-  
keit der Tideströmungen, von örtlichen und zeitlichen Ausnahmen abgesehen, nicht aus, um den  
Grund, auch Sandgrund, in Bewegung zu setzen. Das ist in dem klaren Wasser an der Düne,  
welches bei glatter See die Beobachtung des Grundes bis 5 m Tiefe gestattet, durch Augenschein  
festzustellen. Übrigens weist bereits Wiebel [6] 1848 darauf hin, daß selbst der Tonschlamm aus

zerriebenem Buntsandstein, der sich zeitweilig auf der Brandungsterrasse absetzt, bei ruhigem Wetter, das heißt von der Strömung allein nicht fortgeführt wird. Der Streifen des durch Buntsandsteintrübe rotgefärbten Wassers, der an den Ufern der Hauptinsel und in der Stromrichtung oft noch in See hinaus zu verfolgen ist, die „Krebssuppe“ der Helgoländer, tritt ausschließlich bei Seegang auf<sup>1</sup>.

Bei starkem Wind wird die Bodengeschwindigkeit zweifellos über größere Flächen, hauptsächlich im Nord- und Südhafen, vorübergehend hoch genug, um Sandgrund anzugreifen. Hierüber fehlen alle Beobachtungen. Doch ist die Frage auch belanglos; denn bei starkem Wind wird der Sand in dem Gebiet, in dem solche Geschwindigkeiten vorkommen können, ohnehin schon vom Seegang aufgeführt.

Die Strömungen für sich allein vermögen also im allgemeinen den Meeresboden im Inselgebiet nicht zu verändern, sondern können nur den vom Seegang in Bewegung gesetzten Boden weitertragen.

Zunächst ist deshalb die Frage zu beantworten, in welchen Teilen des Inselgebietes und bis zu welcher Tiefe der Seegang den Boden angreift und zum Schweben oder Rollen bringt.

Bei der Wellenbewegung nimmt die Schwingungsweite der Wasserteilchen nach der Tiefe schnell ab. Es muß daher für jede Bodenart eine bestimmte Tiefe geben, in der die Widerstandsfähigkeit des Bodens und der Angriff des Seeganges sich das Gleichgewicht halten und unterhalb deren der Boden nicht mehr abgetragen wird. Diese „Grenztiefe“ hängt für jedes Seegebiet von der Stärke des schwersten auftretenden Seeganges und von der Beschaffenheit des Grundes ab.

Da der Helgoländer Inselstock aus mehreren Bodenarten aufgebaut und die Stärke des schwersten Seeganges in der Umgebung der Insel überall verschieden ist, wechselt die Grenztiefe hier beträchtlich.

**Angriff auf Sandgrund.** Auf Untersuchungsfahrten der Biologischen Anstalt Helgoland sind in der Umgebung der Insel aus 10—15 m Tiefe Findlinge bis zu 2 kg Gewicht heraufgeholt worden, die allseitig mit Pflanzen und Tieren bewachsen waren. Die Steine müssen in dieser Tiefe noch vom Seegang gerollt worden sein. Loser Sand von sehr feinem Korn, wie er im Helgoländer Seegebiet ansteht, wird demnach in noch größerer Tiefe vom Seegang bewegt. Auf dem Feuerschiff „Außeneider“, das nach Abb. 1 15 Seemeilen östlich Helgoland auf 14 m Tiefe (bei Niedrigwasser) liegt, wird manchmal nach sehr schweren Nordweststürmen Sand an Deck gefunden. Obgleich die Wellenhöhen bei dem Feuerschiff nur etwa zwei Drittel der bei Helgoland vorkommenden erreichen, wird der Boden hier in ansehnlicher Menge aufgerührt; denn der an Deck liegenbleibende Sand ist natürlich nur ein Rest der Gesamtmasse, die mit Brechern auf das Schiff gelangt und größtenteils mit dem Wasser wieder abläuft. Auf dem Feuerschiff „Amrumbank“, 20 Seemeilen nördlich Helgoland am Südwesthang der Amrumbank auf 19 m Kartentiefe gelegen, mit etwa den gleichen Seegangsverhältnissen wie sie im Inselgebiet herrschen, hat man noch keinen Sand an Deck gefunden. Aber bei den schwersten Stürmen ist das Wasser in der Oberfläche durch Sand grau gefärbt. Auf 19 m Tiefe ist der Angriff also noch vorhanden, aber trotz des stärkeren Seegangs schon schwächer als bei „Außeneider“ mit 14 m Tiefe. Darnach ist die Grenztiefe für Sandgrund im Seeraum von Helgoland, soweit er gegen Nordweststurm offen liegt, ungefähr zwischen 20 und 25 m anzunehmen. Für diejenigen Teilgebiete, die nur von Südwest- bis Weststürmen mit ihrem schwächeren Seegang getroffen werden, wird sie etwas weniger als 20 m betragen. In weiterer Entfernung nordwestlich der Insel erreicht die Grenztiefe zweifellos größere Werte; nach den Beobachtungen von U-Bootskommandanten während des Weltkrieges war bei schwerem Sturm die Wasserbewegung in 30 bis 40 m Tiefe noch so stark, daß sie die auf dem Grund zur Ruhe gehenden Boote heftig aufsetzen ließ.

Nach den Karten Abb. 1 und 2 zeigt das Seegebiet der Insel, soweit es aus Sandgrund besteht, Tiefen von weniger als 20 m nur in den Rinnen zwischen den Klippen (Nordhafen, Südhafen, Skitgatt) und auf dem Rücken nordöstlich der Düne. Zwischen 20 und 25 m Tiefe hat das Vorfeld nordwestlich und nördlich der Insel.

Bei Südwest- bis Weststurm liegen diese Teilgebiete, soweit sie die Grenztiefe von 20 m nicht erreichen, im Sturmlee der Klippenfelder, der Hauptinsel und der Düne; der Angriff auf den Grund ist damit unterbunden. Gegen Sturm aus Westnordwest bis Nordnordwest haben die Gebiete sämtlich keinen Schutz. Für den Nordhafen und das Skitgatt wird der Angriff noch erheblich verschärft, weil der Grund hier in der Sturmrichtung schnell von 25 m auf 4 bis 6 m ansteigt und die freie Sturmsee sich zur Grundsee umformt. Auf der breiten Kuppe des Rückens nordöstlich und östlich der Düne mit nur 10 bis 15 m Wassertiefe verliert die Sturmsee dagegen an Höhe; der Angriff wird abgeschwächt.

<sup>1</sup> Es sei erwähnt, daß die neuerdings vertretene Deutung der Brandungshohlkehle an der Nordostwand der Hauptinsel als „Schliffhohlkehle“, die durch die Tideströmung erzeugt sein soll, schon durch diese Beobachtung Wiebels widerlegt ist.

Stürme aus Nord über Ost und Süd bis Südsüdwest erzeugen keinen Seegang, der bei den durchweg über 10 m betragenden Wassertiefen um den Inselstock Sand aufrühren könnte. Die flacheren Gebiete des Nord- und Südhafens und des Skitgatts liegen im Schutz der Klippenfelder.

Im ganzen vermögen also in der Umgebung der Insel nur Stürme aus Westnordwest bis Nordnordwest Sand in Bewegung zu setzen, und zwar nur im Gebiet des Nordhafens, des Skitgatts und ihres nordwestlichen Vorfeldes, sowie mit geringerer Stärke in dem Raum nördlich bis östlich der Düne.

**Angriff auf den Grund aus vortertiärem Gestein.** Die hydrodynamisch bedingte Grenztiefe der Abtragung von Muschelkalk und Kreide wird durch mehrere Umstände beeinflusst: durch Tangbewuchs, durch die Tätigkeit von Bohrmuscheln, durch Geröllschliff und für den Muschelkalk auch durch seinen Gehalt an Gips.

Die Klippenfelder sind, wie Abb. 8 erkennen läßt, auf den Schichtenköpfen dicht mit Tang bewachsen, und zwar bis zu Tiefen von 10 m. Die einzelnen Pflanzen, die sich mit Saugwurzeln an den Klippen festheften, können mehrere Meter lang werden. Die Tangdecke schwächt die Wasserbewegung am Grunde ab und schützt das Gestein. Bei schweren Stürmen werden aber viele Pflanzen losgerissen und nehmen ihrerseits das Stück Gestein, an dem sie festgewachsen sind, mit<sup>1</sup>. Wegen der bedeutenden Länge der Tangpflanzen reicht diese Art der Gesteinszerstörung sehr tief, wohl bis an die Tiefengrenze des Pflanzenwuchses. Die Tangdecke verzögert also den Abbruch, trägt ihn aber auf die Dauer bis in eine Tiefe, die durch die Einwirkung des Seeganges allein vielleicht nicht erreicht würde. Die Tätigkeit der Bohrmuscheln, die Schleifwirkung der losgerissenen Gesteinsstücke und namentlich der zahlreich in die Kreide eingebetteten Feuersteine, die von der See über den anstehenden Fels geschoben werden, schließlich die Gipsadern im Muschelkalk, die vom Wasser ausgelaugt werden, wirken alle in der gleichen Richtung, den Abbau zu beschleunigen und in größere Tiefen vordringen zu lassen.

Welche Grenztiefe der Abtrag der Muschelkalk- und Kreideklippen unter diesen mannigfachen Einflüssen erreicht, läßt sich nur durch Kartenvergleiche an den Klippenfeldern selbst ermitteln.

Die Muschelkalk- und Kreideklippen nordwestlich der Düne werden durch Nordwest- bis Nordnordweststurm, also durch den schwersten Seegang getroffen. Ihre äußersten Ausläufer stehen auf 10 m Wasser an. Das ist etwa die untere Tiefengrenze des Tangwuchses und müßte demnach, wenn die anderen Einflüsse keine tiefere Lage bedingen, die Grenztiefe für den Abtrag sein. Nach Kartenvergleichen verlangsamt sich der Abbruch aber bei 6 m Wassertiefe schon so stark, daß diese Tiefenlage für unseren Untersuchungszeitraum als unveränderlich gelten kann.

Die Kreideklippen an der Südost- und Südkante des Inselstockes werden nur vom Südweststurm unmittelbar getroffen. Der Seeangriff ist nicht so schwer wie der auf die nordwestlichen Dünenklippen. Das sehr zerklüftete Gebiet kann durch Peilung nicht so genau erfaßt werden, daß ein Vergleich älterer und neuerer Vermessungen Aufschluß über die Größe des Abbruchs dieser Klippen brächte. Es ist nur festzustellen, daß der höchste Felsstock der Klippen, der Hog Stean, der 1845 bei tiefen Wasserständen noch sichtbar war, heute 0,2 m unter niedrigstem Niedrigwasser liegt. Der Abbruch geht demnach langsam vor sich und die Grenztiefe wird geringer sein als bei den Klippen im Nordwesten der Düne. Doch sind Zahlenwerte für unsere Untersuchung auch entbehrlich; denn der gesamte Inselstock wird von Nordwesten her schneller aufgezehrt als von Südwesten her.

Auf den Kreidestufen, die der Südwestseite des Buntsandsteinsockels vorgelagert sind, ist der Angriff etwa der gleiche wie im Bereich der nordwestlichen Dünenklippen; ihm entspricht die Lage der obersten Stufe auf 10 m Tiefe. Die Vorgänge an diesen Kreidestufen haben aber keinen Einfluß auf die Veränderungen des übrigen Inselgebietes<sup>2</sup>.

Der obere Buntsandstein im Nordhafen, auf dem Wal und im Südhafen zeigt wegen der schärferen Tidedrömung und der starken Geröllwanderung nur spärlichen Pflanzenbewuchs; auf den Vorgang des Abbruchs hat dieser wohl keinen Einfluß. Dafür ist der Geröllschliff um so wirkamer. Der Fels liegt stellenweise bloß, stellenweise ist er mit einer 10—30 cm starken Schicht

<sup>1</sup> Eine genaue Schilderung des Zerstörungsvorganges bringt Hagmeier in der Abhandlung über „Die Besiedlung des Felsstrandes und der Klippen von Helgoland“ [21], S. 26/27.

<sup>2</sup> Die Lage dieser Kreidestufen auf 10 und 20 m Tiefe wird gewöhnlich als Beleg für zwei Senkungen der Inselhülle um je 10 m angesehen. Die Höhenlage der oberen Stufe kann aber ebensogut durch die Grenztiefe bedingt sein. Es ist möglich, daß die obere Stufe zusammen mit der nordöstlich angrenzenden Buntsandsteinterrasse entstand und nur wegen ihrer geringeren Widerstandsfähigkeit schneller und bis zu der größeren Grenztiefe abgetragen wurde. Die Stufe kann auch vor einer etwaigen Senkung bis zu einer gewissen Tiefe und nach der Senkung bis zur Grenztiefe abgebaut sein, so daß die Senkung einen beliebigen Wert zwischen 0 und 10 gehabt haben kann. Bei der Tiefe der zweiten Stufe auf 20 m muß allerdings eine Senkung mitgespielt haben; denn 20 m erreicht die Grenztiefe trotz der ausgesetzten Lage dieser Stufen sicher nicht; aber die Ausgangshöhe der zweiten Stufe ist gleichermaßen unbestimmt. Die Höhenlagen der Stufen sind also weder ein schlüssiger Beweis für das Vorliegen von zwei Senkungen, noch geben sie einen sicheren Anhalt für den Betrag der Senkungen.



von Stücken des oberen Buntsandsteins, einzelner Muschelkalkgeröll, einzelnen Feuersteinen, scharfem grobem Sand und zerbrochenen Muschelschalen (Schill) bedeckt. Die Schicht wechselt ständig ihre Lage und Ausdehnung. Ihre Bestandteile sind zumeist härter als das Anstehende, und sie werden, sobald der Seegang sie in Bewegung setzt, von der Strömung schnell über den Grund geschoben. Der Geröllschliff beschleunigt den Abbruch und trägt ihn in erhebliche Tiefen. Nach Kartenvergleichen scheint im nordwestlichen Nordhafen nahezu ein Beharrungszustand eingetreten zu sein; die Wassertiefen liegen dort um 20 m.

Der mittlere Buntsandstein der Hauptinsel und ihrer westlichen Brandungsterrasse bildet die widerstandsfähigsten Schichten des Inselgebietes. Der Abbruch der Terrasse vollzieht sich zur Hauptsache unmittelbar durch dynamische Brandungswirkung und durch den Einfluß des Tangbewuchses; der Geröllschliff tritt sehr zurück. In strengen Wintern spielt die Zerstörung durch Frost eine Rolle, weil die Terrasse noch hoch liegt und über Niedrigwasser für längere Zeit freikommt<sup>1</sup>. Im ganzen geht der Abbruch aber so langsam vor sich, daß die wellenbrechende Wirkung der Buntsandsteinklippen in unserem Untersuchungszeitraum nicht merkbar abgenommen hat und abnehmen wird. Das gleiche gilt für die Hauptinsel, die den Seegang völlig abfängt. Der Rückgang ihrer Uferlinie um etwa 10 m in je 100 Jahren ist für den schützenden Einfluß auf die Düne und in seiner Wirkung auf die Vorgänge im übrigen Inselgebiet ohne Bedeutung.

Das anstehende vortertiäre Gestein kann hiernach im ganzen nur durch westnordwestliche bis nordnordwestliche Stürme in einem Maße abgetragen werden, welches für die Änderungen der Düne in dem Untersuchungszeitraum von Bedeutung ist, ebenso wie der Sandgrund und etwa in demselben Bereich (Nordhafen, Wal, Klippenfelder nordwestlich der Düne), jedoch mit geringerer Grenztiefe.

#### b) Verfrachtung des Bodens.

##### **Verfrachtung aus dem Abbruchfeld.** Wohin wird nun der Abtrag verfrachtet?

In dem Abtragsgebiet — wenn wir den Eiderstadter Rücken zunächst außer acht lassen —, setzt der Flutstrom nach Südosten, der Ebbestrom nach Nordwesten, beide gleichlaufend mit dem Zuge des Nord- und Südhafens und der Dünenklippen. Nur wenn in der zweiten Hälfte der Flut die Klippen mehr unter Wasser kommen, läuft der Strom mit einer geringen östlichen Abweichung schräg über sie hinweg. Flut- und Ebbestrom haben etwa gleiche Höchstwerte; aber der Flutstrom läuft mit der Richtung der Stürme, die allein in dem Abtragsgebiet den Boden angreifen können, der Ebbestrom gegen diese Richtung.

Starke Winde beschleunigen den Strom, der in ihrer Richtung setzt, und verlangsamen den entgegengesetzt laufenden. Bei Westnordwest- bis Nordnordweststurm wird der Flutstrom verstärkt, der Ebbestrom abgeschwächt. Ferner ist der Seegang länger und schwerer, wenn er mit dem Strom läuft, kürzer, steiler und im ganzen schwächer, wenn er gegen den Strom setzt. Auch auf Helgoland ist es eine bekannte Erscheinung, daß bei westlichen bis nordnordwestlichen Stürmen der Seegang mit Einsetzen der Ebbe abflaut, auch wenn die Windstärke nicht zurückgeht. Der Angriff des Seegangs auf den Grund ist daher bei Flut schwerer als bei Ebbe.

Wegen der stärkeren Wirkung sowohl der Strömung wie des Seegangs muß die Bodenverfrachtung während der Flut bei weitem über diejenige während der Ebbe überwiegen.

Der mit der Flut fortgeführte Boden gelangt nun südöstlich und ost-südöstlich des Inselstockes in ein Gebiet von 30—40 m Wassertiefe. Diese Werte liegen unterhalb der Grenztiefe für die Bewegung von Sand; dazu befindet sich das Gebiet bei Westnordwest- bis Nordnordweststurm in Lee der Insel. Der Boden kann von hier nicht weitergeführt, namentlich nicht mit der Ebbe in nordwestlicher Richtung zurückgebracht werden. Die Verfrachtung aus dem Abbruchfeld selbst mit der Ebbe muß an Menge wesentlich geringer sein; und weil auch die in einer Ebbetide zurückgelegte Strecke bei nordwestlichen Stürmen kürzer ist als die Förderweite einer Fluttide, so muß der Boden, der ursprünglich bei Ebbe in Bewegung gesetzt wurde, schließlich den Weg der Flutströmung gehen.

Es ist ersichtlich, daß der Versuch, zur Aufklärung der Bodenverfrachtung den Reststrom heranzuziehen, in die Irre führen müßte. Der Weg der Bodenverfrachtung deckt sich mit dem Reststrom nur, wenn drei Voraussetzungen erfüllt sind: Erstens müssen alle Komponenten des Reststromes gleichmäßig an der Verfrachtung beteiligt sein; zweitens darf die Bewegung des Bodens nicht an bestimmte Windverhältnisse gebunden sein, die einzelne Komponenten und damit die resultierende Strömung einseitig ändern; drittens müssen die Bodenteilchen innerhalb eines Gebietes bleiben, in welchem die Strömungen gleichartig sind, sie dürfen nicht im Verlauf einer Tide in einen Raum gelangen, der andere Stromrichtungen und -geschwindigkeiten aufweist als ihr Ausgangspunkt. Hier ist keine der drei Bedingungen gegeben. Das gleiche wird übrigens für die

<sup>1</sup> Vgl. Hagmeier, a. a. O., S. 28/30.

Sandwanderung in den meisten Fällen zutreffen, namentlich im Gebiet der Riffe und Strommündungen unserer Küste.

Offenbar ist es dem Auftreten des schwersten Seeganges von Nordwesten und seinem Zusammentreffen mit der Richtung des Flutstromes zuzuschreiben, daß das vortertiäre Inselmassiv von Nordwesten her am stärksten angegriffen wurde. Die höchsten Punkte — Hauptinsel und Düne — haben sich nahe am Südostrand des Inselstockes erhalten. Ebenso hat der einseitige Angriff die jetzige Bodengestaltung des Nord- und Südhafens, des Skitgatts und der Dünenklippen: allmählicher Anstieg von Nordwesten her, steiler Abfall nach Südosten hin, ausgebildet. Dadurch ist wieder die einseitige Verfrachtung des Abbruchs nach Südosten bedingt. Unter diesen Verhältnissen wirkt das Inselgebiet für die Bodenwanderung wie ein Wehr, über das der Boden wohl in der Flutrichtung, aber niemals zurückgelangen kann.

Daß die Wanderung nach Südosten auf flachem Wasser auch bei geringeren Windstärken vor sich geht, lehrt eine Beobachtung an der Düne. Die Aade, die fast nur aus Geröll besteht, verliert bei schweren Stürmen an Masse und wird auseinandergewalzt, gelegentlich auch durchbrochen, so daß sie am Ende des Winters gewöhnlich stark mitgenommen ist. Die mäßigen bis starken Nordwestwinde, die vielfach im April bis Juli herrschen, füllen sie dann wieder auf und schließen die Durchbrüche. Das zuwandernde Geröll legt also in einigen Wochen den Weg von den Klippen bis zur Aade zurück. Dagegen finden sich bei keiner Windrichtung größere Mengen Geröll, die von der Aade zurückbefördert sind, an anderen Stellen der Düne wieder. Ebenso wird auf der Brandungsterrasse an der Nordostseite der Hauptinsel das Material der Felsabstürze schon unter normalen Windverhältnissen stets nach Südosten verfrachtet.

Die Wanderungsrichtung wird dabei auch in jedem Teilgebiet für sich innegehalten.

Die vortertiären Schichten fallen unter einem Winkel von 10—18° nach Nordosten. Wie schon Wiebel [6] im einzelnen beschreibt, werden die Schichten von der Seite, nach der sie steigen, d. h. von Südwesten stärker angegriffen als an der Seite, nach der sie fallen. Infolgedessen haben die Dünenklippen einen Steilhang nach Südwesten, eine allmähliche Abflachung nach Nordosten. Nun ist bei schweren Stürmen das Wasser bis zum Spiegel mit Sand erfüllt, wie die Beobachtungen auf den Feuerschiffen beweisen. Doch nimmt der Sandgehalt nach der Tiefe zu, seine Hauptmasse wie auch alles Geröll wird am Grunde rollend bewegt. Es ist nicht anzunehmen, daß die über den Grund geschobenen Massen durch Seegang und Strömung den Steilabfall der Klippen hinaufbefördert werden können. Lediglich ein Teil der geringen Sandmenge in den oberen Wasserschichten kann mit dem Flutstrom, der zuletzt eine kleine Komponente quer zur Längsrichtung der Klippen aufweist, aus dem Nordhafen in das Skitgatt gelangen. Die Hauptmenge des Bodens aus dem Nordhafen wandert zwangsläufig durch den Südhafen. Ebenso kann der aus dem äußeren Abschnitt des Skitgatts in Bewegung gesetzte Boden zum größten Teil nicht über die Steilränder der angrenzenden Klippenfelder hinweggelangen. Er muß das Skitgatt entlang bis an sein flach auslaufendes südöstliches Ende wandern. Hier ist der Rücken der Kreideklippen ebenfalls flach gewölbt. Der Sand wird über den Rücken hinweg und an der Nordostseite der Düne weitergeschoben.

Der aus dem Abbruchfeld fortgetragene Boden wandert also auf zwei getrennten Bahnen nach Südosten. Der Boden aus dem Nordhafen und von den Muschelkalkklippen bewegt sich westlich der Düne — wobei aber nur das Abbruchmaterial der Klippen die Düne selbst berührt —, der Boden aus dem Skitgatt, von den Kreideklippen und von deren Nordostabhang östlich der Düne.

Ganz anderen Gesetzen unterliegt die Bewegung des Bodens auf dem Rücken nordöstlich des Inselgebietes. Wie erwähnt dreht der Strom hier während der ganzen Tide gegen den Uhrzeiger; in gleichbleibender Richtung wirkende Verfrachtungskräfte der Flut oder der Ebbe gibt es nicht. Dazu fehlt die sonst vorherrschende Flutstromrichtung nach Südost. Es läuft also kein Strom in der Richtung des Nordweststurmes, der allein den Grund auf dem Rücken aufrühren kann. Vielmehr setzt der stärkste Flut- und Ebbestrom etwa quer zur Richtung des Nordweststurmes. Daher kann nicht die eine Beförderungsrichtung durch Windwirkung das Übergewicht über die andere erhalten. Bei schwerem Nordweststurm wird der Flutstrom im ganzen eine geringe Ablenkung in der Sturmrichtung nach Südost erfahren. Dafür hat der Ebbestrom in der Gesamtwirkung schon unter gewöhnlichen Wetterverhältnissen eine kleine Komponente von der Längsrichtung des Rückens nach Nordwest. So wird der aufgewirbelte Sand, dessen Menge an sich schon geringer ist als in den vorher behandelten Gebieten, nur im Kreise oder in der Längsrichtung des Rückens hin und herbewegt. Eine nennenswerte Verfrachtung zu dem Rücken hin oder von ihm weg und damit eine größere Tiefenänderung ist nicht zu erwarten.

**Rückschlüsse auf die Verfrachtung aus Bodenuntersuchungen.** Daß der Boden des Abbruchfeldes im Endergebnis in der Richtung Nordwest—Südost wandert und daß die Wanderbahnen in der beschriebenen Weise getrennt sind, wird durch die Untersuchungen von Ilse Voelcker über die Geröllwanderung auf der Düne [27] und über die Schweremineralien der Sande der Düne [28] bestätigt. In der Geröllschicht, die den Boden des südlichen Nordhafens, des Wals und des Süd-

hafens bedeckt, sind hauptsächlich Bruchstücke vom Buntsandstein der Hauptinsel enthalten. Auf der Düne findet sich dagegen Buntsandstein so selten, daß das Vorkommen praktisch gleich Null zu setzen ist. Der durch Nord- und Südhafen wandernde Boden kommt also über die Ostgrenze des hier durchlaufenden Tidestromes nicht hinaus. Das Geröll des Dünenstrandes setzt sich fast nur aus kristallinen Bestandteilen, Feuersteinen und Muschelkalk zusammen. Die kristallinen Stücke stammen aus diluvialen Bänken, die Feuersteine z. T. ebendaher, überwiegend aus dem östlichen Dünenklippenzug. Da diluviale Bänke an vielen Stellen in der weiteren Umgebung der Insel anstehen (vgl. S. 21), sind diese beiden Geröllkomponenten zur Feststellung der Wanderwege nicht brauchbar. Die Muschelkalkstücke können dagegen nur aus dem Klippenzug des Wittekliffs nordwestlich der Düne herrühren. Sie finden sich vorwiegend am Südweststrand der Düne bis zur Wurzel der Aade und machen dort die Hauptmasse des Gerölls aus. Die Aade wird von schwerer See oft überflutet, das Geröll dabei stark vermischt; von der Aadewurzel nach Südosten hin nimmt der Muschelkalk nach Mengenanteil und Korngröße schnell ab. Kreidegerölle sind spärlich vertreten, verhältnismäßig am meisten an der Nordecke der Düne, wo der höchste Rücken der Kreideklippen den Dünenstrand erreicht. Da der steile Nordoststrand im Gegensatz zur flachen Südwestseite fast nur aus kristallinem und Feuersteingeröll besteht und unter stärkerer Brandung liegt, beginnt die Aufarbeitung der Kreide schon an der Ankunftsstelle. Auf der Aade ist der Kreideanteil fast verschwunden. Das Strandmaterial der Düne wird von der Brandung immer nach der jeweiligen Leeseite geschoben, also mit wechselndem Winde dauernd um die Düne herumgetragen und vermengt; infolgedessen findet sich Muschelkalkgeröll natürlich auch am Nordoststrand, Kreidegeröll auch am Südweststrand. Trotzdem ist die ursprüngliche Trennung der Wanderbahnen, die von den Ursprungsgebieten, den Klippenfeldern her innegehalten wird, nicht ganz verwischt: Das Muschelkalkgeröll wandert vorwiegend an der Südwestseite, das Kreidegeröll vorwiegend an der Nordostseite der Düne, und zwar, wie die Aufarbeitung beweist, nach Südosten.

Zu demselben Schluß kommt die Schwermineraluntersuchung. Die Sande der Düne zeigen die gleiche Schwermineralzusammensetzung wie die Deutsche Bucht, vermehrt um Komponenten, die aus dem Abbau der Dünenklippen herrühren, während kennzeichnende Buntsandsteinkomponenten weniger vertreten sind.

Die Übereinstimmung dieser Ergebnisse mit den aus den Seegangs- und Strömungsverhältnissen gezogenen Folgerungen legt den Versuch nahe, auch den Verbleib des Bodens nach dem Durchwandern des Inselgebietes durch vergleichende Bodenuntersuchung zu prüfen. Die Schwermineralanalyse wird freilich keine Ergebnisse liefern. Die Menge des über die Düne selbst wandernden Sandes ist so klein, daß seine Anreicherung mit kennzeichnenden Begleitmineralien sich in dem großen Raum südöstlich des Inselstockes, auf dem der Sand abgesetzt wird, zu sehr verdünnt. Leichter zu verfolgen ist der Verbleib des Buntsandstein-, Muschelkalk- und Kreidegerölls. Neben den Muschelkalk- und Kreidebruchstücken, die auf dem Tidestrand der Düne entlang geschoben und aufgearbeitet werden, wandern andere auf dem unterseeischen Vorstrand der Düne vorbei, deren Menge wohl groß genug ist, um im Ablagerungsfeld feststellbar zu sein. Zwar haben diese Gerölle anderes Raumgewicht und andere Korngröße und werden deshalb von Seegang und Strömung anders fortbewegt als der Sand. Immerhin wird der Verbleib des Gerölls Schlüsse auf die Verfrachtung des Sandes zulassen. Im wesentlichen wird die Annahme zutreffen, daß beide auf gleichen Bahnen befördert werden, daß das Geröll wegen seiner größeren Abmessungen lediglich langsamer wandert und beim Nachlassen der bewegenden Kräfte früher zur Ruhe kommt als der Sand. Aus der nächsten Umgebung der Insel liegt schon eine Reihe von Grundproben vor, die gelegentlich vom Vermessungsschiff „Hyäne“ 1912 und auf Studienfahrten der Biologischen Anstalt Helgoland gesammelt sind. Werden die Lücken im Netz der Entnahmepunkte planmäßig ergänzt und die Untersuchungen auf einen größeren Umkreis ausgedehnt, so wird mit geringem Aufwand ein genaueres Bild der Verfrachtung zu gewinnen sein.

Das Abbruchsfeld erleidet aber nicht ausschließlich Bodenverluste, sondern erhält zeitweilig auch eine Zufuhr aus anderen Gebieten.

Die zahlenmäßige Untersuchung der Veränderungen im Abbruchsfeld (S. 34ff.) ergibt, daß im Nordhafen, im Skitgatt und auf dem Nordosthang der Dünenklippen, d. h. in den Teilgebieten mit Sandgrund, keine ununterbrochene Austiefung erfolgt, sondern dazwischen gelegentlich Aufhöhungen vorkommen. Auch auf der Brandungsterrasse an der Nordostseite der Hauptinsel — bezeichnenderweise aber nicht an der Südwestseite — tauchen manchmal kleine Sandablagerungen auf. Zum Beispiel bedeckte sich die Terrasse vor der Nordostmauer bald nach deren Erbauung 1928 auf ihre ganze Länge und in etwa 10 m Breite mit Sand. Ähnliche Ablagerungen beschreibt Hagmeier a. a. O. Sie zeigen sich nur nach schweren Sturmzeiten, in der langen Ruhepause zwischen 1928 und 1936 sind sie ausgeblieben. Nach wenigen Jahren verschwinden sie gewöhnlich wieder. Der Sand ist etwas gröber als der auf der Düne. Da die Vermessungen des Abbruchsfeldes um 20 Jahre und mehr auseinanderliegen und die kleinen Ablagerungen sich nicht durch Peilungen ver-

folgen lassen, ist es bisher nicht möglich, über die Entstehung und das weitere Schicksal der Aufhöhungen Näheres zu sagen. Sicher ist nur, daß es sich um Sandwellen handelt, die von Nordwesten her in das Abbruchfeld einwandern. Zwar zeigen die genauen Vermessungen des Gebietes nordwestlich Helgoland, die leider nicht viel über Sellebrunn hinausreichen, von 22—23 m Tiefe ab keine große Veränderung mehr. Der Sand muß aus weiterer Entfernung und aus noch größeren Tiefen stammen, in denen eine Einwirkung des Seeganges auf den Grund bisher nicht nachzuweisen ist. Nach S. 3 zeigt der Meeresboden auf einer längeren Strecke nordwestlich Helgoland einen Steilabfall von 25 auf 35 m. Es ist wahrscheinlich, daß der Steilabfall oberhalb der Grenztiefe in diesem offenen Seeraum liegt, zumal die freie Sturmsee auf der ansteigenden Fläche zur Grundsee wird. Sehr schwere Weststürme schieben dann also an dem Abhang Sand hinauf, der bei Nordweststurm mit dem Flutstrom weiter auf den Inselstock zuwandert.

Ebenso wichtig wie die Frage, ob eine Zufuhr zur Düne heute tatsächlich noch stattfindet, ist die andere, ob das Ursprungsgebiet der Zufuhr erschöpfbar ist oder nicht. Die Sandeinwanderung in den Nordhafen und das Skitgatt von See her bildet eine Quelle, die vielleicht wenig ergiebig ist, aber mindestens für lange Zeit nicht versiegen wird. Die Frage muß deshalb geklärt werden, falls die Düne nicht aufgegeben wird. Hierzu würden einfache, doch möglichst oft zu wiederholende Längspeilungen in der Mittellinie des Nordhafens und des Skitgatts genügen, um den Eintritt der Bodenwellen über die 20 m-Tiefengrenze, ihre Wanderungsgeschwindigkeit, ihren Umfang, ihre Häufigkeit und ihren Zusammenhang mit Richtung und Stärke des Seegangs zu erfassen. Damit ist freilich die Frage nach dem Ursprungsgebiet der Sandeinwanderung noch nicht gelöst.

Durch Vergleichspeilungen in dem vermutlichen Quellgebiet wird die Antwort nicht gefunden werden können. Eine Tiefenzunahme von 10 cm z. B. ist durch Peilungen nicht nachzuweisen, sie liegt bei 25—30 m Wassertiefe und großer Entfernung von der Insel schon innerhalb der Fehlergrenze der Lotungen und der Beschickung auf Kartennull. Eine solche geringe Zunahme liefert jedoch von 1 km<sup>2</sup> Meeresfläche bereits 100 000 m<sup>3</sup> Boden. Bei den großen in Betracht kommenden Flächen ergeben sich bedeutende Mengen, die, wenn auch nur ein geringer Teil an die Düne gelangt, für deren Erhaltung schon von Wert sind. Ist die Tiefenzunahme in dem Quellgebiet aber von einer Größenordnung, die den Vergleich von Vermessungen erlaubt — das müßte mindestens 1 m sein —, so liefert sie Sandmassen, welche die durch das Inselfeld insgesamt durchwandernden Mengen um ein Vielfaches übersteigen, also größtenteils anderweitig abströmen; und wir kommen dann der Lösung der Frage für das vergleichsweise kleine Einwanderungsgebiet des Nordhafens und Skitgatts nicht näher.

Wenn überhaupt, können hier nur vergleichende Bodenuntersuchungen weiterhelfen. Freilich wird die reine Schwermineralanalyse nach den Feststellungen von Ilse Voelcker wegen der Gleichartigkeit der Sande in der Deutschen Bucht auch hier versagen. Wir haben aber für die Sandzuwanderung zur Düne noch einen zweiten Hinweis. Sjögren [10] hat um 1885 festgestellt, daß der kristalline Anteil an dem Strandgeröll der Düne (Muschelkalk und Kreide nicht mitgerechnet) etwa 10—12 vH. betrug. Er konnte die primären skandinavischen Herkunftsstätten der Geschiebe im einzelnen bestimmen. Nach den Auszählungen von Ilse Voelcker [27] im Jahre 1933 ist der Anteil der Geschiebe auch jetzt noch etwa der gleiche. Wir haben gesehen, daß das Material des Strandes auf der Düne schnell nach Südost zur Aade hin und weiter in die See verfrachtet wird. Das kristalline und Feuersteingeröll wird außerdem auf der Aade, die sich fast nur aus solchem zusammensetzt, ebenso wie Muschelkalk und Kreide, nur langsamer von der Brandung aufgearbeitet. Feststellungen über die Geschwindigkeit der Wanderung und der Aufbereitung sind recht schwierig und bisher nicht gelungen. Ich schätze aber, daß das Geröll sich höchstens 1—2 Jahre, meistens wohl noch kürzere Zeit auf der Düne hält. Die Geschiebe können also nicht aus einem früheren Zeitabschnitt stammen, in welchem die Brandung diluviale Schichten, die im Zusammenhang mit der Insel oder in ihrer Nähe anstanden, aufarbeitete und die Geschiebe zur Düne beförderte. Vielmehr müssen sie heute noch der Düne zuwandern. Anstehende diluviale Bänke mit Moränenpakungen kommen in der weiteren Umgebung Helgolands vielfach vor. Immerhin sind die nächsten, der Steingrund ostnordöstlich der Insel und eine Bank etwa 4 sm nördlich Sellebrunn, schon 6 und 7 sm von der Düne entfernt und liegen in einer Richtung, aus der eine Zufuhr zur Düne nicht wahrscheinlich ist. Nach Kartenvergleichen hat es auch nicht den Anschein, als ob die Bänke von der See abgetragen werden. Nach den Grundproben finden sich aber auch zahlreiche Geschiebe überall auf dem Meeresgrund verstreut, und die Annahme, daß es diese Geschiebe sind, die aus irgendwelchen Gebieten zur Düne gelangen, ist wahrscheinlicher. Die Vermutung liegt nahe, daß sie aus denselben Gebieten stammen wie der Sand und daß beide auf denselben Wegen der Düne zuwandern. Gelingt es, die sekundären Herkunftsstätten der Geschiebe (deren Menge an sich für den Bodenhaushalt der Düne belanglos ist) festzustellen, so ist zugleich die Frage nach der Herkunft der Bodenwellen, die in den Nordhafen und das Skitgatt einwandern, beantwortet. Dazu gehört freilich ein dichtes Grundprobennetz auf ausgedehntem Raum. Aber die Bedeutung der Frage

nicht allein für die Düne, sondern auch für die Klärung der Sandzufuhr aus der offenen See zur Küste rechtfertigt die Mühe wohl.

Bisher können wir also nur nach den Seegangs- und Strömungsverhältnissen mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß das Ursprungsgebiet der Sandzufuhr zur Düne in dem Quadranten westlich bis nördlich des Inselgebietes zu suchen ist, und daß der Sand nur auf dem Wege über Nordhafen, Skitgatt und Nordostabhang der Kreideklippen heranwandern kann.

## 2. Kräftewirkung auf die Düne selbst.

Die Angaben des Schrifttums über Größe, Abbruch und Zunahme der Düne weichen oft sehr voneinander ab. Die Widersprüche finden ihre Erklärung in unterschiedlichen Auffassungen über die Grenzen der einzelnen Dünengebiete. Zum Beispiel fällt die Länge der Düne verschieden aus, je nachdem man als „Düne“ die Gesamtdüne einschließlich der Aade oder nur ihr Sandgebiet ohne die Aade ansieht. Ebenso wird die Grenze der „Hohen Düne“ oder der „Dünenhügel“ oft verschieden angenommen, weil der Fuß der Düne an manchen Stellen ohne Brechpunkt in den Strand übergeht. Ein Beispiel für die Verwirrung, die hierdurch entsteht, bietet die Zusammenstellung von Brohm [15] über die Schwankungen der Länge und Breite der Düne. Der dort aufgeführte Wechsel etwa in der Breite der Hohen Düne von 65,5 m auf 125 m, wieder 64,5 m und schließlich 106 m innerhalb von sechs Jahren ist unmöglich und steht auch zu den Vermessungen in Widerspruch. Die Bezeichnungen müssen deshalb eindeutig festgelegt werden.

In der folgenden Untersuchung gilt die Benennung „unterseeischer Vorstrand“ für den Meeresgrund von der Grenze des Sandkegels der Düne auf dem Felsen bis zur Linie des mittleren Springniedrigwassers. Der „nasse Strand“ oder „Tidestrand“ ist die regelmäßig überflutete Fläche zwischen der Linie des mittleren Springniedrigwassers und der des mittleren Springhochwassers. Hieran schließt sich bis zum Fuß der Hohen Düne der nur von höheren Wasserständen erreichte „trockene Strand“ an. Unterseeischer Vorstrand, nasser und trockener Strand bilden zusammen die „Unterdüne“ im Gegensatz zur „Hohen Düne“.

Der Fuß der Hohen Düne liegt, soweit er ausgeprägt ist, etwa in Höhe des Wasserspiegels der höchsten Sturmfluten. Die Grenze der „Hohen Düne“ wird deshalb einheitlich zu +4,50 m KN angenommen. Die Hohe Düne setzt sich zusammen aus jungen, losen Bildungen, der „Vordüne“, und altem, festgelagertem und gut durchwurzeltem Bestand, der „Kerndüne“. Die Vordüne reicht im allgemeinen bis +6 m KN hinauf. Das Gebiet innerhalb der 6 m-Höhenlinie ist Kerndüne.

Ferner wird unter „Düne“ die Gesamtdüne einschließlich der Aade verstanden, unter „Sanddüne“ die hauptsächlich aus Sand aufgebaute eigentliche Düne bis zum Ansatz der Aade, unter „Aade“ die fast ganz aus Geröll bestehende südöstliche Verlängerung. Die Grenze zwischen Sanddüne und Aade ist nach der heutigen Lage des Überganges von vorwiegendem Sand zu vorwiegendem Geröll angenommen. Sie kann für alle früheren Vermessungen beibehalten werden, weil die Düne sich in der Längsrichtung nicht verschoben hat.

Schließlich wird, soweit die Wasserstände nicht besonders unterschieden werden müssen, die Bezeichnung „NWss.“ für das mittlere Springniedrigwasser (Null der Seekarten und der Dünenaufnahmen), „HWss.“ für das mittlere Springhochwasser gebraucht.

### a) Sandhaushalt der Unterdüne.

Auf dem flachen Wasser im engeren Gebiet der Düne kommt nicht nur die eine Windrichtung aus Nordwest, sondern auch eine Reihe anderer zur Geltung. Infolgedessen ist die Wirkung der verändernden und der erhaltenden Kräfte weniger einfach als in dem umgebenden Seeraum.

Wie an jeder Sandküste, trägt auch an der Düne schwerer Seegang den Strand ab, während mäßiger Seegang Sand zum Strande hinschiebt. Dieser Seegang kann aber den Sand des Grundes nur bis zu geringer Tiefe, d. h. in der nächsten Umgebung der Düne in Bewegung setzen<sup>1</sup>. Im engsten Umkreis der Düne setzt nun die Strömung nirgends unmittelbar auf den Strand zu, abgesehen von den Wirbeln an der Aade, wo jedoch der Grund steil auf große Tiefen abfällt. Folglich ist an der Zufuhr des Sandes unmittelbar zum Strand der Seegang allein beteiligt.

Durch die eigenartigen Tideströmungen, durch die Gestalt der Düne und durch die Wirkung der Klippenfelder auf den Seegang wird aber der einfache Vorgang der Sandbewegung im Strandgürtel, wie er sich etwa an einer geraden langgestreckten Küste mit ungestörter Strömung abspielt, an der Düne sehr verwickelt. Es ist nicht möglich, die Sandbewegung bis in alle Einzelheiten zu klären, zumal es sich unserer Kenntnis entzieht, in welchem Maß die bei ruhigem Wetter gemessenen Strömungen durch starken Wind geändert werden.

Im Gegensatz zu den Küsteninseln, die an der Festlandseite ein zeitweise trockenliegendes, zeit-

<sup>1</sup> Vgl. den Bericht von Schmidt und Heiser [23] zum XV. Internationalen Schiffahrtskongreß über Verteidigung der Küsten gegen das Meer.

weise nur flach überflutetes Watt vor sich haben, ist die Düne allseitig und bei jedem Tidestand von tieferem Wasser umgeben und hat dazu einen geringen Umfang. Die Erscheinung des Einschwenkens der Brandungswellen gegen den Strand, und zwar bei jeder Windrichtung von allen Seiten, ist infolgedessen bei der Düne außerordentlich scharf ausgeprägt. Der gegen den Wind laufende, dünungsartige Seegang an der Leeseite ist aber zu schwach, um noch Sand aus dem unterseeischen Vorstrand gegen die Düne hin in Bewegung zu setzen oder den Dünenstrand anzugreifen. Bei leichten und mittleren Winden lehrt dies der Augenschein; das Wasser bleibt an der Leeseite stets klar, abgesehen von der wenige Meter breiten Grenzzone, in der die Brandungswelle beim letzten Brechen unmittelbar auf den Strand fällt. Aber auch bei starkem Wind bricht niemals der Strand an der Leeseite ab. Sandzufuhr und Sandabtrag erfolgen immer nur an der Luvseite.

Brandung, die senkrecht auf den Strand läuft, kann den aufgewühlten Sand nicht seitwärts, sondern nur in einer zum Strand senkrechten Linie hin und her befördern. Trifft die Brandung den Strand aber unter einem gewissen Winkel, so schiebt sie bekanntlich den Boden in einer Zickzackbewegung auch seitwärts. Ebenso wirken die Strömungen, die unmittelbar an der Düne, abgesehen von der Aade, mit dem Strand gleichlaufen. Der Sand wandert also in der Resultierenden der Bewegungskomponenten von Brandung und Strömung. Dadurch können Sandteilchen, die von der Brandung allein dem Strande zugeschoben würden, an die beiden Spitzen der Düne wandern und den Bereich der Luvbrandung verlassen, bevor sie den Strand erreicht haben. Ebenso können Sandteilchen, die bei schwerer Brandung vom Strand losgerissen werden, an den Dünenspitzen aus dieser schädlichen Brandung herausgelangen, bevor sie in größere Tiefen gezogen sind. Da die Brandung aber auch an der Leeseite senkrecht oder annähernd senkrecht gegen den Strand läuft, so werden die Sandteilchen, soweit sie um die Dünenspitzen herumwandern, und soweit sie sich im inneren Brandungsgürtel befinden, hier nicht von der Düne weggeführt, sondern schwebend erhalten, bis sie sich an den ruhigsten Stellen wieder ablagern.

Der Sand, der sich in der Flutstromrichtung bewegt, gelangt an die Südostspitze der Aade. Das Herumwandern um die Spitze wird hier von der Strömung begünstigt. Weil die Spitze aber steil in große Tiefen abfällt, so schwenkt die Brandung erst hart vor dem Strand gegen ihn ein und vermag auch nur in dem sehr schmalen Bereich geringer Tiefen den Sand schwebend zu halten. Um die Aade herum können also nur kleine Sandmengen an der Düne entlanggeschoben werden. Darum sind auf der Aade, die fast ganz aus Geröll besteht und Sandablagerungen leicht erkennen läßt, niemals erhebliche Sandmengen zu finden. Der Hauptteil des Sandes, der in etwas größerer Entfernung vom Strand wandert, gerät an der Südostspitze in den Bereich der freien Windsee und wird von der Strömung in die großen Tiefen südlich bis östlich der Aade getragen, aus denen er nicht wieder zum Vorschein kommt.

Es ist aber für die Erhaltung des Sandes an der Düne günstig, daß an ihrer Nordostseite während eines großen Teils der Flut ein Nehrstrom in nordwestlicher Richtung zeitweise bis Buhne V hin setzt. Infolgedessen ist an der Nordostseite die Sandverfrachtung nach Südost während der Flutide und damit der Sandverlust in die großen Tiefen geringer, als wenn an dieser Seite regelrechter Flutstrom entlangliefe. In dieser hemmenden Wirkung des Nehrstromes liegt aber auch der einzige Nutzen, welchen der um die Aade herumsetzende Kreisstrom für die Erhaltung des Sandes bringt.

Der Ebbestrom schiebt den in Bewegung gesetzten Sand zur Nordwestspitze der Düne, aber nicht um sie herum, denn an der Nordwestspitze sind keine Strömungen quer zur Längsachse der Düne vorhanden. Die Verfrachtung auf die Leeseite wird hier allein durch die Zickzackbewegung der Brandung besorgt. Die flache Neigung des Strandes und die ausgedehnten Flächen mit geringer Wassertiefe sind dafür günstig. Auch die dauernden Veränderungen des Strandes an der Nordwestspitze und der Nordseite der Düne deuten darauf hin, daß die Sandverfrachtung um die Nordwestspitze herum bei weitem die stärkere ist. Recht aufschlußreich war eine Beobachtung im September 1933: Ein Sandsack, der damals bei anhaltendem starken Nordwind zur Deckung eines Strandeinbruchs neben der Buhne V nahe der Niedrigwasserlinie eingebaut wurde, fand sich am nächsten Tage an der Südwestseite zwischen Buhne VII und VIII unversehrt mit Inhalt wieder. Der Sack kann trotz des nördlichen Windes nicht um die Aade herumgewandert sein, er wäre dort vom Geröll zerschissen. Er ist vielmehr während der ersten Flut nach dem Einbau annähernd an der ursprünglichen Stelle geblieben, mit der nächsten Ebbe nach der Nordwestspitze befördert und mit der zweiten Flut an der Südwestseite entlang gewandert.

Im ganzen geht also von dem bei Flut bewegten Sand ein großer Teil verloren, während der bei Ebbe bewegte zumeist der Düne erhalten bleibt.

Diese allgemeinen Gesetze der Verschiebung des Sandes an der Düne erfahren nun mit jeder Windrichtung Abwandlungen, je nach der Stärke des Seeganges, den der Wind erzeugen kann, und nach dem Winkel, den er mit den Flut- und Ebbeströmungen und mit dem Strande bildet.

Die häufigsten Winde aller Geschwindigkeitsstufen wehen aus Südwest. Sie finden vor der

südöstlichen Hälfte des Südweststrandes ein ausgedehntes Vorfeld von 2—4 m Tiefe, aus welchem wenigstens die stärkeren Winde Sand an die Düne heranzuschieben vermögen. Die Verteilung des Buntsandsteingerölls beweist aber, daß die Hauptmasse des aus dem Nordhafen über den Wal herankommenden Bodens im Stromstrich des Südhafens, d. h. in den Tiefen von mehr als 6 m in größerem Abstand von der Düne, weiterwandert. Aus diesen Tiefen konnte schon vor Erbauung des Marinehafens selbst schwerer Seegang aus Südwest, der durch die südöstliche Brandungsterrasse der Hauptinsel abgeschwächt wurde, keinen Sand in Bewegung setzen. Der Südwestwind vermochte also nur geringe Mengen der Düne zuzuführen. Diese kamen aber größtenteils wirklich an den Strand heran, weil der Südwest senkrecht auf die Düne weht, die stärkste Beförderungskomponente quer zur Stromrichtung hat und den schädlichen Flutstrom nicht verstärkt. Von dem Rest gelangte weiter ein größerer Anteil zur Nordwestspitze. Hier herrschte bei Südwestwind wieder die schnellste Querbeförderung nach der Nordostseite und an der Nordostseite selbst das wirksamste Lee. Aus denselben Gründen lagerte ein großer Teil des Sandes, der bei Sturm am Südweststrand fortgespült wurde, sich an der Nordostseite wieder an und blieb der Düne erhalten. Da Südwestwind selten mit hohen Wasserständen verbunden ist, so war überdies der Angriff nicht sehr stark. Im ganzen wirkte also mäßiger Südwestwind günstig, wenn auch in geringem Maße; Sturm aus Südwest war nur mittelbar schädlich, indem er durch Verlagerung des Sandes von der Südwest- nach der Nordostseite den Südweststrand verschmälerte und den gefährlichen Angriffen der West- bis Nordweststürme vorarbeitete. Die Erbauung des Marinehafens hat den Einfluß des Südwestwindes auf die Düne nahezu aufgehoben.

Bei Westsüdwest-, West- und Westnordwestwind wurde schon vor Bestehen der Hafentmolen der unmittelbar auf die Düne gerichtete Seegang durch die Hauptinsel abgefangen. Die See rollte aber südlich und nördlich um die Insel herum. Die südlich um die Insel herumgreifende See konnte bei mäßigen Windstärken noch weniger als bei Südwestwind Sand gegen die Düne hin in Bewegung setzen. Der nördlich der Insel durch den Nordhafen laufende Seegang traf im Nordhafen selbst und auf dem Wal gleichfalls Wassertiefen über 6 m. Der Gürtel des unterseeischen Vorstrandes mit geringen Tiefen, der Sand liefern könnte, ist hier vor der Düne schmal, und wegen des steilen Anstiegs dreht die Brandung auch nur unvollkommen auf den Strand zu. Außerdem verstärken diese Windrichtungen den Flutstrom und hemmen den Ebbestrom; soweit überhaupt Sand in Bewegung geriet, mußte er zumeist verlorengehen, bevor er an die Leeseite der Düne gelangte. Sehr gefährlich waren die Windrichtungen Westsüdwest bis Westnordwest bei Sturm. Da sie vielfach, bei Westnordweststurm stets mit hohen Wasserständen verbunden sind, wurde die wellenbrechende Wirkung der Buntsandsteinterrasse gemindert. Namentlich war es die südlich herumlaufende See, die bei der Verstärkung des Flutstromes große Sandverluste hervorrief; denn auf dem allmählich ansteigenden Grunde, der sich vom Wal ab südostwärts vor der Düne ausbreitete, schwenkte sie voll gegen den Südweststrand ein und griff diesen in ganzer Front an. Die nördlich um die Insel rollende See hatte eine geringere Wirkung, weil sie nördlich vom Wal nur wenig auf die Düne zudrehen konnte, im wesentlichen an der Düne entlang lief und weiter südlich durch den Wal nochmals abgeschwächt wurde. Im ganzen waren also Winde aus Westsüdwest bis Westnordwest bei jeder Stärke ungünstig, indem mäßige Winde das Vorfeld ausräumten — wenn auch nur in geringem Maße —, Stürme die Düne selbst angriffen und der aufgerührte Sand zum größten Teil mit dem Flutstrom verlorenging.

Die Erbauung des Marinehafens änderte dieses Bild grundlegend. Die Hafentmolen wurden zwar bald nach der Fertigstellung wieder gesprengt; aber auch ihre Trümmer, die bis NWss. emporragen, brechen die See fast ganz. Es tritt seitdem außerordentlich scharf in Erscheinung, daß auch schwere Sturmfluten der Düne keine großen Schäden bringen, solange der Wind nicht über Westnordwest hinausdreht. Unbedeutende Sandverluste, durch die nördlich um die Insel laufende See verursacht, scheinen jetzt noch im Vorstrand aufzutreten.

Bei Nordwestwind ist mäßiger Seegang ebenfalls nicht imstande, der Südwestseite der Düne vom Nordhafen her Boden zuzuführen. Günstig sind die Verhältnisse dagegen auf der Nord- und Nordostseite etwa von Buhne III bis V. Der durchschnittlich bis NWss. aufsteigende Rücken der Kreideklippen bildet hier ein ausgedehntes Vorfeld, auf dem der Seegang sich voll gegen den Strand drehen und schon bei geringer Stärke Sand in Bewegung setzen kann. Die Reste des aus dem Skitgatt und am Nordostabhang der Klippen heranwandernden Sandes, die in dünnen Schleiern auf dem Rücken liegen bleiben, bilden zweifellos die Hauptquelle der Sandzufuhr zur Düne. Dazu wird an der Nordostseite der verlustbringende Flutstrom wie erwähnt durch Nehrstrom gehemmt. Nordwestwinde bis etwa Stärke 6, die im April, Mai und Juni oft anhaltend wehen, sind daher für die Düne vorteilhaft.

Die Sturmsee aus Nordwesten wird durch die Muschelkalk- und Kreideklippen abgeschwächt und trifft die Düne unmittelbar an der Schmalseite. Da aber Nordweststürme den stärksten Seegang und die höchsten Wasserstände bringen, waren sie in der Einzelwirkung stets die verderb-

lichsten. Vor Erbauung des Marinehafens brachen sie durch Herumgreifen südlich um die Hauptinsel auch den Südweststrand ab. Die Marinemolen haben diesen Angriff ebenfalls unterbunden. Dagegen ist der Angriff auf die Nordostseite durch das Einschwenken der Wellen auf dem ansteigenden Grund unbeeinflusst geblieben und heute der gefährlichste. Zwar ist auf den Wassertiefen von 10 bis 15 m, die nordöstlich der Düne stehen, die ursprüngliche Windsee nicht so hoch wie etwa nordwestlich und westlich des Inselgebietes, und sie verliert durch das Einschwenken auf die Düne bis fast quer zur Windrichtung weiter an Kraft. Sie hat aber auf dieser Seite keine Klippen zu überschreiten und greift auf langer Strecke an. Infolge der Lagenänderung der Düne dehnt der Angriff sich allmählich weiter nach Südosten aus. Er erstreckt sich zur Zeit bei den meisten Nordweststürmen bis 200 m südöstlich Buhne VI. Gefährlich sind die Nordweststürme auch deswegen, weil sie die Tidedrömungen am ungünstigsten beeinflussen. Vor Erbauung des Marinehafens kam weiter hinzu, daß sich an keiner Seite der Düne ein ruhiges Lee ausbilden konnte; jetzt ist dies allerdings an der Südwestseite bis zu einem gewissen Grade der Fall.

Nordnordwest- und Nordwinde sind für die Sandzufuhr zur Düne vom Klippenfeld her noch günstiger als Nordwestwind; sie fallen jedoch in der Häufigkeit gegen den Nordwest stark ab. Stürme aus diesen Richtungen, die nur vereinzelt auftreten, bringen keinen so schweren Seegang und so hohe Wasserstände wie der Nordwest. Ihr Angriff auf die Nordostseite der Düne ist aber recht hart. Die ursprüngliche Richtung der Windsee steht steiler auf den Strand, die Brandung verliert beim Einschwenken nicht soviel Kraft wie bei Nordweststurm.

Winde aus Nordnordost über Ost bis Südost bringen der Düne eine Sandzufuhr, deren Stärke mit der Rechtsdrehung des Windes von Nordnordost nach Südost abnimmt. Südöstlich Buhne VI stehen vor der Düne große Tiefen, aus denen der schwache Seegang bei östlichen Winden keinen Sand heraufzuholen vermag. Die Sandzufuhr beschränkt sich auf den Klippenrücken nördlich der Düne zwischen Buhne III und V, und hier wird der Winkel zwischen der ursprünglichen Richtung der Windsee und dem Strand um so ungünstiger, je südlicher der Wind steht. Bei Ost- bis Südostwinden wird sogar der größere Teil des auf dem Klippenrücken liegenden Sandes in das Skitgatt zurückgeschoben, und nur eine kleine Menge gelangt mit der einschwenkenden Brandung an den Strand. Auch lagert auf dem Klippenrücken immer nur eine dünne Sandschicht (Abb. 8), die vom Skitgatt und dem Nordostabhang des Klippenfeldes her mit Nordwest- bis Nordwind ergänzt werden muß. Die nördlichen Winde bleiben darum für die Versorgung der Düne mit Sand ausschlaggebend.

Stürme aus Nordnordost bis Südost erzeugen keinen Seegang, der der Düne gefährlich werden könnte, zumal sie meistens mit niedrigen Wasserständen verbunden sind.

Gleichartig liegen die Dinge für Winde aus Südsüdost bis Südsüdwest, die für die Südwestseite der Düne aufländig sind.

Es sind also alle Winde von Nordnordost über Ost und Süd bis Südsüdwest für die Düne vorteilhaft, und zwar bis zu hohen Windstärken, wenn auch nur in bescheidenem Maße. Der Bau des Marinehafens hat diese Verhältnisse nicht geändert.

Die Wirkung der Winde auf die Düne ist wie folgt zusammenzufassen:

Vor der Erbauung des Marinehafens war Südwestwind in mäßiger Stärke für die Düne günstig, in Sturmstärke nur mittelbar schädlich. Westsüdwest- bis Westnordwestwind war in allen Stärken der Düne abträglich. Nordwest- bis Nordwind war in mäßiger Stärke für die Erhaltung der Düne am wichtigsten, da er die Hauptquelle der unmittelbaren Sandzufuhr, den Klippenrücken nördlich der Düne, von Nordwesten her mit Sand versorgte, außerdem auch Sand an die Düne selbst heranschob. Stürme aus diesen Richtungen waren gefährlich, besonders solche aus Nordwest, welche die Düne von beiden Seiten angriffen. Die übrigen Winde, von Nordnordost über Ost bis Südsüdwest, wirkten mehr oder weniger günstig, und zwar bis zu hohen Windstärken, in keinem Fall aber schädlich. Die Erbauung des Marinehafens hat den Einfluß des Südwestwindes ausgeschaltet, den nachteiligen Einfluß der Westsüdwest- bis Westnordwestwinde, die in der Gesamtwirkung wegen ihrer großen Häufigkeit der Düne am meisten Abbruch taten, nahezu aufgehoben und auch für den Nordweststurm den Angriff auf die eine Seite der Düne unterbunden. Sie hat also die Angriffe auf einen Bruchteil der früheren Stärke und Häufigkeit herabgedrückt, dagegen die Sandzufuhr kaum beeinträchtigt.

Bei den fortwährenden Umlagerungen des Sandes von Luv nach Lee geht aber nicht nur ein Teil jedesmal sofort mit der Flut verloren, sondern auch der auf der Düne verbleibende Teil wird durch das Übergewicht der Wirkung des Nordwestwindes allmählich nach Südosten geschoben und verschwindet schließlich über die Aade. An dem Sand selbst ist dies freilich nicht festzustellen. Den Aufschluß liefert aber die Verfrachtung des Strandgerölls (S. 20 und 21). Es ist klar, daß der leichter bewegliche Sand dieser vorherrschenden Wanderung nach Südost noch mehr unterliegt.

Es lag nahe, diese Schlüsse durch einen Vergleich des Sandgewinns und -verlustes der Düne mit den beobachteten Winden zu prüfen. Die Strömungen konnten dabei außer Betracht bleiben.

Denn die reinen Tideströmungen haben sich in langer Zeit nicht geändert; sie könnten deshalb nur einen Beharrungszustand oder eine stetige Zunahme oder stetige Abnahme der Düne zur Folge haben. Die kurzfristigen Schwankungen im Sandinhalt der Düne müssen auf einem ebenso veränderlichen Einfluß beruhen. Diesen bildet allein der Wind, sei es unmittelbar durch die Wirkung der Brandung oder mittelbar durch Beeinflussung der Strömungen.

Der Vergleich begegnet jedoch großen Schwierigkeiten. Jeder stärkere Seegang schiebt bedeutende Sandmassen nach der jeweiligen Leeseite, der Sand des Strandes wandert dauernd hin und her. Auch neu hinzukommender Sand liegt gewöhnlich nach wenigen Tagen nicht mehr an der Ankunftsstelle, sondern an der entgegengesetzten Seite der Düne. Außerdem wechselt der Sand vielfach zwischen dem nassen Strand und dem unterseeischen Vorstrand. Um von den Inhaltsänderungen kein falsches Bild zu erhalten, muß daher der ganze über dem Felsgrund liegende Sandkegel der Düne erfaßt werden. Es müßte also nach jeder Periode anhaltenden Windes aus derselben Richtung die ganze Düne von der HWss.-Linie abwärts bis zur Grenze des Dünensockels über dem Felsgrund vermessen werden. Dadurch werden die Vermessungen aber zu zeitraubend, um den Zustand nach einer bestimmten Windperiode noch einwandfrei feststellen zu können, zumal sie nur bei ruhigem Wetter möglich sind. So konnte die Düne während der Vorarbeiten zu dieser Untersuchung nur einmal jährlich aufgenommen werden. Aus früherer Zeit liegen gleichfalls nur jährlich einmalige Vermessungen vor. Im Laufe eines Jahres wechseln aber Zeiten des Sandgewinns und des Sandverlustes vielfach ab. Der Nachweis, daß bestimmte Windrichtungen einen Zuwachs oder eine Abnahme bringen, ist also nur möglich, wenn diese Richtungen während des ganzen Jahres einen überwiegenden Einfluß haben; das ist natürlich selten der Fall. Zweitens macht sich der Einfluß der Winde oft erst mit Verspätung bemerkbar. Z. B. veränderte vor dem Bau des Marinehafens die Umlagerung des Sandes von der Südwest- nach der Nordostseite bei Südwestwind den Sandinhalt der Düne unmittelbar nicht; aber der Abbruch des Südweststrandes schuf die Vorbedingung für starke Angriffe und bleibende Sandverluste bei West- bis Nordwestwinden, die oft viel später eintraten. Ebenso bricht starker Nordwestwind die Düne selbst ab, schiebt aber gleichzeitig aus den tieferen Lagen des nordwestlichen Vorfeldes Sand heran, der bei günstigen Winden später als Sandzuwachs erscheint. Eine dritte Schwierigkeit beruht auf der Unzuverlässigkeit der Windbeobachtungen. Für Helgoland liegen zwei längere Reihen mit geschätzten Windstärken vor, eine von der Wetterbeobachtungsstelle des Preußischen Meteorologischen Instituts seit 1873, die andere von der Sturmsignalstelle der Deutschen Seewarte seit 1891. Obwohl die beiden Beobachtungsstellen nur wenige hundert Meter voneinander entfernt liegen, sind die Reihen auf keine Weise in Übereinstimmung zu bringen. Es ist auch nicht zu entscheiden, ob etwa eine für sich allein zuverlässig ist. Ein Windschreiber, der brauchbare Aufzeichnungen liefert, ist erst seit 1927 in Betrieb. Deshalb wurde versucht, Beobachtungen von den Küstenstationen heranzuziehen. Eine Auswertung der wenigen vorhandenen Windschreiberaufzeichnungen, die leider alle vor dem Beginn der regelmäßigen Dünenvermessung (1896) enden, ließ einwandfrei erkennen, daß die Windverhältnisse an der Deutschen Nordseeküste weitgehend gleich sind. Aber die auf Schätzung beruhenden langjährigen Reihen aller Küstenstationen widersprechen einander so völlig, daß sie weder einzeln noch durch Mittelwertbildung verwendbar sind, und es ergab sich, daß das gesamte, viele Jahrzehnte umfassende und in Jahrbüchern niedergelegte Beobachtungsmaterial höchstens für eine Häufigkeitsstatistik über die Hauptwindrichtungen der Windrose, aber für keine darüber hinausgehende Untersuchung Wert hat. Viertens ist schließlich keine zahlenmäßige Beziehung zwischen der Stärke des Windes oder des Seeganges und der Menge des auf verschiedenen Tiefen in Bewegung gesetzten Sandes bekannt. Es ist nur mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß mit steigender Windgeschwindigkeit die Sandbewegung nicht im einfachen Verhältnis, sondern in stärkerem Maße zunimmt. Diese Unsicherheit läßt sich nur bis zu einem gewissen Grade dadurch ausschalten, daß man die Windstärken, die aus den verschiedenen Richtungen etwa gleich starken Seegang erzeugen, je für sich nach den einzelnen Stärkegraden oder Gruppen von Stärkegraden über die ganze Windrose in ihrem Einfluß auf den Sandinhalt der Düne untersucht.

Unter solchen Umständen war ein befriedigendes Ergebnis des Versuchs, die Beziehung zwischen dem Gang der Winde und der Sandbewegung der Düne aus den Beobachtungen festzustellen, nicht zu erwarten. Immerhin hat sich aus einem Vergleich aller möglichen Kombinationen von Windrichtungen und -stärken mit den jährlichen Vermessungen der Düne ergeben, daß der jährliche Gang folgender Zusammenstellung sich am besten mit der jährlichen Zu- oder Abnahme des Sandinhaltes der Düne vor Erbauung des Marinehafens deckt (Beobachtungsreihe 1897—1907):

+ NW bis N St. 1—6 + NNO bis SW St. 1—12

— (WSW St. 1—5 + W bis WNW St. 1—12 + NW bis N St. 7—12).

In dem Ausdruck sind mit + diejenigen Winde bezeichnet, die eine Sandzunahme zur Folge hatten, mit — diejenigen, die den Sandinhalt verminderten.

Nach Erbauung des Marinehafens (Beobachtungsreihe 1927—1933) lautet die Zusammenstellung, die der Sandbewegung am ehesten entspricht:

+ NW bis N St. 1—6 + NNO bis SSW St. 1—12

— (WSW St. 1—5 + W bis WNW St. 1—12 + NW bis N St. 7—12).

Der Einfluß des Südwestwindes ist also nach Erbauung des Marinehafens ausgefallen.

Im großen und ganzen decken diese Kombinationen sich mit den Schlüssen, die nach den örtlichen Verhältnissen über die Wirkung der verschiedenen Winde gezogen wurden. In Einzelheiten bestehen Widersprüche zu den Schlüssen, z. B. in dem Ausfallen der WSW-Winde über St. 5 in dem ersten Ausdruck, die darnach weder günstig noch ungünstig gewesen wären und den Übergang zwischen den günstig wirkenden SW- und den ungünstig wirkenden W-Winden gebildet hätten. Auch bringen die Kombinationen nicht die primäre Sandzufuhr, d. h. die Zufuhr aus dem Skitgatt und vom Nordostabhang des Klippenfeldes auf den Klippenrücken nördlich der Düne durch die stürmischen Westnordwest- bis Nordwinde zum Ausdruck. Die primäre Zufuhr macht sich allerdings an der Düne selbst erst nach einiger Zeit geltend, so daß der Zusammenhang zwischen den verursachenden Winden und dem Sandzuwachs der Düne verwischt wird. Die Beobachtungsunterlagen sind jedoch zu unzulänglich, um solche Zusammenhänge erkennen zu lassen oder weitere Aufschlüsse zu bringen.

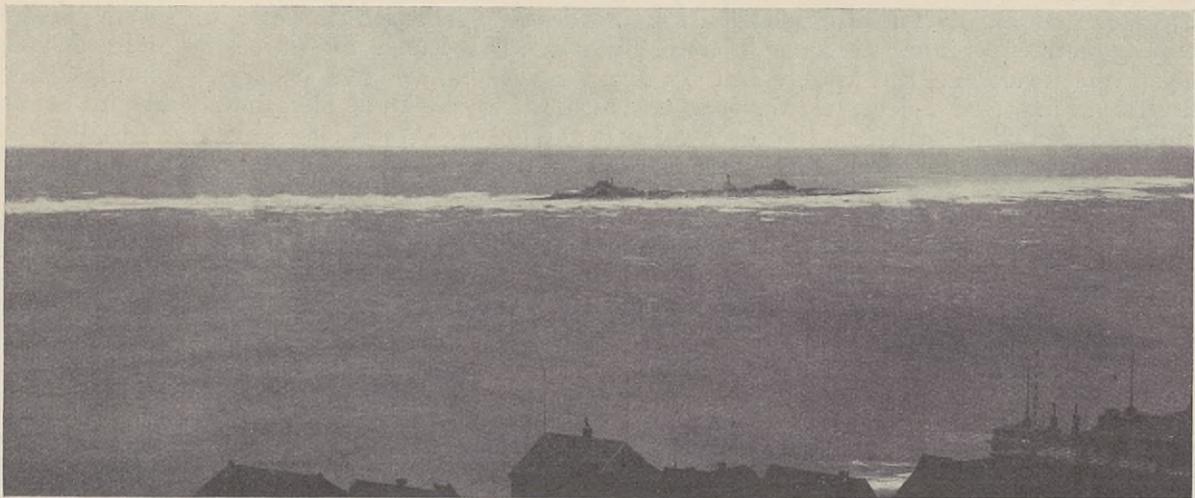


Abb. 12. Die Düne in der Sturmflut vom 5./7. Dezember 1895.

#### b) Sandhaushalt der Hohen Düne.

Eine besondere Stellung nimmt der Sandhaushalt der Hohen Düne ein. Diese kommt bei der Mehrzahl der Stürme nur an den Stellen in Angriff, an denen kein Strand mehr vorhanden ist, sondern der Dünenhang fast unvermittelt bis zur Niedrigwasserlinie abfällt. Das war vor Erbauung des Marinehafens auf dem Südabschnitt der Südwestseite bei Stürmen aus Südwest bis Nordwest und ist jetzt an der Nordostseite bei Nordwest- bis Nordsturm der Fall. Die Verluste sind dann nicht bedeutend, und der Sand lagert sich wie bei der Unterdüne zumeist an der Leeseite wieder an. Anders steht es aber bei den höchsten Sturmfluten, die in etwa zehn- bis elfjährigem Törn einzeln oder zu mehreren bei Westnordwest- und Nordweststurm auftreten. Dann bleibt allein die Hohe Düne mit etwa 5—6 ha wasserfrei (Abb. 12). Diese Fläche ist zu klein, um noch eine ruhige Leeseite schaffen zu können. Außerdem wird die Aade hoch überflutet. Der nach Nordost um die Aade herumsetzende Nehrstrom, der den schädlichen Flutstrom an der Nordostseite zurückdrängt, kann sich nur unvollkommen, vielleicht überhaupt nicht ausbilden, so daß der Flutstrom weiter nach Südost bis in die großen Tiefen setzt. Infolgedessen geht der Sand, der bei den höchsten Sturmfluten von der Hohen Düne abbricht, völlig verloren, bis auf geringe Reste, die bei abflauendem Sturm manchmal an der Wurzel der Aade liegen bleiben. Der Verlust kann auch nur unvollkommen wieder ersetzt werden; denn die örtlichen Verhältnisse sind für Sandflug und neue Dünenbildung schon zu ungünstig geworden. Die einzige Strandstrecke, die noch breit genug ist, um Sandflug entstehen zu lassen, liegt an der Südwestseite. Der Sand kann also nur bei Südsüdwest- bis Westsüdwestwind gegen die Hohe Düne treiben. Diese Windrichtungen sind aber meistens mit feuchtem oder regnerischem Wetter verbunden und lassen Sandflug nur selten aufkommen. Die Hohe Düne kann daher immer nur verlieren. Die Erbauung des Marinehafens hat

allerdings die Verhältnisse auch für die Hohe Düne gebessert, indem sie den Angriff gegen die Südwestseite bei Westnordweststurm ganz und bei Nordweststurm zum großen Teil ausschaltete.

#### c) Gesamtbild des Sandhaushalts der Düne.

Für den Sandhaushalt der Düne ergibt sich im ganzen folgendes Bild:

Westnordwestliche bis nördliche Stürme tragen den Boden des Vorfeldes, d. h. des Nordhafens und des Wals, des Skitgatts, der nordöstlichen Abdachung der Dünenklippen sowie die Dünenklippen selbst ab. Der losgerissene Boden, zeitweise vermehrt durch Sandwellen, die bei besonders schweren Stürmen von Nordwesten her in das Vorfeld einwandern, bewegt sich auf zwei Bahnen südwestlich und nordöstlich an der Düne vorbei nach Südosten. Der Sand auf der südwestlichen Bahn gibt an die Düne fast nichts ab. Von dem Sand auf der nordöstlichen Bahn, der aus dem Skitgatt und vom Nordostabhang der Klippenfelder stammt, bleiben Teilmengen in dem flachen Südostende des Skitgatts und auf dem breiten Klippenrücken nördlich der Düne liegen, wenn Wind und Strom im geeigneten Zeitpunkt abflauen, und werden vorwiegend bei mäßigen nordwestlichen bis ostnordöstlichen Winden an die Düne getragen. Am Dünenstrand wird der Sand bei starken und stürmischen Winden zum größten Teil von der jeweiligen Luvseite nach Lee geschoben, also nur umgelagert und an der Düne erhalten. Das ist nur möglich, weil die Düne bei jeder Windrichtung ein wirksames Lee hat und weil sie so klein ist, daß der an der Luvseite losgerissene Sand in kurzer Zeit an die Leeseite gelangen kann. Diesem „Selbstschutz“, der auf ihrem geringen Umfang beruht, verdankt die Düne in erster Linie ihre Erhaltung. Sie wäre sonst wahrscheinlich längst verschwunden. Ein kleiner Teil des losgerissenen Sandes geht dagegen — hauptsächlich durch den Flutstrom — jedesmal verloren, und auch der an der Düne bleibende Sand wird bei den Umlagerungen allmählich nach Südosten versetzt und in tiefes Wasser geschoben, so daß die Düne für den zuwandernden Sand nur Durchgangsstelle ist. Die Hohe Düne erhält keine ins Gewicht fallende Zufuhr mehr, sondern nimmt fast nur noch ab, und zwar stoßweise bei sehr hohen Sturmfluten. Der dann losgerissene Sand geht fast völlig verloren. Der neben dem Sand noch zuwandernde Boden — Feuersteine, Kreide- und Muschelkalkgeröll von den Dünenklippen sowie eiszeitliche Geschiebe aus unbekannter Quelle — ist wegen seiner geringen Menge für die Düne ohne Belang. Doch halten Feuersteine und Geröll sich in steilerem Gefälle als Sand und verzögern an der Nordostseite, wo sie sich vorwiegend ansammeln, den Strandabbruch.

#### d) Lagenänderung der Düne.

Die Verfrachtung des Sandes von der Luv- nach der Leeseite bei Sturm bedeutet jedesmal eine kleine Verschiebung der Strandgrenzen der Düne: An der Luvseite, der Abbruchseite, weicht die Strandgrenze etwas gegen die Hohe Düne zurück, an der Leeseite, der Anwachsseite, rückt sie etwas seewärts vor. Diese Verschiebungen zwischen den beiden Seiten der Düne gleichen sich mit dem Wechsel der Windrichtungen natürlich mehr oder weniger aus. Überwiegt aber die Häufigkeit des Angriffs auf der einen Seite, so ist eine stetige Verlagerung der Düne nach der anderen Seite die Folge. Die Düne wandert mit der Richtung der häufigsten Angriffe.

Vor dem Bau des Marinehafens wurde die Südwestseite der Düne von allen Stürmen aus Südwest über West bis Nordwest angegriffen, die Nordostseite nur von den seltener vorkommenden Nordwest- bis Nordstürmen. Die Verfrachtung des Sandes von der Südwest- nach der Nordostseite war stärker als in umgekehrter Richtung; die Düne mußte nach Nordosten wandern.

Diese Verhältnisse waren aber auch vor dem Marinehafenbau nicht ganz unveränderlich. Vorher hat während unseres Untersuchungszeitraumes der Schutz, den die Hauptinsel mit ihrer Brandungsterrasse der Düne gewährt, kaum abgenommen. Die weniger widerstandsfähigen Muschelkalk- und Kreideklippen nordwestlich der Düne aber wurden abgetragen. Der Schutz, den sie der Düne gegen Nordwest- bis Nordnordweststürme bieten, wurde allmählich geringer. Die Abschwächung des Schutzes wirkte sich hauptsächlich an der Nordwestspitze und auf der Nordhälfte der Nordostseite aus, wo die über die Klippenfelder herankommende See angreift. Die Südhälfte der Nordostseite blieb dagegen von diesem Vorgang unbeeinflusst, denn dort läuft die See an, die als freie Windsee nordöstlich der Klippen entlangrollt und dann gegen die Düne einschwenkt. Die Verstärkung des Angriffs auf den Nordabschnitt der Nordostseite hatte zur Folge, daß die Verlagerung der Düne nach Nordost auf der Nordhälfte allmählich langsamer wurde, während sie auf der Südhälfte gleich blieb. Die Düne mußte also gegen den Uhrzeiger drehen. Es ist ersichtlich, mit welcher Empfindlichkeit die Düne sich im Gleichgewicht zwischen den beiden Sturmshatten hält, die von der Hauptinsel und den Dünenklippen gebildet werden: Der Sturmshatten der Hauptinsel blieb unverändert, der Sturmshatten der Klippenfelder nahm an Wirkung ab; infolgedessen drehte die Düne immer mehr in den Sturmshatten der Hauptinsel hinein.

Der Marinehafenbau hat auch die Lagenänderung der Düne umgestellt. Der Angriff an der Südwestseite wurde auf einen Bruchteil seiner früheren Stärke herabgedrückt, während der Angriff an der Nordostseite unverändert blieb. Jetzt überwog die Verfrachtung des Sandes von der Nordost- nach der Südwestseite. Die Düne mußte ihre Wanderungsrichtung umkehren und sich nach Südwesten verlagern. Da der Sturmschatten der Hauptinsel durch den Hafenbau einseitig nach Süden verbreitert wurde, setzte der Überschuß des von der Nordost- nach der Südwestseite beförderten Sandes sich ausschließlich auf der südöstlichen Hälfte des Südweststrandes an. So drehte die Düne gleichzeitig mit dem Uhrzeiger zurück.

## B. Die Veränderungen der Düne und ihrer Umgebung.

### I. Verschiebungen zwischen Höhenlage des Inselgebiets und Meeresspiegel.

Bevor die Tiefenänderungen in der Umgebung der Düne und die Größenänderungen der Düne selbst zahlenmäßig untersucht werden, ist noch die Frage zu klären, ob in unserem Untersuchungszeitraum eine Verschiebung zwischen der Höhenlage des Inselstocks und dem Meeresspiegel, ähnlich dem Ansteigen der Wasserstände an der Festlandsküste, stattgefunden hat und stattfindet. Es ist zwar für das Schicksal der Düne gleichgültig, ob sie durch Senkung des ganzen Inselgebietes oder durch Abbruch zugrunde geht. Aber für die Feststellung der Geschwindigkeit, mit der die Austiefung des Meeresgrundes in der Umgebung der Düne erfolgt, für die Beantwortung der Frage, ob die Austiefung in bestimmter, allein durch den Seeangriff gegebener Tiefe zum Stillstand kommt, schließlich für die Frage nach der Zweckmäßigkeit eines Schutzes der Düne überhaupt ist es wichtig zu wissen, ob eine Senkung des vortertiären Inselgebietes ähnlich den früheren z. Zt. vor sich geht.

Die Insel wurde im Jahre 1891 von der Trigonometrischen Abteilung der Preußischen Landesaufnahme durch Fernnivellement über die Leuchttürme Neuwerk und Wangeroo an das Höhennetz des Festlandes angeschlossen. Das Nivellement ist aber mit einer Unsicherheit von rd. 500 mm behaftet. Es ist also vorläufig unmöglich, Höhenänderungen des Inselstocks durch Wiederholung des Nivellements festzustellen. Wahrscheinlich wird die Benutzung des Höhennetzes der Küste für diesen Zweck wegen der Schwierigkeiten der Messung auf absehbare Zeit nicht in Frage kommen.

Es liegen aber auf der Insel keine Anzeichen vor, die darauf hindeuten, daß die vortertiäre Scholle in jüngster Zeit eine absolute Höhenänderung erfahren hat oder jetzt noch durchmacht. Die Tiefenänderungen des Inselraumes lassen sich in strenger Abhängigkeit von der Stärke des Seeanges, den Strömungen und der Widerstandsfähigkeit des Grundes allein erklären; sie sind ersichtlich nicht durch eine stärkere Hebung oder Senkung, die übrigens auch an den ältesten Uferbauten und an der Brandungsterrasse des Buntsandsteins nicht verborgen bleiben könnte, überdeckt. Aber auch eine sehr langsame Höhenänderung scheint nicht zu erfolgen. Der vortertiäre Inselstock ist von Verwerfungen, die durch gegenseitige Verschiebung einzelner Felsstöcke bei den früheren Hebungen und Senkungen entstanden sind, stark zerklüftet. Es ist wohl ausgeschlossen, daß er sich als Ganzes wie eine starre Platte bewegen würde. Die einzelnen Felsstöcke müßten sich in den Verwerfungen erneut gegeneinander verschieben. Nun stehen auf der Buntsandsteinterrasse seit 20 bis 30 Jahren langgestreckte Betonbauten, die Südwestschutzmauer und die Marinemolen, die ohne Fuge über die Verwerfungsspalten hinweggehen. An diesen Stellen würden die Relativverschiebungen der Felsstöcke durch Risse in den Betonkörpern bemerkbar werden, selbst wenn sie in dem genannten Zeitraum nur den Betrag von einigen Millimetern erreichen. Derartige Risse sind noch nicht beobachtet worden.

Es bleibt die Frage, ob eine Änderung des Meeresspiegels gegen die Höhenlage der Insel festzustellen ist, mag sie nun auf einer doch vorhandenen absoluten Senkung des Inselstockes, auf einem absoluten Ansteigen der Wasserstände oder auf beidem zusammen beruhen.

Alle Aufnahmen der Insel, der Düne und ihrer Umgebung bis zum Jahre 1887 sind nur auf Wasserstände ohne Anschluß an einen festen Punkt auf der Insel bezogen. Zum erstenmal wurde 1887 die Aufnahme eines englischen Vermessungsschiffes auf einen einzelnen Festpunkt beschickt, der an einem Hause auf dem Unterland angebracht war; er ist durch Abbruch des Gebäudes verlorengegangen. Erst seit den Arbeiten der Preußischen Landesaufnahme 1891 wurden die Vermessungen und Peilungen des Inselgebietes zu einem damals geschaffenen Festpunktnetz in Beziehung gesetzt. Auch wurde ein im Jahre 1880 erbauter selbstzeichnender Schwimmerpegel nachträglich 1891 hieran angeschlossen, so daß die Wasserstände für sich bis 1880 zurück in ihrer Höhenlage zur Insel festgelegt sind.

Leider sind die Angaben dieses Pegels recht unzuverlässig. Er stand an Südstrand des Unterlandes 180 m südwestlich der Landungsbrücke in einem massiven Haus, das auf den Buntsandstein gegründet und durch ein unter NNWss. mündendes Rohr mit dem Außenwasser verbunden war.

Der Marinehafen bestand damals noch nicht, die Landungsbrücke war kürzer als jetzt. Der Süstrand war also ungeschützt. Infolgedessen versandete das Verbindungsrohr bei jedem stärkeren Seegang. Der Pegel zeigte das Niedrigwasser fast dauernd zu hoch, das Hochwasser etwas zu tief an, soweit er nicht ganz versagte. Wegen der immer länger werdenden Störungen setzte man ihn schließlich 1900 außer Betrieb. Von den Aufzeichnungen können nur die von 1881—1884 für das HWss. als leidlich brauchbar angesehen werden. Erst nach Beginn des Marinehafenbaues wurde 1909 ein neuer Pegel aufgestellt. Dessen Aufzeichnungen weisen aber noch wieder eine Lücke von Dezember 1918 bis Februar 1924 auf.

Römer [11] hat aus den Aufzeichnungen des alten Pegels für 1881—1884 die Mittelwerte berechnet, wobei er alle vom Kaiserlichen Observatorium zu Wilhelmshaven als falsch bezeichneten Zahlen ausschied. Der Nullpunkt des alten selbstzeichnenden Pegels lag auf NN —4,023 m oder, da das heutige Pegelnull die Höhe NN —1,755 m hat, um  $4,023 - 1,755 = 2,268 \sim 2,27$  m unter heutigem Pegelnull.

Mit Umrechnung auf heutiges Pegelnull sind die Mittelwerte für 1881—1884 in cm:

	MSpHWss	MHWss	MNWss	MSpNWss	Mittl. Tidehub	Spring-Tidehub
Bezogen auf Null des alten Pegels .	486	470	259	250	211	236
Bezogen auf heutiges Pegelnull . .	259	243	32	23		

Die Auswertung der Aufzeichnungen des neuen Pegels 1909—1918 durch die Gezeitenabteilung der Seewarte hat dagegen folgende Mittelwerte ergeben:

259	247	21	4	225	256
-----	-----	----	---	-----	-----

Hiernach lohnen die Niedrigwasseraufzeichnungen des alten Pegels eine weitere Verfolgung nicht, sondern nur die Hochwasserzahlen.

Für den Vergleich sind noch die durch die Windverhältnisse bedingten Abweichungen der Mittelwerte 1881—1884 von denen für 1909—1918 zu berücksichtigen. Sie betragen nach den Beobachtungen am Pegel Cuxhaven und der Pegelbeziehung Cuxhaven—Helgoland:

MSpHWss	MHWss
+1	+1

Unter der Voraussetzung, daß Pegelnull und Meeresspiegel ihre Höhe zu einander nicht geändert haben, müßten also die wirklichen Mittelwerte für Helgoland 1881—1884 gewesen sein:

259	247
+1	+1
<hr/> 260	<hr/> 248

Die Abweichung dieser Mittelwerte von den Aufzeichnungen des alten Pegels ist danach:

260	248
-259	-243
<hr/> +1	<hr/> +5

Nach der Berechnung von Rietschel [25] beträgt das Ansteigen der Wasserstände zu Cuxhaven 0,31 cm/Jahr für den Zeitraum 1871—1929. Wären die Wasserstände bei Helgoland ebenso stark gestiegen, so müßte die Abweichung für die 31 Jahre von der Mitte des Zeitabschnittes 1881—1884 bis zur Mitte des Abschnitts 1909—1918 =  $+31 \cdot 0,31 = +9,61 \sim +9,6$  cm sein. Demnach kann der Anstieg für Helgoland höchstens halb so stark sein wie in Cuxhaven. Da die Hochwasserangaben des alten Pegels aber mit Sicherheit — wie die Pegelbeziehung Helgoland—Cuxhaven erweist — für viele Hochwasser um einige Zentimeter zu niedrig sind, so ist ein Anstieg für Helgoland kaum wahrscheinlich, jedenfalls liegt er unter 5 cm für 31 Jahre. Doch selbst wenn er mit 5 cm reell ist, so ergibt sich für je 100 Jahre nur ein Betrag von rd. 16 cm. Dieser Wert ist für die Insel und die Düne nicht bedrohlich. Auch begeht man keinen erheblichen Fehler, wenn man bei der zahlenmäßigen Auswertung der Vermessungen den Anstieg außer acht läßt. Namentlich gilt das für die Untersuchung der Tiefenzunahmen. Die älteste hierfür verwendbare Seekarte stammt von 1855, die neueste von 1931. Für den Zwischenraum von 76 Jahren kann der Anstieg höchstens 12 cm ausmachen. Dieser Betrag liegt weit unterhalb der Größenordnung der tatsächlichen Gesamtzunahme der Tiefen. Für unsere Untersuchung kann der Meeresspiegel als unveränderlich angesehen werden.

Wenn die absolute Höhenlage des vortertiären Inselstocks in der Gegenwart keine Verschiebung erfährt, wie fast mit Sicherheit anzunehmen ist, so ist ein etwaiges Ansteigen der Wasserstände auf Helgoland gegen die Inselhöhe gleichbedeutend mit einem absoluten Steigen der Wasserstände, wenigstens in der Deutschen Bucht. (An der Küste würde der Anstieg wahrscheinlich einen etwas höheren Wert — ungefähr verhältnisgleich dem unterschiedlichen Tidehub — aufweisen.) Die eindeutige Klärung des Verhaltens der Wasserstände auf Helgoland würde also eine Antwort auf die Frage bringen, ob und mit welchem Betrag das Steigen der Wasserstände an der Küste auf abso-

lute Hebung des Meeresspiegels zurückgeht. Und zwar ist die Antwort schon jetzt möglich, während sie aus Feinnivellements erst in einigen Jahrzehnten gegeben werden kann. Es wäre darum eine dankenswerte Aufgabe, die Aufzeichnungen des Helgoländer Pegels von 1881—84 durch Einzelauswertung der noch vorhandenen Pegelbögen genauer zu untersuchen, als es für die vorliegende Arbeit geschehen konnte.

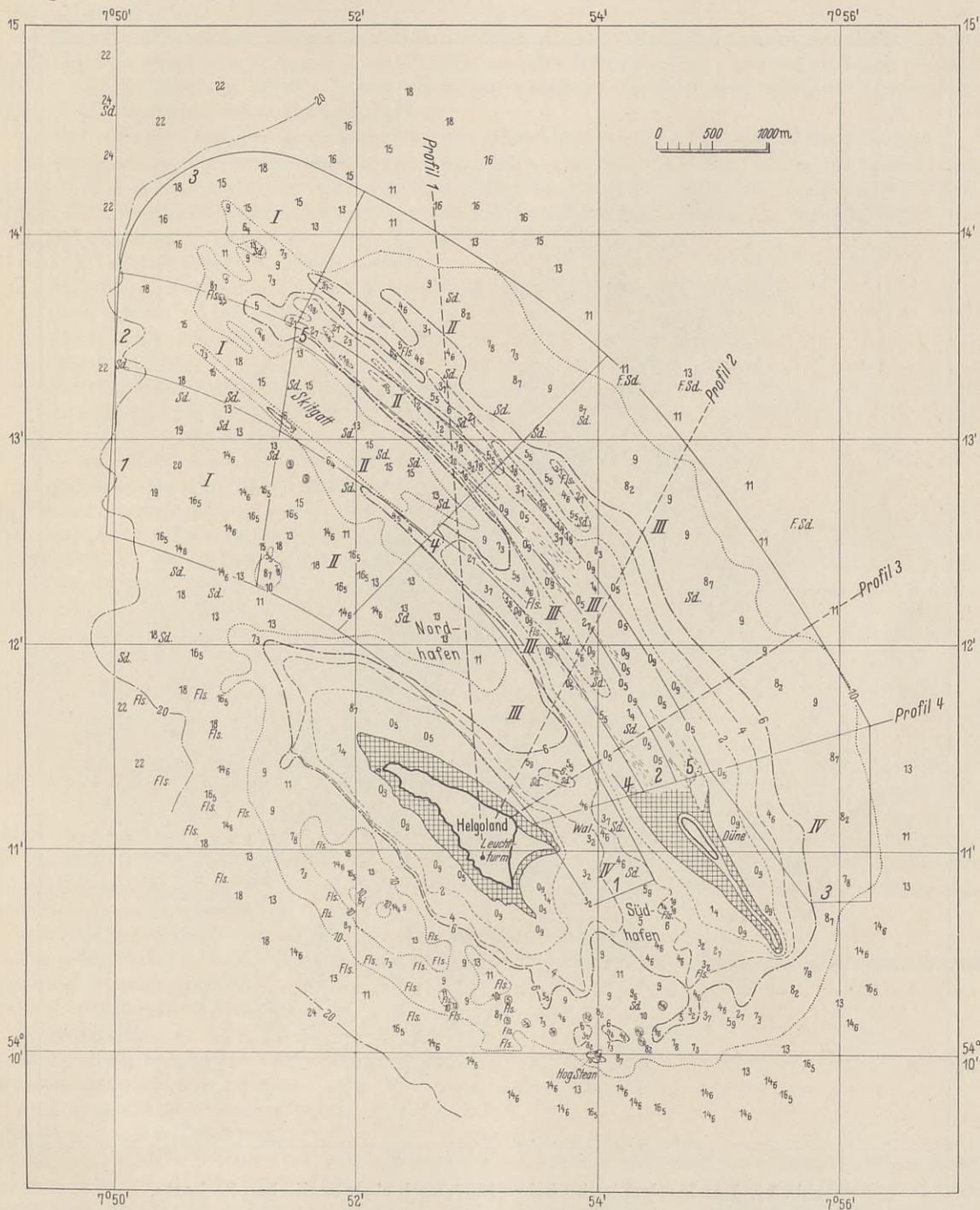


Abb. 13. Das Inselgebiet im Jahre 1855, nach einer englischen Seekarte.

## II. Veränderungen in der Umgebung der Düne.

### 1. Benutzte Unterlagen.

Für die Untersuchung der Veränderungen in der Umgebung der Düne standen folgende Aufnahmen zur Verfügung:

1. Aufnahme von Cudlipp 1855 (Abb. 13),

2. Aufnahme von Archdeacon 1887 (Abb. 14),
3. Aufnahme des Vermessungsschiffes „Albatros“ 1894, Teilaufnahme des Wals,
4. Aufnahme des Vermessungsschiffes „Hyäne“ 1912,
5. Aufnahme des Vermessungsschiffes „Panther“ (Teilaufnahme) 1924,
6. Aufnahme des Vermessungsschiffes „Meteor“ (Abb. 2) 1931.

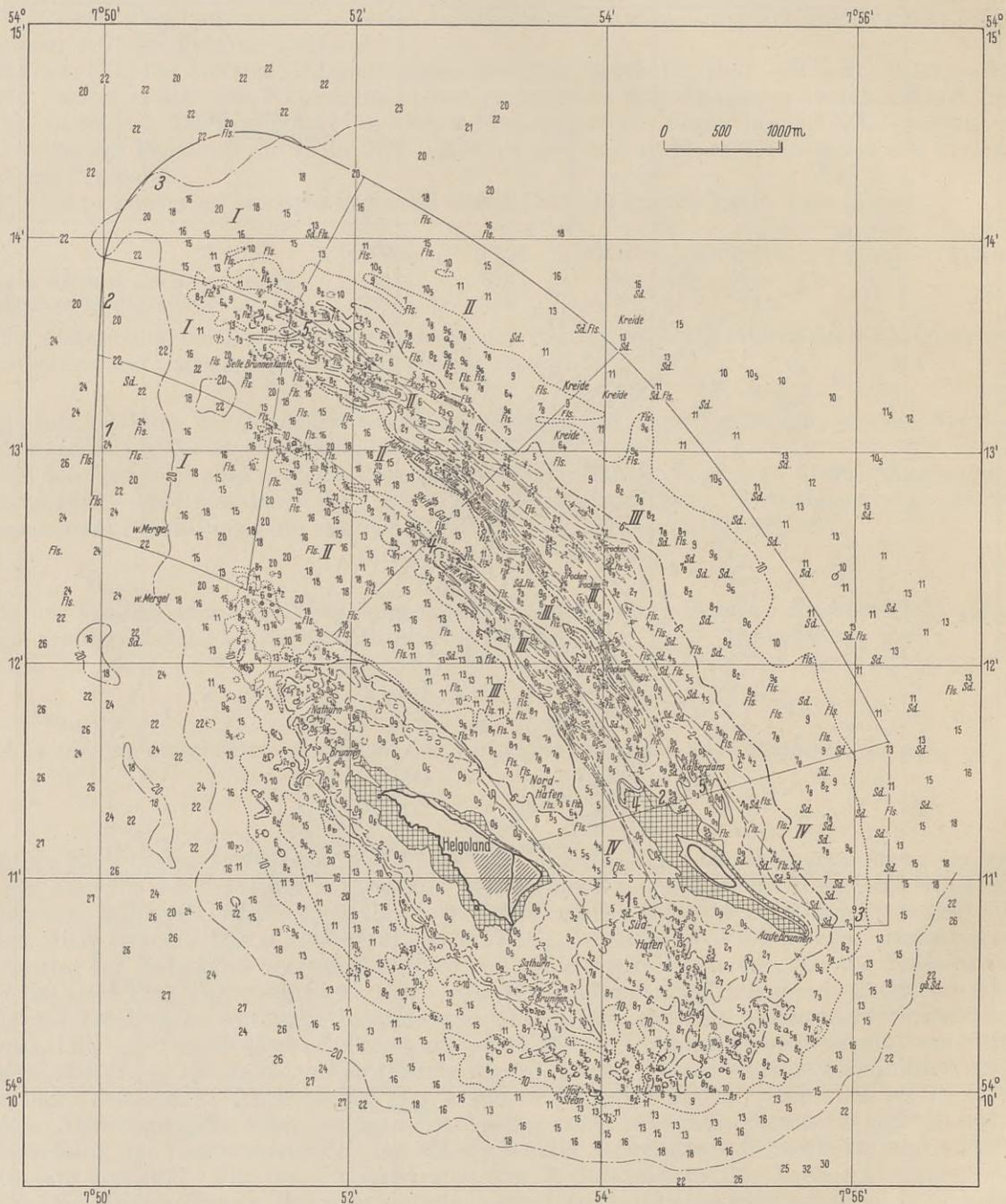


Abb. 14. Das Inselgebiet im Jahre 1887, nach einer englischen Seekarte.

Die Berechnungen zur Beschickung der Aufnahmen auf heutiges Kartennull sind im Anhang wiedergegeben. Einige kleine Unstimmigkeiten in der Lage einzelner Klippen wurden durch Kartenvergleiche berichtigt. Die Karten scheinen sonst aber recht zuverlässig zu sein, wenn auch die älteste von 1855 die Form der Klippen erst in rohen Umrissen wiedergibt. In den Gebieten, in denen große Veränderungen nicht vorgekommen sein können, decken die Tiefenlinien aller Karten sich gut, bis auf Einzelabweichungen, die bei der starken Zerklüftung der Klippenränder unvermeidlich sind.

## 2. Umfang und Lage des veränderten Gebiets.

Der Vergleich der Tiefenlinien in den Hauptaufnahmen von 1855, 1887 und 1931 ergibt in wesentlicher Übereinstimmung mit den vorher gezogenen Schlüssen, daß folgende Gebiete keine großen Veränderungen erfahren haben:

1. die Buntsandsteinterrasse der Hauptinsel, deren Grenze sich etwa mit dem Steilabfall an der 6 m-Linie deckt;
2. die obere westliche Kreideterrasse der Hauptinsel, deren Grenze an der 10 m-Linie liegt, abgesehen von einer Tiefenzunahme des Gürtels und der Benners Rej, die wohl wirklich ist (das Vorhandensein des tieferen Gürtels deutet schon auf weicherer Gestein und stärkere Austiefung hin), die aber für die Düne keine Bedeutung hat;
3. die untere westliche Kreideterrasse der Hauptinsel in ihrem südöstlichen Abschnitt;
4. das Kreidegebiet im Süden der Insel und Düne einschließlich des Südhafens (das Verschwinden des 6 m-Rückens zwischen Südreede und südlichem Seegebiet geht auf Baggerungen 1914—1916 zurück, die Verschiebungen der 2 und 4 m-Linie südwestlich der Aade auf die Wanderung der Düne);
5. der Abhang zu Osten der Düne bis zu 7 m Tiefe abwärts.

Stark verändert sind folgende Gebiete:

1. die untere Kreideterrasse zu Westen der Nordspitze der Hauptinsel;
2. der Nordhafen einschließlich Wal;
3. die Klippen zu Nordwesten der Düne;
4. das Skitgatt;
5. der Nordostabhang der Dünenklippen, östlich der Düne aber nur bis zur 7 m-Linie aufwärts.

Zweifelhaft ist die Veränderung in folgenden Räumen, weil sie von den meisten der obigen Aufnahmen nicht erfaßt sind:

1. in dem Gebiet um die 20 m-Linie herum zu Norden von Sellebrunn;
2. auf dem unterseeischen Rücken ostnordostwärts des Inselgebietes.

Die Tatsache, daß die auf —20 m anstehende untere Kreideterrasse nordwestlich der Hauptinsel einen starken Abbau erfahren hat, deckt sich nicht mit unseren Feststellungen, wonach die Grenztiefe für Kreidefels im Inselraum ungefähr bei 10 m liegt. Der Widerspruch findet seine Erklärung durch die Angaben der Seekarten über die Grundbeschaffenheit: 1855 verzeichnet das ausgetiefte Gebiet Sandgrund, 1887 Fels und weißen Mergel. Zwischen 1855 und 1887 ist also eine auf der Terrasse liegende Sanddecke bis auf die anstehende Kreide abgeräumt worden. Daher zeigt die 20 m-Tiefenlinie nach 1887 hier keinen weiteren Rückgang mehr (siehe Vergleich der 20 m-Linien von 1855, 1887 und 1931 auf Abb. 17c), und südlich von etwa  $54^{\circ} 11,6' N$ , wo schon die Karte von 1855 Felsgrund angibt, ist sie auch zwischen 1855 und 1887 nicht zurückgewichen. Die Austiefung ist demnach durch das Verschwinden einer örtlich begrenzten Sandwelle verursacht.

Das stark veränderte Gebiet ist näher untersucht, soweit die Änderungen nach den Strömungs- und Seegangsverhältnissen von Einfluß auf die Düne sein können. Es ist wie folgt abgegrenzt:

Im Nordwesten und Nordosten durch die zuinnerst liegende Grenze der Vermessung von 1855, die im Nordwesten nur wenig über die 20 m-Linie hinausgeht; im Südosten durch die Südostgrenze des veränderlichen Gebietes zu Osten der Düne und durch die Grenze zwischen Wal und Südreede, im Südwesten durch die Grenze zwischen Nordhafen und Inselterrasse, die längs des Steilabfalls an der 6 m-Linie angenommen ist.

Die Abgrenzung ist auf den Karten Abb. 2, 13 und 14 eingezeichnet.

Das Gebiet ist in fünf Streifen eingeteilt, drei mit zeitlich und örtlich wechselnder Sanddecke über anstehendem Felsen:

1. Nordhafen und Wal,
2. Skitgatt,
3. Nordostabhang der Dünenklippen;

zwei mit anstehendem Felsen:

4. Zug der Muschelkalkklippen,
5. Zug der Kreideklippen.

Als Grenzen der ersten drei Gebiete gegen die Klippenfelder sind die Grenzen der Sandbedeckung nach dem Luftbild 1929 (Abb. 8) angenommen, soweit dieses reicht (nur der herausspringende Klippenzug des Flack Sellebrunn ist nicht zu den Kreideklippen, sondern zum Nordostabhang der Klippen gerechnet). Da die Grenzen nach dem Luftbild sehr stetig verlaufen, sind sie über dessen Nordwestrand hinaus als gleichmäßig weiterlaufend angenommen. Auch wurden sie für alle Seekarten bis 1855 rückwärts als feststehend betrachtet. Die Sandgrenzen haben früher etwas weiter auf die Klippenfelder hinaufgereicht; denn die Sandgebiete haben sich stärker vertieft als die Klippenfelder. Bei der steilen Neigung der Klippenränder (etwa 1:5 an den Nordostkanten, fast lotrecht an den Südwestkanten) und dem immerhin geringen Betrage der Tiefenzunahme ist die tatsächliche Verschiebung der Sandgrenzen aber nicht bedeutend und kann vernachlässigt werden.

Die Tiefenänderungen sind natürlich in den einzelnen Streifen nicht überall gleich groß. Um die Unterschiede zu erfassen, sind die Streifen in vier Abschnitte unterteilt. Abschnitt I reicht südöstlich bis zu den Ausläufern der Klippenfelder der Hauptinsel und der Düne und bildet das Vorfeld, dessen Sandbewegung für die der inneren Abschnitte von Bedeutung ist. Abschnitt II wird im Südosten durch eine Gerade begrenzt, die sich vom Nordwestende des hohen Buntsandsteinssockels der Hauptinsel über das Nordwestende des zusammenhängenden Zuges des Wittekliffs zieht; es ist das Gebiet des äußeren Nordhafens und Skitgatts und der äußeren Kreideklippen. Abschnitt III erstreckt sich bis zu einer Geraden, die von der Ostecke der Hauptinsel durch die Nordwestspitze der NWss-Linie der Düne läuft, und umfaßt das Gebiet des inneren Nordhafens und Skitgatts und der inneren Klippenfelder. Den Schluß bildet der Abschnitt IV bis zur Südostgrenze des untersuchten Gebietes. In diesem sind aber nur noch der Wal im Streifen I und der Nordostabhang im Streifen 5 zu untersuchen; die Klippenfelder und das Skitgatt sind hier durch die Düne überdeckt.

### 3. Größe der Änderungen.

Für die Teilgebiete sind durch Planimetrieren der Tiefenkurven auf den einzelnen Karten (Abb. 15) die mittleren Tiefen berechnet und auf Abb. 16 dargestellt.

#### a) Nordhafen und Wal.

In dem rd. 80-jährigen Zeitraum von 1855—1931 zeigt der Nordhafen eine beträchtliche Tiefenzunahme. Im Abschnitt I ist die mittlere Tiefe von 17,0 auf 20,2 m, im Abschnitt II von 13,3 auf 15,2 m, im Abschnitt III von 9,1 auf 10,4 m gestiegen, und es sind im ganzen 13,8 Millionen m<sup>3</sup> Boden abgewandert. Die Austiefung ist am größten im äußeren, am geringsten im inneren Teil des Nordhafens, entsprechend der Abschwächung des von Nordwesten kommenden Seeangriffs. Zeitlich weist sie dagegen eine Reihe von Unstetigkeiten auf. Am stärksten tritt der Sprung in der Tiefenzunahme vor und nach 1887 hervor, besonders im Abschnitt I, wo die mittlere Zunahme 1855—1887 jährlich 8,0 cm, 1887—1912 nur 2,8 cm betrug. Der Sprung ist zu groß, als daß er durch Abschwächung des Seeangriffs auf den Grund infolge der allgemeinen Zunahme der Tiefen allein erklärt werden könnte. Den Schlüssel bieten wieder die Angaben der Seekarten über die Grundbeschaffenheit: 1855 ist der Boden des Nordhafens noch fast ganz mit Sand bedeckt, während 1887 überwiegend Fels angegeben ist. Zwischen 1855 und 1887 ist also im Nordhafen eine starke Sanddecke bis auf den anstehenden Felsen ausgeräumt, und die größere Widerstandsfähigkeit des bloßgelegten oberen Buntsandsteins hat dann die Tiefenzunahme verlangsamt. Damit ist eine Entwicklung vollendet, die mit dem Durchbruch des Wals 1721 eingeleitet war. Vorher war der Nordhafen durch den Wal und das derzeit noch hohe Wittekliff abgeriegelt und bildete eine stromlose Bucht, die von Nordwesten her zugesandet war. Die ältesten Berichte über die Insel bis zum Ende des 17. Jahrhunderts — vgl. die Zusammenstellungen von Tittel [12] — erwähnen entweder den Nordhafen überhaupt nicht, sondern nur den Südhafen, oder geben an, daß der Nordhafen seicht und kein guter Ankerplatz sei. Der Durchbruch des Wals öffnete dem Tidestrom den Weg, und der Sand wanderte nun wieder ab. Es wird hier besonders deutlich, daß nicht nur die Zerstörung der vortertiären Schichten der Hauptinsel und des Wittekliffs, sondern auch die Veränderungen der Düne und ihrer Umgebung einen einmaligen Ablauf darstellen.

Im Nordhafen zeigt sich aber auch gelegentliche Aufhöhung. Im Abschnitt I und II ist das zwischen 1912 und 1931 der Fall, im Abschnitt III, der noch von einer weiteren Vermessung 1924 erfaßt ist, zwischen 1924 und 1931. Es ist darnach wahrscheinlich, daß die Aufhöhung sich auch im Abschnitt I und II auf die Zeit von 1924—1931, vielleicht für alle drei auf einen noch kürzeren Zeitraum beschränkt. Da sie in allen drei Abschnitten zugleich auftritt, muß der Sand von der offenen See her zugewandert sein, und das verschiedene Maß der Aufhöhung (mittlere Tiefenabnahme in I = 0,10, in II = 0,22, in III = 0,05 m) läßt erkennen, daß es sich um eine Sandwelle, nicht um gleichmäßige Auffüllung handelt. Besonders schwere Nordweststürme nach 1924 und vor 1931 traten im Oktober 1926 und im November 1928 auf; wahrscheinlich verdankt die Sandwelle ihnen ihre Entstehung. Die zugewanderte Menge ist beträchtlich. Sie macht für die drei Abschnitte zusammen gegen den vorher gemessenen ungünstigsten Stand 740 000 m<sup>3</sup> aus. Da die Wanderungsgeschwindigkeit der Sandwelle aber nicht bekannt ist, läßt sich über die Stärke der Sandbewegung in einer Zeiteinheit nichts sagen.

Eine abweichende Entwicklung zeigt der Wal. Die Karte von 1855 gibt auch auf dem Wal noch Sandgrund, die von 1887 Felsgrund an. Darnach hat der Wal sich über einer durchschnittlichen Tiefe des anstehenden Felsens von KN — 4,0 ÷ 4,5 m ursprünglich bis über HWss aus Geröll und Sand aufgebaut. Der lose Boden wurde durch Seegang und Strömung schnell abgebaut, als der Durchbruch von 1720/21 den Tidestrom zur Wirkung kommen ließ. Nach der Helgoländer Chronik [2] vertiefte der Durchbruch sich alsbald so, daß man bei halber Tide mit einem Boot hindurch-

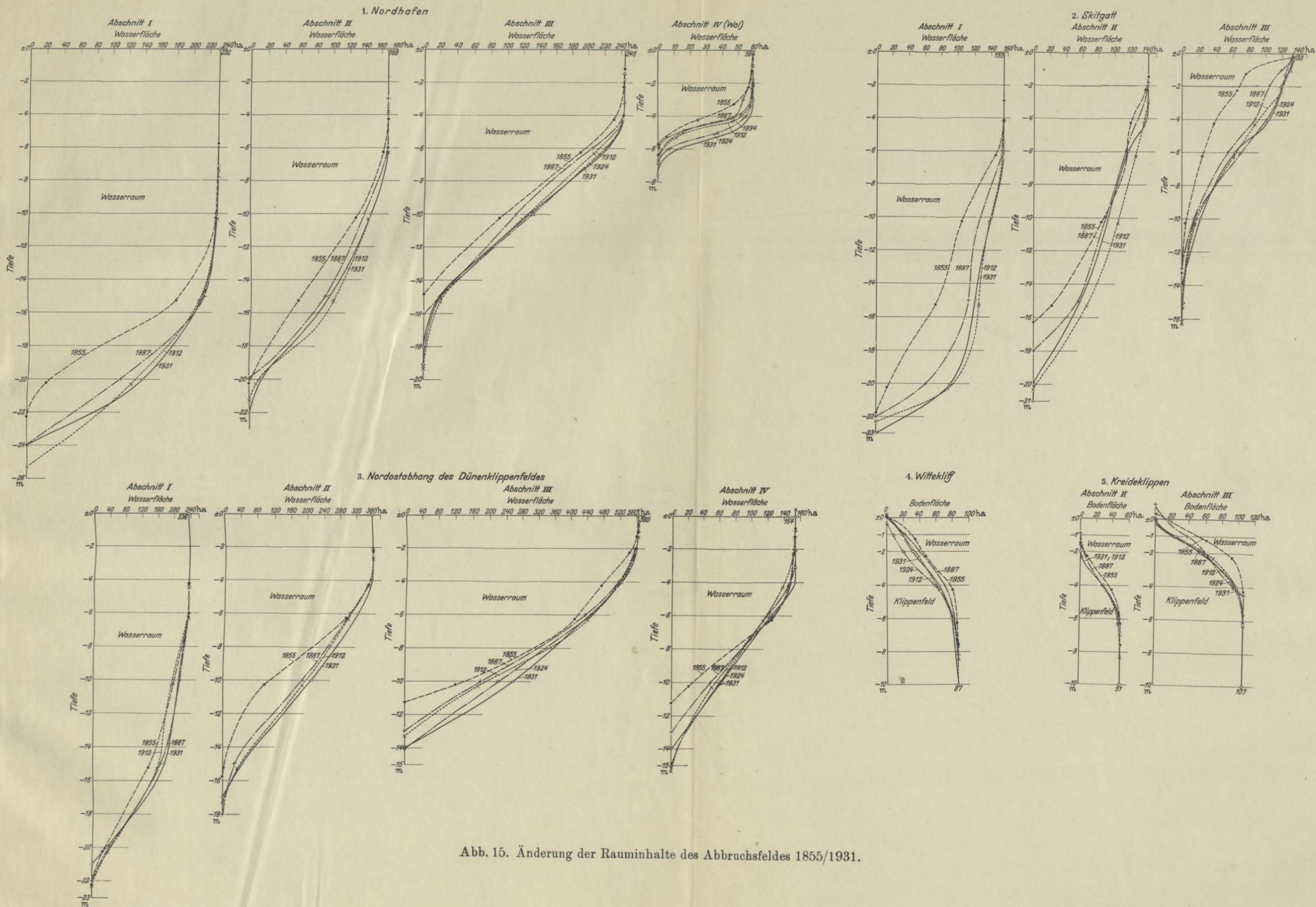
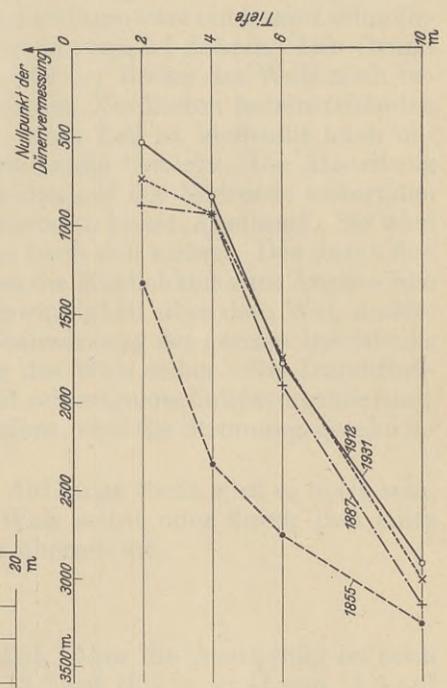
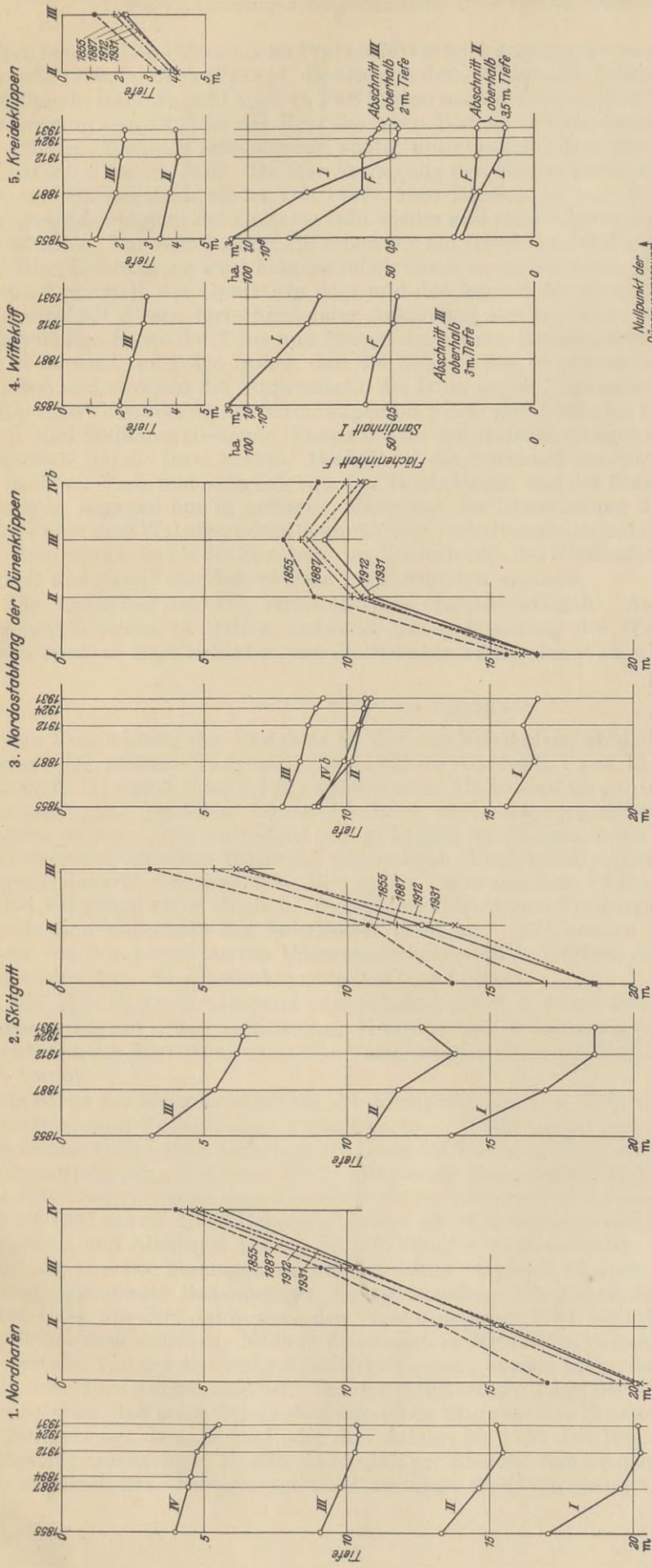


Abb. 15. Änderung der Rauminhalte des Abbruchfeldes 1855/1931.





Verschiebung der Tiefenlinien am Südosende des Skitgatts.

Abb. 16. Änderung der mittleren Tiefen des Abbruchfeldes 1855/1931.



fahren konnte. Um 1750 muß der Wal bei NWss noch gerade trocken gefallen sein; denn Roeding [4] erwähnt 1836, Oetker [7] 1854, die ältesten derzeit lebenden Leute hätten von ihren Eltern gehört, daß diese in ihrer Jugend noch zu Fuß hätten nach der Düne hinübergehen können. Bald nach der Vermessung von 1855 ist der Rest des losen Bodens verschwunden. Daraus ergibt sich von 1721 bis 1855 ein zunächst schwächerer, später mit zunehmendem Strom stärkerer Abtrag von durchschnittlich 5 cm im Jahr. Mit der Freilegung des Buntsandsteins verlangsamt sich die Tiefenzunahme zunächst stark, sie ist von 1887—1894 jährlich 1,1 cm. Dann steigt sie trotz der größeren Widerstandsfähigkeit des Gesteins bald wieder und nimmt bis in die Gegenwart ein immer schnelleres Maß an. Zur Zeit beträgt sie schon 5,6 cm jährlich oder 1 m in etwa 18 Jahren. Der Grund für diese Erscheinung wird hauptsächlich darin zu suchen sein, daß der Boden des Wals noch bedeutend oberhalb der Grenztiefe liegt und der Angriff der durch den Nordhafen hereinstehenden Sturmsee mit dessen fortschreitender Austiefung stärker wird. Zum Teil ist vielleicht auch ungleichmäßige Härte der Tone und Mergel des oberen Buntsandsteins die Ursache. Die Austiefung des Wals wird zur Folge haben, daß der Schutz, den er erstens den auf der Südreede ankernden Schiffen und zweitens der Südwestseite der Düne gegen Nordweststurm bietet, abnimmt. Sie wird weiter eine Verstärkung der Strömungen im Nord- und Südhafen nach sich ziehen. Das durch den Nord- und Südhafen fließende Wasser hat an den Hafeneingängen die Möglichkeit zum Ausweichen beiderseits um die Insel herum. Deshalb ist die Strömungsgeschwindigkeit über dem Wal, anders als in einem Fluß, fast lediglich von den Tidefaktoren und der Stauwirkung des ganzen Inselstocks abhängig, dagegen nur in geringem Maße von der Stauwirkung des Wals selber. Die Durchflußmenge über dem Wal steigt darum annähernd verhältnismäßig mit seiner Querschnittsvergrößerung. Da diese stärker ist als die Zunahme des Querschnitts des Nordhafens, wird die Strömungsgeschwindigkeit und damit die Bodenabfuhr im Nordhafen wachsen.

Die Austiefung des Wals bildet also eine ernsthafte Gefahr. Auf lange Sicht wird es nötig sein, Gegenmaßnahmen zu treffen, entweder durch Sicherung des Wals selbst oder durch Bau eines Wellenbrechers im Nordhafen, der die Schutzwirkung des Wals übernimmt.

#### b) Skitgatt.

Die Entwicklung des Skitgatts ist der des Nordhafens ähnlich. Aber die Austiefung ist noch stärker. Die mittlere Tiefe hat 1855—1931 im Abschnitt I von 13,7 auf 18,7 m, in II von 13,3 auf 15,2 m, in III von 3,1 auf 6,4 m zugenommen. Dabei sind im ganzen 14,7 Millionen m<sup>3</sup> Boden verlorengegangen. Auch hier ist eine im Jahre 1855 noch vorhandene 3—5 m starke Sanddecke ausgeräumt worden. Die Aufnahme von 1855 gibt im Skitgatt noch durchweg Sandgrund an; 1887 wird überwiegend schon Felsgrund verzeichnet. Doch hat die Ausräumung wohl noch einige Jahre länger gedauert; denn der hohe Betrag der Tiefenzunahme zwischen 1887 und 1912, 0,75—2,0 m, ist bei Felsgrund nicht möglich. Die späteren deutschen Vermessungen geben leider die Grundbeschaffenheit außerhalb der Fahrwasser nicht an. 1934 konnte der Bergbauingenieur Eger mit einem von ihm konstruierten Unterwasserbohrgerät feststellen, daß die Sanddecke fast ganz verschwunden war. Sie schwankte zwischen 0 und 30 cm.

Auf Abb. 16 ist der Abstand vom Scheitel der 2, 4, 6 und 10 m-Tiefenlinie am Südostende des Skitgatts bis zur Düne aufgetragen. Hier tritt die Ausräumung des Skitgatts und das plötzliche Nachlassen der Austiefung nach dem Verschwinden der Sanddecke, bald nach 1887, besonders deutlich hervor.

Doch ist im Skitgatt ebenfalls die Einwanderung von Sandwellen zu erkennen. Eine — von der allgemeinen Tiefenzunahme überlagerte — Welle scheint im Abschnitt II schon am Ende des Zeitraumes 1855—1887 aufzutreten. Denn die Tiefenzunahme ist hier verhältnismäßig gering, um im darauffolgenden Zeitraum 1887—1912 stark zuzunehmen, umgekehrt wie in den Abschnitten I und III. Ausgeprägt ist eine weitere Welle im Abschnitt II zwischen 1912 und 1931. Der Sandinhalt ist 1931 um rd. 1,6 Millionen m<sup>3</sup> größer als 1912, während der Abschnitt I fast unverändert geblieben ist und Abschnitt III nur rd. 400 000 m<sup>3</sup> Verlust aufweist. Daraus folgt wiederum, daß der Sand nur von See hereingekommen sein kann. Zugleich ist auch hier ersichtlich, daß mit diesen Wellen bedeutende Bodenmengen bewegt werden. Die Entblößung des Skitgatts von Sand im Jahre 1934, nur drei Jahre nach der Vermessung von 1931, läßt darauf schließen, daß die Wellen ziemlich schnell wandern. Nach S. 34 ist auch im Nordhafen zwischen 1912 und 1931 eine Sandwelle festgestellt, von der mit einiger Sicherheit gesagt werden kann, daß sie nach 1924, wahrscheinlich 1926 oder 1928 aufgetaucht ist. Bei der gleichartigen Lage des Nordhafens und des Skitgatts ist anzunehmen, daß beide Sandwellen denselben Stürmen ihre Entstehung verdanken. Die Sandwelle im Skitgatt hat dann in fünf oder drei Jahren bis 1931 den Weg vom Eingang bis zur Mitte des Skitgatts zurückgelegt. Es stimmt hiermit gut überein, daß sie nach weiteren drei Jahren das Skitgatt verlassen hat. Hieraus ergibt sich für diese Welle ein oberer Grenzwert der Durchlaufzeit von

sechs oder acht Jahren. Ende 1928 begann aber eine ungewöhnlich lange sturmarme Zeitspanne, die bis 1936 anhielt; in sturmreichen Zeiten wird die Wanderungsgeschwindigkeit größer sein.

Für das Skitgatt findet sich eine Angabe über Änderungen der Sanddecke im älteren Schrifttum. Der Botaniker Hallier [9] berichtet darüber: „Als ich im Frühjahr 1862 bei so niedrigem Wasser meine Untersuchungen beginnen wollte, daß man von der Sandinsel trockenen Fußes auf die Sellebrunn weit hinaus marschieren und sogar den südlichen Teil des Skitgatts von den Sellebrunnen bis zur weißen Klippe quer überschreiten konnte, da fand ich den ganzen Meeresteil so versandet, daß sogar Teile der Klippen im Sand begraben lagen und an ein Studium der Lagerungsverhältnisse nicht gedacht werden konnte“. Auch Hagmeier erwähnt die Sandwanderungen a. a. O. auf S. 33.

#### c) Nordostabhang der Dünenklippen.

Das dritte Sandgebiet, der Nordostabhang der Klippenfelder, zeigt ein ähnliches Verhalten wie die beiden anderen. Einige Abweichungen sind durch die örtliche Lage bedingt. Die Austiefung ist mit 1,1—2,0 m zwischen 1855 und 1931 nicht so stark wie im Nordhafen und im Skitgatt, weil der Abhang geschützter liegt, die Grundsee nicht so schwer ist und der Sandinhalt auch von der offenen Nordostseite her leichter ergänzt werden kann. Wegen der großen Ausdehnung des Gebietes erreicht die abgewanderte Sandmenge jedoch mit 19,6 Millionen m<sup>3</sup> den höchsten Betrag. Die Ausräumung bis auf die anstehende Kreide tritt nicht so klar hervor, weil die Sanddecke nach Nordosten in die Sandbedeckung des Meeresbodens übergeht. Immerhin ist aus den Seekarten von 1855 und 1887 zu erkennen, daß die Sandgrenze auf dem Klippenabhang in dieser Zeit nordöstlich zurückgewichen ist. Die späteren deutschen Vermessungen enthalten auch hier keine Angaben über die Grundbeschaffenheit. Zeitweise Zuwanderung von Sand ist am Nordostabhang ebenfalls festzustellen, und zwar in dem Zeitraum zwischen 1887 und 1912. Im Abschnitt I und im Abschnitt IV oberhalb 7 m Tiefe (IVa) erscheint sie mit positivem Vorzeichen, in II und III ist sie durch die Austiefung überlagert, aber deutlich zu erkennen. Zeitlich laufen diese Wellen nicht mit denen im Nordhafen und Skitgatt gleich. Ihre Zuwanderung unterliegt also anderen Gesetzen. Das hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß der Klippenabhang längs der ganzen Nordostgrenze gegen das benachbarte Seegebiet offen ist und die Wassertiefen dort geringer sind, infolgedessen kann auch mit leichteren und mit mehr nördlichen Stürmen Sand herangeschoben werden.

Das unter der heutigen 7 m-Tiefenlinie gelegene Teilgebiet am südöstlichen Ende des Nordostabhanges (Abschnitt IV b) zeigt im Gegensatz zu den übrigen eine ununterbrochene Austiefung. Es ist möglich, daß auch hier Sandwellen auftreten, die von den weit auseinanderliegenden Vermessungen zufällig nicht erfaßt sind. Wahrscheinlich findet aber tatsächlich keine Sandzufuhr statt. Der Sand, der von Nordwesten her am Abhang entlangwandert, wird durch die gegen den Abhang einschwenkende Brandung immer höher hinaufgeschoben und treibt oberhalb der 7 m-Linie an dem Teilgebiet vorbei. Die stetige Austiefung dieses Gebietes gerade östlich der Düne hat eine Verstärkung des Angriffs auf den Dünenstrand zur Folge.

#### d) Dünenklippen.

Auf den Klippenfeldern muß der Abbau anders verlaufen als in den Sandgebieten. Er muß wesentlich langsamer, dabei aber ohne Unterbrechung vor sich gehen und muß mit zunehmender Austiefung, entsprechend der Abschwächung des Angriffs auf den Grund, an Geschwindigkeit verlieren. Die Ergebnisse der Auswertung der Seekarten decken sich mit diesen theoretischen Forderungen gut. Sie beweisen damit zugleich, daß die Seekarten selbst für ein so zerklüftetes Gebiet recht zuverlässig sind und daß sie, mögen in Einzelformen auch Fehler unterlaufen, für die Auswertung über größere Flächen brauchbare Unterlagen liefern. Eine scheinbare Unstimmigkeit findet sich nur für den äußeren Abschnitt II der Kreideklippen, deren Rauminhalt oberhalb der 10 m-Linie von 1912—1931 eine kleine Zunahme zeigt. Da aber die angrenzenden Abschnitte II des Nordhafens und des Skitgatts in derselben Zeit Sandeinwanderung verzeichnen, ist anzunehmen, daß die Sanddecke sich an den Rändern der Kreideklippen hinaufgeschoben hat, wenn die Form der Klippen auf der Vermessung von 1931 dies auch nicht erkennen läßt. Der eigentliche Klippenrücken oberhalb 3,5 m Tiefe hat auch in diesem Zeitraum eine Abnahme, die mit den entsprechenden Zahlen der übrigen Klippenfelder gut übereinstimmt.

Der Abtrag der Dünenklippen oberhalb der 10 m-Tiefenlinie beläuft sich in dem 76-jährigen Zeitraum 1855—1931 für den nordwestlichen Ausläufer der Kreideklippen, der schon tiefer liegt und dem Angriff etwas mehr entzogen ist, nach Extrapolation aus der Abnahme 1855—1912 auf ungefähr 0,7—0,8 m, für die der Düne vorgelagerten Abschnitte III der Muschelkalk- und der Kreideklippen auf rd. 1 m. Die von den Klippen bedeckte Fläche hat sich unterhalb 10 m Tiefe nicht mehr verkleinert. Damit scheint also die Grenztiefe erreicht zu sein. Doch verlangsamt sich der Abtrag schon in 6 m Tiefe stark; in dem mehr geschützt liegenden Abschnitt III der Kreideklippen ist er vorläufig bei 6 m noch zum Stehen gekommen. Mengenmäßig beträgt die Abnahme

der Muschelkalk- und Kreideformationen insgesamt 2,1 Millionen m<sup>3</sup>, die durchschnittliche jährliche Abnahme 14000 m<sup>3</sup>, mit dem Höchstwert von 40 000 m<sup>3</sup> am Anfang und etwa 10000 m<sup>3</sup> am Schluß des Zeitraumes 1855—1931. Die obersten Klippenrücken haben an Rauminhalt verhältnismäßig mehr als die ganzen Klippen und für sich an Rauminhalt verhältnismäßig mehr als an Fläche verloren, d. h. die höchsten Teile sind am stärksten abgetragen. Dieses an sich selbstverständliche Ergebnis beweist gleichfalls, daß die oft bezweifelte Zuverlässigkeit der Seekarten doch recht groß ist und selbst kleine räumliche Änderungen festzustellen erlaubt.

Es mag als Widerspruch zu diesen Zahlenergebnissen erscheinen, daß der Abbau der Klippenfelder, der natürlich ist und sich mit einem meßbaren Betrag bis in die Jetztzeit fortsetzt, bei den häufigen Vermessungen und der vielfachen Durchforschung niemals besonders aufgefallen ist. Weder in wissenschaftlichen Arbeiten noch in den zahlreichen Beschreibungen Helgolands aus dem 19. Jahrhundert findet sich ein Hinweis darauf. Vielmehr heißt es in allen Beschreibungen, daß die Klippenfelder schon nach den ältesten Nachrichten über die Insel sich bei Niedrigwasser weit in die See hinaus erstreckt hätten und daß es jetzt noch genau so sei. Doch die Abtragung der tieferliegenden Schichten entzieht sich dem Augenschein, und die Abnahme der bei Niedrigwasser trockenfallenden Flächen, die 1855 noch einen beträchtlichen Umfang hatten, 1931 aber fast verschwunden sind, geht immerhin so langsam vor sich, daß sie in einem Menschenalter nicht sehr in Erscheinung tritt. Es kommt hinzu, daß bei tiefen Wasserständen und glatter See, wenn die Klippen von der Insel aus am besten zu verfolgen sind, die Blätter des auf den Klippen wachsenden Tangs über Stauwasser an der Oberfläche schwimmen und einen größeren Umfang der hochliegenden Schichten vortäuschen, als er wirklich vorhanden ist. Auch sind die Angaben in den ältesten Berichten aus dem 16. und 17. Jahrhundert zu unbestimmt, um sie mit dem heutigen Zustand vergleichen zu können. Daß die Klippen im Umkreis des noch hochragenden Wittekliffs schon damals bis zu einer Brandungsterrasse, also bis nahe über Niedrigwasser abgetragen waren, ist sicher; aber welche Ausdehnung die Terrasse besaß, ist nirgends gesagt.

Nur ein zufälliger Hinweis läßt darauf schließen, daß die Klippen vor verhältnismäßig kurzer Zeit noch eine größere Höhe und Ausdehnung über Niedrigwasser hatten. Er findet sich in den Beschreibungen der Insel von Reinhardt [8] 1856 und von Hallier [9] 1863. Zur Unterhaltung der Badegäste gehörte derzeit die Seehundsjagd auf den Klippenfeldern. Die Jäger lauerten den Seehunden auf, indem sie sich über Niedrigwasser auf einer Klippe hinlegten und mit Seetang bedecken ließen. Heute wäre diese Jagd unmöglich, weil die Klippen bei ruhigem Wetter, wo sie allein zugänglich sind, nicht mehr lange genug trocken fallen.

Extrapoliert man übrigens die Kurven der Tiefenzunahme der Klippenfelder in Abb. 16 rückwärts, so ergibt sich, daß die mittlere Höhe des Wittekliffs noch um 1700, die der äußeren Kreideklippen um 1650 und der inneren Kreideklippen bis gegen 1800 das mittlere Springniedrigwasser erreicht haben muß. Um 1650 war der hochragende Teil des Wittekliffs noch etwa 10 ha groß und ist bis 1711 abgebaut; die Brandungsterrasse hatte damals sicherlich noch eine bedeutende Ausdehnung. Die Extrapolation und folglich auch die für 1855—1931 ermittelten Kurven stimmen damit befriedigend überein.

Durch die Abtragung der Klippen wird der Seegang aus Nordwesten allmählich weniger gebrochen und der Angriff stärker an die Düne herangetragen. In der Vergangenheit ist der Abbruch der Düne dadurch zweifellos sehr verschärft worden. Die Abnahme hat sich jetzt aber schon so verlangsamt, daß ihr Fortgang die der Düne drohende Gefahr auf längere Zeit nicht sehr erhöhen kann, besonders weil die Klippen in der Hauptangriffsrichtung ihre größte Ausdehnung haben. Jedenfalls wird die Düne heute schneller von der Nordostseite her zerstört, als die Verstärkung des Angriffs auf die Nordwestspitze sich auswirken kann.

Abb. 17 zeigt an dem Beispiel der 4-, 10- und 20 m-Tiefenlinie, Abb. 18 an einigen Querschnitten durch den Nordhafen und die Klippenfelder, wie die Veränderung des Abbruchfeldes sich im einzelnen ausgewirkt hat.

#### e) Gesamtverluste des veränderten Gebiets.

Der Bodenverlust des ganzen oben behandelten Abtragsgebietes beläuft sich von 1855—1931 auf 51 Millionen m<sup>3</sup>, davon 38 Millionen m<sup>3</sup> Sand und 13 Millionen m<sup>3</sup> vortertiäres Gestein. Dazu kommt der durch das Abtragsgebiet hindurchgewanderte Sand, dessen Menge sich der Schätzung entzieht. Das Gestein, Tone, Mergel und Kreide, ist von der Brandung größtenteils zu Schlamm zerrieben und wird sich als Trübe über große Flächen ausgebreitet haben. Der Sand ist nach den Strömungs- und Seegangsverhältnissen auf dem engeren Gebiete der über 30 m betragenden Tiefen südlich und südöstlich der Insel geblieben. Aber wenn 39 Millionen m<sup>3</sup> Sand sich auch nur über ein Gebiet von 5 km Länge und 10 km Breite verteilt haben, bringen sie erst eine Aufhöhung des Grundes von durchschnittlich 0,8 m. Eine solche Tiefenänderung ist bei dem spärlichen Lotungsnetz der älteren Vermessungen und der Unsicherheit der Lotungen im offenen Seegebiet nicht nachzuweisen.

## f) Rücken ostnordöstlich der Düne.

Auch für den Eiderstedter Rücken nahe der Insel liegen keine Vermessungen vor, die eine zahlenmäßige Untersuchung der Tiefenänderung erlauben. Die Sonderaufnahmen des Inselgebiets enden dicht östlich der Düne. Das weitere Seegebiet ist bisher erst einmal genau vermessen, und

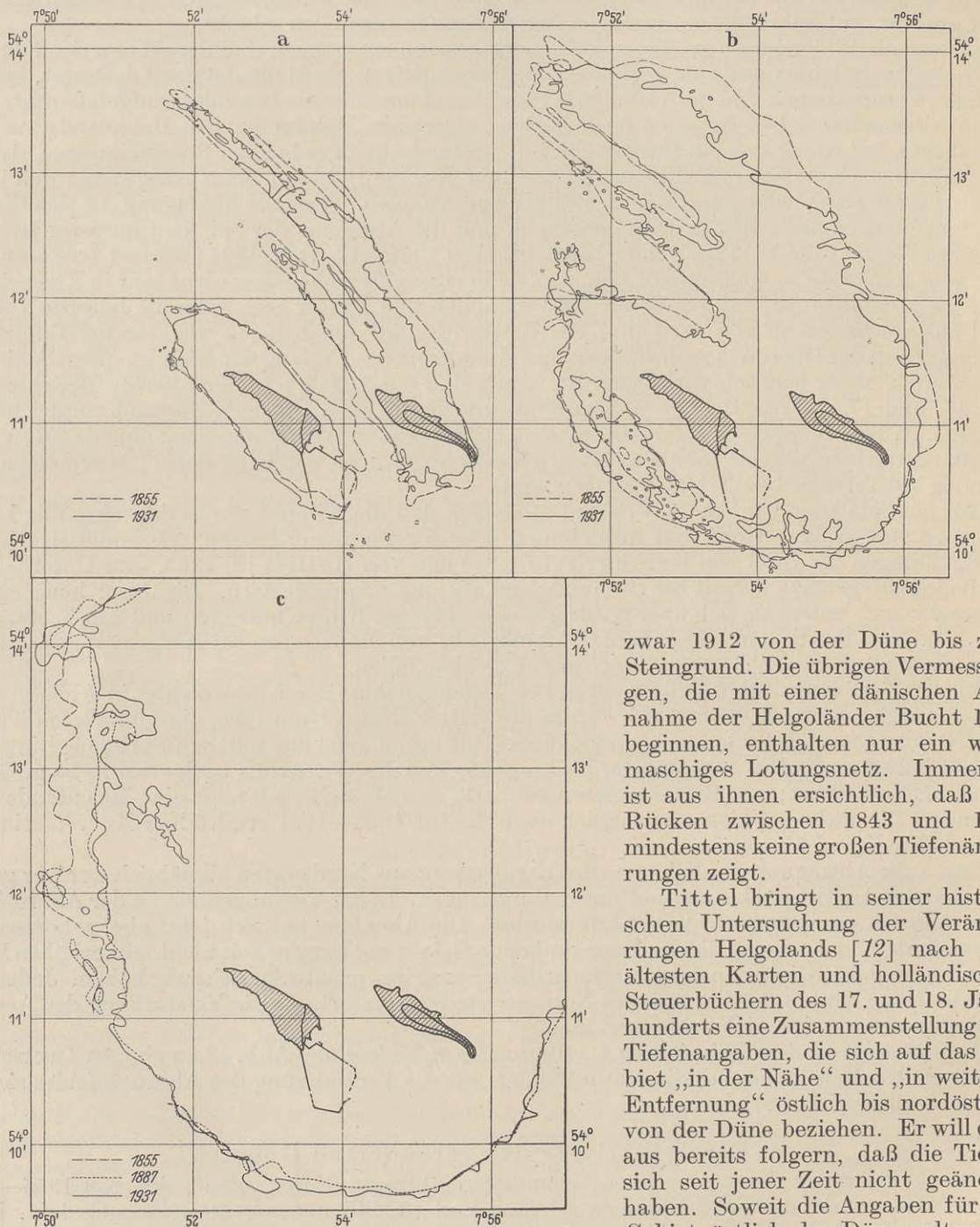


Abb. 17. Änderung einiger Tiefenlinien des Inselgebietes 1855/1931. a) 4 m-Linie, b) 10 m-Linie, c) 20 m-Linie.

zwar 1912 von der Düne bis zum Steingrund. Die übrigen Vermessungen, die mit einer dänischen Aufnahme der Helgoländer Bucht 1843 beginnen, enthalten nur ein weitmaschiges Lotungsnetz. Immerhin ist aus ihnen ersichtlich, daß der Rücken zwischen 1843 und 1912 mindestens keine großen Tiefenänderungen zeigt.

Tittel bringt in seiner historischen Untersuchung der Veränderungen Helgolands [12] nach den ältesten Karten und holländischen Steuerbüchern des 17. und 18. Jahrhunderts eine Zusammenstellung von Tiefenangaben, die sich auf das Gebiet „in der Nähe“ und „in weiterer Entfernung“ östlich bis nordöstlich von der Düne beziehen. Er will daraus bereits folgern, daß die Tiefen sich seit jener Zeit nicht geändert haben. Soweit die Angaben für das Gebiet östlich der Düne gelten, ist der Schluß nicht begründet, denn von der Düne östlich nach der Loreleybank herüber wechseln die Tiefen

sehr schnell, und die alten Ortsbestimmungen sind zu unsicher. Für den ebenen Rücken nordöstlich der Düne kann der Schluß dagegen zutreffen. Hier wird schon 1612 „in weiterer Entfernung“ von der Düne eine Tiefe von neun Faden = rd. 16 m angegeben, und größere Tiefen kommen bis zum Steingrund herüber auch heute nicht vor. Sicher ist jedenfalls, daß die Änderun-

gen auf dem Rücken nur gering sein können und die Größenordnung der Änderungen im engeren Inselgebiet bei weitem nicht erreichen.

Das Vorfeld des Rückens, das Gebiet längs der 20 m-Linie an seinem Nordwestabhang, ist nur am Westende, nördlich Sellebrunn, von den Aufnahmen der Insel 1887 und 1912 erfaßt. Die Neuvermessung dieses Gebietes ist seit mehreren Jahren geplant, konnte aber noch nicht durchgeführt werden. Über die Veränderungen besteht deshalb noch keine Klarheit.

### III. Veränderungen der Düne.

#### 1. Benutzte Unterlagen.

Es ist ein glücklicher Zufall, daß die älteste Karte der Insel und Düne Helgoland, die auf einer guten Vermessung beruht (Abb. 6), im Jahre 1718 angefertigt ist, kurz vor dem Durchbruch des Wals und dem Beginn des heutigen Entwicklungsabschnittes der Düne. Diese Karte von Holle-

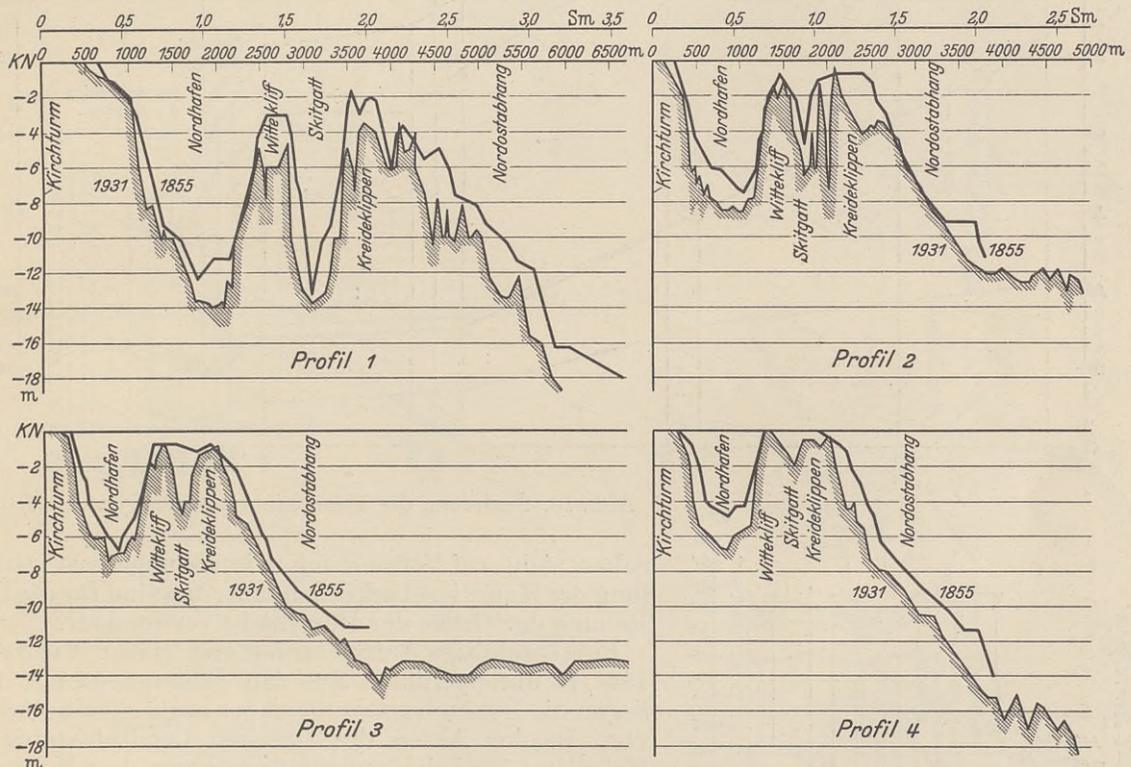


Abb. 18. Änderung der Querschnitte des Nordhafens und der Dünenklippen 1855/1931.

rus ist erstmals von Brohm [15] veröffentlicht. Brohm legte der Karte keinen großen Wert bei, weil auf ihr der Maßstab falsch angegeben ist. Aber die auf der Karte verzeichneten, jetzt noch vorhandenen oder bekannten Punkte, namentlich der Kirchturm, der älteste, 1912 abgebrochene Leuchtturm und der Hogstean, stimmen nicht nur in dem Verhältnis ihrer gegenseitigen Abstände gut mit der Wirklichkeit überein, sondern gestatten auch, den wahren Maßstab zu berechnen. Auch die Hauptabmessungen der Insel nach ihrem damaligen Umfang und die Lage der größeren Hörns (Felsvorsprünge) sind ziemlich zutreffend wiedergegeben. Die falsche Maßstabangabe ist wohl so entstanden, daß die Karte nach einer Feldaufnahme in anderem Maßstabe gezeichnet und der Maßstab der Feldaufnahme versehentlich übernommen wurde. Es ist allerdings fraglich und nicht nachprüfbar, ob die Düne mit gleicher Genauigkeit übernommen wurde. Die Hügel der Hohen Düne — damals noch Wanderdüne — scheinen nur schematisch angedeutet zu sein; und ersichtlich nicht vermessen, sondern in rohen Umrissen wohl nach Beschreibung von Fischern angegeben sind die Klippenfelder. Bei der großen Sorgfalt, die auf die Karte verwandt ist, kann aber mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß wenigstens die Hauptlinien der Düne vermessen sind.

Die nächste brauchbare Aufnahme stammt von dem dänischen Ingenieur Wessel 1793. Sie ist leider in sehr kleinem Maßstab gehalten und bringt von der Düne nur die Hochwassergrenze.

Die zahlreichen holländischen und hamburgischen Karten der Insel aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts und mehrere englische Aufnahmen aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts be-

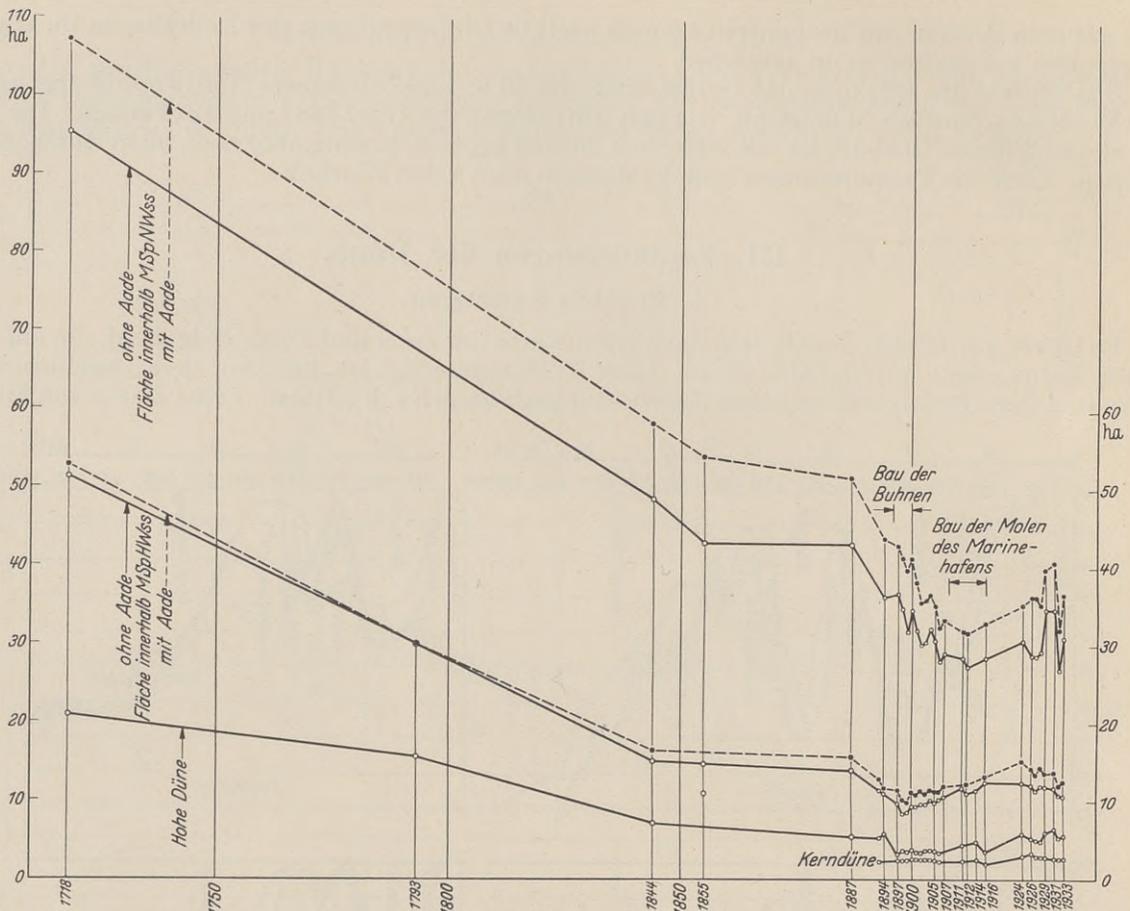


Abb. 19. Änderung des Flächeninhaltes der Düne 1718/1933.

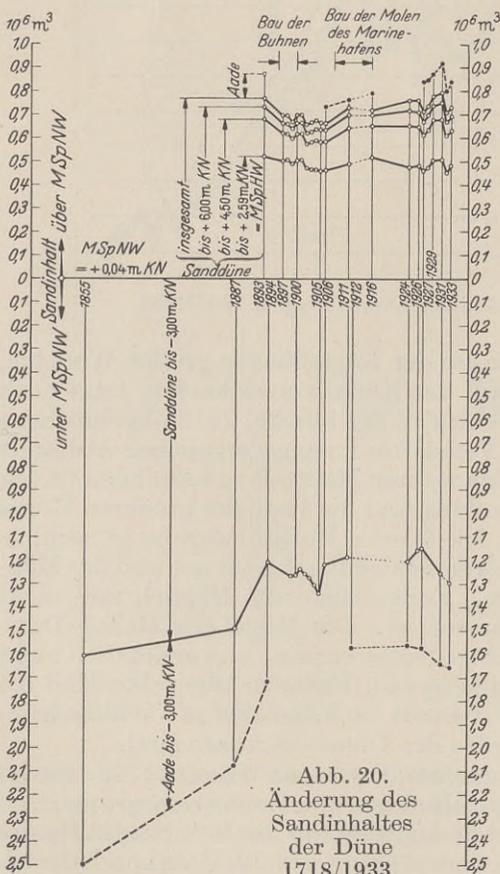


Abb. 20. Änderung des Sandinhaltes der Düne 1718/1933.

ruhen nicht auf Vermessung, wie die ungenaue Darstellung der Hauptinsel erkennen läßt. Sie sind für die Feststellung der Größe der Düne nicht verwendbar.

Eine sorgfältige Aufnahme hat erst wieder Wiebel [6] 1844/45 durchgeführt. Aus den Jahren 1855 und 1887 liegen die Dünenvermessungen der englischen Seekarten vor. In den Akten des früheren Landratsamtes auf Helgoland fand sich außerdem eine von dem Kommandeur des englischen Vermessungsschiffes 1887 unterzeichnete, in großem Maßstab gehaltene Aufnahme der Düne bis zur Hochwasserlinie, die offenbar anlässlich der Vermessung des Inselgebiets angefertigt ist; sie ist für die Darstellung in der Seekarte von 1887 benutzt. Im Jahre 1893 führte der Regierungsbaumeister Römer [11] die erste gründliche Vermessung der Düne mit Höhenschichtlinien und Anschluß an das Festpunktnetz der Insel aus, leider nicht überall bis zur Niedrigwassergrenze. 1894 wurde die Düne von dem deutschen Vermessungsschiff Albatros aufgenommen.

Im Zusammenhang mit dem Bau der Buhnen beginnt dann 1897 eine Reihe von Höhenaufnahmen, die von Bauleitern, Landmessern und Vermessungstechnikern der Preußischen Bauverwaltung durchgeführt sind. Sie erfassen zumeist auch die nähere Umgebung der Düne bis etwa zur Grenze ihres Sandkegels auf dem Felsenuntergrund. Um die Wirkung der Buhnen zu verfolgen, ist die Vermessung von 1897—1907 jährlich, später in unregelmäßigen Abständen vorgenommen. Die Kriegs-

und Nachkriegsverhältnisse brachten eine längere Pause. Die Düne wurde erst 1924 wieder und von 1926 ab, um Unterlagen für die Untersuchung ihrer Veränderungen zu schaffen, jährlich vermessen. Von 1912 und 1924 liegen außerdem Aufnahmen von Vermessungsschiffen vor.

Bis einschließlich 1887 sind alle Aufnahmen auf NWss, MNWss oder MSpNWss ohne Anschluß an einen Festpunkt beschickt. Hierin liegt eine gewisse Unsicherheit für die Umrechnung auf heutiges Kartennull, die aber bei dem damals noch großen Umfang der Düne nicht sehr ins Gewicht

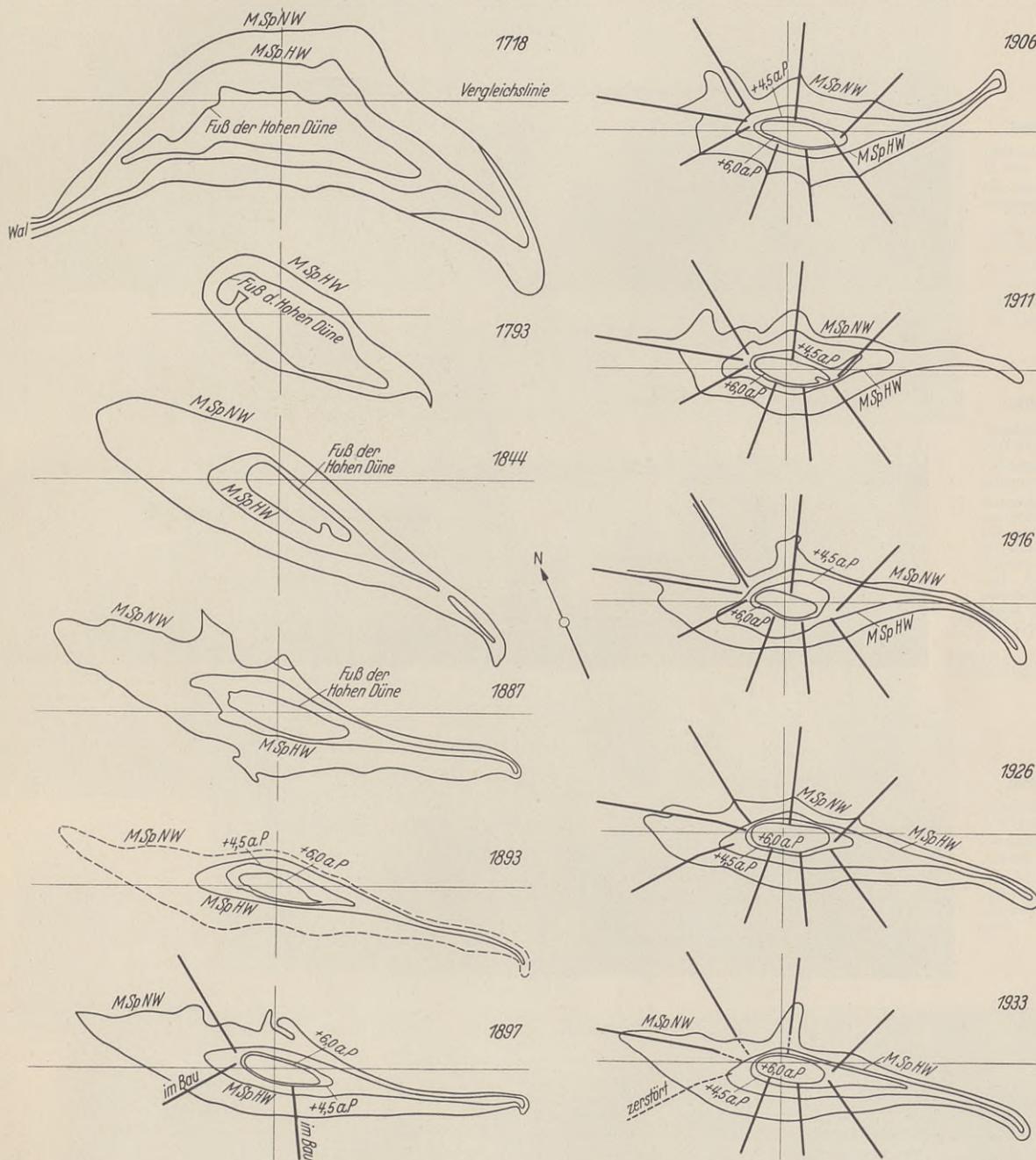
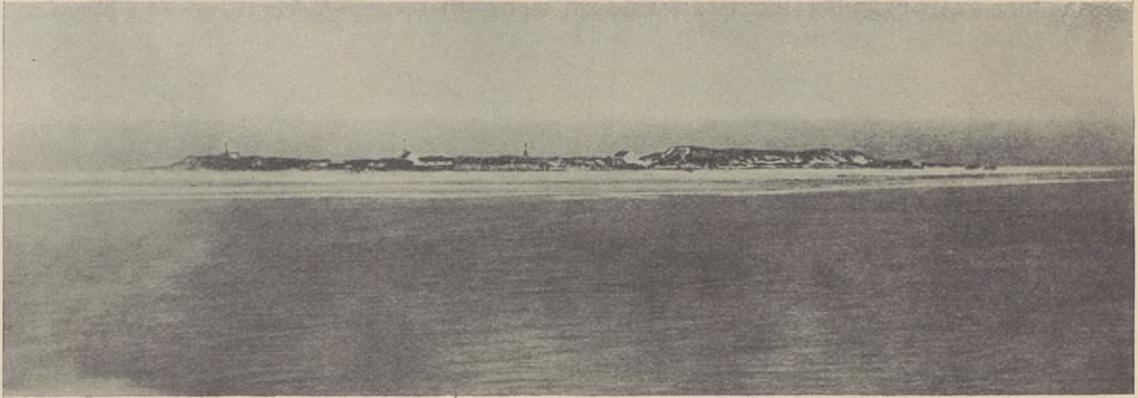


Abb. 21. Änderung der Hauptlinien der Düne 1718/1933.

fällt. Eine Fehlerquelle in den Seekartendarstellungen muß jedoch berücksichtigt werden. Die Seekarten sind für die Schifffahrt bestimmt, der daran gelegen ist, vor flachen Stellen rechtzeitig gewarnt zu werden. Deshalb werden auf den Seekarten überall, wo der Grund sich waagrecht ausdehnt, die am weitesten seewärts gelegenen Punkte dieser Flächen durch die entsprechende Tiefenlinie gekennzeichnet, die inneren vernachlässigt. Solche Flächen kommen an der Düne namentlich auf dem Klippenfeld an der Nordseite vor. Der Niedrigwasserumfang der Düne erscheint dadurch auf den Seekarten größer als in den für Bau- und Forschungszwecke bestimmten Vermessungen, bei

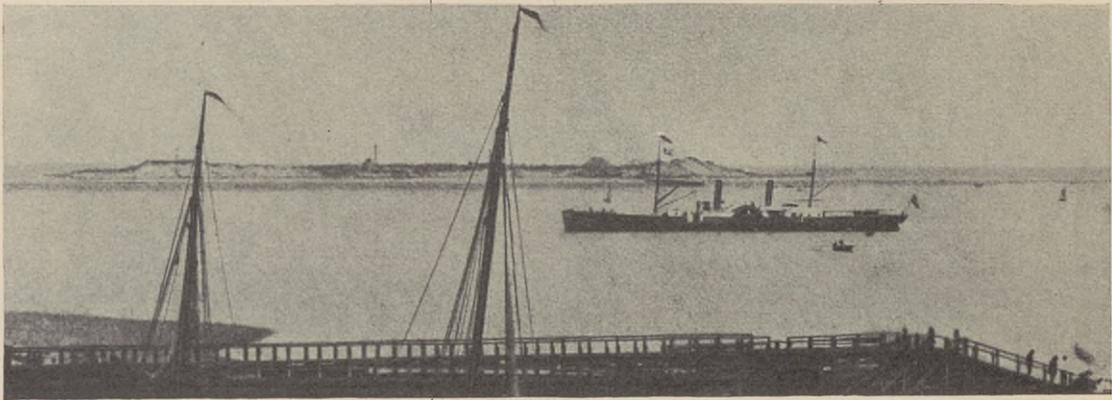
**1. 1866.**

Aufnahmestand-  
ort A.  
Aufnahme bei  
Niedrigwasser.



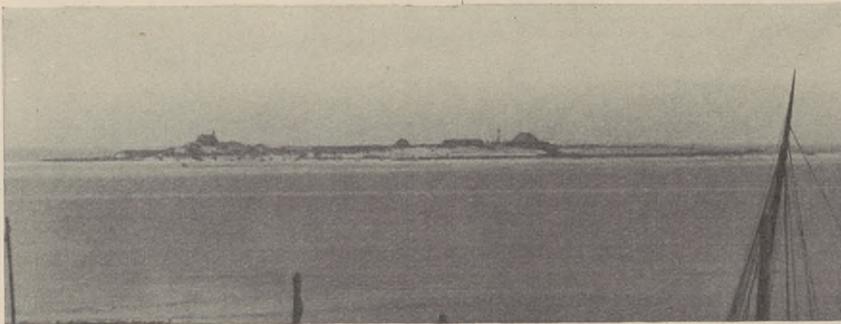
**2. 1876.**

Aufnahmestand-  
ort B 2.  
Aufnahme bei  
Niedrigwasser.  
Hauptabbruch  
seit 1866 am  
Südende der  
Südwestseite  
wahrscheinlich  
1867/68. Die  
Nordwestspitze  
hat nur wenig  
gelitten.



**3. 1883.**

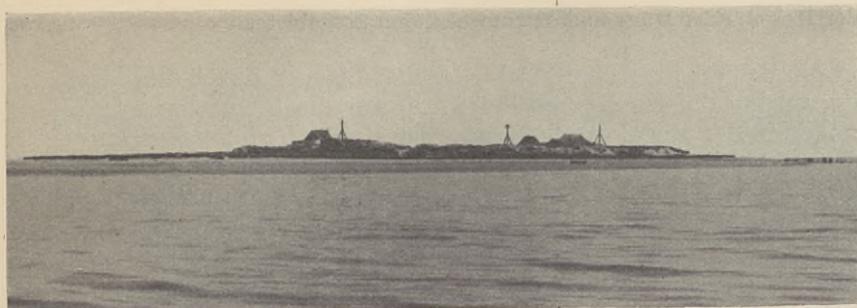
Aufnahmestand-  
ort B 2.  
Aufnahme bei  
Niedrigwasser.  
Rest der Dünen-  
hügel am Süd-  
ende verschwun-  
den.



**4. 1891.**  
Aufnahmestand-  
ort B 1.  
Aufnahme bei  
Hochwasser.

Abb. 22. Die Düne von 1866 bis 1936 nach Aufnahmen von der Insel aus.

Standorte der Aufnahmen: A = Oberland, Ostecke (Rödberg), B 1 = Oberland, Ostseite, B 2 = Unterland, Südstrand, C = Unterland, Ostecke.



**5. 1895.**

Aufnahmestandort C.  
Aufnahme bei Niedrigwasser.  
Nach den Sturmfluten vom  
Dezember 1894.  
Hauptabbruch wieder am  
Südende der Südwestseite.



**6. 1898.**

Aufnahmestandort B 1.  
Aufnahme bei Niedrigwasser.  
Buhnsystem im Bau.



**7. 1905.**

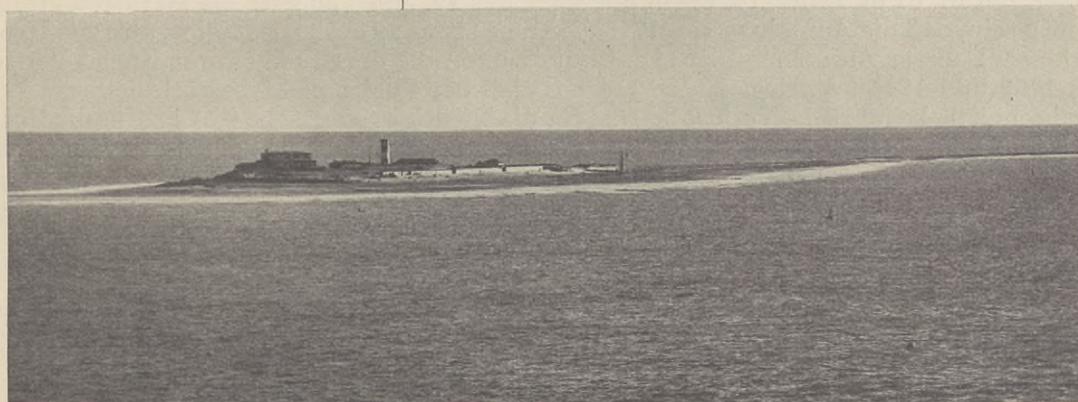
Aufnahmestandort B 1.  
Aufnahme bei Hochwasser.



**8. 1910.**

Aufnahmestandort A.  
Aufnahme bei Hochwasser.  
Beginn des Zurückschwenkens  
der Aade infolge des Marine-  
hafenbaues, der sich bei der  
Aade am ersten auswirkt.

**9. 1936.**  
Aufnahmestandort A.  
Aufnahme bei halber Tide.  
Aade nach Westen  
geschwenkt.



denen, vom Strande ausgehend, gewöhnlich die innersten Punkte solcher Flächen durch die Tiefenlinie bezeichnet sind. Andererseits werden die Hochwasserlinien, die für die Schifffahrt weniger wichtig sind, bei den Seevermessungen in der Regel durch Polygonzüge nach Treibselgrenzen bestimmt. Da nun auch bei glatter See gewöhnlich eine Dünung steht, die das Treibsel etwas über den Stillwasserspiegel hinaufschiebt, wird der Hochwasserumfang in den Seekarten etwas zu klein. Bei dem Vergleich von Seekartendarstellungen mit anderen Aufnahmen muß das berücksichtigt werden. In den Jahren 1912 und 1924 sind gleichzeitig Höhenvermessungen und Seekartenaufnahmen der Düne ausgeführt; dadurch wird es möglich, den Unterschied angenähert zu berechnen. Die von der Niedrigwasserlinie umschlossene Fläche ist auf den Seekarten etwa um 4 ha größer als auf den Höhenaufnahmen. Der Unterschied in der Hochwasserfläche ist streng genommen von der Länge der Strandlinie abhängig. Da die Strandlinie aber fast ganz auf die beiden Längsseiten der Düne entfällt und die Länge der Düne sich seit 1855 kaum geändert hat, kann auch für diesen Unterschied ein fester Wert von rd. 0,4 ha angenommen werden. Einzelheiten über die benutzten Aufnahmen, über die Berechnung oder Berichtigung der Maßstäbe und die Beschickung auf heutiges Pegelnull bringt der Anhang S. 64 bis 70.

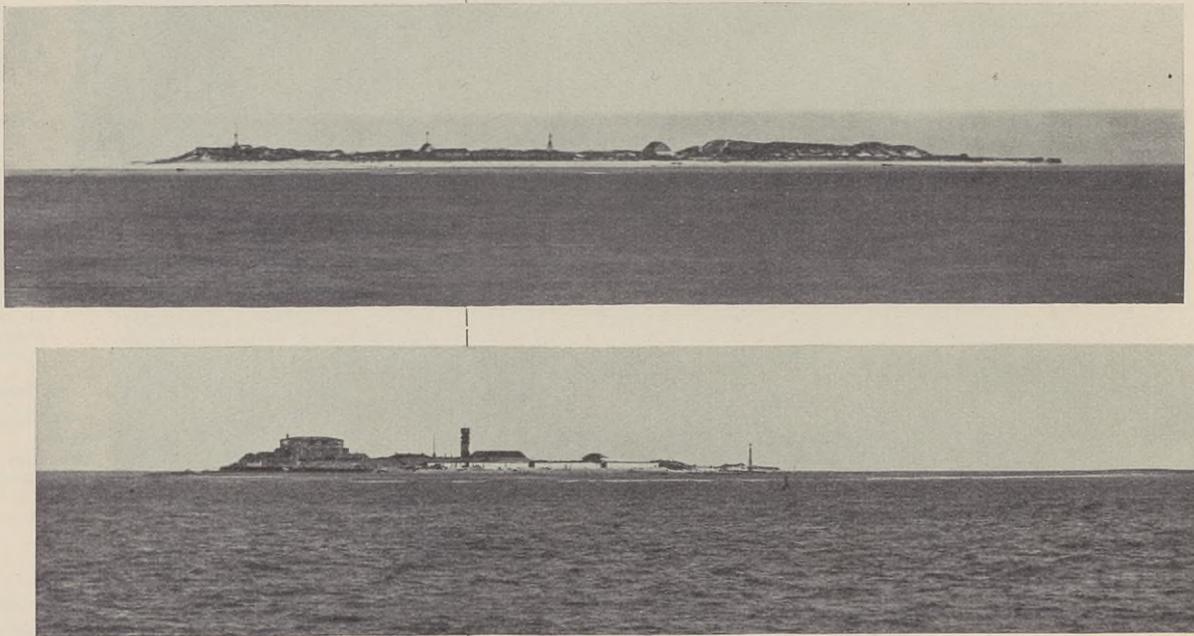


Abb. 23. Die Düne 1866 und 1936 nach Aufnahmen von der Reede aus.

## 2. Größenänderungen.

Die nach den Aufnahmen ermittelten Flächen- und Rauminhalte der Düne sind in Abb. 19 und 20 aufgetragen. Abb. 21 zeigt die Änderung der Hauptlinien der Düne (Linie des NWss. und HWss., Fuß der Hohen Düne und Grenze der Kerndüne) seit 1718; Abb. 22 und 23 geben Ansichten der Düne aus den letzten 70 Jahren.

Darnach hat die Düne, die 1718 bei Niedrigwasser noch eine Fläche von rd. 95 ha, bei Hochwasser von rd. 51 ha bedeckte, bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts am stärksten abgenommen. Es mag sein, daß die Aufnahme von 1718 die Düne etwas zu groß wiedergibt, aber die Hochwasserfläche nach dieser Aufnahme fügt sich in die Kurve, die durch die einwandfreien Vermessungen von 1793 und 1844 festgelegt ist, so gut ein, daß der Fehler nicht beträchtlich sein kann. Der durchschnittliche jährliche Verlust beträgt für die Niedrigwasserfläche 0,37 ha, für die Hochwasserfläche 0,29 ha. Dabei ist die Hochwasserfläche von 51 auf 15 ha, d. i. auf rd. ein Drittel, die Niedrigwasserfläche von 95 auf 49 ha, also nur auf die Hälfte zusammengeschrumpft. Infolgedessen hat die Fläche des nassen Strandes verhältnismäßig wenig, nur von 44 auf 34 ha abgenommen. Seine mittlere Neigung ist, wie sich aus diesen Zahlen berechnen läßt, fast unverändert geblieben. Strandneigung und Brandungsangriff haben sich also stets im Gleichgewicht gehalten. Daraus ist zu schließen, daß der Abbruch der Düne hauptsächlich von unten her, von der Niedrigwasserlinie und dem unterseeischen Vorstrand aus erfolgte und den Abbruch des höheren Teils nach sich zog. Im umgekehrten Falle hätte die Neigung des nassen Strandes allmählich flacher werden müssen. Es sind also, wie schon theoretisch gefolgert wurde, vorwiegend die häufigen Stürme mit

mäßigen Wasserständen gewesen, die den entscheidenden Teil des Abbruchs leisteten und die Vorbedingung dafür schufen, daß die Sturmfluten auch die Oberdüne angreifen konnten. Die wenig bemerkbare Abnahme des unteren Strandes ist in ihren Folgen für die Düne in der Öffentlichkeit und im Schrifttum selten beachtet, die mehr in die Augen fallende Wirkung der Sturmfluten überschätzt worden. Die Hohe Düne hat denn auch, solange noch ein breiter trockener Strand vorhanden war, von 1718 bis 1793 nur wenig verloren. Erst nachdem durch das Zurückweichen des nassen Strandes auch der trockene Strand so schmal geworden war, daß er die Brandung nicht mehr genug brechen konnte, beginnt nach 1793 die Hohe Düne ebenfalls stark abzunehmen, und zwar verhältnismäßig wiederum etwas mehr als die Fläche innerhalb der HWss.-Linie.

Zwischen 1855 und 1887 zeigen die Kurven einen Stillstand im Abbruch, der nicht eindeutig zu erklären ist. Mit dem Witterungsverlauf hängt die Erscheinung sicher nicht zusammen. Nach den Untersuchungen von Otto und Brandt [18] und von Lüders [26] sind in der Wesermündung und der Jade, folglich auch in der Helgoländer Bucht die Jahre von etwa 1850 bis 1875 und von etwa 1900 ab verhältnismäßig reich, die Jahre von 1875 bis 1900 arm an Sturmfluten gewesen. Zwischen diesen Perioden und dem Abbruch der Düne ist keine Übereinstimmung herauszulesen. Am meisten Wahrscheinlichkeit hat folgende Erklärung für sich: die Größe der Düne im Jahre 1718 entsprach dem Schutz, den sie durch das kurz zuvor untergegangene Wittekliff und durch den Wal hatte. Vor allem war es der Wal, dessen Wirkung für die Düne viel günstiger war, als seine Lage zur Düne und seine Höhe zunächst vermuten lassen. Der Wal bildete mit der Südwestseite der Düne und der Ostseite der Hauptinsel eine stromlose Bucht, in der überhaupt kein Boden vom Südweststrand verlorengehen konnte. Der bei Sturm fortgespülte Sand mußte bei leichten Winden immer wieder an den Strand gelangen; bekanntlich schiebt sich im Scheitel einer solchen Bucht stets Boden zusammen. Ebenso schlossen der Wal, die Nordostseite der Insel und die damals noch hochliegenden Dünenklippen eine zweite stromlose Bucht ein, in der der Nordhafen seichten Grund hatte. Der Sand, der hier bei Nordwestwind durch den Wellenschlag gegen den Wal heraufgeschoben wurde, konnte nur an dessen Nordseite entlang und bei hohem Wasserstand über die Klippen hinweg unmittelbar zum Nord- und Oststrand der Düne wandern. In den letzten Jahrzehnten seines Bestehens wurde der Wal bei sehr hohen Wasserständen überflutet. Der Sand, den die Brandung dann über den Wal herüberschlug, mußte sich aber im ruhigen Wasser des Südhafens ablagern, um schließlich an den Südweststrand zu gelangen. Außerdem schnitt der Wal nicht nur die schädliche Flutströmung, sondern auch den Seegang bei Nordweststurm vom Südstrand ab. Nach dem Untergang des Wals war die Düne für den verminderten Schutz, den ihr nur noch die Hauptinsel und die an Höhe abnehmenden Klippen boten, und für den verstärkten Strömungsangriff zu groß. Sie schrumpfte zusammen, bis ihre Größe dem veränderten Schutz wieder entsprach. Ebenso hatte die Gestalt der Düne, die 1718 noch ganz durch Wal und hohes Wittekliff bedingt war, sich den veränderten Strömungs- und Angriffsverhältnissen angepaßt. Diese Entwicklung war um 1850 herum vollendet, ihr Abschluß ist durch die Aufnahmen von 1844 und 1855 zufällig erfaßt worden. Von da an hielten Angriff, Schutz und Sandzufuhr sich wieder das Gleichgewicht und brachten der Düne einen angenäherten Beharrungszustand. Ihr Hochwasserumfang konnte bis 1887 sogar noch ein wenig wachsen. Daß diese Zunahme allerdings kein wirklicher Gewinn war, erweisen die Rauminhaltskurven: Der Sandinhalt des Dünensockels zwischen NWss. und dem Felsgrund hat, wenn auch nur wenig, weiter abgenommen. Auch die Hohe Düne mit Vordüne hat noch verloren; ihre Angleichung an den verminderten Schutz folgte der beschriebenen Entwicklung mit einer gewissen Verzögerung wie schon nach 1793 und dauerte deshalb über das Jahr 1855 hinaus. Die Kerndüne hat sogar gerade zwischen 1866 und 1876 einen großen Teil ihres Bestandes eingebüßt, hauptsächlich wohl in den sturmreichen Jahren 1867 und 1868 (nach Otto und Brandt war das Jahrfünft 1864 bis 1868 das sturmflutreichste in dem Zeitraum 1849 bis 1923). Abb. 22 und 23 zeigen dabei besonders deutlich, daß der Hauptangriff vor Erbauung des Marinehafens nicht an der Nordwestspitze, sondern an der Südwestseite lag.

1887 oder bald darauf setzt ein neuer Rückgang ein, der sich sowohl auf den unter NWss. liegenden Sockel wie auf die Niedrigwasser- und Hochwassergrenze erstreckt. Hier liegt die Ursache klar; denn um dieselbe Zeit ist die Ausräumung der Sanddecke im Nordhafen, im Skitgatt und auf den höher liegenden Flächen am Nordostabhang der Klippenfelder vollendet. Die Zufuhr zur Düne wird jetzt nur noch aus den Mengen gespeist, die von Nordwesten her durch das Vorfeld hindurchwandern, und reicht nicht mehr aus, um die Verluste zu ersetzen. Nur die Hohe Düne mit Vordüne folgt dem Rückgang wieder mit einer Verzögerung und bleibt noch bis 1894 verschont, weil die Jahre 1887—1893 keine schweren Sturmfluten brachten.

Der Bau der Bühnen 1896—1900 hat den Rückgang der Düne zwar verlangsamte, aber nicht zu wenden vermocht. Wie die Kurven der Rauminhalte zeigen, nimmt die Sandmasse der Düne in allen Schichten unter und über NWss. weiter ab, wenn auch in schwächerem Maß als vorher. Lediglich die von der HWss.-Grenze umschlossene Fläche wächst trotz des Mengenverlustes und

des starken Rückgangs gerade der Niedrigwassergrenze wieder an. Die Bühnen haben also die Wirkung gehabt, daß der Sand mehr strandaufwärts geschoben wurde. Diese Entwicklung an der augenfälligsten Stelle hat zunächst einen Erfolg der Bühnen vorgetäuscht, ist aber in der Tat ungünstig. Denn die Strandneigung überschritt jetzt den durch Korngröße des Sandes und Stärke der Brandung gegebenen Winkel. Die Folgen machen sich zwar an der Hohen Düne abermals nicht sogleich bemerkbar. Durch den schweren, besonders in der Flächenkurve hervortretenden Rückgang der Hohen Düne in den Sturmfluten vom Dezember 1894 und Dezember 1895 war der trockene Strand wieder etwas breiter geworden, so daß er die Brandung stärker brechen konnte, und bis zum Ende der jährlichen Vermessungsreihe 1907 ist nur eine schwere Sturmflut (13. März 1906) zu verzeichnen. Der Abbruch der Kerndüne 1894—1895 tritt in der Flächeninhaltskurve nicht in Erscheinung, weil die Helgoländer den Verlust Anfang 1896 durch Auffahren von 40 000 m<sup>3</sup> Sand, der dem nassen Strand entnommen wurde, wieder ausglich.

Eine entscheidende Wendung bringt erst der Bau der Marinehafenmolen, der 1908 beginnt und sich schon in der nächsten Vermessung 1911 ausprägt. Der Rauminhalt der Düne hat sich seitdem bleibend etwas vergrößern können: Der Angriff ist soviel schwächer geworden, daß die geringe noch vorhandene Sandzufuhr den Verlust gut ausgleicht. Der nasse Strand kann aus demselben Grund seine durch die Bühnen hervorgerufene Neigung aufrechterhalten. Die Hohe Düne hat sich der Fläche nach sogar ansehnlich und die Kerndüne etwas vergrößern können. Es muß zwar berücksichtigt werden, daß der heutige leidlich gute Zustand besonders der Hohen Düne auch der außergewöhnlich langen Periode ruhigen Wetters von November 1928 bis Oktober 1936 zuschreiben ist. Aber schon vorher haben die schweren Sturmfluten vom Januar und Februar 1916, vom Oktober 1926 und November 1928, nachher die beiden Fluten vom Oktober 1936 der Hohen Düne nicht entfernt so starke Verluste gebracht wie etwa die von 1894/1895. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Sturmflut vom 13. Januar 1916, die mit einer bei dem damaligen Zustand des Südweststrandes sehr ungünstigen Windrichtung, West bis Westnordwest, einen Wasserstand von nur 10 cm unter HHWss. und wohl den schwersten bisher auf Helgoland beobachteten Seegang vereinigte, ohne den Schutz der Hafenmolen schon den Untergang der Hohen Düne herbeigeführt hätte. Die Voraussagen, die Eckhardt [16] bald nach Beendigung des Hafensbaues 1920 über den Wert der Molen für die Erhaltung der Düne gab, haben sich durch die weitere Entwicklung als richtig erwiesen.

Die Unterlagen gestatten leider nicht, das Verhältnis zwischen der Sandanwanderung aus dem Vorfeld nordwestlich der Düne, der Sandzufuhr zur Düne, d. i. dem Anteil, der ihr von dem heran- und vorbeiwandernden Sand zugute kommt, und dem Abtrag an der Düne zahlenmäßig zu bestimmen. Die Vermessungen der Düne geben nur den überschießenden Sandgewinn oder -verlust, aber nicht die Größe der Zufuhr und des Abtrages selbst an; von der Sandanwanderung kennen wir nur den Teil, der aus dem ursprünglichen Vorrat des Vorfeldes für sich stammt, aber nicht die Massen, die von See her durch das Vorfeld hindurchgehen. Nur soviel läßt sich feststellen, daß der Sandgewinn der Düne einen geringen Bruchteil der zuwandernden Mengen ausmacht. Bleibt der Nordhafen, von dessen Sandlieferung die Düne fast nichts erhält, außer Betracht so sind aus dem Skitgatt und dem Nordostabhang der Klippen von 1855 bis 1887 im ganzen 18,5 Millionen m<sup>3</sup>, jährlich im Durchschnitt rd. 600 000 m<sup>3</sup> Sand an der Düne entlang gewandert, ohne die durchgeführten Mengen. Trotzdem hat die Düne ihren Bestand nur eben halten können. Nach 1887, als die Ausräumung der Sanddecke im Skitgatt und auf dem Nordostabhang zur Hauptsache vollendet war, beträgt der reine Verlust dieser Gebiete bis 1931 immer noch 8,4 Millionen oder im Jahresdurchschnitt rd. 200 000 m<sup>3</sup> Sand. Gegenüber dem Sandinhalt der Düne, der von der Felssohle an einschließlich der Aade nur 2,5 Millionen m<sup>3</sup> ausmacht, sind das beträchtliche Massen. Daß außerdem die Durchfuhr noch große Mengen geliefert hat, ergibt sich aus dem Sandzuwachs im mittleren Teil des Skitgatts zwischen 1912 und 1931 mit rd. 1,6 Millionen m<sup>3</sup>, der wahrscheinlich in wenigen Jahren vor 1931 entstanden ist. Aber die Düne hat vor Erbauung des Marinehafens nur einen größten Jahresgewinn von 45 000 m<sup>3</sup> (1903 auf 1904), seit Bestehen des Hafens einen größten Gewinn von 192 000 m<sup>3</sup> von 1927 bis 1931 oder im Mittel jährlich 48 000 m<sup>3</sup> zu verzeichnen.

### 3. Änderungen der Gestalt.

Der Rückgang der Düne seit dem Durchbruch des Wals wäre noch schärfer gewesen, wenn sie sich nicht durch die Wirkung der verändernden Kräfte selbst mit einer erstaunlichen Empfindlichkeit dem Spiel von Angriff und Schutz nach Gestalt und Lage angepaßt hätte (Abb. 21).

Im Jahre 1718 zeigt die Düne noch einen ausgedehnten west-östlich verlaufenden Strand. Es ist die Seite, mit der sie dem kurz zuvor untergegangenen hohen Wittekliff als Unterland angehängt war. Da sie sich dem schützenden Wittekliff dicht angelegt hatte, ist ihre Länge in der Richtung Nordwest—Südost auch noch gering im Verhältnis zur Breite, wie heute beim Unterland der Hauptinsel.

Der Durchbruch des Wals öffnete den Tideströmungen den Weg. Der Flutstrom durch den Nordhafen, dessen Einfluß überwiegt, trägt den von der Brandung losgerissenen Sand nach Südosten und baut die Düne in die Form einer Nehrung um. Nur der gewöhnlich auftretende Nehrungshaken bleibt fehlen, weil die Strömungen auf beiden Längsseiten wirken. 1793 ist der Nordstrand schon sehr kurz und das Verhältnis der Länge zur Breite größer geworden, die Aade über Hochwasser jedoch erst in einem schwachen Ansatz entwickelt. 1844 ist die Umformung abgeschlossen und die Ausbildung der Aade vollendet. Die Düne hat jetzt eine Form geringsten Widerstandes gegen den Flutstrom. Sie kann auf diesen nicht mehr stauend und verstärkend wirken und begünstigt zugleich die Ausdehnung des um die Aade herum und an der Nordostseite nach Nordwesten setzenden Nehrstromes, der für die Erhaltung des Sandes an der Düne vorteilhaft ist. Sie kehrt damit zwar der Richtung der häufigsten Angriffe aus Südwest eine Längsseite zu, ermöglicht dadurch aber auch das Sturmlee, in welchem der aufgewühlte Sand sich wieder absetzen kann. Bei einer mehr runden Gestalt der Düne hätte ein wirksames Sturmlee nicht entstehen können und die Sandverluste wären größer gewesen. Daß die Düne zugleich den höchsten Sturmfluten aus Nordwest eine Schmalseite zuwendet, ist ein weiterer Vorteil ihrer Gestalt, der zufällig durch die Erbauung des Marinehafens und das Aufhören der Angriffe auf die südwestliche Längsseite noch mehr zur Geltung kommt.

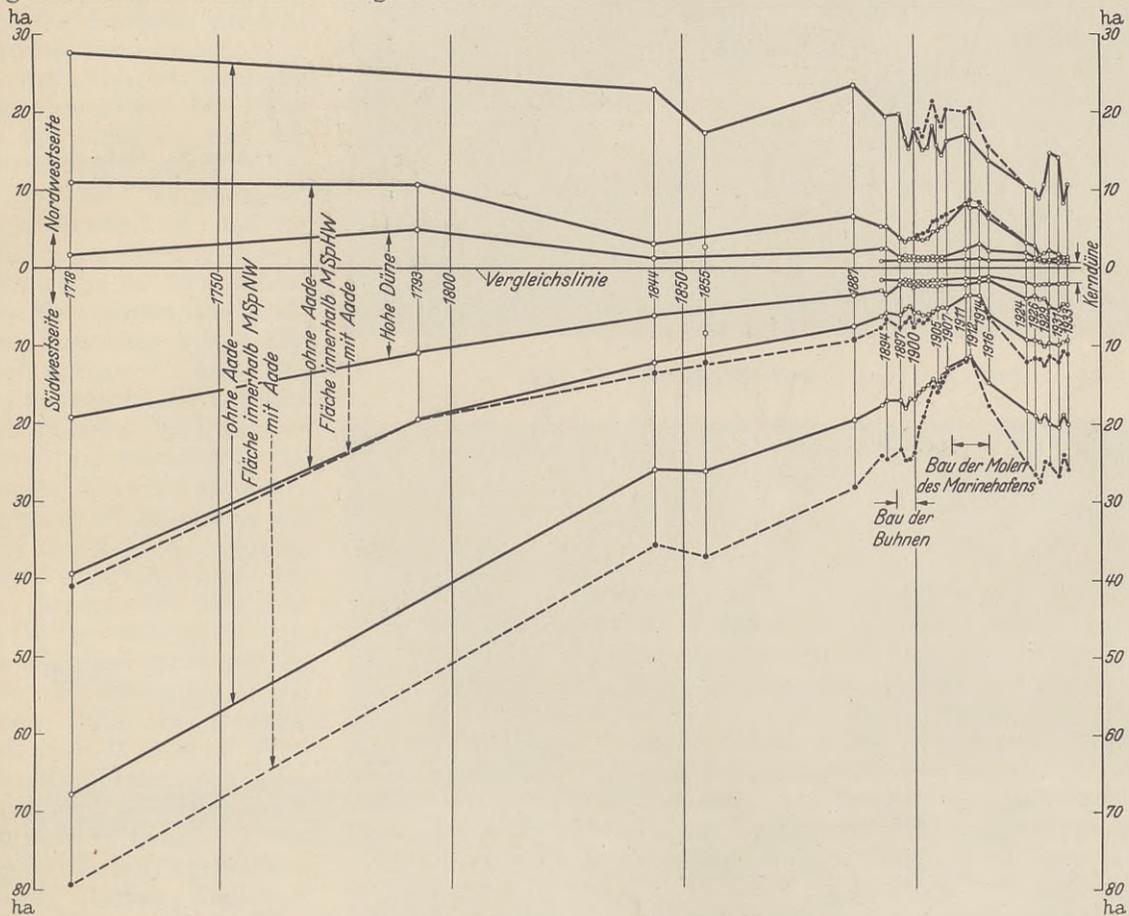


Abb. 24. Lagenänderung der Düne 1718/1933.

#### 4. Änderungen der Lage und ihr Zusammenwirken mit den übrigen Änderungen auf die Hohe Düne.

Stärker als durch ihre Form hat die Düne sich durch ihre Lage den Angriffen nach Möglichkeit entzogen.

Nach S. 28 mußte das Überwiegen der Angriffe auf die Südwestseite vor Erbauung des Marinehafens eine Verlagerung der Düne nach Nordosten zur Folge haben. Dieser Schluß wird durch die Aufnahmen der Düne bestätigt. Die Vergleichskarten der Abb. 21 zeigen, wie der Schwerpunkt der Niedrigwasser- und der Hochwasserfläche der Düne stetig nach Nordosten gewandert ist. Die Flächen haben aber ihre Lage nicht als Ganzes gleichmäßig geändert, sondern am Südostende der eigentlichen Düne stärker als am Nordwestende. Die Düne hat sich also gleichzeitig gegen den

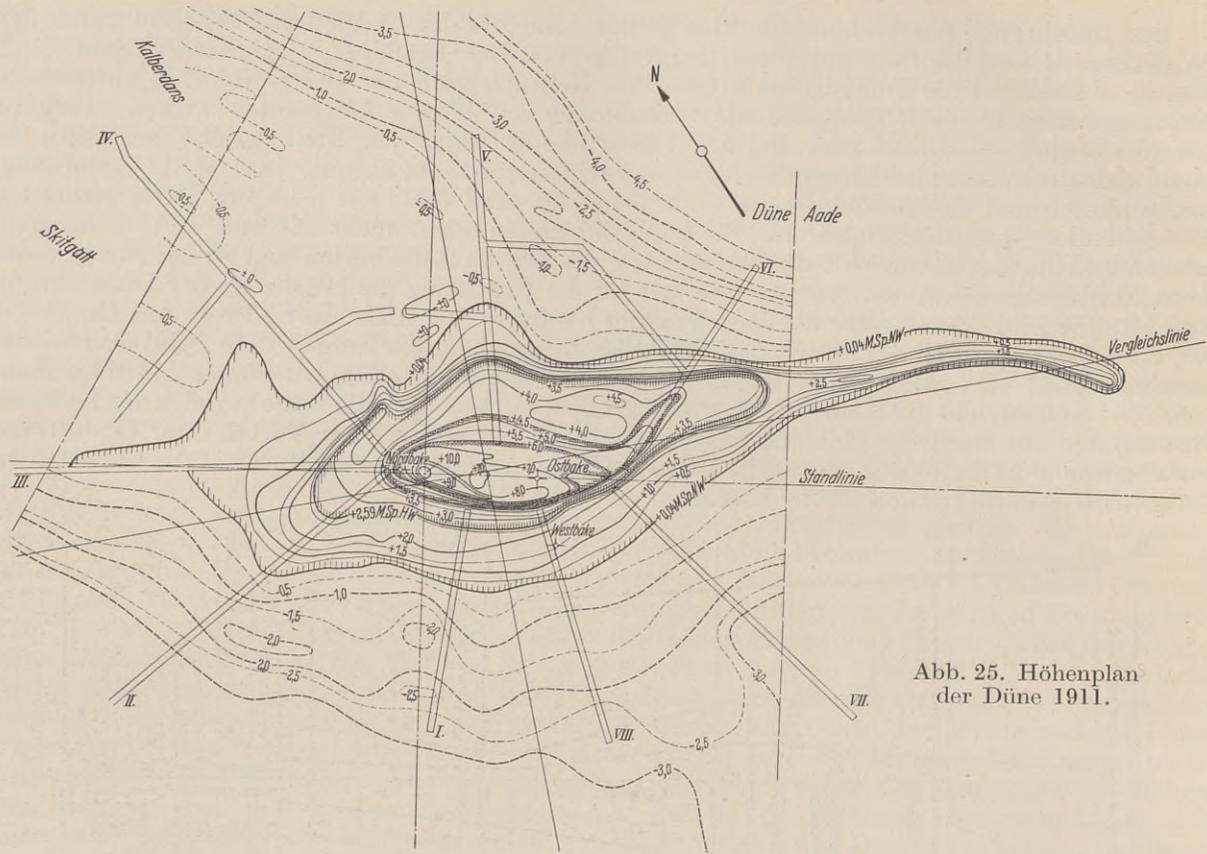


Abb. 25. Höhenplan der Düne 1911.

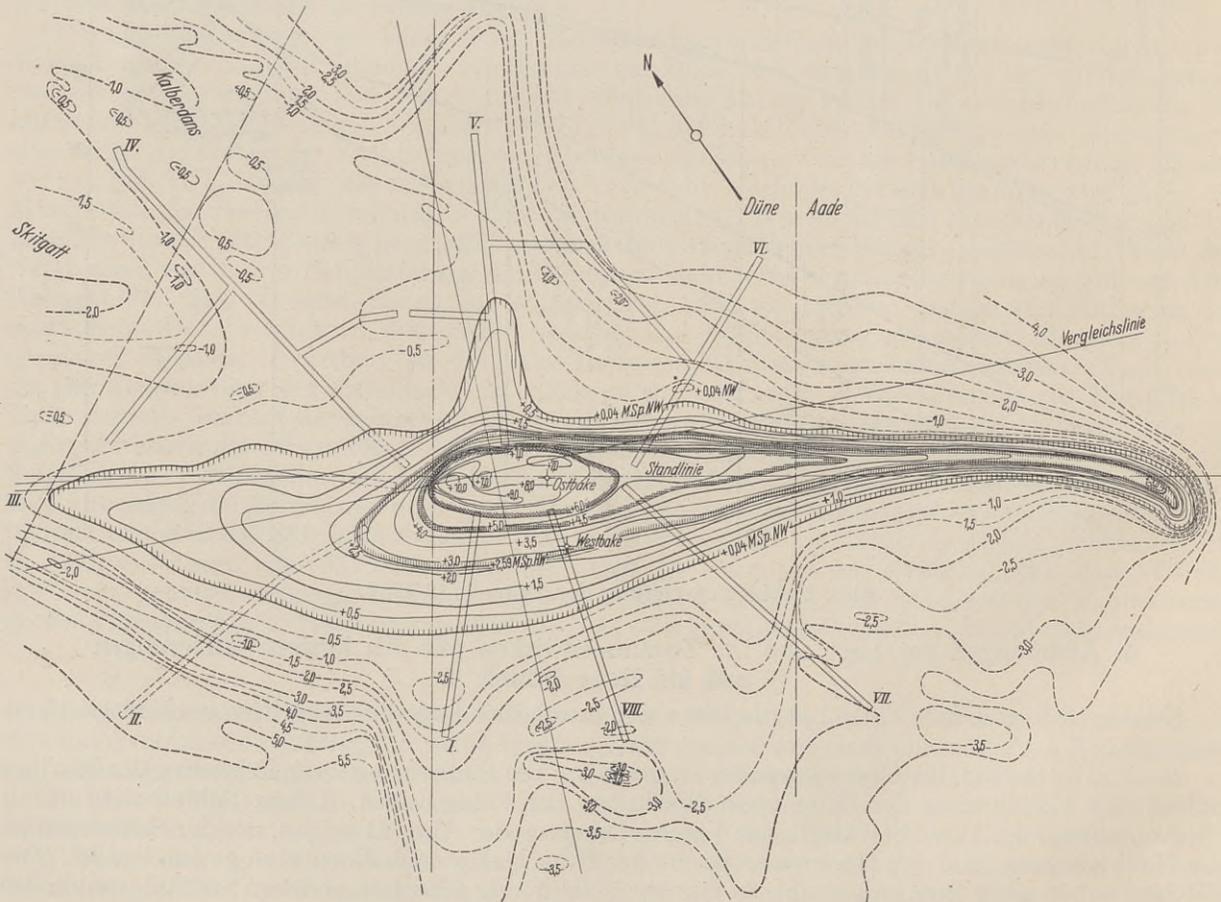


Abb. 26. Höhenplan der Düne 1933.

Uhrzeiger gedreht, wie dies aus der Verschiebung der Verhältnisse der einzelnen Sturmschattenwirkungen von Hauptinsel und Klippenfeldern gleichfalls gefolgert wurde. Durch diese Wanderung und Drehung hat die Düne sich aus dem Bereich des stärksten einseitigen Angriffs heraus und immer mehr in den Kern des Sturmschattens der Hauptinsel und der Klippenfelder hinein geschoben.

Die Hohe Düne hat die vielfachen Wandlungen der Unterdüne nicht mitgemacht, weil sie nur bei hohen Sturmfluten von der Brandung erreicht wird und dann keine Umlagerung, sondern lediglich Verluste erleidet. Ihr Entwicklungsgang verläuft darum anders als bei der Unterdüne, ist aber durch deren Änderungen bedingt. Um ihn zu erklären, müssen wir also das Zusammenwirken und die gegenseitige Überlagerung des Abbruchs, des Gestaltwechsels, der Wanderung und der Drehung der Unterdüne heranziehen.

Auf Abb. 24 sind die Flächenanteile der Düne an der Südwest- und der Nordostseite einer Vergleichslinie aufgetragen, die so gewählt ist, daß die Kurve der Niedrigwasserteilflächen in den äußersten Grenzlagen den größten Ausschlag gibt. Die Niedrigwasser- und die Hochwasserfläche auf der Südwestseite der Linie hat von 1718 an zunächst stark, von der Mitte des 19. Jahrhunderts ab langsamer abgenommen. Die nordöstlichen Flächenanteile haben dagegen bis 1900 hin an Größe wenig eingebüßt; die Wanderung überdeckt hier die Abnahme. Die Hohe Düne zeigt zwar zwischen 1718 und 1793 ebenfalls eine Verschiebung nach Nordost, jedoch mit fast unveränderter Gesamtgröße und verhältnismäßig starker Zunahme des nordöstlichen Anteils: sie hat innerhalb der Hochwasserfläche noch eine Eigenbewegung ausgeführt. Offenbar handelt es sich hier um eine Versetzung durch Sandflug in der

Richtung der vorherrschenden Winde, also um eine Wanderdünenerscheinung. Die Düne war im 18. Jahrhundert nur spärlich bewachsen. Niemann [3] beschreibt sie 1799: „Ein Haufe von Sandhügeln, die oft vom Winde verändert werden, und bloß mit den gewöhnlichen Flugsandgewächsen bewachsen sind, nur ein kleines, bereits gedämpftes Tal in der Mitte, wo Moos und Gras zu keimen anfangen, ausgenommen.“ Die Hohe Düne wurde erst von der Mitte des 19. Jahrhunderts ab durch Bepflanzung der Kahlstellen festgelegt. Sie bleibt von jetzt an orts-



Abb. 27. Der Südweststrand der Düne 1912.



Abb. 28. Der Südweststrand der Düne 1936.

fest, verschiebt sich also relativ zu der um sie herumwandernden Unterdüne nach deren Südwestseite. Bis gegen 1890 ist der trockene Strand auf beiden Seiten der Hohen Düne noch etwa flächengleich; aber um 1910 ist die Entwicklung soweit gediehen, daß er an der Südwestseite fast verschwunden ist (Abb. 25 und 27). Zugleich hat die Drehung der Unterdüne zur Folge, daß die Relativverschiebung der Hohen Düne am Südostende stärker ist als an der Nordwestspitze.



Abb. 29. Der Nordoststrand bei Buhne VI 1910.

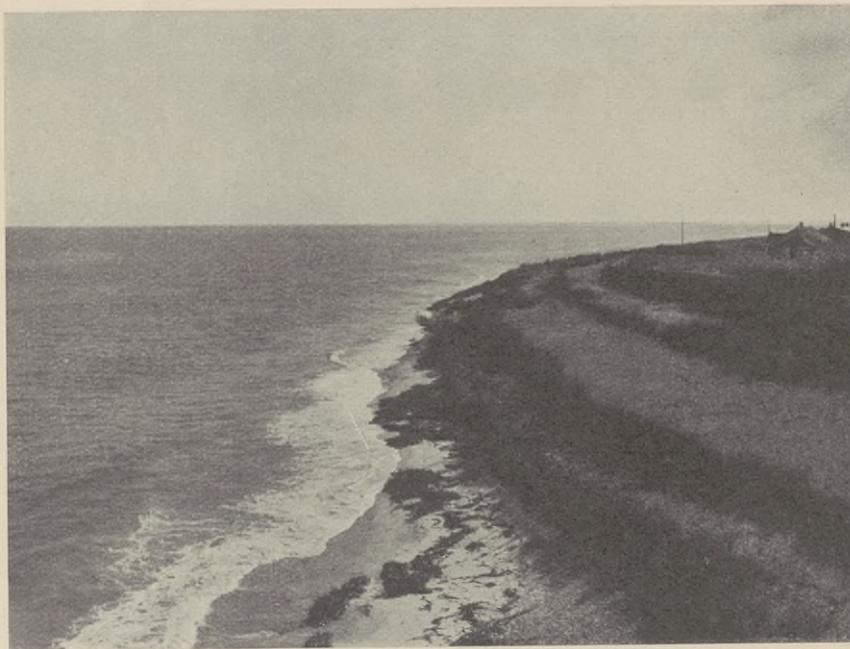


Abb. 30. Der Nordoststrand bei Buhne V 1929.

Der Krieg hat den Entwurf nicht zur Ausführung kommen lassen und eine Ausgabe erspart, die nach wenigen Jahren nutzlos geworden wäre. Denn 1914 hatte sich durch den Marinehafenbau auch für die Hohe Düne die rückläufige Entwicklung schon angebahnt. Abb. 21 und 24 lassen erkennen, wie die Düne alsbald ihre Wanderungsrichtung und ihren Drehsinn umkehrt. Sie wandert nun nach Südwesten und dreht mit dem Uhrzeiger. Da sie ihren Flächenbestand jetzt annähernd hält und die Verlagerung nicht von Abnahme überdeckt wird, tritt die Wanderung schärfer in Erscheinung als vorher die nach Nordosten und vollzieht sich mit großer Geschwindigkeit. In den letzten Jahren beginnt sie schon abzuklingen, ein Zeichen, daß die Gleichgewichtslage und der heutige Sturmshattenkern wieder annähernd erreicht ist. Die Hohe Düne ist durch die Unterwanderung ganz an den Nordostrand der Hochwasserlinie gerückt (Abb. 26). Der trockene Strand ist an der Südwestseite wieder so breit geworden, daß sich am Südostende sogar eine Vordüne neu bilden konnte, die zwar nur niedrigen, wenig gefestigten Bestand aufweist, für die

In Höhe des Südostendes hat die Unterdüne sich allein von 1855 bis 1911 um ihre volle Hochwasserbreite nach Nordost verlagert. Die Linie des mittleren Hochwassers rückt dadurch an das Südostende der Hohen Düne schärfer heran als an ihr Nordwestende, und dementsprechend verlegt der Abbruch der Hohen Düne an der Südwestseite sich immer mehr nach dem Südostende hin. Um 1910 hat die mittlere Hochwasserlinie querab der Buhne VII den Fuß der Hohen Düne erreicht. Der Abbruch wurde hier so scharf, daß das Ministerium der öffentlichen Arbeiten 1914 einen Entwurf für eine Schutzmauer am Dünenfuß zwischen Buhne VII und VIII aufstellen ließ.

Der Krieg hat den Entwurf nicht zur Ausführung kommen lassen und eine Ausgabe erspart, die nach wenigen Jahren nutzlos geworden wäre. Denn 1914 hatte sich durch den Marinehafenbau auch für die Hohe Düne die rückläufige Entwicklung schon angebahnt. Abb. 21 und 24 lassen erkennen, wie die Düne alsbald ihre Wanderungsrichtung und ihren Drehsinn umkehrt. Sie wandert nun nach Südwesten und dreht mit dem Uhrzeiger. Da sie ihren Flächenbestand jetzt annähernd hält und die Verlagerung nicht von Abnahme überdeckt wird, tritt die Wanderung schärfer

heutige Stärke des Angriffs auf dieser Seite aber einen ausreichenden Schutz bietet (Abb. 28). Der Nordoststrand ist dagegen aufgezehrt (Abb. 29 und 30). Auf seiner ganzen Länge steht jetzt das mittlere Hochwasser hart am Fuß der Hohen Düne. Deren alter Bestand, die Kerndüne, hat infolgedessen in den Sturmfluten von 1926 und 1928 schon erheblich verloren.

Die Wandlungen des Angriffs auf die Hohe Düne zeigt die Abb. 31, auf der die Abbrüche in den Sturmfluten seit 1893 zusammengestellt sind. Es ist besonders am Rand der Kerndüne ersichtlich, wie der Abbruch bis 1916 überwiegend an der Südwestseite liegt und allmählich weiter nach Südosten greift, bis der Bau des Marinehafens eine Abschwächung des Gesamtangriffs und seine plötzliche Verlagerung von der Südwest- nach der Nordostseite herbeiführt. Der Abbruch springt dabei vom südöstlichen Ende der Südwestseite zunächst nach dem nordwestlichen Ende der Nordostseite. Die Drehung der Unterdüne hat aber wiederum zur Folge, daß der Abbruch in der gleichen Entwicklung wie vorher an der Südwestseite sich nach Südosten ausdehnt. Schon in den Sturmfluten von 1928 reicht die Abbruchkante weiter südöstlich als 1926. Heute erstreckt sich der Hauptangriff von der Mitte zwischen Buhne V und VI bis 200 m südöstlich Buhne VI. Die Abb. 32 bis 35 zeigen die Unterschiede im Abbruch der Hohen Düne vor und nach Erbauung des Marinehafens an der Südwestseite und der Nordostseite.

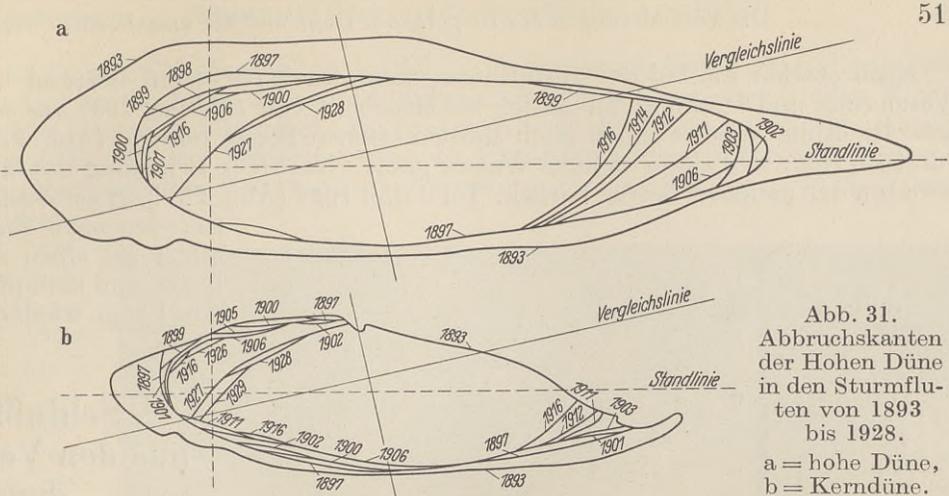


Abb. 31.  
Abbruchskanten der Hohen Düne in den Sturmfluten von 1893 bis 1928.  
a = hohe Düne,  
b = Kerndüne.

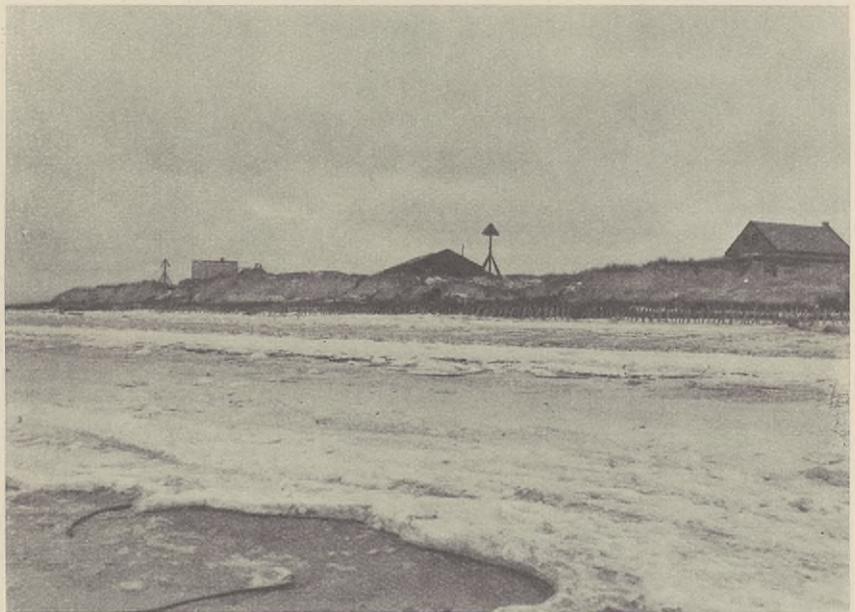


Abb. 32. Der Südweststrand nach der Sturmflut vom 5./7. Dezember 1895.

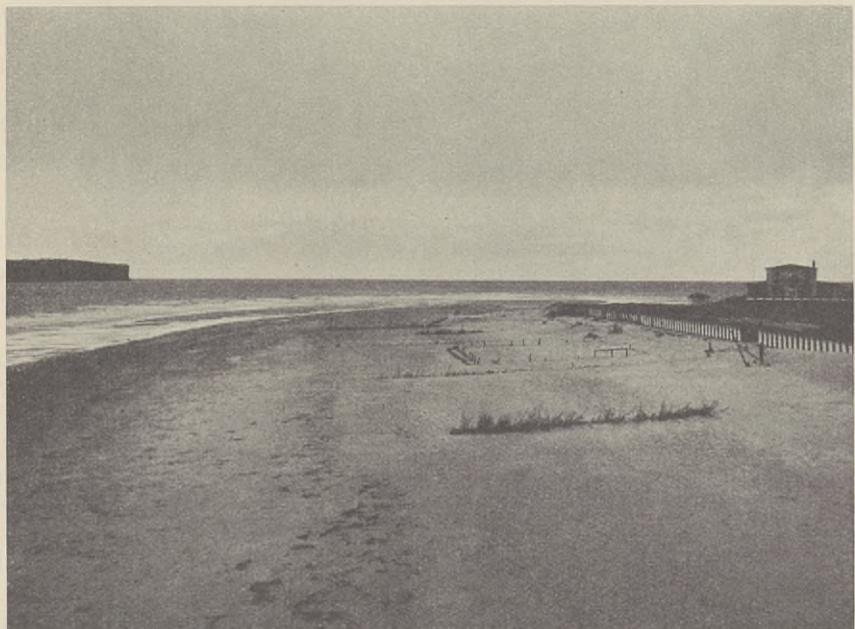


Abb. 33. Der Südweststrand nach der Sturmflut vom 18. Oktober 1936.

Noch stärker als bei der Hauptdüne, wenn auch für deren Bestand bedeutungslos, ist die Wanderung und Drehung der Aade. Sie schwenkt von 1855 bis 1907 aus südsüdöstlicher in östliche Richtung, zuletzt einen nach Norden offenen Bogen bildend (Abb. 21 und 22). Dabei verkürzt sie sich, weil sie in tieferes Wasser gerät. Nach der Erbauung des Marinehafens dreht sie etwa um den gleichen Betrag zurück. Im Jahre 1933 (Abb. 26) liegt sie wieder annähernd in einer

Geraden nach Südsüdosten. Zur Zeit bildet sie einen nach Westen offenen Bogen und hat auf dem flacheren Grund ihre Länge wieder vergrößert.



Abb. 34. Die Nordostecke der Hohen Düne 1906.



Abb. 35. Die Nordostecke der Hohen Düne nach den Sturmfluten vom 10./12. Oktober 1926, von demselben Aufnahmestandort wie Abb. 34.

Leichter zu beantworten ist die Frage nach dem Schicksal der Hohen Düne. Diese ist zwar durch den Marinehafen noch erhalten geblieben und hat an ihrer Südwestseite eine kleine Vordüne aufbauen können. Aber ihr alter Bestand, die Kerndüne, kann nur verlieren und hat auch nach dem Hafengebäude noch verloren. Dabei ist zu beachten, daß ihre Lage unmittelbar nach dem Hafengebäude am günstigsten war. Damals kam die gefährdete Südwestseite plötzlich in vollen Schutz, während an der Nordostseite durch die Wanderung der Unterdüne nach Nordosten noch ein ziemlich breiter Strand vorhanden war. So war die Hohe Düne unmittelbar nach dem Hafengebäude auf beiden Seiten mehr oder weniger gesichert. Jetzt ist der Nordoststrand durch die Rückwanderung und den Abbruch der Unterdüne verschwunden. Die Lage der Hohen Düne hat sich dadurch verschlechtert und kann sich auch in Zukunft nicht wieder bessern. Die Abb. 36 und 37 zeigen die Brandung an der Nordostseite zwischen Buhne V und VI bei Nordwestwind Stärke 7—8 und einem Wasserstand von etwa 1 m über HWss., also bei einer geringen Sturmflut. Die Sturmsee hat

## C. Schlußfolgerungen aus den Veränderungen der Düne.

### I. Voraussichtliches Schicksal der ungesicherten Düne.

Die entscheidende Frage für die Zukunft der Düne ist, wie lange die Sandzufuhr aus der freien See von Nordwesten her in ihrer jetzigen, den Bestand der Unterdüne sichernden Stärke anhält. Der augenblickliche Betrag der Sandzufuhr und seine Größenänderung im Lauf der Zeit läßt sich durch die vorgeschlagenen regelmäßigen Längsbeobachtungen im Nordhafen, im Skitgatt und auf dem Nordostabhang der Klippen leicht feststellen. Aber Lage und Größe des Quellgebietes in der freien See wird sich nicht in kurzer Zeit ermitteln lassen, auch wenn die angeregten, sehr wünschenswerten Untersuchungen darüber alsbald aufgenommen werden. Vorläufig bleibt die Frage nach der Erschöpfbarkeit der Quelle also offen. Immerhin wird man mit einiger Wahrscheinlichkeit sagen können, daß die Sandzufuhr aus großen Räumen stammt und nicht so bald versiegen wird. Bei der durch den Marinehafenbau geschaffenen Lage können noch einige Jahrhunderte vergehen, bis das Nachlassen der Sandzufuhr im Verein mit der allmählichen Tiefenzunahme ihrer Umgebung die Düne als Sandbank verschwinden läßt.

hier, weil ein Strand nicht mehr vorhanden ist, nicht die Form gewöhnlicher Strandbrandung, sondern läuft ungebrochen an die Düne heran und überschlägt sich wie vor einer steilen Mauer. Es ist klar, daß bei einer schweren Sturmflut mit hohem Wasser die Düne vor diesem Angriff förmlich wegschmelzen muß. In der Sturmflut vom 10. Oktober 1926 erreichte der Abbruch, obwohl damals noch ein Rest des alten Vorstrandes vorhanden war, eine Tiefe bis zu 40 m. Nimmt

man jetzt für jede weitere schwerste Sturmflut das gleiche Maß an, so genügen zwei oder drei, um die Hohe Düne zu vernichten. Das wird zwar nicht geschehen, wenn solche Sturmfluten kurz hintereinander auftreten. Denn bei hohen Wasserständen werden die tiefer liegenden Flächen wenig angegriffen; durch den Abbruch bei der ersten Sturmflut entsteht ein breiter Strand, auf dem eine unmittelbar nachfolgende sich totläuft. Erst wenn der neue Strand im normalen Wetterverlauf wieder aufgezehrt ist, rückt die Hohe Düne von neuem in den Angriffsbereich. Auf diese Weise brachte die Sturmflut vom 12. Oktober 1926, zwei Tage nach der vom 10. Oktober, trotz gleicher Windrichtung und -stärke und fast gleichen Wasserstandes der Hohen Düne keinen erheblichen Schaden mehr. Es dauerte aber nur zwei Jahre, bis der durch die Abbruchfläche geschaffene Strand weggeräumt war. Nun pflegen die schwersten Sturmfluten einzeln oder zu mehreren sich in einem Abstand von durchschnittlich 10 bis 11 Jahren, der wohl mit der Sonnenfleckenperiode zusammenhängt, zu wiederholen:

15. Oktober 1881, Dezember 1894 und Dezember 1895, 13. März 1906, Januar, Februar und Dezember 1916, 10. und 12. Oktober 1926, 18. und 27. Oktober 1936. Zum Glück für die Düne blieb der Wind bei den Flu-

ten von 1936 zwischen Westsüdwest und Westnordwest. So wurde die Hohe Düne vor einer Katastrophe bewahrt; der Abbruch an der Nordwestspitze und der Nordostseite betrug nur zwischen 5 und 10 m. Immerhin ist diese neue Einbuße bei dem geringen Bestand der Düne empfindlich. Sie bestätigt zugleich, daß der verhältnismäßig günstige Zustand der Unterdüne, der dem Marinehafenbau zu verdanken ist, die Hohe Düne doch nicht vor dem Untergang in absehbarer Zeit retten kann. Darnach kann man der Hohen Düne noch eine Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren geben.



Abb. 36: Brandung bei halber Tide.



Abb. 37: Brandung bei Hochwasser.

Abb. 36 und 37. Brandung am Nordoststrand bei einer geringen Sturmflut (Nordwest 7—8, HWss 1 m über MHWss), Herbst 1927.

Diese Zeit ist zu kurz, als daß die neue Vordüne an der Südwestseite sich festigen und durchwurzeln könnte; sie wird von Nordosten her mit aufgerollt werden. Mit dem Verschwinden des sturmflutfreien Teils verliert die Düne ihren Wert für den Badebetrieb und behält nur als Sandbank, die die Südreede gegen nordwestliche bis östliche Stürme an der Nordostseite deckt, einigen Nutzen.

## II. Folgerungen für die Sicherung der Düne.

Wir haben gesehen, daß die Düne eine bedeutende Größe besaß, solange das Wittekliff und der Wal noch bestand; und daß sie ihre Erhaltung nach dem Untergang des Wittekliffs außer der Sandzufuhr, die wir nicht beeinflussen können, hauptsächlich zwei Dingen verdankt: ihrer freien Beweglichkeit, durch die sie dem Seeangriff nach Möglichkeit ausweicht, und dem Bau der Hafenmolen, die sie vor der Aufzehrung von Südwesten her bewahrt haben. Der Gedanke lag nahe, den Schutz der jetzt bedrohten Nordwest- und Nordostseite auf die gleiche Weise zu versuchen,



Abb. 38. Brecher an der Westmole des Marinehafens bei HHW und Nordwest Stärke 12, vom Oberland aus aufgenommen. Höhe des Brechers über dem Wasserspiegel 31 m.

durch einen Wellenbrecher quer über die Klippenfelder und nötigenfalls auch an der Nordostseite in einigem Abstand von der Düne. Der Muschelkalk- und Kreidefels ist für die Gründung massiver Bauten mit lotrechten Wänden günstig. Aber man durfte nicht übersehen, daß die Wirkung der Hafenmolen an der Südwestseite sich auf ein ähnliches Bauwerk an der Nordwest- und Nordostseite nicht übertragen läßt. Zwischen der Düne und dem Marinehafen liegt die Südreede mit 6 bis 10 m Wassertiefe und dem scharfen Tidestrom, der zwischen beiden entlangsetzt. Die Düne kann sich infolgedessen nicht unter einen gewissen Mindestabstand an die Hafenmolen heranschieben, so wenig wie sie sich in zweihundert Jahren an die

Insel herangelegt hat. Die Hafenmolen bilden also in der Tat Wellenbrecher, die die Düne schützen, ohne ihre Beweglichkeit zu beeinträchtigen. An der Nordwest- und Nordostseite herrschen andere Verhältnisse. Die Tiefen sind gering und die Strömungen schwach, vor der Nordwestspitze läuft überhaupt kein Strom in gleicher Richtung mit dem Strand. Strömung und Wassertiefe hindern deshalb die Wanderung nach Nordwesten und Nordosten nicht. Durch einen Wellenbrecher vor der Nordwest- und Nordostseite würde die Düne nun hier einen vollkommenen Schutz erhalten und die Sandverfrachtung nach der Südwestseite würde aufhören. An der Südwestseite besteht aber immer noch ein wenn auch geringer Angriff und damit eine Sandbeförderung nach der Nordostseite. Durch die einseitige Verfrachtung würde die Düne sich bald an die Wellenbrecher heranschieben. Das Ergebnis wäre das gleiche, als wenn man von vornherein das Schutzwerk an die Düne legt, nur mit dem Unterschied, daß ein im freien Wasser errichtetes Bauwerk teurer und in der Ausführung bedeutend schwieriger ist als ein an die Düne angelehntes. Sobald die Düne an den Wellenbrecher herangewandert wäre, würde sich ein zweiter Nachteil geltend machen. Wegen der großen Wassertiefen ist die Sturmsee bei Helgoland sehr hoch und erzeugt an steilen Wänden eine Brandung, wie sie etwa an den Küsteninseln nicht bekannt ist (Abb. 38 und 39). Nach Eckhardt [16] war bei der Sturmflut am 13. Januar 1916 das an sich hochwasserfreie Gelände des Marinehafens von der über die Westmole schlagenden Brandung stundenlang etwa 1 m hoch überflutet, trotzdem das Wasser nach Osten und Süden freien Ablauf über die Kajen hatte. Geschlossene Wassermassen gingen über einen 18 m hohen und 45 m von den Molen entfernten Kommandostand hinweg. Erhebliche Wassermengen wehen als Gischt 100 bis 200 m weit. Mit Sturzbetten und Kehrmauern sind diese Massen nicht abzu-

fangen. Ein Schutzwerk mit steiler Außenwand würde an der Düne ähnliche Erscheinungen hervorrufen, weniger an der Nordostseite, weil der Nordweststurm dort in der Längsrichtung des Werkes weht, aber in stärkstem Maß an der Nordwestseite. Der Gischt würde die ganze Düne überfluten und beim Abfließen nach Südwesten und Südosten den Sand fortspülen; große Flächen der Hohen Düne müßten deshalb bis unter HHWss. gepflastert werden. Das ist nur durch die Anlage eines geneigten Deckwerks zu vermeiden, auf dem die See sich totläuft, ohne aufsteigenden Gischt zu erzeugen. Ein Deckwerk kann aber nur in Anlehnung an den Strand errichtet werden.

Diese Gesichtspunkte waren für den Sicherungsentwurf der Preußischen Bauverwaltung 1926/28 maßgebend. Der Entwurf sah eine unter 1 : 4 geneigte Basaltdecke vor, die um die Nordwestspitze und die Nordostseite bis Buhne VI reichte. Weil der Rest des Strandes an der Nordostseite durch die Wanderung der Düne nach Südwesten alsbald verschwinden mußte und dieser Vorgang durch die Kolkwirkung der am Deckwerk brandenden See noch beschleunigt worden wäre, sollte die Pflasterdecke von vornherein bis Niedrigwasser heruntergezogen und durch eine in den Felsen reichende Spundwand gesichert werden. Es war nicht zu verkennen, daß ein solches Deckwerk auch Mängel hatte; sie lagen in den Übergängen von der Pflasterdecke zum unbefestigten Dünenhang an den Enden des Werkes, die ja bei jedem Dünenschutzbau schwache Punkte bilden. Diese Nachteile mußten aber in Kauf genommen werden.

Es ist zu bedauern, daß der Entwurf nicht zur Ausführung gekommen ist, auch deswegen, weil das Schutzwerk an diesem besonders ausgesetzten Strand viel Beobachtungsmaterial für den Schutz von anderen angegriffenen Sandküsten geliefert hätte. Erfreulicherweise ist die Sicherung von Dünenküsten durch geneigte Deckwerke an Stelle der bisher meist üblichen Mauern jetzt anderweitig aufgegriffen, z. B. auf Sylt, wo die Strandschutzmauer vor Westerland 1936 durch eine Basaltpflasterdecke verlängert wurde (vgl. die Beschreibung von Lüpkes und Siemens [29]). Die Pflasterdecke entspricht den natürlichen Verhältnissen eines Sandstrandes besser als die steile Mauer. Sie ist ein künstlicher Strand mit sehr grobem Korn und entsprechend steiler Neigung, während die senkrechte Mauer einen Fremdkörper bildet und den überstarken Angriff erst künstlich hervorruft.



Abb. 39. Brecher an der Westmole des Marinehafens bei Nordwest Stärke 12.

Die Gemeinde Helgoland als Eigentümerin der Düne befürchtete von dem Sicherungsplan der Bauverwaltung eine Schädigung des Badebetriebes und ließ einen Gegenentwurf ausarbeiten, auf den ich kurz eingehen will. Denn er zeigt, wie gefährlich es ist, ohne genaue Kenntnis und Berücksichtigung aller Einflüsse des umgebenden Seeraumes, welche die Lebensbedingungen eines so empfindlichen Gebildes formen, in den natürlichen Ablauf der Dinge einzugreifen. Auch der Versuch, die Düne durch die Buhnen zu sichern, ist daran gescheitert.

Der Gegenentwurf ging davon aus, daß man nach Möglichkeit den Zustand vor dem Untergang des hohen Wittekliffs, dessen Schutz die Düne ihre damalige Größe verdankte, wiederherstellen sollte. Zugleich sollte aber die freie Beweglichkeit der Düne, deren Wert für ihre Erhaltung richtig erkannt war, nicht aufgehoben werden. Der Gegenentwurf wollte deshalb die Sicherung durch zwei gestaffelte Wellenbrecher erreichen, von denen der eine, von der Nordwestspitze der Insel ausgehend, die durch den Nordhafen kommende See brechen und nebenher die Nordostseite der Insel schützen sollte, während der zweite mit 700 m Abstand von der Nordspitze der Düne in Richtung Südwest—Nordost quer über die Muschelkalk- und Kreideklippen geplant war. Doch die beiden Leitgedanken widersprachen einander: Solange das hohe Wittekliff noch bestand, hatte die Düne durchaus keine freie Beweglichkeit, sondern war unlösbar als Unterland an das Kliff angehängt.

Folgerichtig hätte der zweite Wellenbrecher an die Düne herangelegt werden müssen; damit wäre jedoch die freie Beweglichkeit von vornherein preisgegeben worden. Die Düne hätte sich aber ihrerseits an den freistehenden Wellenbrecher herangezogen und die Uralage wieder eingenommen. Aber der vollkommene Urzustand läßt sich nicht künstlich wiederherstellen: Das hohe Wittekliff hatte die Höhe der Hauptinsel besessen und die Brandung völlig abgefangen; der Wellenbrecher, dem man eine solche Höhe nicht geben konnte, hätte durch die entstehende Brandung, wie vorhin geschildert, die Düne schwer in Mitleidenschaft gezogen.

Der Wellenbrecher wäre noch in zweiter Beziehung für die Düne gefährlich geworden.

Es ist nicht genau bekannt, an welcher Stelle des heutigen Klippenfeldes der Rest des hohen Wittekliffs gelegen hat. Der Abbruch des Kliffs und die Entstehung der Düne als Unterland ergeben jedoch, daß die örtlichen Verhältnisse ebenso waren, wie an der Hauptinsel und ihrem Unterland. Das Kliff war bei geringer Breite von einer Brandungsterrasse umgeben, die in den jetzigen südwestlichen und nordöstlichen Randstreifen der Klippenfelder zu suchen ist, und die Düne erstreckte sich an der Südostseite des Kliffs von seiner Südwest- bis zur Nordostecke. Auf der Brandungsterrasse konnte der aus dem nordwestlichen Vorfeld heranwandernde Sand am Kliff entlang zur Düne gelangen. Zugleich hatte die Düne, weil unmittelbar an der Basis des vom Kliff ausgehenden Sturmschattenkegels gelegen, vollkommenen Schutz gegen Nordwestwind. Rückt die Basis des Sturmschattens nun in größeren Abstand von der Düne, so muß sie, um den gleichen Schutz auszuüben, eine entsprechend größere Länge erhalten. Der Gegenentwurf sah denn auch die Ausdehnung des Wellenbrechers bis zur 4 m-Tiefenlinie beiderseits der Klippenfelder vor. Damit wäre aber der aus dem Skitgatt und am Nordostabhang der Klippen heranwandernde Sand, soweit er nicht vor dem Wellenbrecher liegen blieb, seitlich in Tiefen abgedrängt worden, aus denen er nicht mehr an die Düne herangeschoben werden konnte. Der Wellenbrecher hätte der Düne die Sandzufuhr abgeschnitten. Von dem Angriff hätte der Wellenbrecher aber nur den Teil aufgefangen, der unmittelbar gegen die Nordwestspitze gerichtet ist. Den Angriff auf die Nordostseite hätte er nicht beeinflußt, denn hier greift auch bei Nordweststurm nicht die See an, die über die Klippenfelder kommt, sondern die See, die nordöstlich der Klippenfelder entlang läuft und dann gegen den Strand einschwenkt. Der unverändert bleibende Angriff auf die Nordostseite mußte im Verein mit dem Aufhören der Sandzufuhr die Düne stark verkleinern, vielleicht vernichten, bevor sie sich durch Heranwandern an den Wellenbrecher dem Angriff entziehen konnte.

Unsere Untersuchung hat die Schlüsse, die sich aus der geschichtlichen Betrachtung ergaben, bestätigt. Das Schicksal der Düne vollzieht sich in der allmählichen Aufzehrung eines aus einer früheren Bodengestaltung überkommenen Bestandes; es vollzieht sich aber nicht in reiner Zerstörung, sondern in einem Wechselspiel zwischen Sandabbruch und Sandzufuhr aus dem umgebenden Seeraum, das ihre Lebensdauer beträchtlich verlängert. Die Aufklärung dieser Vorgänge im einzelnen und ihrer Abhängigkeit von den Bodenformen, den Strömungen und dem Seegang lieferte die Grundlagen für die richtige Ausgestaltung des Schutzes der Düne.

Aber die Pläne zur Sicherung der Düne sind gescheitert, und man kann die Frage stellen, ob unsere Untersuchung nun überhaupt noch einen Wert hat. Denn auf die Verhältnisse an anderen bedrohten Küsten scheinen die Vorgänge, die sich an einem so einmaligen Punkt wie Helgoland abspielen, nicht übertragbar zu sein.

Wir wissen jedoch heute aus den geologischen Arbeiten von Baak und anderen, daß die westöstliche Sandwanderung an der ostfriesischen Küste ihr Ursprungsgebiet nicht, wie man früher annahm, an der französischen Kanalküste hat, sondern daß es sich um diluviale Sande handelt, die am Osteingang des Kanals auf dem Meeresgrunde abgelagert sind. Ebenso liegt die Quelle der nord-südlichen Sandwanderung an der schleswig-holsteinischen Westküste mit aller Wahrscheinlichkeit in der offenen See; weder die jütische noch die schleswig-holsteinische Küste hat Abbruchsstrecken mit starker Sandlieferung. Unsere Untersuchung hat nun aus Vermessungen den Nachweis gebracht, daß erstens der Seegang den Meeresboden in Tiefen von 20 m und mehr tatsächlich verändert, daß zweitens die Umgestaltung des Grundes durch die Bodenformen selbst mit ihrem Einfluß auf Seegang und Strömung örtlich stark wechseln kann und daß drittens bedeutende Bodenmengen bewegt werden, wenn die örtlichen Verhältnisse günstig sind. Für die Erforschung der Sandzufuhr zur Küste ist damit aber nur ein Anfang gegeben. Wie groß die bewegten Massen zahlenmäßig sind und in welcher Abhängigkeit von Wind, Seegang und Strömung sie sich in Bewegung setzen und weiterwandern, konnten wir nicht ermitteln, weil die Unterlagen dafür nicht ausreichten. Die hohe Bedeutung, die der Frage der Sandwanderung für den Schutz der Nordseeküste und die Landgewinnung im Gebiet der Sandwatten zukommt, macht es wünschenswert, in diese Vorgänge Klarheit zu bringen. Dafür bietet nur die Insel Helgoland einen Ausgangspunkt;

sie ist die einzige Stelle, die genauere Messungen in der offenen See ermöglicht. Es ist zu hoffen, daß die vorliegende Arbeit durch planmäßige Vermessungen und Bodenuntersuchungen im See-raum von Helgoland, deren Ansatz und Ziel schon angedeutet wurde, weiter ausgebaut wird.

### Schrifttum.

1. 1597 Ranzau: Cimbricae Chersonesi Descriptio nova etc.
  2. 1698 Helgoländer Chronik (Bolzendahlische Chronik). (Nicht veröffentlicht.)
  3. 1799 Niemann: Handbuch der Schleswig-Holsteinischen Landeskunde Bd. I.
  4. 1836 Röding: Album für Freunde Helgolands.
  5. 1843 Fiedler: Helgolands Rettung. „Das Ausland“ Jahrgang 1843.
  6. 1848 Wiebel: Die Insel Helgoland. Untersuchung über ihre Größe in Vorzeit und Gegenwart.
  7. 1855 Oetker: Helgoland.
  8. 1856 Reinhardt: Von Hamburg nach Helgoland.
  9. 1869 Hallier: Helgoland, Nordseestudien.
  10. 1887 Sjögren: Om skandinaviska block och diluviala bildningar på Helgoland.
  11. 1893 Römer: Bericht über die geologischen, hydrologischen und wasserbautechnischen Verhältnisse Helgolands. (Akten des Preuß. Landwirtschaftsministeriums.)
  12. 1894 Tittel: Die natürlichen Veränderungen Helgolands. Diss.
  13. 1896 Franzius: Vorschlag zur dauernden Erhaltung und Vergrößerung der Dünen-Insel Helgoland. (Akten des Preuß. Landwirtschaftsministeriums.)
  14. 1904 Geisse: Schutzbauten an der Helgoländer Düne. Z. Bauw. 1904.
  15. 1906 Brohm: Helgoland.
  16. 1920 Eckhardt: Denkschrift über die Düne von Helgoland und die Bedeutung des Schutzes durch die Hafenanlagen für sie. (Akten des Wasserbauamts Tönning.)
  17. 1923 Pratje: Geologischer Führer für Helgoland.
  18. 1926 Otto und Brandt: Die Sturmfluten der Nordsee an der Wesermündung. Bautechn. 1926.
  19. 1929 Grupe: Muschelkalk und Kreide und ihre Lagerungsverhältnisse im Untergrunde der Düne von Helgoland. Jb. preuß. geol. Landesanst. 1929.
  20. 1929 Hessen (Marine-Observatorium Wilhelmshaven): Karten der Strömungen in der Nähe von Helgoland.
  21. 1930 Hagmeier: Die Besiedelung des Felsstrandes und der Klippen von Helgoland. Teil I: Der Lebensraum.
  22. 1930 Verlohr und Bahr: Die Südwestschutzmauer auf Helgoland und ihre Vorgeschichte. Z. Bauwes. 1930.
  23. 1931 Schmidt und Heiser: Bericht zum XV. Internationalen Schiffahrtskongreß, Venedig 1931, 2. Abt. 2. Frage: Verteidigung der Küsten gegen das Meer an Küsten mit und ohne vorwiegende Sinkstoffführung.
  24. 1932 Nordseehandbuch, Östlicher Teil.
  25. 1933 Rietschel: Neuere Untersuchungen zur Frage der Küstensenkung. Dtsch. Wasserwirtsch. 1933.
  26. 1936 Lüders: Die Sturmfluten der Nordsee in der Jade. Bautechn. 1936.
  27. 1936 I. Voelcker: Geröllwanderungen auf der Düne von Helgoland. Kieler Meeresforschungen, Band 1, Heft 2.
  28. 1938 I. Voelcker: Schweremineraluntersuchung der Sande der Düne von Helgoland. Geologie der Meere und Binnengewässer, Band I, Heft 1.
  29. 1938 Lüpkes u. Siemens: Uferschutzbauten vor Westerland. Zbl. Bauverw. 1938.
- Außerdem wurden die Akten der Regierung zu Schleswig, des Wasserbauamts Tönning, des Büros für Uferschutzbauten Helgoland, der Landgemeinde Helgoland und des früheren Landratsamtes auf Helgoland herangezogen.

### Anhang.

#### I. Angaben und Ermittlungen zu den für die Untersuchung benutzten Seekarten.

In den nachstehenden Ausführungen bezeichnet:

$$\begin{aligned} \text{PN das heutige Pegelnull} &= \text{NN} - 1,755 \text{ m,} \\ \text{KN das heutige Seekartennull} &= \text{MSpNWss} \\ &= \text{PN} + 0,036 \sim \text{PN} + 0,04 \text{ m} \\ \text{PN} &= \text{KN} - 0,036 \sim \text{KN} - 0,04 \text{ m.} \end{aligned}$$

Ferner gilt heute:

$$\begin{aligned} \text{MSpHWss} &= \text{KN} + 2,558 \sim \text{KN} + 2,56 \text{ m} = \text{PN} + 2,594 \sim \text{PN} + 2,59 \text{ m,} \\ \text{MNpHWss} &= \text{KN} + 2,244 \sim \text{KN} + 2,24 \text{ m} = \text{PN} + 2,280 \sim \text{PN} + 2,28 \text{ m,} \\ \text{MNpNWss} &= \text{KN} + 0,400 \sim \text{KN} + 0,40 \text{ m} = \text{PN} + 0,436 \sim \text{PN} + 0,44 \text{ m,} \\ \text{MHWss} &= \text{KN} + 2,432 \sim \text{KN} + 2,43 \text{ m} = \text{PN} + 2,468 \sim \text{PN} + 2,47 \text{ m,} \\ \text{MWNss} &= \text{KN} + 0,178 \sim \text{KN} + 0,18 \text{ m} = \text{PN} + 0,214 \sim \text{PN} + 0,21 \text{ m,} \\ \text{Mittlerer Springtidehub} &= 2,558 \sim 2,56 \text{ m,} \\ \text{Mittlerer Nipptidehub} &= 1,844 \sim 1,84 \text{ m,} \\ \text{Mittlerer Tidehub} &= 2,254 \sim 2,25 \text{ m.} \end{aligned}$$

Für die Untersuchung der Veränderungen in der Umgebung der Düne wurden folgende Seekarten benutzt:

##### 1. 1855.

Englische Seekarte: „North Sea. Heligoland. Surveyed by Com<sup>dr</sup> F. A. Cudlipp. Published at the Hydrographic Office of the Admiralty. March 12 1856. No. 126.“

Neben der Seekarte wurde das Urstück einer Arbeitskarte aus dem Archiv des Reichskriegsministeriums herangezogen, die durch Umrechnung der Tiefen aus Faden in Meter nach der englischen Karte angefertigt ist

und anscheinend als Unterlage für eine deutsche Vermessung der Helgoländer Bucht 1877 gedient hat. Die Arbeitskarte trägt keine Vermerke.

Maßstab: Englische Seekarte nach Angabe 1:12 000. Der Maßstab der Arbeitskarte ergibt sich aus den Abständen der auf ihr verzeichneten Peilpunkte (Kirche, Leuchtturm, Dünenbaken) = 1:15 500.

Kartennull: Seekarte und Arbeitskarte enthalten keinen Vermerk über die Nullebene. Auch besitzt das Marinearchiv dafür keine Unterlagen mehr. Die Seekarte gibt nur an: „Springs rise 9 1/4 ft, Neaps 7, Neap range 5 1/4.“ Der Ausdruck „rise“ bedeutet nicht den Tidehub, sondern die Erhebung des betreffenden Wasserstandes über die angenommene Nullebene der Karte. Die Angabe „Springs rise 9 1/4 ft, Neaps 7 ft“ besagt also, daß die Springtiden um 9 1/4' = 2,82 m über die Nullebene steigen und entsprechend, daß die Nipphochwasser bis zu einem Wert von 7' = 2,13 m über der Nullebene sinken. Nach den neueren Gezeitentafeln steigt nun das Springhochwasser bei Helgoland nur vereinzelt bis 2,9 m, in der Regel bis 2,8 m über MSpHWss, während die niedrigste Höhe des Nipphochwassers 2,1 m über MSpNWss liegt. Der Kleinstwert des Nipptidehubes, der auf der Karte mit 5 1/4' = 1,6 m angegeben ist, stimmt mit den wirklichen Zahlen überein. Demnach sind die Gezeitenwerte für die Vermessung von 1855 ziemlich zutreffend ermittelt. Die Nullebene, auf welche die Tideangaben beschriftet sind, kann also nur wenig von der jetzt geltenden Höhe des MSpNWss, d. h. dem heutigen Seekartennull abweichen. Die Tiefenangaben der englischen Seekarten sind jedoch nicht auf die Höhe des MSpNWss bezogen, sondern um ein Sicherheitsmaß, das in der Regel 10 vH des Springtidehubes beträgt, verkleinert. Das Kartennull der Seekarte von 1855 ist darnach auf etwa KN -0,25 m anzunehmen.

## 2. 1887.

Englische Seekarte: „North Sea. Heligoland. Surveyed by Staff Commr W. E. Archdeacon, R. N. 1887.“ Deutsche Ausgabe: „Nr. 88. Nordsee. Helgoland. Nach den neuen englischen Vermessungen. 1887.“ In der deutschen Ausgabe sind die Tiefen aus Faden in Meter umgerechnet.

Maßstab: Maßstab der englischen Karte 1:12267. Der Maßstab der deutschen Karte ist mit 1:15000 angegeben. Durch Vergleich der Abstände der Hauptpeilpunkte mit den Koordinaten, die von der Trigonometrischen Abteilung der Preussischen Landesaufnahme 1891 errechnet sind, ergibt sich der wirkliche Maßstab jedoch = 1:15200.

Kartennull: Unterlagen über die damalige Bestimmung des Kartennulls sind auch für diese Vermessung nicht mehr vorhanden. Die englische Karte enthält die Angabe: „Reduced to Low Water Springtides. Springs rise 9 1/4 ft, Neaps 6, Neap range 2 3/4.“ (Letztere Zahl ist ersichtlich ein Druckfehler.) Dazu ist bemerkt, daß die Lotungen auf einen Festpunkt an dem derzeitigen Postgebäude der Insel beschriftet sind. Das Gebäude ist aber vor längerer Zeit abgebrochen und die Höhe des Festpunktes nicht bekannt. Die deutsche Karte gibt an: „Die Wassertiefen sind auf Niedrigwasser-Springzeit reduciert. Spr. 2,8 m, Nip. 1,8 m.“ Da nun auf der englischen Karte die Erhebung der Springtiden über der Nullebene übereinstimmend mit der Karte von 1855 angegeben ist und die englische Vermessung von 1855 auch für deutsche Vermessungen 1877 und 1883 herangezogen wurde, ist wahrscheinlich, daß die Nullebene, also die Höhe des MSpNWss nach der Seekarte von 1855 für die von 1887 beibehalten wurde. Auch ist der Wert des Springtidehubes mit 2,80 m, allerdings dann als mittlerer Springtidehub, für alle Aufnahmen der Düne von 1898 bis zur Neuberechnung der Tidezahlen durch die Seewarte 1924 zugrunde gelegt. Die Höhe des MSpNWss ist dabei nach den Vermessungsakten zu PN -0,09 m oder KN -0,13 m angenommen. Eine Neueinmessung der Festpunkte auf der Düne hat jedoch ergeben, daß die angenommene Höhe bis auf höchstens 1 cm mit dem heutigen PN, das = KN -0,04 m ist, zusammenfällt. Die wahrscheinlichste Höhe des MSpNWss der Vermessung von 1887 stimmt demnach ziemlich genau mit dem heute geltenden Wert überein.

Ein Sicherheitsmaß in den Tiefenangaben enthalten die deutschen Seekarten bis 1908 nicht. Für die deutsche Ausgabe der englischen Karte von 1887 ist demnach das Null = KN anzusetzen.

## 3. 1894.

Deutsche Seekarte: „Nr. 74. Nord- und Südhafen von Helgoland. Nach den Vermessungen von S. M. S. „Albatros“. 1894.“ Es ist nur der Wal neu vermessen. Das übrige Gebiet ist aus der Seekarte von 1887 übernommen.

Benutzt wurde die Arbeitskarte des Schiffes aus dem Archiv des Reichskriegsministeriums.

Maßstab: Nach Angabe auf der Arbeitskarte 1:2500.

Kartennull: Nach Angabe auf der Karte sind die Tiefen auf MSpNWss beschriftet. Dieses ist zu 6,08 m unter der Schneide des Flutmessers des alten Helgoländer Pegels angegeben. Nach Römer [11] lag die Schneide des Flutmessers auf NN + 4,503 m. Demnach Kartennull = NN + 4,503 - 6,08 = NN - 1,577 = PN + 1,755 - 1,577 = PN + 0,178 = KN - 0,036 + 0,178 = KN + 0,142 ~ KN + 0,14 m.

## 4. 1912.

Deutsche Seekarten: a) Nr. 88. „Nordsee. Helgoland. 1:15000. Herausgegeben 1913.“ b) Nr. 70. „Binnenreden von Helgoland. 1:7500. Herausgegeben 1913.“ Beide Karten nach der Vermessung von S. M. S. „Hyäne“, Korv.-Kapitän Jacobs, 1912.

Maßstab: Der wirkliche Maßstab ergibt sich aus den Abständen der Hauptpeilpunkte wie bei Nr. 2 für die Karte a) = 1:15280, für die Karte b) = 1:7290.

Kartennull: Die Karten enthalten die Angabe: „Td-Hb. 2,61 m (Spr.), 1,80 m (Np).“ Nach den neuen Berechnungen der Seewarte ist der mittlere Springtidehub 2,56 m, der mittlere Nipptidehub 1,84 m. Die Tidewerte sind also fast genau bestimmt, wahrscheinlich unter Heranziehung der Aufzeichnungen des heutigen, 1909 in Betrieb genommenen Pegels.

Nach einer Mitteilung der Marineleitung sind die Lotungen 1912 auf einen Lattenpegel an der sog. Marinemole im Helgoländer Scheibenhafen beschriftet. Der Pegel wurde durch Nivellement an einen Festpunkt am Rettungsbootsschuppen angeschlossen, der 1909 von dem Kommando des Vermessungsschiffes „Möwe“ zur dauernden Festlegung des Kartennulls angebracht war und 6,390 m über dem 1909 angenommenen Kartennull liegen sollte. Das MSpNWss von 1912 war um 0,05 m höher, also 6,340 m unter dem Festpunkt angesetzt. Der Festpunkt liegt auf PN + 6,224 m = KN - 0,036 + 6,224 = KN + 6,188 m. Darnach müßte das MSpNWss 1912 zu KN + 6,188 - 6,340 = KN - 0,152 m angenommen sein. Dieser Wert ist ohne Zweifel falsch. Der Spring- und Nipptidehub sind 1912 mit nur 4—5 cm Abweichung gegen die neuerdings von der Seewarte errechneten Werte bestimmt. Eine so genaue Ermittlung wäre nicht möglich gewesen, wenn das MSpNWss um

15 cm falsch beobachtet worden wäre. Es muß bei der Anbringung des Festpunktes 1909 oder dem Anschluß des Pegels 1912 ein Nivellementsfehler unterlaufen sein.

Das wird durch ein weiteres Nivellement des Vermessungsschiffes „Panther“ 1924 bestätigt. Der „Panther“ hat das Kartennull von 1909 noch an einen zweiten Festpunkt an der Südostecke der Biologischen Anstalt angeschlossen und seine Höhe zu 5,672 m unter diesem Festpunkt bestimmt. Der (1926 beseitigte) Festpunkt lag auf  $PN + 5,711 = KN - 0,036 + 5,711 = KN + 5,675$  m. Darnach ist das Kartennull von 1909 =  $KN + 5,675 - 5,672 = KN + 0,003$  m, das MSpNWss von 1912 =  $KN + 0,003 + 0,050 = KN + 0,053$  m. Diese Zahl ist sehr viel wahrscheinlicher, wenn auch wegen der nachträglichen Bestimmung unsicher. Bei der fast zutreffenden Berechnung des Tidehubes 1912 ist es möglich, daß das MSpNWss noch mit weniger als 5 cm Abweichung gegen das heutige ermittelt ist. Der Fehler wird zwischen 0 und +5 cm liegen. Man kann also das im Jahre 1912 angenommene MSpNWss genau genaug mit dem heutigen zusammenfallend ansetzen.

Von 1908 bis 1916 ist in den deutschen Seekarten das Kartennull um ein Sicherheitsmaß von 0,30 m tiefer als MSpNWss gelegt. Das Kartennull der Vermessung von 1912 liegt demnach auf  $KN - 0,30$  m.

**5. 1924.**

Deutsche Seekarten: Wie unter Nr. 4, Neue Ausgabe 1925.

Vermessung von 1912, berichtigt nach einer Neuvermessung des Nord- und Südhafens und der angrenzenden Klippengebiete durch Vermessungsschiff „Panther“ 1924.

Neben den Seekarten wurde die Arbeitskarte des Schiffes aus dem Archiv des Reichskriegsministeriums benutzt.

Maßstab der Seekarten wie unter Nr. 4, der Arbeitskarte nach Angabe 1 : 5000.

Kartennull: Nach einer Mitteilung der Marineleitung ist das MSpNWss = Kartennull zu  $PN + 0,0 = KN - 0,04$  angenommen.

**6. 1931.**

Deutsche Seekarten: Wie unter Nr. 4, Neue Ausgabe 1932.

Neuvermessung der Helgoländer Gewässer etwa im Umfang des vortertiären Inselgebiets durch Vermessungsschiff „Meteor“, Korv.-Kapitän Bender, 1931.

Maßstab: Karte Nr. 88 (nach Angabe 1 : 15000) = 1 : 15180. Karte Nr. 70 (nach Angabe 1 : 7500) = 1 : 7290.

Kartennull: Die Vermessung ist auf das heutige KN beschickt.

**II. Zahlenwerte der Tiefenänderungen in der Umgebung der Düne.**

Zur Abgrenzung und Einteilung der veränderten Gebiete s. S. 33 u. f.

**A. Größe der von den Tiefenlinien umschlossenen Flächen.**

Für die Streifen 1, 2 und 3 sind die von den Tiefenlinien umschlossenen Wasserflächen, für 4 und 5 die umschlossenen Bodenflächen ermittelt.

Die Tiefenzahlen *t* in den folgenden Zusammenstellungen beziehen sich auf Kartennull der betreffenden Karte. Die Unterschiede gegen heutiges Kartennull = MSpNWss sind bei der Auftragung der Flächeninhalte auf Abb. 15 und der Ermittlung der Rauminhalte aus den Flächeninhaltskurven berücksichtigt. Nach S. 57 bis 59 liegt im Vergleich zum heutigen Kartennull das Null der Karte von

1855 auf	-0,25 m	1912 auf	-0,30 m
1887 auf	±0,00 m	1924 auf	-0,04 m
1894 auf	+0,14 m		

Die Flächen sind in Hektar angegeben.

**1. Nordhafen (Wasserflächen).**

<i>t</i>	I				II				III					IV = Wal						
	1855	1887	1912	1931	1855	1887	1912	1931	1855	1887	1912	1924	1931	<i>t</i>	1855	1887	1894	1912	1924	1931
0	232	232	232	232	168	168	168	168	245	245	245	245	245	0	59	59	59	59	59	59
2									244	245	245	245	245	1	58	59	59	59	59	59
4					168	168	168	168	232	244	243	244	244	2	56	57	59	58	59	59
6	232	232	232	232	162	167	167	167	191	205	207	221	224	3	47	53	58	57	58	59
10	230	230	231	231	127	138	143	146	91	111	119	130	128	4	24	48	51	46	54	57
15	180	215	208	212	57	91	101	96	—	20	20	20	19	5	5	15	16	11	37	45
20	24	115	127	142	—	—	8	15	—	—	—	—	—	6	—	3	0,4	1	6	13
<i>t</i> <sub>min</sub>	5,5	7,8	7,1	7,1	4,0	3,0	3,5	3,5	0,9	2,2	2,9	1,4	1,8	7	—	—	—	—	—	1
<i>t</i> <sub>max</sub>	22	24	25	24	20	20	21	22	14,6	16	19	19	18		0	0,9	2,3	1,7	1,7	2,0
															5,5	6,4	6,5	6,4	6,8	7,6

**2. Skitgatt (Wasserflächen).**

<i>t</i>	I				II				III					
	1855	1887	1912	1931	1855	1887	1912	1931	1855	1887	1912	1924	1931	
0	155	155	155	155	140	140	140	140	133	133	133	133	133	Bem.: Die über ± 0 liegenden Flächen im Abschnitt III, die zum geschlossenen Niedrigwasserumfang der Düne gehören, sind zu den Flächen für <i>t</i> = 0 gerechnet.
1					140	140	140	140	76	120	124	130	129	
2					137	140	140	140	65	104	119	119	121	
4	155	155	155	155	119	128	135	138	37	87	87	100	104	
6	145	153	153	155	114	113	125	116	23	54	60	69	62	
10	104	127	138	140	83	88	103	91	4	13	14	14	21	
15	73	113	126	121	22	54	65	57	—	—	1	1	—	
20	14	62	89	92	—	—	—	1	—	—	—	—	—	
<i>t</i> <sub>min</sub>	2,7	4,2	3,8	5,5	1,2	1,8	2,7	2,9	0	0	0	0,4	0,2	
<i>t</i> <sub>max</sub>	21,5	22	22	23	16	18	20	21	13	13	16	16	14	

Table with columns for years (t) and four groups (I, II, III, IV) of data points.

R. Rauminhalts- und

Table with columns for 'Jahre' and various water content and depth change metrics.

1. Nord

Table showing data for '1. Nord' across years 1855, 1887, 1894, 1912, 1924, 1931.

2. Skit

Table showing data for '2. Skit' across years 1855, 1887, 1912, 1924, 1931.

3. Nordostabhang

Table showing data for '3. Nordostabhang' across years 1855, 1887, 1912, 1924, 1931.

1 Die Angaben „Trocken“ auf den Karten 1855 und 1887 gestatten keine Flächenermittlung.

Table with columns for years (t) and three groups (III) of data points.

Table with columns for years (t) and three groups (II, III) of data points.

Tiefenänderungen.

Table with columns for 'Wasserinhalt J' and various depth change metrics.

hafen.

Table showing data for 'hafen.' across groups III and IV = Wal.

gatt.

Table showing data for 'gatt.' across groups III and IV = Wal.

der Dünenklippen.

Table showing data for 'der Dünenklippen.' across groups III, IVa, and IVb.

2 Die über 0 liegende Fläche, die zum geschlossenen Niedrigwasserrumfang der Düne gehört, ist zu der Fläche für t = 0 gerechnet.

Zeitraum z	Bodeninhalt J	Änderung des Boden-inhalts ΔJ		Gesamtfläche F		Mittlere Tiefe $t_m = 10,00 - J/F$		Änderung der mittleren Tiefe Δt <sub>m</sub>	Mittl. jährl. Änderung der Tiefe Δt <sub>m</sub> = Δt <sub>m</sub> /Z		Bodeninhalt J	Änderung des Boden-inhalts ΔJ		Gesamtfläche F		Mittlere Tiefe $t_m = 10,00 - J/F$		Änderung der mittleren Tiefe Δt <sub>m</sub>	Mittl. jährl. Änderung der Tiefe Δt <sub>m</sub> = Δt <sub>m</sub> /Z										
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	m	m		cm	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	m	m	cm												
III oberhalb 10 m Tiefe																				III oberhalb 3 m Tiefe									
1855	32	6,94	-0,38	-12	0,87	2,02	-0,43	-1,3	1,07	-0,16	-5	0,59	-0,28	-0,9															
1887	25	6,56	-0,32	-13	0,87	2,45	-0,37	-1,5	0,91	-0,12	-5	0,56	-0,23	-0,9															
1912	12	6,24	-0,11	-6	0,87	2,82	-0,13	-0,7	0,79	-0,04	-2	0,49	-0,08	-0,4															
1924	7	(5,76)																											
1931	7	6,13																											
1855/1887	32	-0,38	-12	-0,43	-1,3	-0,16	-5	-0,28	-0,9																				
1887/1931	44	-0,43	-10	-0,50	-1,1	-0,16	-4	-0,31	-0,7																				
1855/1931	76	-0,81	-11	-0,93	-1,2	-0,32	-4	-0,59	-0,8																				

5. Kreide

Zeitraum z	Bodeninhalt J	Änderung des Boden-inhalts ΔJ		Gesamtfläche F		Mittlere Tiefe $t_m = 10,00 - J/F$		Änderung der mittleren Tiefe Δt <sub>m</sub>	Mittl. jährl. Änderung der Tiefe Δt <sub>m</sub> = Δt <sub>m</sub> /Z		Bodeninhalt J	Änderung des Boden-inhalts ΔJ		Gesamtfläche F		Mittlere Tiefe $t_m = 10,00 - J/F$		Änderung der mittleren Tiefe Δt <sub>m</sub>	Mittl. jährl. Änderung der Tiefe Δt <sub>m</sub> = Δt <sub>m</sub> /Z										
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	m	m		cm	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	m	m	cm												
II oberhalb 10 m Tiefe																				II oberhalb 3,5 m Tiefe									
1855	32	3,37	-0,19	-6	0,51	3,39	-0,37	-1,2	0,25	-0,07	-2	0,28	-0,24	-0,8															
1887	25	3,18	-0,13	-5	0,51	3,76	-0,26	-1,0	0,19	-0,07	-3	0,21	-0,34	-1,4															
1912	12	3,05	+0,04	+2	0,51	4,02	+0,08	+0,4	0,12	-0,02	-1	0,20	-0,10	-0,5															
1924	7	3,09																											
1931	7	3,09																											
1855/1887	32	-0,19	-6	-0,37	-1,2	-0,07	-2	-0,24	-0,8																				
1887/1931	44	-0,09	-2	-0,18	-0,4	-0,09	-2	-0,44	-1,0																				
1855/1931	76	-0,28	-4	-0,55	-0,7	-0,16	-2	-0,68	-0,9																				

C. Zusammenstellung der Massenänderungen (Bodenverluste).

Die Gesamtbeträge der Bodenverluste sind durch die Schlusszahlen für 1855—1887 und für 1887—1931 gegeben. Um einen Anhalt zu erlangen, wie die Verluste sich auf Sand und auf Felsboden verteilen, sind in den Streifen mit vorwiegender Sandbedeckung (1. Nordhafen, 2. Skitgatt, 3. Nordostabhang der Dünenklippen) die Anteile der beiden Bodenarten nach der Häufigkeit der Grundangaben „Sand“ bzw. „Fels“ auf den betreffenden Seekarten geschätzt. Die Klippenstreifen (4. Wittekliff, 5. Kreideklippen), die nur Spuren von Sand aufweisen, sind ganz als Felsboden gerechnet.

Streifen	Abschnitt	1855/1887						1887/1931				1855/1931							
		Im ganzen		Sand		Fels		Im ganzen		Sand		Fels		Im ganzen	Sand	Fels			
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	vH	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	vH	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	vH	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	vH	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	vH	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>				10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
1. Nordhafen	I	5,9	100	5,9	—	—	1,4	33	0,5	67	0,9								
	II	2,3	100	2,3	—	—	1,0	33	0,3	67	0,7								
	III	1,8	100	1,8	—	—	1,4	33	0,5	67	0,9								
	IV	0,3	100	0,3	—	—	0,6	33	0,2	67	0,4								
		10,3		10,3			4,4		1,5		2,9	14,7	11,8	2,9					
2. Skitgatt	I	5,0	100	5,0	—	—	2,7	33	0,9	67	1,8								
	II	1,4	100	1,4	—	—	1,2	33	0,4	67	0,8								
	III	3,0	80	2,4	20	0,6	1,4	67	0,5	33	0,9								
			9,4		8,8		0,6	5,3		1,8		3,5	14,7	10,6	4,1				
3. Nordostabhang	I	2,4	80	1,9	20	0,5	0,2	33	0,1	67	0,1								
	II	5,0	80	4,0	20	1,0	2,3	75	1,7	25	0,6								
	III	3,3	80	2,6	20	0,7	4,7	75	3,5	25	1,2								
	IVb	0,9	100	0,9	—	—	0,8	100	0,8	—	—								
		11,6		9,4		2,2	8,0		1,9		1,9	19,6	15,5	4,1					
4. Wittekliff	III	0,38	—	—	100	0,38	0,43	—	—	100	0,43	0,8	—	0,8					
			0,38		—	100	0,38	0,43		—	100	0,43	0,8	—	0,8				
5. Kreideklippen	II	0,19	—	—	100	0,19	0,09	—	—	100	0,09								
	III	0,69	—	—	100	0,69	0,36	—	—	100	0,36								
		0,88		—	—	0,88	0,45		—		0,45	1,3	—	1,3					
															51,1	37,9	13,2		

Bodeninhalt J	Änderung des Boden-inhalts ΔJ		Gesamtfläche F		Mittlere Tiefe $t_m = 10,00 - J/F$		Änderung der mittleren Tiefe Δt <sub>m</sub>	Mittlere jährliche Änderung der Tiefe Δt <sub>m</sub> = Δt <sub>m</sub> /z		Bodeninhalt J	Änderung des Boden-inhalts ΔJ		Gesamtfläche F		Mittlere Tiefe $t_m = 10,00 - J/F$		Änderung der mittleren Tiefe Δt <sub>m</sub>	Mittl. jährl. Änderung der Tiefe Δt <sub>m</sub> = Δt <sub>m</sub> /Z	
	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	m	m		cm	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	m	m	cm			
klippen																			
III oberhalb 10 m Tiefe										III oberhalb 2 m Tiefe									
9,41	-0,69	-22	1,07	1,19	-0,65	-2,0	1,06	-0,27	-8	0,85	-0,37	-1,2							
8,72	-0,23	-9	1,07	1,84	-0,22	-0,9	0,79	-0,30	-12	0,60	-0,50	-2,0							
8,49	-0,11	-9	1,07	2,06	-0,09	-0,8	0,49	-0,01	-1	0,60	-0,02	-0,2							
8,38	-0,11	-9	1,07	2,15	-0,09	-0,8	0,48	-0,01	-1	0,57	-0,02	-0,2							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
klippen																			
III oberhalb 10 m Tiefe										III oberhalb 2 m Tiefe									
9,41	-0,69	-22	1,07	1,19	-0,65	-2,0	1,06	-0,27	-8	0,85	-0,37	-1,2							
8,72	-0,23	-9	1,07	1,84	-0,22	-0,9	0,79	-0,30	-12	0,60	-0,50	-2,0							
8,49	-0,11	-9	1,07	2,06	-0,09	-0,8	0,49	-0,01	-1	0,60	-0,02	-0,2							
8,38	-0,11	-9	1,07	2,15	-0,09	-0,8	0,48	-0,01	-1	0,57	-0,02	-0,2							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
9,41	-0,69	-22	1,07	1,19	-0,65	-2,0	1,06	-0,27	-8	0,85	-0,37	-1,2							
8,72	-0,23	-9	1,07	1,84	-0,22	-0,9	0,79	-0,30	-12	0,60	-0,50	-2,0							
8,49	-0,11	-9	1,07	2,06	-0,09	-0,8	0,49	-0,01	-1	0,60	-0,02	-0,2							
8,38	-0,11	-9	1,07	2,15	-0,09	-0,8	0,48	-0,01	-1	0,57	-0,02	-0,2							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
9,41	-0,69	-22	1,07	1,19	-0,65	-2,0	1,06	-0,27	-8	0,85	-0,37	-1,2							
8,72	-0,23	-9	1,07	1,84	-0,22	-0,9	0,79	-0,30	-12	0,60	-0,50	-2,0							
8,49	-0,11	-9	1,07	2,06	-0,09	-0,8	0,49	-0,01	-1	0,60	-0,02	-0,2							
8,38	-0,11	-9	1,07	2,15	-0,09	-0,8	0,48	-0,01	-1	0,57	-0,02	-0,2							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
9,41	-0,69	-22	1,07	1,19	-0,65	-2,0	1,06	-0,27	-8	0,85	-0,37	-1,2							
8,72	-0,23	-9	1,07	1,84	-0,22	-0,9	0,79	-0,30	-12	0,60	-0,50	-2,0							
8,49	-0,11	-9	1,07	2,06	-0,09	-0,8	0,49	-0,01	-1	0,60	-0,02	-0,2							
8,38	-0,11	-9	1,07	2,15	-0,09	-0,8	0,48	-0,01	-1	0,57	-0,02	-0,2							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							
8,36	-0,02	-3	1,07	2,17	-0,02	-0,3	0,475	-0,005	-0,7	0,54	-0,01	-0,1							

D. Verschiebung der Tiefenlinien des Skitgatts gegen die Düne.

Abstand der Tiefenlinien des Skitgatts von der Düne, gemessen längs der Mittellinie des Skitgatts zwischen der an den Scheitel der Tiefenlinie senkrecht zur Mittellinie gelegten Tangente und dem Nullpunkt der Dünenvermessung.

Vergrößerung des Abstandes ist mit +, Verkleinerung mit - bezeichnet.

Jahr	Zeit-raum	10 m-Linie		6 m-Linie		4 m-Linie		2 m-Linie						
		Abstand vom Nullpunkt m	Verschiebung		Abstand vom Nullpunkt m	Verschiebung		Abstand vom Nullpunkt m	Verschiebung					
			im ganzen m	jährlich m		im ganzen m	jährlich m		im ganzen m	jährlich m				
1855	32	3260	-100	-3,1	2760	-850	-26,6	2360	-1420	-44,4	1330	-440	-13,7	
1887	25	3160	-150	-6,0	1910	-150	-6,0	940	+50	+7,1	890	-100	-14,3	
1894	7	990							-50	-2,8		790	-50	-2,8
1912	18	3010							-140	-11,7		940	-140	-11,7
1924	12	3010	-90	-4,7	1730	-30	-2,5	800	+40	+5,7	610	-80	-11,4	
1931	7								840	+40		+5,7	530	-80
1855/1887	32	2920	-100	-3										

### III. Angaben und Ermittlungen zu den Aufnahmen der Düne.

Über die heute maßgebenden Grundwerte der Gezeiten und die Bezeichnungen PN und KN vgl. die Vorbermerkung zu Teil I.

Während die Nullebene der Seekarten mit dem MSpNWss zusammenfällt, ist als Bezugspunkt für die Dünenaufnahmen einheitlich der Nullpunkt des heutigen Helgoländer Pegels gewählt, weil die Mehrzahl der bei Beginn der Untersuchung vorhandenen Aufnahmen auf diesen Punkt besichtigt war. PN liegt 0,04 m unter MSpNWss (KN). Der Unterschied ist so gering, daß er für überschlägliche Vergleiche von Seekarten und Dünenaufnahmen vernachlässigt werden kann; bei zahlenmäßigen Ermittlungen ist er berücksichtigt worden.

#### 1. 1718.

Aufnahme von Hollerus. Urstück in den Akten des Wasserbauamts Tönning. Benutzt: Das Urstück.

Maßstab: Die Karte gibt den Maßstab mit „c. 1 : 7500“ an. Die Angabe ist aber falsch. Wahrscheinlich ist dieser Maßstab für die Feldaufnahme angewandt, worauf auch eine Bemerkung auf der Karte hindeuten scheint, und die Maßstabszahl ist bei der Reinzeichnung der Karte irrtümlich übernommen. Der wirkliche Maßstab läßt sich jedoch aus den heute nachprüfbaren Entfernungen errechnen. Höchstwahrscheinlich durch unmittelbare Längenmessung und durch Winkelmessung festgelegt sind die Kirche, die Feuerbake, die Dünenbaken und der Hog Stean. Die Dünenbaken bieten keine zuverlässige Bestimmung, da sie zwischen 1718 und dem Jahr der nächsten genauen Vermessung 1793 versetzt sein können. Für die anderen Punkte ergibt sich:

Feuerbake—Kirchturm: Kartenabstand 25,2 mm, wirklicher Abstand 308 m; Maßstab 25,2 : 308 000 = 1 : 12 222.

Feuerbake—Hog Stean: Kartenabstand 177 mm, wirklicher Abstand 2070 m; Maßstab 177 : 2070 000 = 1 : 11 695.

Mittelwert:  $\frac{12222 + 11695}{2} = 11958,5$  rd. 12 000.

Mit diesem Maßstab wird der Abstand Feuerbake—südliche Dünenbake (Kartenabstand 150 mm) =  $150 \cdot 12000 = 1800000$  mm = 1800 m.

Die Karte von Wessel 1793 gibt 1860 m an. Ist die Dünenbake zwischen 1718 und 1793 nicht versetzt, so wäre der Fehler der Aufnahme von 1718 = 60 m oder rd.  $\frac{1}{30}$ . Ist die Bake aber versetzt, so kann das nur nach Nordosten oder Osten geschehen sein, da die Hohe Düne in der Zwischenzeit nach Nordosten gewandert ist. Dann wäre der Abstand Feuerbake—Dünenbake in der Tat 1793 größer als 1718, und der Fehler der Aufnahme von 1718 betrüge noch weniger als  $\frac{1}{30}$ . Die Ungenauigkeit der Karte wird kaum über 2—3 vH sein.

Beschickung auf Pegelnul: Die Karte trägt den Vermerk: „Die Zahlen auf den gründen und Havens sind Füße und nicht Ruhten oder Faadens, mit dem ordinair niedrigsten Wasser, wenn der Wind Südwesten, wenn es aber das höchste Wasser, läuft es auf 9 bis 10 Fuß Höhe.“ Darnach sind die Tiefen auf Niedrigwasser besichtigt; der Tidehub — und zwar wahrscheinlich der Springtidehub — ist mit 9—10' dän. angenommen. 9' dän. sind  $9 \cdot 0,3139 = 2,8251 \sim 2,83$  m (fast der gleiche Wert, der bis 1924 für den Springtidehub galt!). Der heutige mittlere Springtidehub ist 2,558 m. Es wird angenommen, daß der auf der Karte angegebene größere Springtidehub gleich weit nach oben und nach unten über den heute maßgebenden hinausgeht, d. h. daß das MWss der Aufnahme mit dem heutigen übereinstimmt. Dann liegt das SpHWss der Karte um  $\frac{2,825 - 2,558}{2} = 0,134$  m über dem heutigen MSpHWss oder auf  $PN + 2,594 + 0,134 = PN + 2,728 \sim PN$

+ 2,73 m; das SpNWss der Karte um 0,134 m unter dem heutigen MSpNWss oder auf  $PN + 0,036 - 0,134 = PN - 0,098 \sim PN - 0,10$  m. Unter der weiteren Annahme, daß der Strand zwischen SpHWss und SpNWss gleichmäßige Neigung hat, ist dann die heutige MSpHWss-Linie um  $0,13/2,83 = 0,046 \sim \frac{1}{22}$  der Strandbreite der Karte gegen die SpHWss-Linie der Karte strandabwärts zu legen, die heutige MSpNWss-Linie um das gleiche Maß gegen die SpNWss-Linie der Karte strandaufwärts.

#### 2. 1793.

Aufnahme des dänischen Ingenieurs Wessel. Nur Hochwasserlinie.

Benutzt: Die Wiedergabe in Brohms Werk „Helgoland“ [15].

Maßstab: Nach den Angaben der Karte auf 1 : 20 000 berechnet.

Beschickung auf Pegelnul: Die Karte enthält nur den Vermerk: „Die Seeküste ist nach der höchsten Flut gezeichnet.“ Ob unter der „höchsten Flut“ SpHWss oder MHWss verstanden ist und welcher Tidehub angenommen wurde, ist nicht ersichtlich. Die gezeichnete Hochwasserlinie ist deshalb gleich der wirklichen MSpHWss-Linie gesetzt.

Wenn Wessel unter „höchster Flut“ das MHWss verstanden und für den mittleren Tidehub etwa den gleichen Wert wie Wiebel (vgl. Nr. 3) oder Hollerus (vgl. Nr. 1) angenommen hat, so wird die Dünenfläche innerhalb der heutigen MSpHWss-Linie um etwa 0 bis 2 vH oder um 0 bis 0,6 ha größer sein als diejenige der Karte. Hat Wessel das MSpHWss als „höchste Flut“ bezeichnet und für den Springtidehub einen verhältnismäßig um eben so viel zu hohen Wert angenommen, so ist die Dünenfläche innerhalb der heutigen MSpHWss-Linie schätzungsweise um 5—6 vH oder um 1,5—2 ha größer als die Dünenfläche der Karte. In beiden Fällen ist der Fehler bei dem damals noch bedeutenden Umfang der Düne und dem großen Zeitabstand gegen die vorangehende und die nachfolgende Aufnahme ohne Belang für das Bild der Veränderungen.

#### 3. 1844/45.

Aufnahme von Wiebel.

Benutzt: Die Wiedergabe in seinem Werk „Die Insel Helgoland“ [6].

Maßstab: Nach Angabe der Karte 1 : 15 000.

Beschickung auf Pegelnul: Wiebel rechnet für den mittleren Tidehub 9' hamb. =  $9 \cdot 0,2866 = 2,5794$   $\sim 2,58$  m. Mit der gleichen Annahme wie bei Nr. 1 liegt das MHWss der Karte um  $\frac{2,579 - 2,254}{2} = 0,163$  m

über dem heutigen oder auf  $PN + 2,468 + 0,163 = PN + 2,631 \sim PN + 2,63$  m, das MNWss der Karte entsprechend auf  $PN + 0,214 - 0,163 = PN + 0,051 \sim PN + 0,05$  m. Das MHWss und MNWss der Karte kann also genau genug mit dem heutigen MSpHWss =  $PN + 2,59$  m und MSpNWss =  $PN + 0,04$  m zusammenfallend angenommen werden.

## 4. 1855.

Aufnahme von Cudlipp. Englische Seekarte: „North Sea. Heligoland. Surveyed by Comm<sup>dr</sup> F. A. Cudlipp. 1856.“ Weitere Angaben über die Seekarte und die daneben benutzte Arbeitskarte aus dem Archiv des Reichskriegsministeriums siehe Teil I Nr. 1.

Maßstab: Nach Teil I Nr. 1 Maßstab der Seekarte 1 : 12000, der Arbeitskarte 1 : 15500.

Beschickung auf Pegelnul: Nach Teil I Nr. 1 ist anzunehmen:

Kartennul auf KN  $- 0,25 \text{ m} = \text{PN} + 0,04 - 0,25 = \text{PN} - 0,21 \text{ m}$ ,

MSpNWss in Höhe des heutigen =  $\text{PN} + 0,04 \text{ m}$ ,

Höchstes SpHWss auf  $2,82 \text{ m}$  über MSpNWss =  $\text{PN} + 0,04 + 2,82 = \text{PN} + 2,86 \text{ m}$ .

Der Abstand zwischen Kartennul (NWss-Linie der Düne auf der Karte) und höchstem SpHWss (HWss-Linie auf der Karte) ist demnach =  $\text{PN} + 2,86 - (\text{PN} - 0,21) = 3,07 \text{ m}$ . Das heutige MSpHWss liegt auf  $\text{PN} + 2,56 \text{ m}$  oder um  $2,86 - 2,56 = 0,30 \text{ m}$  unter dem der Karte, das heutige MSpNWss auf  $\text{PN} + 0,04 \text{ m}$  oder um  $0,25 \text{ m}$  über dem Null der Karte. Die heutige MSpHWss-Linie ist um  $0,30/3,07 = 0,098$  oder rd.  $\frac{1}{10}$  der Strandbreite der Karte gegen die HWss-Linie der Karte strandabwärts, die heutige MSpNWss-Linie um  $0,25/3,07 = 0,081$  oder rd.  $\frac{1}{12}$  der Strandbreite gegen die NWss-Linie der Karte strandaufwärts zu legen, soweit sie nicht aus den Tiefenangaben der Karte unmittelbar berechnet werden können. Die Bestimmung der heutigen MSpHWss- und MSpNWss-Linie nach diesen Werten ist aber für die Nordspitze unsicher, weil die Strandbreite hier sehr groß und die Darstellung der NWss-Linie auf der Karte nicht eindeutig ist. Für den Flächeninhalt der MSpHWss-Linie ergibt sich ein Wert, welcher gegenüber demjenigen von 1844 und auch im Verhältnis zum Flächeninhalt innerhalb der MSpNWss-Linie auffallend klein ist. Die Vermessung von 1855 ist kurz nach einer der schwersten Sturmfluten des 19. Jahrhunderts (Neujahrsnacht 1854/55) erfolgt, in der die Düne nach damaligen Berichten stark gelitten hat und dem Durchbruch nahe gewesen sein soll. Es ist möglich, daß die geringe Größe der Düne z. T. auf die Wirkung dieser Sturmflut zurückzuführen ist, obgleich gerade sehr hohe Sturmfluten sonst nur die Hohe Düne, aber nicht die Unterdüne angreifen. Wahrscheinlich liegt eine Ungenauigkeit in der Aufnahme der HWss-Linie vor, vielleicht ist eine besonders hoch liegende Treibselgrenze als HWss-Linie eingemessen. Jedenfalls ist der Wert für den Flächeninhalt innerhalb der MSpHWss-Linie zweifelhaft.

Über die Berücksichtigung des systematischen Fehlers in der Bestimmung der HWss- und NWss-Linie bei Seevermessungen gegenüber den Nivellements-aufnahmen der Düne vgl. S. 41.

## 5. 1887.

Aufnahme von Archdeacon. Englische Seekarte: „North Sea. Heligoland. Surveyed by Staff Comm<sup>r</sup> W. A. Archdeacon, R. N. 1887.“ Weitere Angaben über diese und die daneben benutzte deutsche Ausgabe siehe Teil I Nr. 2.

Außerdem wurde eine Sonderkarte der Düne bis zur HWss-Linie aus den Akten des früheren Landratsamts zu Helgoland herangezogen: „Heligoland. Sandy Island showing outerline of bushscreens and High water line, June 1887. Surveyed by Staff Commander Archdeacon 1887.“ Die Umriss auf der Sonderkarte stimmen mit denen auf der Seekarte überein; die Sonderkarte enthält aber Einzelheiten, die auf der Seekarte nicht wiedergegeben sind. Sie ist also keine Vergrößerung aus der Seekarte, sondern wahrscheinlich Abzeichnung einer Urkarte, die wohl eine Sonderaufnahme der Düne für die Herstellung der Seekarte gewesen ist.

Maßstab: Nach Teil I Nr. 1 Maßstab der englischen Seekarte 1 : 12267, der deutschen Ausgabe 1 : 15200. Maßstab der Sonderkarte nach Angabe 1 : 1460.

Beschickung auf Pegelnul: Nach Teil I Nr. 2 liegt

Kartennul = MSpNWss auf KN =  $\text{PN} + 0,04 \text{ m}$ ,

MSpHWss auf KN  $+ 2,80 = \text{PN} + 0,04 + 2,80 = \text{PN} + 2,84 \text{ m}$ .

Die heutige MSpNWss-Linie fällt mit der der Karte zusammen. Die heutige MSpHWss-Linie liegt auf  $\text{PN} + 2,59 \text{ m}$  oder um  $2,84 - 2,59 = 0,25 \text{ m}$  unter derjenigen der Karte. Sie ist gegen die Kartenlinie um  $0,25/2,80 = 0,089$  oder rd.  $\frac{1}{11}$  der Strandbreite strandabwärts zu legen.

## 6. 1893.

Aufnahme von Regierungsbaumeister Römer. a) Höhenschichtenplan bis zur HWss-Linie; b) Darstellung der HWss- und NWss-Linie.

Benutzt: Die Uraufnahmen aus dem Archiv des Preussischen Landwirtschaftsministeriums.

Maßstab: Zu a) = 1 : 1000; zu b) = 1 : 5000.

Beschickung auf Pegelnul: Die Aufnahme a) ist auf NN =  $\text{PN} + 1,755 \text{ m}$  bezogen. MSpHWss ist mit  $\text{NN} + 0,837 \text{ m}$  angenommen; es liegt also auf  $\text{PN} + 1,755 + 0,837 = \text{PN} + 2,592 \text{ m}$  und deckt sich fast genau mit dem heutigen MSpHWss =  $\text{PN} + 2,594 \text{ m}$ . MSpNWss ist auf der Karte b) zu  $\text{NN} - 1,523 \text{ m}$  entsprechend  $\text{PN} + 1,755 - 1,523 = \text{PN} + 0,232 \text{ m}$  angegeben. Das heutige MSpNWss liegt mit  $\text{PN} + 0,036 \text{ m}$  um  $0,232 - 0,036 = 0,196 \sim 0,20 \text{ m}$  tiefer. Bei einem angenommenen Tidehub der Karte von  $\text{NN} + 0,837 - (\text{NN} - 1,523) = 2,36 \text{ m}$  ist also die heutige MSpNWss-Linie um  $0,20/2,36 = 0,085$  oder rd.  $\frac{1}{12}$  der Strandbreite der Karte seewärts zu legen.

## 7. 1894.

Aufnahme von S. M. S. „Albatros“, Kapt.-Lt. Faber.

Deutsche Seekarte Nr. 74 „Nord- und Südhafen von Helgoland. Nach den Vermessungen von S. M. S. „Albatros“.“

Weitere Angaben über die Seekarte und die benutzte Arbeitskarte des Schiffes siehe Teil I Nr. 3.

Nach einem Vermerk auf der Arbeitskarte sind die Umriss der Düne aus der Karte von Römer 1893 übernommen; der südöstliche Teil ist aber neu vermessen, weil er sich geändert hatte.

Maßstab der Arbeitskarte: Nach Angabe 1 : 2500.

Beschickung auf Pegelnul: Nach Teil I Nr. 3 ist MSpNWss mit  $\text{PN} + 0,178 \sim \text{PN} + 0,18 \text{ m}$  angenommen. Die heutige MSpNWss-Linie läßt sich aus den Tiefenangaben der Arbeitskarte ermitteln. Über das MSpHWss der Aufnahme fehlt ein Vermerk. Soweit die Düne aus der Karte von Römer übernommen ist, deckt sich die MSpHWss-Linie der Arbeitskarte mit der von Römer. Demnach ist das gleiche MSpHWss =  $\text{PN} + 2,592 \text{ m}$  angenommen (vgl. Nr. 6).

(Im Jahre 1895 ist das MSpNWss für Helgoland auf Grund von Pegelvergleichen um 0,48 m tiefer als auf der Arbeitskarte „Albatros“ angenommen worden, also zu  $PN + 0,18 - 0,48 = PN - 0,30$  m. Nach diesem erheblich falschen Wert, der um 0,34 m unter dem heutigen MSpNWss liegt, sind alle Ausgaben der Seekarte Nr. 74 ab 1895 bis 1912 geändert. Dazu kam von 1908 an noch das Sicherheitsmaß des Kartennulls von 0,30 m unter MSpNWss. Die Seekarten geben daher zwischen 1895 und 1912 eine viel zu große Ausdehnung der Niedrigwasserlinie der Düne an.)

8. bis 19. Aufnahmen 1897 bis 1907 jährlich, ferner 1911

von Regierungsbaumeister Geisse, Landmessern Marx, Koops, Schroeder, Paulsen, Technikern Clasen, Broder. Lagepläne mit den Hauptlinien der Düne (NWss, HWss, Fuß der Hohen Düne) und Querprofile. Benutzt: Die Uraufnahmen oder Umdrucke der Uraufnahmen aus den Archiven des Preussischen Landwirtschaftsministeriums, der Regierung zu Schleswig und des Wasserbauamts Tönning.

Maßstab: Sämtliche Lagepläne im Maßstab 1:2000, Querprofile mit eingeschriebenen Abständen und Höhenzahlen.

Beschickung auf Pegelnul: Sämtliche Aufnahmen sind auf MSpNWss = 0 bezogen, der mittlere Springtidehub ist zu 2,80 m angenommen. Einzelne Festpunkte der Aufnahmen waren 1926 noch vorhanden. Ihre Prüfung ergab, daß das MSpNWss bis auf weniger als 1 cm mit dem heutigen PN zusammenfällt. PN liegt 0,04 m unter heutigem MSpNWss.

IV. Änderungen  
A. Flächen- und Bodeninhalte

Aufnahme		Flächeninhalt in ha											-3,00 m bis ± 0,0 m MSpNWss			Aufnahmejahr
		der Gesamtdüne innerhalb der Linie										Hohe Düne				
Nr.	Jahr	-3,00 m = Sandgrenze			± 0,0 = MSpNWss			+ 2,6 m = MSpHWss			+ 4,5		+ 6,0			
		Sand-düne	Aade	Zusammen	Sand-düne	Aade	Zusammen	Sand-düne	Aade	Zusammen			Sand-düne	Aade	Zusammen	
1	1718	.	.	.	95,3	(11,8)	107,1	51,3	(1,5)	52,8	20,76	.	.	.		
2	1793	.	.	.	.	.	.	30,1	.	30,1	15,65	.	.	.		
3	1844	.	.	.	48,7	9,7	58,4	15,2	1,3	16,5	7,23 (5,48)	.	.	.		
4	55	120	50	170	47,1	11,1	58,2	10,6	3,8	14,4	.	3,21	1709	888	2597	
5	87	116	39	155	(-4,0) 47,0	8,5	(-4,0) 55,5	(+0,4) 13,7	1,7	(+0,4) 15,4	5,51	.	1584	590	2174	
6	93	.	.	.	(-4,0) 32,1	6,4	(-4,0) 38,5	(+0,4) 11,5	1,5	(+0,4) 13,0	5,41	2,34	.	.	.	
7	94	107	41	148	40,2	7,6	47,8	11,1	0,7	11,8	5,95	.	1308	504	1812	
8	97	.	.	.	(-4,0) 36,7	6,2	(-4,0) 42,9	9,9	1,7	11,6	3,31	2,51	.	.	.	
9	98	.	.	.	34,8	6,5	41,3	8,5	1,8	10,3	3,76	2,49	.	.	.	
10	99	111	.	.	31,7	7,8	39,5	8,6	1,4	10,0	3,62	2,54	1265	.	.	
11	1900	105	.	.	34,7	6,6	41,3	9,5	1,9	11,4	3,92	2,73	1260	.	.	
12	01	104	.	.	32,0	6,2	38,2	9,4	1,5	10,9	3,56	2,61	1234	.	.	
13	02	105	.	.	30,1	5,5	35,6	9,6	1,9	11,5	3,45	2,61	1251	.	.	
14	03	106	.	.	30,4	5,5	35,9	9,7	1,4	11,1	3,69	2,62	1273	.	.	
15	04	104	.	.	32,4	4,3	36,7	10,3	1,3	11,6	3,78	2,59	1305	.	.	
16	05	107	.	.	30,7	4,5	35,2	9,9	1,5	11,4	3,79	2,54	1356	.	.	
17	06	106	.	.	27,9	4,4	32,3	10,3	1,0	11,3	3,53	2,33	1210	.	.	
18	07	.	.	.	29,1	4,4	33,5	10,7	1,4	12,1	.	.	.	.	.	
19	11	102	.	.	28,5	3,4	31,9	11,8	.	11,8	4,51	2,44	1187	.	.	
20a	12	.	.	.	27,4	4,4	31,8	11,1	.	.	.	.	.	.	.	
20b	12	110	34	144	31,4	4,5	35,9	10,7	1,2	11,9	3,94	.	1287	389	1676	
21	14	.	.	.	(-4,0) 28,5	4,5	(-4,0) 33,0	(+0,4) 12,5	0,8	(+0,4) 13,3	4,88	2,58	.	.	.	
22	16	.	.	.	28,5	6,8	35,3	12,4	2,9	15,3	5,90	2,97	.	.	.	
23a	24	.	.	.	34,7	4,6	39,3	12,3	2,4	14,7	.	.	1307	351	1658	
23b	24	108	24	132	(-4,0) 28,8	7,5	(-4,0) 36,3	(+0,4) 12,1	2,2	(+0,4) 14,3	5,31	3,38	1152	.	.	
24	26	104	.	.	28,6	7,7	36,3	11,3	2,1	13,4	5,14	3,01	1148	424	1572	
25	27	101	28	129	29,3	5,9	35,2	12,1	2,4	14,5	4,84	2,87	.	.	.	
26	28	.	.	.	34,7	5,1	39,8	11,9	1,7	13,6	6,05	2,85	.	.	.	
27	29	.	.	.	34,6	6,2	40,8	11,7	2,2	13,9	6,61	2,71	1254	387	1641	
28	31	105	28	133	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
29	32	.	.	.	26,9	5,0	31,9	10,8	1,1	11,9	5,53	2,54	.	.	.	
30	33	106	27	133	31,0	5,7	36,7	10,6	2,0	12,6	5,67	2,65	1291	364	1655	

<sup>1</sup> Aade.

Die heutige MSpNWss- und MSpHWss-Linie ist aus den Querprofilen ermittelt. Wo die Querprofile unvollständig sind (1907), ist die heutige MSpNWss-Linie gleich derjenigen der Aufnahme gesetzt, die heutige MSpHWss-Linie, die um  $2,80 - 2,59 = 0,21$  m unter derjenigen der Aufnahme liegt, um  $0,21 / 2,80 = \text{rd. } \frac{1}{14}$  der Strandbreite strandabwärts angenommen.

20. 1912.

a) Aufnahme von Techniker Broder. Lageplan der HWss- und NWss-Linie. b) Aufnahme von S. M. S. „Hyäne“, Korv.-Kapitän Jacobs. Deutsche Seekarte Nr. 70 „Binnenreden von Helgoland“, Ausgabe 1913, vgl. Teil I Nr. 4.

Benutzt: Zu a) die Uraufnahme aus dem Archiv des Wasserbauamts Tönning; zu b) die Seekarte.

Maßstab: Zu a) 1:2000. Zu b) 1:7290 nach Teil I Nr. 4.

Beschickung auf Pegelnul: Zu a) wie Nr. 8—19. Zu b): Nach Teil I Nr. 4 ist das MSpNWss der Aufnahme übereinstimmend mit dem heutigen, also auf  $PN + 0,04$  m (das Kartennull der Aufnahme auf MSpNWss  $- 0,30$  m) anzusetzen. Der Springtidehub ist auf der Karte mit 2,61 m angegeben, während der heute geltende Wert 2,56 m ist. Die MSpHWss-Linie der Aufnahme liegt also um 0,05 m höher als die heutige. Sie kann genau genug mit dieser zusammenfallend angenommen werden. Bei einem Höhenunterschied von  $2,61 + 0,30 = 2,91$  m zwischen dem Kartennull und dem MSpHWss der Aufnahme liegt die (damalige wirkliche und heutige) MSpNWss-Linie um  $0,30 / 2,91 = 0,103$  oder rd.  $\frac{1}{10}$  der Strandbreite der Karte gegen die auf der Karte angegebene Niedrigwassergrenze strandaufwärts.

(Fortsetzung auf S. 70.)

der Düne.  
der Düne 1718–1933.

Aufnahme		Bodeninhalt in 1000 m³															Aufnahmejahr
		im Einzelnen					im Ganzen										
Sand-düne	Aade	Zusammen	± 0,0 m MSpNWss bis + 2,6 m MSpHWss		Zusammen	über —3,00 m = Sandgrenze		Zusammen	über ± 0,0 m = MSpNWss		Zusammen	Sand-düne	Aade	Zusammen			
			Sand-düne	Aade		Sand-düne	Aade		Sand-düne	Aade					Sand-düne	Aade	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1718	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1793	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1844	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	55	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	87	
519	94	613	157	8	163	53	37	.	.	.	766	102	868	.	93		
565	104	669	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	94	
498	.	.	116	.	.	43	34	.	.	.	691	.	.	.	97		
505	.	.	110	.	.	46	34	.	.	.	695	.	.	.	98		
481	.	.	103	.	.	45	30	1924	.	.	659	.	.	.	99		
497	.	.	112	.	.	48	36	1953	.	.	693	.	.	.	1900		
501	.	.	111	.	.	45	36	1927	.	.	693	.	.	.	01		
467	.	.	106	.	.	44	37	1905	.	.	654	.	.	.	02		
461	.	.	117	.	.	46	35	1932	.	.	659	.	.	.	03		
462	.	.	127	.	.	47	36	1977	.	.	672	.	.	.	04		
449	.	.	126	.	.	46	34	2011	.	.	655	.	.	.	05		
454	64	518	120	8	128	46	33	1863	.	.	653	72	725	.	06		
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	07	
486	35	521	155	—	155	53	32	1913	.	.	720	35	761	.	11		
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	
517	70	587	151	.	134	51	46	.	.	.	.	.	.	.	.	14	
473	.	.	177	.	.	66	44	1658	.	.	717	72	789	.	16		
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24	
480	.	.	169	.	.	63	48	1912	.	.	760	.	.	.	26		
453	110	563	156	19	175	56	42	1855	553	2408	707	129	836	.	27		
472	94	566	166	19	185	56	41	.	.	.	735	113	848	.	28		
507	83	590	170	11	181	60	41	.	.	.	778	94	872	.	29		
513	103	616	175	20	195	71	40	2047	510	2557	793	123	916	.	31		
454	78	532	150	10	160	61	39	.	.	.	704	88	792	.	32		
483	96	579	150	18	168	59	39	2022	478	2500	731	114	845	.	33		

5\*

B. Wanderung der Düne (Verschiebung

	Flächenanteile in ha innerhalb der Linie							
	± 0,0 m = MSpNWss		+ 2,6 m = MSpHWss		+ 4,5 m = Fuß der Hohen Düne		+ 6,0 m = Grenze der Kerndüne	
	Nordost-seite	Südwest-seite	Nordost-seite	Südwest-seite	Nordost-seite	Südwest-seite	Nordost-seite	Südwest-seite
1. 1718 Sanddüne . . .	27,7	67,6	11,9	39,4	1,56	19,20	.	.
Aade . . . . .	—	11,8	—	1,5	.	.	.	.
zusammen	27,7	79,4	11,9	40,9	.	.	.	.
2. 1793 Sanddüne . . .	.	.	10,7	19,4	4,86	10,79	.	.
3. 1844 Sanddüne . . .	23,0	25,7	3,1	12,1	1,28	5,95	.	.
Aade . . . . .	—	9,7	—	1,3	.	.	.	.
zusammen	23,0	35,4	3,1	13,4	.	.	.	.
4. 1855 Sanddüne . . .	21,3	25,8	2,5	8,1	.	.	0,58	2,63
Aade . . . . .	-4,0	—	+0,2	+0,2	.	.	.	.
zusammen	21,3	36,9	2,5	11,9	.	.	.	.
Aade . . . . .	-4,0	11,1	—	3,8	.	.	.	.
zusammen	21,3	36,9	2,5	11,9	.	.	.	.
5. 1887 Sanddüne . . .	27,5	19,5	6,4	7,3	2,05	3,46	.	.
Aade . . . . .	-4,0	—	+0,2	+0,2	.	.	.	.
zusammen	27,5	28,0	6,4	9,0	.	.	.	.
Aade . . . . .	-4,0	8,5	—	1,7	.	.	.	.
zusammen	27,5	28,0	6,4	9,0	.	.	.	.
6. 1893 Sanddüne . . .	14,6	17,5	5,3	6,2	2,44	2,97	0,86	1,48
Aade . . . . .	—	6,4	—	1,5	.	.	.	.
zusammen	14,6	23,9	5,3	7,7	.	.	.	.
7. 1894 Sanddüne . . .	23,3	16,9	5,3	5,8	2,48	3,47	.	.
Aade . . . . .	-4,0	—	—	0,7	.	.	.	.
zusammen	23,3	24,5	5,3	6,5	.	.	.	.
Aade . . . . .	-4,0	7,6	—	0,7	.	.	.	.
zusammen	23,3	24,5	5,3	6,5	.	.	.	.
8. 1897 Sanddüne . . .	19,8	16,9	3,8	6,1	1,25	2,06	0,91	1,60
Aade . . . . .	—	6,2	—	1,7	.	.	.	.
zusammen	19,8	23,1	3,8	7,8	.	.	.	.
9. 1898 Sanddüne . . .	16,6	18,2	3,2	5,3	1,63	2,13	1,00	1,49
Aade . . . . .	—	6,5	—	1,8	.	.	.	.
zusammen	16,6	24,7	3,2	7,1	.	.	.	.
10. 1899 Sanddüne . . .	15,0	16,7	3,7	4,9	1,44	2,18	0,99	1,55
Aade . . . . .	—	7,8	—	1,4	.	.	.	.
zusammen	15,0	24,5	3,7	6,3	.	.	.	.
11. 1900 Sanddüne . . .	17,9	16,8	3,7	5,8	1,41	2,51	0,98	1,77
Aade . . . . .	—	6,6	—	1,9	.	.	.	.
zusammen	17,9	23,4	3,7	7,7	.	.	.	.
12. 1901 Sanddüne . . .	16,1	15,9	3,7	5,7	1,28	2,28	0,96	1,65
Aade . . . . .	1,8	4,4	0,6	0,9	.	.	.	.
zusammen	17,9	20,3	4,3	6,6	.	.	.	.
13. 1902 Sanddüne . . .	14,8	15,3	3,5	6,1	1,22	2,23	0,92	1,69
Aade . . . . .	1,7	3,8	0,9	1,0	.	.	.	.
zusammen	16,5	19,1	4,4	7,1	.	.	.	.
14. 1903 Sanddüne . . .	15,4	15,0	3,7	6,0	1,36	2,33	0,96	1,66
Aade . . . . .	3,4	2,1	0,9	0,5	.	.	.	.
zusammen	18,8	17,1	4,6	6,5	.	.	.	.
15. 1904 Sanddüne . . .	18,2	14,2	4,7	5,6	1,45	2,33	0,95	1,64
Aade . . . . .	3,3	1,0	1,3	—	.	.	.	.
zusammen	21,5	15,2	6,0	5,6	.	.	.	.
16. 1905 Sanddüne . . .	15,6	15,1	4,7	5,2	1,42	2,37	0,90	1,64
Aade . . . . .	3,5	1,0	1,4	0,1	.	.	.	.
zusammen	19,1	16,1	6,1	5,3	.	.	.	.

der Flächen) 1718 bis 1933.

	Flächenanteile in ha innerhalb der Linie							
	± 0,0 m = MSpNWss		+ 2,6 m = MSpHWss		+ 4,5 m = Fuß der Hohen Düne		+ 6,0 m = Grenze der Kerndüne	
	Nordost-seite	Südwest-seite	Nordost-seite	Südwest-seite	Nordost-seite	Südwest-seite	Nordost-seite	Südwest-seite
17. 1906 Sanddüne . . .	14,1	13,8	5,2	5,1	1,33	2,20	0,85	1,48
Aade . . . . .	3,6	0,8	1,0	—	.	.	.	.
zusammen	17,7	14,6	6,2	5,1	.	.	.	.
18. 1907 Sanddüne . . .	16,3	12,8	5,5	5,2	.	.	.	.
Aade . . . . .	4,0	0,4	1,4	—	.	.	.	.
zusammen	20,3	13,2	6,9	5,2	.	.	.	.
19. 1911 Sanddüne . . .	16,9	11,6	8,2	3,6	2,42	2,09	1,10	1,34
Aade . . . . .	3,0	0,4	—	—	.	.	.	.
zusammen	19,9	12,0	8,2	3,6	.	.	.	.
20a. 1912 Sanddüne . . .	16,2	11,2	7,6	3,5	.	.	.	.
Aade . . . . .	4,4	—	—	—	.	.	.	.
zusammen	20,6	11,2	7,6	3,5	.	.	.	.
20b. 1912 Sanddüne . . .	20,3	11,1	6,8	3,9	1,56	2,38	.	.
Aade . . . . .	-4,0	—	+0,2	+0,2	.	.	.	.
zusammen	24,5	11,4	7,9	4,0	.	.	.	.
Aade . . . . .	-4,0	0,3	1,1	0,1	.	.	.	.
zusammen	24,5	11,4	7,9	4,0	.	.	.	.
21. 1914 Sanddüne . . .	.	.	7,9	3,6	3,11	1,77	1,20	1,38
Aade . . . . .	.	.	—	—	.	.	.	.
zusammen	.	.	7,9	3,6	3,11	1,77	1,20	1,38
22. 1916 Sanddüne . . .	13,7	14,8	6,4	6,1	2,08	1,55	0,85	1,16
Aade . . . . .	1,6	2,9	0,5	0,3	.	.	.	.
zusammen	15,3	17,7	6,9	6,4	.	.	.	.
23a. 1924 Sanddüne . . .	10,3	18,2	3,2	9,2	1,90	4,00	1,03	1,94
Aade . . . . .	—	6,8	—	2,9	.	.	.	.
zusammen	10,3	25,0	3,2	12,1	.	.	.	.
23b. 1924 Sanddüne . . .	17,4	17,3	2,8	9,5	.	.	.	.
Aade . . . . .	-4,0	4,6	+0,2	+0,2	.	.	.	.
zusammen	17,4	21,9	2,8	11,9	.	.	.	.
Aade . . . . .	-4,0	—	+0,2	+0,2	.	.	.	.
zusammen	17,4	21,9	2,8	11,9	.	.	.	.
24. 1926 Sanddüne . . .	9,9	18,9	2,8	9,3	1,73	3,58	1,12	2,26
Aade . . . . .	—	7,5	—	2,2	.	.	.	.
zusammen	9,9	26,4	2,8	11,5	.	.	.	.
25. 1927 Sanddüne . . .	8,8	19,8	1,8	9,5	1,09	4,05	0,84	2,17
Aade . . . . .	—	7,7	—	2,1	.	.	.	.
zusammen	8,8	27,5	1,8	11,6	.	.	.	.
26. 1928 Sanddüne . . .	10,6	18,7	1,9	10,2	0,89	3,89	0,67	2,20
Aade . . . . .	—	5,9	—	2,4	.	.	.	.
zusammen	10,6	24,6	1,9	12,6	.	.	.	.
27. 1929 Sanddüne . . .	14,8	19,9	2,3	9,6	1,02	5,03	0,72	2,13
Aade . . . . .	—	5,1	—	1,7	.	.	.	.
zusammen	14,8	25,0	2,3	11,3	.	.	.	.
28. 1931 Sanddüne . . .	14,1	20,5	1,8	9,9	1,15	5,46	0,61	2,10
Aade . . . . .	—	6,2	—	2,2	.	0,18	.	.
zusammen	14,1	26,7	1,8	12,1	1,15	5,64	.	.
29. 1932 Sanddüne . . .	8,2	18,7	1,3	9,5	0,89	4,64	0,57	1,97
Aade . . . . .	—	5,0	—	1,1	.	.	.	.
zusammen	8,2	23,7	1,3	10,6	.	.	.	.
30. 1933 Sanddüne . . .	10,8	20,2	1,4	9,2	0,85	4,82	0,62	2,03
Aade . . . . .	—	5,7	—	2,2	.	0,11	.	.
zusammen	10,8	25,9	1,4	11,0	0,85	4,93	.	.

**21. 1914.**

Aufnahme von Techniker Krumpholz. Aufnahme nur über HWss, für die Vorarbeiten zum Entwurf einer Schutzmauer an der Südwestseite der Düne.

Benutzt: Das Feldbuch der Aufnahme, aus den Akten des Büros für Uferschutzbauten auf Helgoland. Beschickung auf Pegelnnull: Nach den Höhenzahlen des Feldbuches, die auf  $NN = PN + 1,755$  m bezogen sind.

**22. 1916.**

a) Aufnahme des Büros für Uferschutzbauten. Höhenschichtenplan bis HWss abwärts.

b) Aufnahme von Landmesser Meyer. Lageplan der HWss- und NWss-Linie und Bühnenquerprofile. Benutzt: Zu a) die Uraufnahme und das Feldbuch der Aufnahme; zu b) die Uraufnahme, aus den Akten des Büros für Uferschutzbauten auf Helgoland.

Maßstab: Zu a) 1:1000; zu b) 1:2000.

Beschickung auf Pegelnnull: Die Aufnahme zu a) ist auf  $HWss = 0$  bezogen; als HWss ist nach einem Aktenvermerk das vom 1. Juni 1916 angenommen. Dieses ist lt. Pegelbuch =  $PN + 2,50$  m gewesen. Der Lageplan zu b) ist auf  $MSpNWss = 0$  bezogen; vgl. Nr. 8—19. Die Bühnenquerprofile sind auf  $NN = PN + 1,755$  m beschickt.

**23. 1924.**

Aufnahme von Techniker Kröger. Lageplan und Querprofile wie Nr. 8—19, ergänzt und berichtigt nach der Aufnahme des Vermessungsschiffs „Panther“.

Benutzt: Die Uraufnahme von Kröger aus den Akten des Büros für Uferschutzbauten und die Arbeitskarte des „Panther“ aus dem Archiv des Reichskriegsministeriums, vgl. Teil I Nr. 5.

Maßstab: Aufnahme von Kröger 1:2000. Arbeitskarte des „Panther“ 1:5000.

Beschickung auf Pegelnnull: Bei der Aufnahme von Kröger wie Nr. 8—19. Bei der Aufnahme des „Panther“ ist nach Teil I Nr. 5 das  $MSpNWss$  auf  $PN$  oder  $0,04$  m unter dem heutigen angesetzt. Die heutige  $MSpNWss$ - und  $MSpHWss$ -Linie sind aus den Tiefenzahlen der Karte und durch Vergleich mit der Aufnahme von Kröger ermittelt.

**24. bis 30. Aufnahmen 1926 bis 1929 und 1931 bis 1933 jährlich**

von Regierungsbaumeister Gocht, Regierungsbauführern Sommer, Dressel, Mecklenburg, Technikern Chemnitz, Rath. Aufnahmen für die Untersuchung der Veränderungen der Düne, Höhenschichtenpläne im Maßstab 1:2000 und Querprofile, an  $PN$  angeschlossen.

# Vorträge, gehalten auf der 16. Hauptversammlung (16. bis 18. Oktober 1938) in Magdeburg.

## Die Pläne für den weiteren Ausbau des deutschen Wasserstraßennetzes.

Von Ministerialdirektor Dr.-Ing. e. h. Gähns, Berlin.

Wir alle stehen noch unter dem starken Eindruck der erhebenden Feierstunde, in der mit der Inbetriebnahme des Hebewerks Magdeburg-Rothensee der durchgehende Verkehr auf dem Mittel­landkanal vom Stellvertreter des Führers eröffnet wurde. Das westliche und östliche Wasser­straßennetz sind nunmehr miteinander verbunden, die im Weltkriege so schmerz­lich empfundene Lücke ist geschlossen.

Nachdem über die epochemachende Auswirkung dieser Verbindung und ihre Bedeutung für die Binnenschifffahrt, für den Güter­austausch zwischen Ost und West und für die verbesserte Mög­lichkeit von Industrieansiedlungen in der letzten Zeit in Wort und Schrift und bei der Eröffnungs­feier so viel gesagt wurde, kann ich darauf verzichten, hier noch weiter darauf einzugehen. Mein Vortragsthema weist vielmehr in die Zukunft, und da darf ich sagen, wir haben einen besonders wichtigen Abschnitt im Ausbau der Wasserstraßen fertiggestellt, der die deutsche Binnenschifffahrt auf eine wesentlich breitere Grundlage stellt, aber immerhin nur einen Abschnitt, und un­endlich viel bleibt uns noch zu tun, um das Wasserstraßennetz zu dem zu machen, was mir immer vorschwebte, nämlich zu einem Verkehrsnetz, auf dem die Binnenschifffahrt zu jeder Zeit, ab­gesehen von kurzen Hochwasser- und Eiszeiten, ihre Güter sicher und mit angemessenen Schiffs­größen befördern kann.

Die Bedeutung der Wasserstraßen für die billige Verfrachtung von Massengütern ist ja in der Zeit des zweiten Vierjahresplanes besonders deutlich hervor­getreten, und so dürfen wir hoffen, daß, nachdem auch der Führer mehrfach die Notwendigkeit ihres Ausbaues betont hat, es gelingen wird, in den nächsten Jahren ein Wasserstraßennetz zu vollenden, das neben dem großen Eisen­bahnnetz und dem Netz der Landstraßen und Autobahnen bestehen und die ihm zufallenden besonderen Aufgaben im deutschen Verkehrsleben erfüllen kann.

Für die dringendsten Aufgaben wurde im Jahre 1934 mit dem Herrn Reichsfinanzminister ein Programm vereinbart, das nach einigen inzwischen erfolgten Erweiterungen etwa 2 Milliarden RM erfordert, von denen mehrere hundert Millionen bereits verausgabt sind. Dieses in Ausführung befindliche Programm umfaßt zur Zeit noch folgende Arbeiten:

Am Mittellandkanal selbst sind noch der Übergang über die Elbe durch eine 900 m lange Kanal­brücke, sowie das Doppelhebewerk Hohenwarthe fertigzustellen, was bei dem Umfang dieser Bau­werke und der Schwierigkeit ihrer Herstellung noch mindestens drei Jahre in Anspruch nehmen wird. Insbesondere beim Hebewerk ist eine Beschleunigung nicht möglich, da z. B. allein das Gewindeschneiden für eine der großen Spindeln 3 ½ Monate in Anspruch nimmt.

Ich bedaure, daß durch ungenügende Geldbewilligungen nicht früher mit dem Bau begonnen werden konnte, hoffe aber, daß er noch zu dem Zeitpunkte fertig wird, in dem sich der Verkehr soweit entwickelt hat, daß das Hebewerk Rothensee ihn nicht mehr allein bewältigen kann. Auf der früher Ems-Weser-Kanal genannten Strecke des Mittellandkanals zwischen Bergeshövede und Hannover stehen die Arbeiten, die für die Anspannung des Wasserspiegels um 50 cm zur Durch­führung des 1000 t-Schiffes erforderlich sind, vor dem Abschluß, so daß voraussichtlich Ende 1939 die Erhöhung des Wasserspiegels vorgenommen werden kann. Sie wissen, daß diese Strecke ur­sprünglich für das 600 t-Schiff gebaut wurde; durch Anheben des Wasserstandes um 50 cm ver­größert sich das Profil so weit, daß es 1000 t-Schiffe aufnehmen kann.

Die Erweiterung des Dortmund—Ems-Kanals südlich Bergeshövede, der auf dieser Strecke neben dem Verkehr nach Emden und zum Küstenkanal auch den ganzen Mittellandkanalverkehr aufnehmen muß und daher hier dreischiffig ausgebaut wird, ist zum größeren Teil durchgeführt und muß mit Nachdruck vollendet werden.

Der Südflügel des Mittellandkanals sollte ursprünglich mit der Heranführung des Hauptkanals an die Elbe, also bis heute, vollendet werden. Leider konnte auch dieses Ziel ebenfalls aus Geldmangel nicht erreicht werden, doch ist damit zu rechnen, daß der Südflügel gleichzeitig mit der völligen Fertigstellung des Hauptkanals in Betrieb genommen werden kann. Die Heranführung des Mittellandkanalverkehrs mit 1000 t-Schiffen macht neben dem bereits erfolgten Ausbau des Ihle- und Plauer-Kanals eine Reihe von Ausbauten im Bereich der Reichshauptstadt Berlin notwendig, und zwar in der Innenstadt den Umbau der Mühlendammstaustufe, wobei an Stelle der alten Mühlendamm Schleuse eine erheblich leistungsfähigere Doppelschleuse von 140 m Länge und 12 m Breite tritt, sowie den Ausbau des Landwehrkanals einschließlich der Ober- und Unterschleuse für einen Verkehr mit 550 t-Schiffen (sog. Breslauer Maß) zur Entlastung der stark beengten Spree. Als Zufahrt zum Berliner Westhafen muß die Unterspree zwischen Spandau und Jungfernheide ausgebaut und an Stelle der bisherigen Schleuse Charlottenburg eine Doppelschleuse für Schleppzüge mit 1000 t-Schiffen errichtet, sowie ein Durchstich von der Schleuse Charlottenburg zum Westhafen hergestellt werden. Die Zufahrt zum Industriegebiet oberhalb Spandau erfordert den Bau einer zweiten Schleuse in der Havel bei Spandau für 1000 t-Schiffe und den Ausbau des Hohenzollernkanals von der Havel bis zur Schleuse Plötzensee. Endlich wird zur Durchführung der 1000 t-Schiffe zum Osthafen und zur Oberspree der Teltowkanal entsprechend ausgebaut und eine dritte Schleuse bei Machnow mit 85 m Länge und 12 m Breite hergestellt.

Umfangreiche Maßnahmen sollen vorwiegend der Verbesserung der süd-nördlich gerichteten Wasserstraßen dienen im Interesse der an ihren Mündungen gelegenen deutschen Seehäfen.

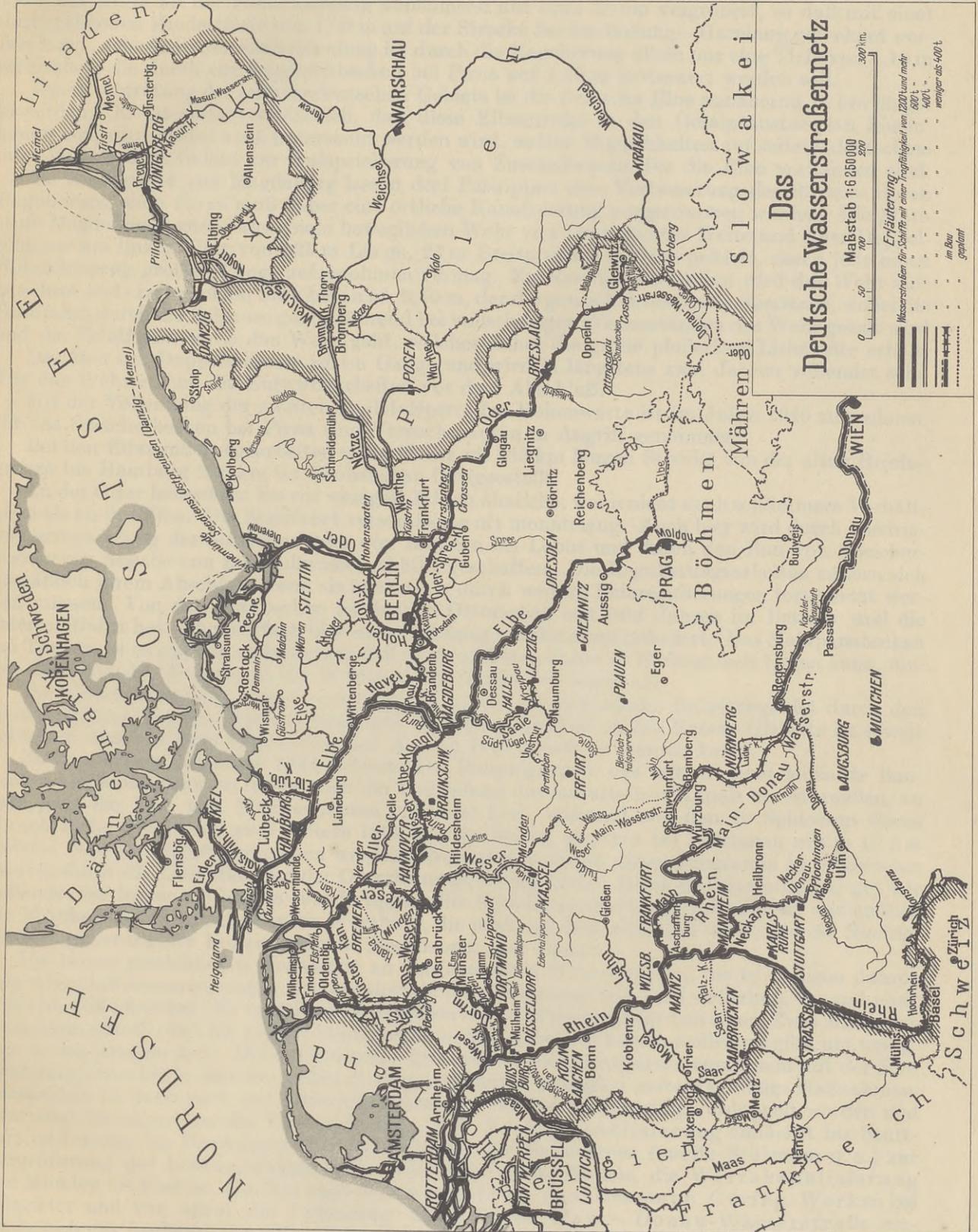
Der Dortmund—Ems-Kanal, dessen Südstrecke, wie bereits erwähnt, schon für die Aufnahme des Mittellandkanalverkehrs erweitert werden muß, wird auch auf der Nordstrecke für 1500 t-Schiffe ausgebaut, wobei zwischen Hesselte und Papenburg ein 90 km langer Seitenkanal zur Ausführung kommt. Neuerdings sind zur Bewältigung des zu erwartenden starken Verkehrs an allen Stufen der Nordstrecke zweite Schleusen und bei Münster eine vierte Schleuse in Aussicht genommen. Die Arbeiten an der Nordstrecke sind seit 1937 im Gange und werden kaum vor 1943 vollendet werden können.

Die Weser wird zwischen Minden und Bremen kanalisiert, um dem 1000 t-Schiff des Mittellandkanals den Zugang zum Hafen Bremen zu ermöglichen. Gleichzeitig wird mit der Kanalisierung der Zweck verfolgt, das Speisungswasser für den Mittellandkanal ohne Schädigung der Landwirtschaft und der Schifffahrt aus der Weser entnehmen zu können. Auf der genannten Weserstrecke werden fünf neue Staustufen errichtet, die zu den bereits früher aus anderen Gründen gebauten Staustufen bei Dörverden und Hemelingen hinzutreten.

Oberhalb Minden bis hinauf nach Münden sind für die Schifffahrt durch Feinregulierung und Abgabe von Zuschußwasser aus der Eder- und Diemeltalsperre bis auf weiteres ausreichende Verhältnisse geschaffen. Nach dem Süden zu wird die Weserstraße verlängert durch Kanalisierung der Werra zunächst auf der rd. 100 km langen Strecke bis Wartha bei Eisenach. Dieser Ausbau wird vor allem der hessisch-thüringischen Kaliindustrie zugute kommen, deren Ausfuhrleistungen sich durch den Anschluß der an der Werra liegenden Kaliwerke an das Reichswasserstraßennetz erheblich steigern lassen werden. Für die weiter anschließende rd. 50 km lange Werrastrecke bis Merkers im Herzen der Kaliindustrie sind Vor- und Entwurfsarbeiten zur Erlangung eines baureifen Entwurfs in Angriff genommen worden.

Die Elbe litt bekanntlich in trockenen Jahren häufig an Wasserklemmen, die oft zu einem längeren völligen Erliegen der Schifffahrt führten. Dadurch wurde der Wert dieser Wasserstraße stark herabgemindert, da die Schifffahrt eine Gewähr für die Abwicklung ihrer Transporte nicht übernehmen konnte und der Verfrachter sich lieber anderen Transportmitteln zuwandte. Bei der großen Bedeutung dieses im Herzen Deutschlands gelegenen Stromes für unsere gesamte Volkswirtschaft muß die Elbe zu einer Wasserstraße ausgebaut werden, die jederzeit wenigstens befahrbar ist. Das geschieht durch die seit einigen Jahren im Gange befindliche Niedrigwasserregulierung der Elbe, verbunden mit der Errichtung von Speicherbecken zur Abgabe von Zuschußwasser in Niedrigwasserzeiten.

Das Ziel dieser Maßnahme ist, dem Regelelschiff, dem sog. Groß-Plauer Maßkahn, mit 67 m Länge, 8,2 m Breite, 1,9 m Tiefgang und rd. 700 t Tragfähigkeit auch bei geringster Wasserführung wie sie bisher beobachtet wurde, den Verkehr mit  $\frac{3}{4}$  Ladung zu ermöglichen. Durch die Regulierung allein, d. h. durch möglichstes Zusammenfassen des abfließenden Wassers, wird unterhalb der





Saalemündung eine Wassertiefe von 1,25 m erreicht, die allmählich auf 1,40 m an der Ebbe- und Flutgrenze zunimmt. Durch Abgabe von Zuschußwasser aus den beiden Saaletalsperren wird die Tiefe um 45 cm an der Saalemündung abnehmend auf etwa 30 cm vergrößert, so daß mit einer durchgehenden Mindestdtiefe von 1,70 m auf der Strecke Saalemündung—Hamburg gerechnet werden kann. Oberhalb der Saalemündung ist durch die Regulierung allein nur eine Tiefe von 1,10 m erreichbar, die durch ein Ausgleichbecken bei Pirna auf 1,40 m verbessert werden soll.

Durch Abtretung des sudetendeutschen Gebiets ist die deutsche Elbe annähernd 70 km länger geworden. Es ist selbstverständlich, daß diese Elbestrecke in den Gesamtausbauplan hineingenommen wird, wobei auch untersucht werden wird, welche Möglichkeiten auf sudetendeutschem oder böhmischem Gebiet zur Aufspeicherung von Zuschußwasser für die Elbe vorhanden sind.

Im Stadtgebiet von Magdeburg lassen drei Felsrippen eine Verbesserung des Stromes durch Regulierung nicht zu, es muß daher eine örtliche Kanalisierung vorgenommen werden. Die Staustufe Magdeburg besteht aus einem beweglichen Wehr von 140 m lichter Weite und einer Doppelschleuse am linken Ufer von 325 m Länge, 25 m Breite und 4 m Drempeltiefe, deren jede einen Elbschleppzug größter Länge aufzunehmen vermag. Zu Niedrigwasserzeiten wird das Wehr aufgerichtet und erzeugt einen Stau bis zu rd. 3,50 m, der die ganze Felsenstrecke überstaut, wobei die Schifffahrt durch die Schleuse geht, während bei vollschiffigen Wasserständen das Wehr gelegt wird und die Schifffahrt durch das Wehr geht, welches daher die große pfeilerlose Lichtweite erhält.

Der Bau der Doppelschleuse ist im Gange und wird in längstens zwei Jahren vollendet sein. Für das Wehr stehen die Entwurfsarbeiten vor dem Abschluß.

Mit der Vollendung der zweiten Saaletalsperre bei Hohenwarte ist im Jahre 1940 zu rechnen, für das Speicherbecken bei Pirna sind Versuchsbauten in Angriff genommen.

Bei den Elbregulierungsarbeiten sind auf der rd. 530 km langen Strecke von der alten Reichsgrenze bis Hamburg 250 km im Grobausbau fertiggestellt.

An der Oder herrschten bis vor wenigen Jahren ähnliche, wenn nicht noch schlimmere Verhältnisse als an der Elbe. Die Schifffahrt versommerte oft monatelang. Auch hier wird durch Niedrigwasserregulierung der mittleren Oder von Ransern bis Lebus und durch den Bau von Speicherbecken zur Abgabe von Zuschußwasser Abhilfe geschaffen. Die Regulierungsarbeiten nähern sich allmählich ihrem Abschluß, wenn sie auch noch durch weitere Feinregulierungen fortgesetzt werden müssen. Von den Staubecken ist das bei Ottmachau seit fünf Jahren im Betrieb, und die Oderschifffahrt hat sich mehrfach über seine Wirkung anerkennend geäußert. Das Malapanebecken bei Turawa ist so gut wie vollendet, so daß es im nächsten Jahre in Wirksamkeit treten kann, und mit dem Bau des Beckens an der Weistritz bei Berghof ist begonnen.

Die Verlängerung der Oderwasserstraße bis in das oberschlesische Industriegebiet durch den Adolf-Hitler-Kanal zwischen Cosel und Gleiwitz einschließlich des Hafens Gleiwitz ist soweit gefördert, daß mit ihrer Inbetriebnahme Anfang 1940 gerechnet werden kann.

Zu dem ersten, im Jahre 1934 aufgestellten Bauprogramm, das mit rd. einer Milliarde Baukosten abschloß, gehörten ferner noch die Vollendung des masurischen Kanals in Ostpreußen, an dem jetzt die Erd- und Brückenbauten vollendet sind, während von den 10 Schleusen dieses Kanals sechs fertig sind, zwei weitere 1939 und die beiden obersten bei Fürstenau mit je 17,5 m Gefälle 1940 in Betrieb genommen werden. Weiterhin umfaßte dieses Programm im Südwesten Deutschlands die Durchführung der Oberrheinregulierung Kehl—Basel, die inzwischen so gut wie vollendet ist, ferner die bereits 1935 fertiggestellte Neckarkanalisation bis Heilbronn und endlich die Mainkanalisation aufwärts bis Würzburg, die jetzt vor dem Abschluß steht, und die Niedrigwasserregulierung der Donau zwischen Regensburg und Passau.

Die bisher geschilderten Ausbauten an den deutschen Wasserstraßen, die in wenigen Jahren zum Abschluß kommen, waren, wie erwähnt, in dem Programm von 1934 enthalten, das mit einer Milliarde RM abschloß. Es wird Ihnen aufgefallen sein, daß ich eingangs von einem Zwei-Milliarden Programm sprach, und Sie mögen daraus ersehen, daß es bei uns keinen Stillstand gibt, am wenigsten in der jetzigen Zeit. Die Erfordernisse des zweiten Vierjahresplanes zusammen mit der Eingliederung Österreichs und des Sudetenlandes erforderten zwingend weitere sofortige Maßnahmen. Tatsächlich ist dann auch das Ausbauprogramm inzwischen kostenmäßig verdoppelt worden und zwar sind hinzugetreten die Verlängerung der Neckarkanalisation zunächst bis Stuttgart und weiter bis Plochingen, die Ausweitung der Maßnahmen (zweite Schleusen u. a.) zur Vergrößerung der Leistungsfähigkeit des Dortmund—Ems-Kanals, die Werrakanalisation von Münden bis Wartha, der Bau eines Stichkanals zu den Hermann Göring-Werken bei Salzgitter und vor allem die Vollendung der Rhein—Main—Donau-Wasserstraße einschließlich des Ausbaues der früher österreichischen Donau, die allein 750 Millionen RM erfordert und durch Gesetz vom 11. Mai 1938 festgelegt ist. Wenn Sie bedenken, daß an dieser Wasserstraße außer dem gewaltigen Donauwerk bei Ybbs—Persenbeug, wo die Donau zur Überstauung der Felsenstrecke des Greiner Struden um 10 m aufgestaut und eine große Kraftwerks- und

Schleusenanlage errichtet wird, noch 43 Stau- bzw. Schleusenstufen zu errichten sind, so werden Sie ermessen, welch großer materieller und personeller Anstrengung es bedarf, um dieses Werk bis zum Jahre 1945, wie im Gesetz vorgesehen, zu vollenden.

Und dennoch wird auch dieses Programm keinen Abschluß bringen, daher noch einige Worte über die voraussichtliche weitere Entwicklung in der nächsten Zukunft.

Bei der Aufstellung unserer Programme haben wir drei Gesichtspunkte als richtunggebend für die Entwicklung des Wasserstraßennetzes herausgestellt, die sich allerdings bisweilen überschneiden und zusammenwirken, nämlich Ausbau der Wasserstraßen in Richtung auf die deutschen Seehäfen, Bau von Verbindungskanälen zwischen den verschiedenen Flußgebieten und Stärkung der Grenzgebiete durch Anschluß an das deutsche Wasserstraßennetz.

Was den ersten Punkt betrifft, so dürfte nach Fertigstellung der in Ausführung befindlichen Maßnahmen tatsächlich ein vorläufiger Abschluß erreicht sein. Man kann bei der Regulierung unserer Flüsse vielleicht noch kleinere Verbesserungen durchführen und hoffentlich noch mehr Zuschußwasser aufspeichern, es wird aber an der Elbe und Oder in ungünstigen Zeiten immer mit einer gewissen Tiefgangbeschränkung für große Schiffe zu rechnen sein, auch wird die Schiffsgröße sich innerhalb gewisser Grenzen halten müssen. Will man darüber hinausgehen, so würden nur Seitenkanäle oder Vollkanalisierung in Frage kommen, die jedoch starke und in ihrer Auswirkung kaum zu übersehende Eingriffe für die Landeskultur mit sich bringt. Auch schiffahrtstechnisch wird sehr zu überlegen sein, ob man die Vorteile des freien Stromes selbst mit gelegentlichen Tiefgangbeschränkungen einem etwas größeren Schiffstyp opfern soll, dessen Vorteile sich eigentlich erst bei besonderen Verkehrsbeziehungen, wie etwa auf dem Dortmund—Ems-Kanal mit ausgleichener Berg- und Talfracht, voll auswirken. In diesem Punkte wird man also die weitere Entwicklung abwarten können.

Dagegen tritt unter der Einwirkung des Vierjahresplanes und des Anschlusses der Ostmark das Bedürfnis nach weiteren verbindenden Kanälen immer stärker hervor. Im Vordergrund steht hier der Oder—Donau-Kanal, der für Schlesien sowie Ost- und Mitteldeutschland ähnliche Bedeutung hat, wie der Rhein—Main—Donau-Kanal für Bayern und Westdeutschland und dessen Bau daher, sobald eine Einigung mit der Tschechoslowakei herbeigeführt werden kann, möglichst schnell durchgeführt werden sollte. Dieser Kanal wird vom Adolf-Hitler-Kanal bei Neudorf unweit Cosel abzweigen, im Odertal als Seitenkanal bis zur neuen deutsch-tschechoslowakischen Grenze führen, dann über Prerau die Tschechei durchqueren und zum Marchtal absteigen. Im einzelnen liegt die Linienführung noch nicht fest, jedoch wird der Kanal eine Länge von etwa 330 km erhalten, von denen 140 km auf tschechoslowakischem und 190 km auf deutschem Gebiet liegen. Von Neudorf am Adolf-Hitler-Kanal steigt der Kanal bis zur Scheitelhaltung bei Mährisch-Weißkirchen um 93 m an, was durch 11 Schleusen erfolgen soll. Die Scheitelhaltung liegt auf + 275 m N. N., während die Scheitelhaltung des Rhein—Main—Donau-Kanals etwa 50 km südlich Nürnberg auf + 406 m N. N., also 131 m höher liegt. Das Gefälle von der Scheitelhaltung bis zur Donau bei Wien beträgt 123 m, das durch 16 Schleusen überwunden werden soll.

Die Baukosten für den Kanal einschließlich aller Nebenanlagen sind roh geschätzt 500 Millionen RM.

Im Innern Deutschlands sind noch verschiedene Kanalwünsche hervorgetreten, z. B. für verschiedene Oder—Elbe-Verbindungen, für einen Kanal von Leipzig zur Elbe, sowie für einen Elbe—Spree—Oder-Kanal. Letzterer steht im Zusammenhang mit geplanten wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserführung der Spree im Stadtgebiet von Berlin und würde sich mit einem Teilstück in diese Pläne eingliedern.

Ein weiterer Verbindungsweg mit der Donau wird namentlich von bremischer Seite vertreten. Es wird mit Recht darauf hingewiesen, daß, wenn erst die Werra bis Merkers kanalisiert ist, es nur eines kurzen Verbindungsstückes von 135 km bis Bamberg bedarf, um eine vollständig auf deutschem Gebiet verlaufende Verbindung mit der Donau zu schaffen, die den mitteldeutschen Raum mit der Ostmark verbinden würde. Wir nehmen auf diesen Plan bereits insoweit Rücksicht, als die Bauwerke der Werrakanalisierung für 1200 t-Schiffe ausgeführt und bei Bamberg Vorsorge getroffen wird, daß der Werra—Main-Kanal zweckmäßig an die Main—Donau-Wasserstraße angeschlossen werden kann. Ich bin überzeugt, daß auch diese Verbindung in nicht zu ferner Zeit gebaut wird, wobei allerdings auch die gesamte Oberweser zwischen Münden und Minden kanalisiert werden muß, um, wie es dann zweckmäßig erscheint, eine durchgehende Verbindung für 1200 t-Schiffe zu erhalten.

Nicht vergessen werden soll aber auch die zweite Verbindung des Rheines mit der Donau über den Neckar, wofür dem Lande Württemberg bereits im Jahre 1921 besondere Zusagen vom Reich gegeben wurden und die seitdem sowohl von Württemberg wie auch vom Saar—Pfalz-Gebiet lebhaft gefordert wird. Dieser Verbindung wird vorgearbeitet auf der einen Seite durch Vortreiben der Neckarkanalisation, auf der anderen Seite durch die Kanalisierung der

oberen Donau zwischen Kehlheim und Ulm, für die zur Zeit ein baureifer Entwurf aufgestellt wird und mit der dann hoffentlich bald begonnen werden kann. Bis zur Vollendung dieser Arbeiten am Neckar und der oberen Donau wird voraussichtlich auch ein Weg gefunden werden, für die kurze aber schwierige Verbindungsstrecke über die Raue Alp.

Im Südwesten Deutschlands ist noch ein Plan zu erwähnen, der mit verhältnismäßig geringen Mitteln Großes schaffen würde, nämlich der Ausbau des Hochrheines zwischen Basel und dem Bodensee im Interesse des Verkehrs und der Kraftgewinnung. Es wird von den Verhandlungen mit der Schweiz abhängen, wann mit diesem Werk begonnen und wie schnell es durchgeführt werden kann.

Endlich steht ein Kanal im Nordwesten unseres Vaterlandes zur Erörterung, der sowohl in die Linie der Verbindungskanäle wie besonders der Seehafenpolitik gehört, es ist das der Hansa-Kanal, der von den Kreisen des Ruhrgebiets wie der Hansestädte lebhaft gewünscht wird. Unter dem Einfluß des Vierjahresplanes ist auch dieser Kanal wieder sehr in den Vordergrund getreten, und ich kann mir vorstellen, daß er gleichzeitig eine wünschenswerte Entlastung für den Westteil des Mittellandkanals bringen könnte, wenn dieser durch die gewaltigen Transporte der Hermann Göring-Werke vielleicht bald an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit gelangt. Seit dem Sommer d. Js. sind wir dabei, den Entwurf für den Hansa-Kanal, der bisher für 1000 t-Schiffe geplant war, auf das 1500 t-Schiff umzuarbeiten mit dem gleichzeitigen Ziele, eine Möglichkeit für den Anschluß Lübecks zu finden, so daß dann alle drei Seehäfen Bremen, Hamburg und Lübeck mit dem Ruhrgebiet verbunden würden.

Für die dritte Zielsetzung, die Stärkung der Grenzgebiete, sind uns Wünsche nahegebracht vom Saarpfalz-Gebiet und von dem Aachener Industrie-Gebiet. Für den Saarpfalz-Kanal wird ein ausführlicher Entwurf aufgestellt, ebenso werden die verschiedenen Möglichkeiten für einen Aachen—Rhein-Kanal untersucht.

Damit habe ich Ihnen die wichtigsten Gegenwarts- und Zukunftspläne für den Ausbau unserer Wasserstraßen vorgeführt. Das in Ausführung befindliche Programm wird uns in wenigen Jahren ein durchaus leistungsfähiges Wasserstraßennetz bringen, das dann durch die weiter erwähnten Pläne und durch vielleicht noch hinzukommende verdichtet und engmaschiger gestaltet werden kann.

Ähnlich wie die Deutsche Reichsbahn und die übrigen Verkehrsverwaltungen werden wir auf der großen Internationalen Verkehrsausstellung in Köln im Jahre 1940 die neuesten Leistungen der deutschen Binnenschifffahrt und der Wasserbauverwaltung zur Darstellung bringen. Wir werden sie auch bei dem Internationalen Schifffahrtskongreß, der im Jahre 1940 in Berlin und Köln abgehalten wird, dem In- und Auslande vorführen. Für die noch nicht festgelegten Entwürfe mußte ich es mir versagen, eine Rangordnung aufzustellen oder den Zeitpunkt des Baubeginns anzugeben. Meine persönliche Meinung geht dahin, daß sie alle in nicht zu ferner Zukunft verwirklicht werden. Aber schließlich entscheidet jede Zeit selbst, welche Bauten sie für vordringlich hält und zur Ausführung bringen will. Eines aber ist entscheidend, der Wasserstraßengedanke hat sich durchgesetzt und ist Allgemeingut geworden; er ist im Dritten Reich aufgenommen in die großen Planungen für die Erschließung und Entwicklung des großdeutschen Raumes. Darum dürfen wir dankbar auf die Leistungen der Vergangenheit und zuversichtlich in die Zukunft schauen, denn mehr als je gilt heute unser Motto: „Navigare necesse est, vivere non est.“

# Magdeburg als Hafen- und Schiffahrtsstadt<sup>1</sup>.

Von Stadtbaurat Julius Götsch, Magdeburg.

Seit jeher ist die Bedeutung Magdeburgs auf das engste mit seiner geographischen Lage im Herzen Deutschlands verbunden gewesen; desgleichen haben enge und vielgestaltige Wechselbeziehungen zwischen Magdeburg und dem mitteldeutschen Siedlungs- und Wirtschaftsraum bestanden. Schon immer haben aber auch die Wechsellagen und Veränderungen der politischen Struktur im Bereich des gesamtdeutschen Siedlungsraumes die Entwicklung Magdeburgs auf das stärkste beeinflußt.

In den Anfängen seiner Geschichte ist Magdeburg Grenzfeste und Brückenkopf gegen den slawischen Osten, Vorposten und Ausgangspunkt der deutschen Ostkolonisation. Nach Jahrhunderten sehen wir die Stadt als stärkste Festung Preußens, die ihr Gesicht nunmehr nach dem Westen gewandt hat. Zeiten des machtvollen Emporstiegs und der Ausweitung der Verkehrs- und Handelsbeziehungen (Vorort des niedersächsischen Verkehrs der Hanse) wechseln mit solchen des politischen und wirtschaftlichen Niederganges, der Einengung und Abschnürung von seinem Hinterland, ab. Die damals berechtigte Hoffnung, freie Reichsstadt zu werden, taucht auf und wird mit der Zerstörung im Jahre 1631 jäh vernichtet. Die Eingliederung der Stadt in den preußi-



Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 1. Magdeburg vor 1626. Kupferstich von M. Merian.

schen Staatsverband bedeutet zugleich Stärkung und Schwächung ihrer Stellung und bringt zwangsläufig die Unterordnung unter die staatlichen Zielsetzungen: der Aufstieg Berlins wirkt sich aus. Mit der fortschreitenden Einigung Deutschlands beginnen sich die kennzeichnendsten und auch für die Zukunft richtungweisenden Züge der „Stadt der Mitte“ auszuprägen.

So ist es ohne Übertreibung eines der eindrucksvollsten Beispiele für das Schwergewicht geographischer und geopolitischer Gegebenheiten, wie diese Stadt in ihrer nunmehr über 1100jährigen Geschichte es immer wieder vermocht hat, sich aus Zerstörung und Niedergang durch die naturgegebenen Verhältnisse, den unerschütterlichen Aufbauwillen, die Tatkraft und den Fleiß ihrer Bürger aufzurichten.

Jahrhundertlang gab die Lage Magdeburgs an der Stelle, an welcher der am weitesten nach Westen vorspringende Elbbogen von der ebenso bedeutenden Handels- und Heerstraße des damaligen deutschen Kernlandes nach dem östlichen Kolonisationsgebiet geschnitten wurde, die Grundlage ab für den wirtschaftlichen und städtischen Aufbau zu einem der blühendsten Umschlags- und Handelsplätze Deutschlands (Abb. 1 und 2). Von diesen beiden, damals allein vorhandenen Verkehrsträgern, nämlich der Straße und dem Strom, war der letztere meistens

<sup>1</sup> Vgl. auch die Veröffentlichung im Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft 11. Band 1928/29 „Die Magdeburger Häfen und ihre Erweiterung am Elbabstieg des Mittellandkanals“ von Stadtbaurat Götsch und Magistratsbaurat Nadermann, Magdeburg.

der wichtigere. Seine belebende Kraft hat sich bis in die Gegenwart hinein erhalten und wird durch das Hinzutreten der großen Wasserstraßenverbindung mit dem Westen, des Mittellandkanals, ebenso wie seinerzeit durch die Schaffung des den Weg nach Osten erschließenden Ihle-Plauer Kanals, noch wesentlich stärker in Erscheinung treten. Dagegen muß die rückschauende Betrachtung feststellen, daß der gleichfalls wichtige, zweite Verkehrsträger, die Straße, die alte Stellung während langer Zeiträume, wenn auch nicht verloren, so doch in einem nicht unbedeutenden Maße eingebüßt hatte. Auch hier hat erst die neueste Zeit mit der wieder anwachsenden Bedeutung des Straßenverkehrs durch die Motorisierung Wandel geschaffen, so daß jetzt wieder ein weitverzweigtes Landstraßennetz, das sich zur Zeit aus zehn ausstrahlenden Fernverkehrsstraßen und vier weiteren dem Nahverkehr dienenden Straßen 2. Ordnung zusammensetzt, zur Verfügung steht. Darüber hinaus führte die verkehrsgünstige Lage Magdeburgs beinahe zwangsläufig zum Anschluß an das Reichsautobahnnetz, und zwar zunächst an die der alten Handelsstraße folgende Strecke Berlin—Magdeburg—Hannover—Rheinland im Norden des Stadtgebietes. Es ist zu hoffen, daß auch die Führung einer zweiten Linie, der wichtigen Nord-Süd-Verbindung Hamburg—Magdeburg—Sachsen, durch den Magdeburger Bezirk gesichert wird.

Trotz seiner zentralen Lage hat Magdeburg bei der Entwicklung der neuen Verkehrsmittel, insbesondere der Eisenbahn, die von der Mitte des vorigen Jahrhunderts an in immer stürmischerem Vordringen ihren Platz neben und schließlich vor der Straße und dem Strom einnahm, seinen Vorsprung vor anderen Plätzen nicht aufrecht erhalten können. Es ist nicht eigene Schuld, wenn Magdeburg bei der Schaffung eines einheitlichen Eisenbahnnetzes nicht nach der Bedeutung und dem Wert seiner Lage berücksichtigt wurde, obwohl die Magdeburger Bürgerschaft viel Kapital für die Förderung des Eisenbahnwesens und die Ermöglichung einwandfreier Verkehrsverbindungen aufgewandt hat. Die ihrer Zeit weit vorausseilenden Pläne eines Friedrich List, der Magdeburg bereits 1833 in Erkenntnis der bestehenden Verkehrsverhältnisse zum Mittelpunkt eines mitteldeutschen Eisenbahnnetzes vorgesehen hatte, scheiterten in der Hauptsache an den Sonderwünschen und Eigeninteressen der damaligen Einzelstaaten, von denen jeder seine Eisenbahn und seinen Knotenpunkt haben wollte und zum Teil auch gegenüber den wirtschaftlich zweckmäßigen Linienführungen durchsetzte. An den Folgen dieser

höchst einseitigen Eisenbahnpolitik hat Magdeburg ebenso wie an den Nachwehen der jahrhundertelangen Festungszeit noch heute zu leiden. Gewiß hat die Stadtverwaltung, unterstützt durch eine die Erfordernisse ihrer Zeit erkennende Kaufmannschaft und durch eine arbeitsame Bevölkerung, nichts unversucht gelassen, um in diesem der Stadt wider ihren Willen aufgezwungenen Wettbewerbskampf und Wettlauf um günstige Verkehrsverbindungen in Ehren zu bestehen. Sie konnte sich wenigstens so weit durchsetzen, daß trotz dieser schweren Schläge, zu denen auch die Auflösung der Reichsbahndirektion Magdeburg zu rechnen ist, ihre Bedeutung als Knotenpunkt im Eisenbahnverkehr Mitteldeutschlands mit zehn ausstrahlenden Hauptverkehrslinien nicht mehr wegzudenken ist.

Bei der Ausnutzung seiner günstigen Verkehrslage kam Magdeburg die außerordentliche Fruchtbarkeit und der Reichtum an Bodenschätzen des engeren und weiteren mittelbischen bzw. mitteldeutschen Raumes zugute, wie es überhaupt müßig ist, feststellen zu wollen, ob bei der Entwicklung dieses Wirtschaftsgebietes in erster Linie die Gunst der Lage oder der natürliche Reichtum dieses Gebietes ausschlaggebend gewesen sind. Tatsache ist



Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 2. Ausschnitt aus dem Kupferstich von M. Merian (Abb. 1) das „Kaufhaus“.

jedenfalls, daß beide Umstände in harmonischer Wechselwirkung dazu beitragen, Mitteldeutschland und nicht zuletzt Magdeburg den Aufstieg zu seiner heutigen Stellung zu ermöglichen. Im einzelnen konnte die Stadt sich auf die Erschließung ihres reichen agrarischen Hinterlandes, der Magdeburger Börde, mit ihren landwirtschaftlichen Erzeugnissen, wie vor allem Getreide und Zuckerrüben, stützen; auf diesen baute sich die lange Reihe der Verarbeitungs- und Veredlungs-

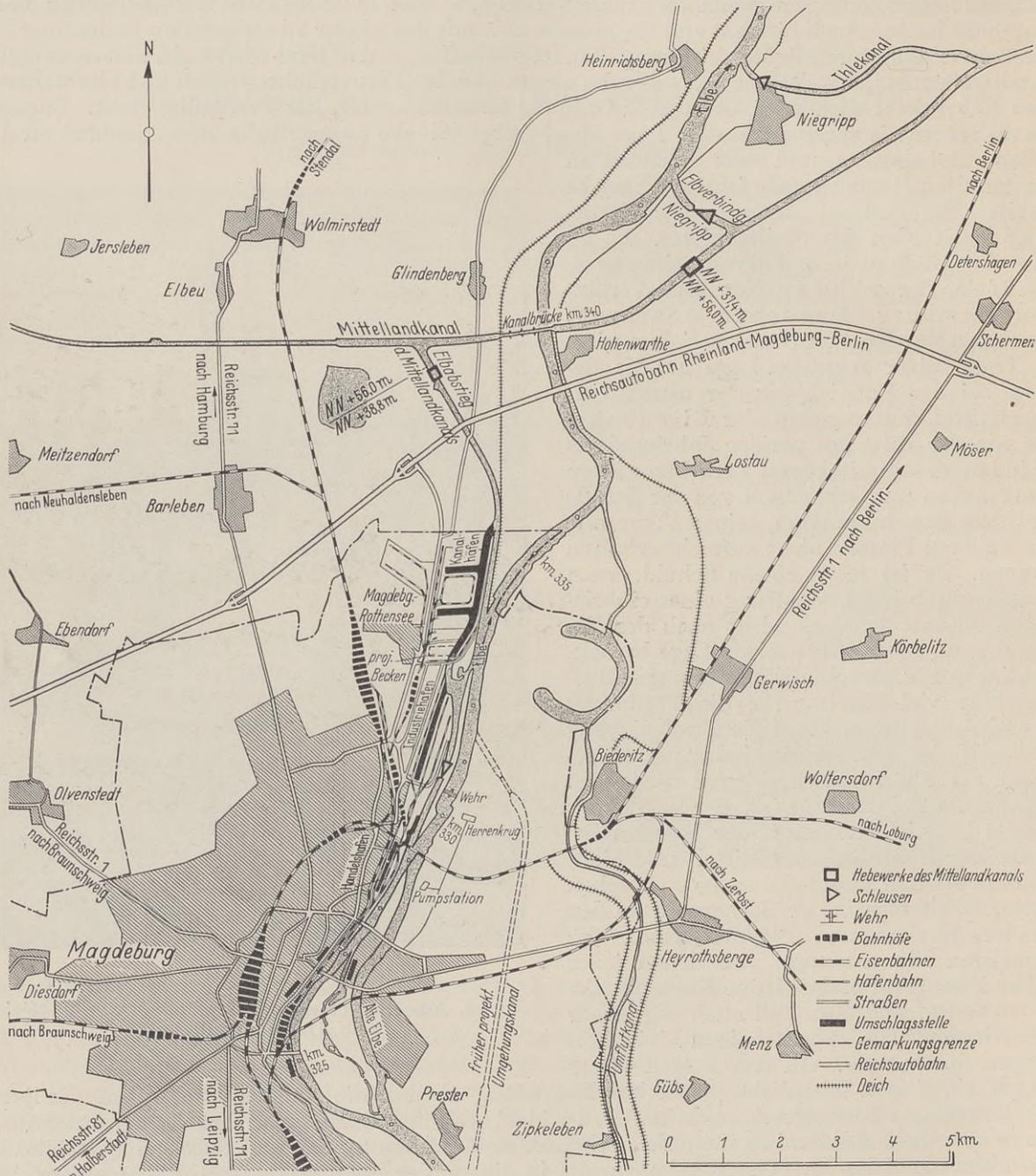


Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 3. Übersichtsplan: Die Verkehrslage der Magdeburger Häfen. Plan Hafen AG. Magdeburg.

betriebe auf. Dazu kamen die in der Staßfurter Mulde gewonnenen Stein- und Düngesalze, die Ausbeutung der reichen Braunkohlenschätze und eine für all diese Zwecke sich einschaltende Maschinenindustrie. Magdeburg wurde Handels- und Industriestadt mit namhaften Erzeugungsstätten, die teilweise Weltruf erlangten, und zu gleicher Zeit und in der Hauptsache Stapel- und Umschlagsplatz der vorgenannten Erzeugnisse und Bodenschätze. Damit ergab sich für Magdeburg ganz von selbst die Notwendigkeit, für die einwandfreie Lösung und Durchführung dieser ihr gestellten Aufgaben zu sorgen.

Wie auch an anderen Plätzen wurden früher in Magdeburg die Güter von und zu Schiff unmittelbar an der Elbe umgeschlagen. Dieses Verfahren war verhältnismäßig billig und auch leicht durchführbar, weil die für die Abwicklung des Speditions- und Lagergeschäftes erforderlichen Lagerhäuser ebenfalls unmittelbar am Strom verfügbar waren. Es schien damals fast allgemein unnötig, besondere Hafenanlagen bzw. besondere Hafenunternehmungen zu schaffen; die einzelnen Speditions- und Umschlagsfirmen besaßen meist ihre eigenen Uferstrecken. In Magdeburg sind aus dieser Zeit noch verschiedene Anlagen vorhanden und auch zum Teil noch in Benutzung; sie liegen jedoch nach heutigen Anschauungen und Anforderungen meist verkehrsunünstig und sind inmitten der Stadt nicht entwicklungs- und erweiterungsfähig. Bei einem Teil dieser Umschlagsstellen fehlt außerdem der gerade heute unbedingt notwendige Anschluß an das Eisenbahnnetz und die Sicherheit der hochwasserfreien Lage. Die hierdurch bei höheren Elbwasserständen eintretende Behinderung des Umschlagsgeschäftes wie auch die bei Eisgang vielfach auftretenden Schäden gaben den ersten Anstoß zur Schaffung mehrerer hochwasserfrei gelegener Umschlagsstellen. Hinzu kam, daß mit der Industrieentwicklung der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts eine erhebliche Steigerung des Verkehrs und damit auch eine Vergrößerung der Schiffsgelände einsetzte, so daß auch in dieser Hinsicht bei der Abwicklung des Verkehrs unmittelbar an den Stromumschlag stellen mit ihren zum Teil einfachen und veralteten technischen Anlagen erhebliche Schwierigkeiten auftraten. Wie an den meisten schiffbaren deutschen Strömen ging man daher auch in Magdeburg zur Schaffung besonderer Hafenanlagen über, in denen das Umschlags-, Speditions- und Lagergeschäft unabhängig vom offenen Stromlauf abgewickelt werden konnte (Abb. 3: Übersichtsplan).



Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 4. Reichsbahneigene Strecke am Elbebahnhof (sog. Kranstrang), aufgehoben am 31. 8. 1938.

Die Magdeburger Entwicklung begann verhältnismäßig frühzeitig, und zwar wurde schon im Jahre 1881 ein Hafen in der Zollelbe geschaffen, der allerdings in der Hauptsache als Schutz- bzw. Winterhafen dienen sollte. Auch dieser Hafen reichte jedoch auf die Dauer nicht aus, da er leicht der Gefahr der Vereisung ausgesetzt war. Außerdem waren gerade die an der Zollelbe geschaffenen Umschlagsstellen infolge ihrer Lage inmitten der Stadt nicht entwicklungsfähig und ohne Gleisanschluß. Es mußte daher für die zu erwartende Steigerung des Verkehrs ausreichend gesorgt werden. Die Stadt deckte zu diesem Zweck rechtzeitig ihren Geländebedarf im Norden ihres Gebietes und begann im Jahre 1886 mit den Vorarbeiten zum Bau eines besonderen Handelshafens, der im Jahre 1893 schließlich in Betrieb genommen wurde. Infolge der Verkehrssteigerung, insbesondere durch den Aufschwung der Zuckererzeugung und Kaligewinnung im Magdeburger Wirtschaftsgebiet, konnte er bald zum bedeutendsten Umschlagsunternehmen an der Mittel-elbe aufsteigen. Die wachsende Nachfrage nach Industriegelände mit günstigem Wasser- und Gleisanschluß führte weiter dazu, daß in den Jahren 1908—1910 ein besonderer Industriehafen nördlich des Handelshafens im Elbniederungsgelände entstand. Als letzte große Hafenanlage wurde schließlich zur Aufnahme des Mittellandkanalverkehrs sowie im Zusammenhang mit der Ansiedlung von neuen großindustriellen Werken der sog. Kanalhafen in den Jahren 1929 bis 1932 geschaffen. Er liegt ebenfalls wieder nördlich der alten Anlagen und bietet damit ein weiteres Beispiel für die Verschiebung des wirtschaftlichen Schwergewichtes der Stadt nach Norden, wo die Möglichkeit des leichten Anschlusses an den Mittellandkanal und neuerdings auch an das Reichsautobahnnetz — Strecke Berlin—Magdeburg—Rheinland — gegeben ist und noch ausreichendes Erweiterungsgelände zur Verfügung steht.

Nachstehend seien einige technische Daten und sonstige Einzelheiten von allgemeinerem Interesse gegeben, wobei der Zielsetzung dieses Beitrages entsprechend das Hauptgewicht auf die Betrachtung der eigentlichen „Hafen“anlagen im Stadtgebiet gelegt werden wird. Zur Zeit sind in Magdeburg außer einer ganzen Reihe kleinerer privater sowie werkseigener Umschlagsstellen folgende Anlagen vorhanden:

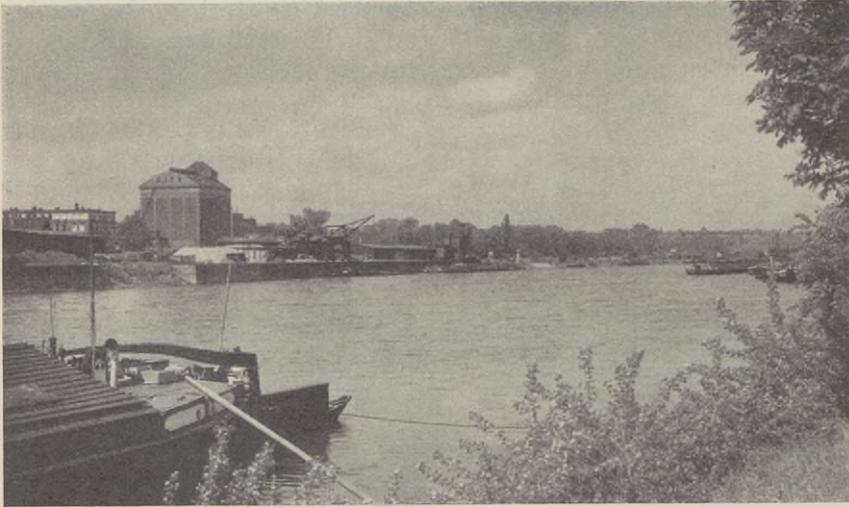


Foto: Rudolf Hatzold, Magdeburg.

Abb. 5. Magistratsstrecke vom rechten Elbufer aus gesehen.

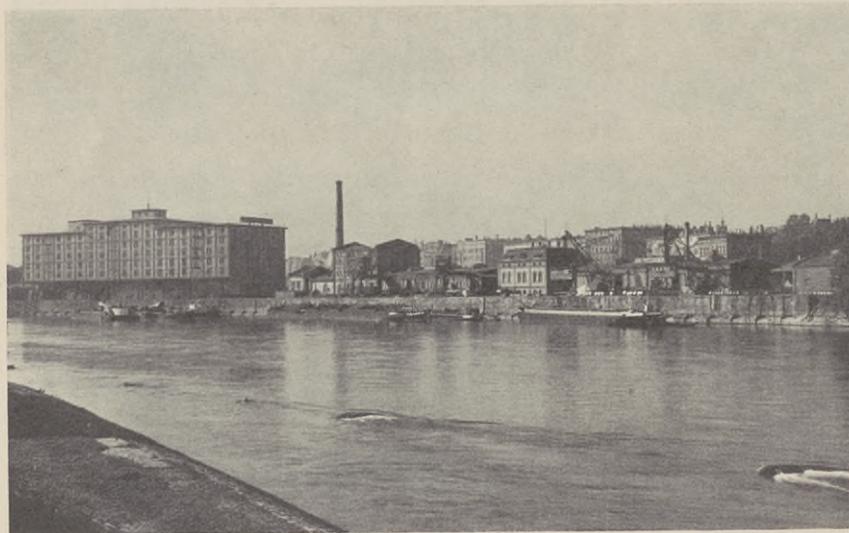


Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 6. Elblagerhaus von unterhalb gesehen.

A. An der Stromelbe:

1. Die sog. Magistratsstrecke,
2. das Elblagerhaus,
3. die Umschlagsstellen am Packhof,
4. die Umschlagsstellen am Petri- und Jacobsförder,
5. die Umschlagsstellen am Elbvorland östlich des Handelshafens (Handelshafenvorland),
6. die Anlagen an der Zollelbe;

B. der Handelshafen,  
C. der Industriehafen,

D. der Kanalhafen mit

1. Becken I und II,
2. Zweigkanal bzw. Trennungsdamm.

Außerdem bestand an der Stromelbe noch als eine der ältesten Umschlagsstellen die reichsbahneigene Strecke am Elbebahn- hof (Abb. 4), der sog. Kranstrang, an der lediglich die Umladung von Gütern von Schiff auf Wagen bzw. umgekehrt — also keine Lagerung — möglich war. Sie wurde vorwiegend von Speditionsfirmen ohne eigene Umschlagsstellen benutzt. Diese Strecke ist jedoch durch Vertrag zwischen der Stadt und Reichsbahn mit Wirkung vom 31. Au-

gust 1938 aufgehoben worden. Ein Ersatz hierfür wird zur Zeit mit der Einrichtung einer „öffentlichen Umschlagsstelle“ auf dem Trennungsdamm im Kanalhafengebiet geschaffen, die im Auftrage der Hafenverwaltung von einer neutralen Gemeinschaft Magdeburger Speditions- bzw. Umschlagsfirmen bewirtschaftet werden wird.

Die oberhalb der Hitlerbrücke auf dem linken Elbufer liegende Magistratsstrecke (Abb. 5) hat eine nutzbare Uferlänge von rd. 550 m. Das Ufer ist als befestigte Böschung bzw. als Bohlwerk ausgebildet. Ein gewisser Nachteil ist die nicht hochwasserfreie Lage, so daß der Umschlag und die Benutzung der Freilagerflächen nur bis zu einem Wasserstand von +45,90 m über NN, d. h. rd. 1 m unter höchstem Hochwasser, möglich ist. Die Strecke besitzt Reichsbahnanschluß, dessen Betrieb die Reichsbahn selbst führt; ebenso sind für den Fuhrwerks- und Lastkraftwagenverkehr Zugangs- und Lademöglichkeiten ausreichend vorhanden. Die Strecke, die Eigentum der Stadt Magdeburg ist, ist an ein Speditionsunternehmen verpachtet. Ihre Bedeutung, die früher vornehmlich in dem Umschlag von Baustoffen, Kohlen usw. für den Stadtteil Buckau lag, hat sich durch die

vom Pächter geschaffenen Möglichkeiten, insbesondere der Lagerung von Getreide, Futtermitteln usw., verhältnismäßig vergrößert.

Das Elblagerhaus (Abb. 6), eines der bekanntesten Wahrzeichen des sich vom Strom aus bietenden Stadtbildes, ist, wie bereits der Name andeutet, vorwiegend für Umschlag und Lagerung hochwertiger Stückgüter für den Eigenbedarf Magdeburgs bestimmt. Daneben sind jedoch auch die Voraussetzungen für die heute vordringlich geforderte Lagerung und Bearbeitung ernährungswirtschaftlich wichtiger Güter ausreichend gegeben. Gleisanschluß an das Reichsbahnnetz und Straßenanschluß sind vorhanden. Die Strecke liegt auf Pachtgelände der Reichsbahn und wird von der Elblagerhaus-Aktiengesellschaft in Verbindung mit bedeutenden Elbredereien bewirtschaftet.

Dicht unterhalb der Strombrücke folgen die Strecken am Packhof (Abb. 7), die gleichfalls zu den ältesten Umschlagsstellen im Stadtgebiet gehören. Die Kaianlage steht in unmittelbarer Verbindung mit dem Packhof. Vor Herstellung des Handelshafens hatte der Packhof für die Lagerung der Umschlagsgüter eine erhebliche Bedeutung. Die Anlage, die dann längere Zeit nicht voll ausgenutzt wurde, ist zur Zeit einmal durch die Aufnahme eines bedeutenden Betriebes der Futtermittelindustrie, andererseits durch die allgemeine Belebung des Lagergeschäftes wieder voll in Betrieb. Die Wagenzustellung erfolgt ebenfalls von der Reichsbahn über den Elbebahnhof bzw. von Norden her über die Güterabfertigung Nord. Direkter Anschluß für den Fuhrwerks- und Lastkraftwagenverkehr ist vorhanden. Zum großen Teil ist die der Stadt gehörende Strecke dem Pächter der Magistratsstrecke ebenfalls pachtweise überlassen; dagegen mußte der nördlichste Teil auf Grund des Versailler Diktates dem tschechoslowakischen Staat übereignet werden. Er konnte jedoch Mitte 1938 durch die Stadt zurückerworben werden, wie überhaupt infolge der städtebaulichen Pläne in Verbindung mit dem

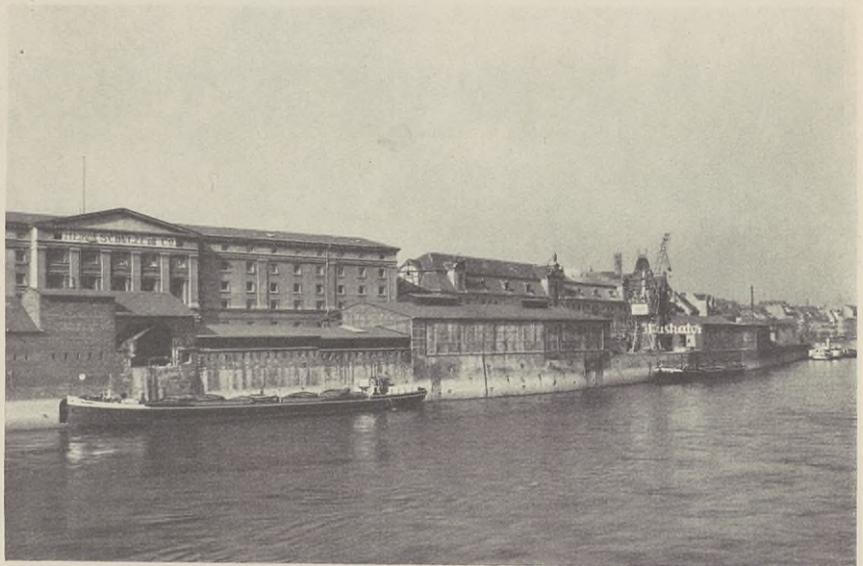


Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 7. Alter und Neuer Packhof mit Kaianlage von der Strombrücke aus gesehen.

Strombrückenneubau und der Schaffung einer weiteren Nord-Süd-Straße unmittelbar an der Stromelbe die gesamten Umschlagsanlagen am Packhof im Laufe der nächsten Jahre aufgehoben werden sollen. Ausreichender Ersatz steht im eigentlichen Hafengebiet in ebenso günstiger Verkehrslage zur Verfügung. Die Verhandlungen wegen der Umsiedlung der einzelnen Betriebe sind bereits eingeleitet bzw. stehen kurz vor dem Abschluß.

Unterhalb des Packhofes liegen, ebenfalls am linken Elbufer, der Jacobs- und der Petriförder mit einer Uferlänge von zusammen rd. 300 m. Diese Strecken werden nur vorübergehend genutzt. Die Gleisanlage ist dem Netz des Handelshafens angeschlossen und wird daher von der Hafenbahn bedient, ebenso wie die Hafenverwaltung Betriebsführerin der Strecke ist.

Nördlich der Hindenburgbrücke liegt das Handelshafenvorland, eine Umschlagsstrecke von rd. 1300 m Länge, die erst nach dem Kriege geschaffen worden ist. Die Ufer sind ähnlich wie bei der Magistratsstrecke als befestigte Steilufer ausgebildet. Das Gelände liegt 0,80 m unter dem höchsten Hochwasserspiegel der Elbe und ist daher, wenn auch nur selten, der Gefahr einer Überflutung ausgesetzt. Die Gleisanlagen sind an das Handelshafennetz angeschlossen und werden von der Hafenbahn bedient. Der Umschlag geht namentlich auf verpachteten Uferstrecken und Lagerstellen mit eigenen Einrichtungen vor sich, zum kleineren Teil an öffentlichen Ladestraßen. Beide sind verkehrstechnisch und auch verwaltungsmäßig dem Handelshafengebiet eingegliedert.

Von den rechtselbischen Anlagen sind die an der sog. Zollelbe (Abb. 8) am bedeutendsten. Der Zollhafen liegt in der erweiterten Mündung der Zollelbe; er bildet gleichzeitig den Zugang zu dem oben bereits erwähnten Winterhafen und dient namentlich dem Eilgüterumschlag. Die Uferstrecke — Gesamtlänge rd. 500 m — liegt hochwasserfrei und ist verschiedenen Spediti-

firmen zur dauernden Benutzung überlassen. Infolge des Fehlens eines Gleisanschlusses ist ihre Leistungsfähigkeit naturgemäß begrenzt. Zoll- und auch Winterhafen gehören dem preußischen Staat. Auch die Anlagen an der Zollelbe werden im Laufe der nächsten Jahre zum größten Teil verschwinden und im nördlichen Hafengebiet wieder aufgebaut werden. Die Verhandlungen hierüber sind zum Teil bereits abgeschlossen, teils in einem Erfolg versprechenden Stand. Die Notwendigkeit zu diesen Veränderungen ergibt sich auch hier wieder aus überwiegend städtebaulichen Gründen, zum anderen Teil entspringt sie der Einsicht, daß ein großer Teil der jetzigen Anlagen mit der steigenden Bedeutung der Schifffahrt, insbesondere nach Eröffnung des Mittel-landkanals, und mit den wachsenden Ansprüchen an Verkehrsbedien- und -abwicklung nicht gehalten werden kann. Es ist selbstverständlich — und gilt auch allgemein für alle in der nächsten Zeit zu erwartenden Verlegungen von Umschlagsstellen —



Foto: Rudolf Hatzold, Magdeburg.

Abb. 8. Umschlagsanlagen an der Zollelbe von der Zollbrücke aus gesehen. Im Hintergrund die Hindenburgbrücke.

daß die Interessen und Standortbedingungen der einzelnen Unternehmungen bei der Umstellung mit denen der Gesamtwirtschaft und ihren Erfordernissen ausgeglichen werden müssen, wobei jedoch der Grundsatz, in Zukunft Umschlag, Spedition und Lagerung abseits vom Strom in besonderen Häfen unterzubringen, nicht verwässert werden darf.

Die Stadt selbst hat durch ihre Hafenanlagen und besonders durch die Schaffung der neuen Häfen im Rothenseer Gebiet auf diesem Wege bereits tatkräftig gewirkt; nicht allein durch die 1934 vollzogene organisatorische Zusammenfassung der hafenwirtschaftlichen Betriebe in der Hafen-Aktiengesellschaft Magdeburg (Hafen AG.), sondern auch verkehrstechnisch ist ein allen neueren und umfassenden Ansprüchen genügendes und wirksames Werkzeug geschaffen worden. Hierzu gehört als älteste Anlage der Handels- hafen (Abb. 9). Die Grün-

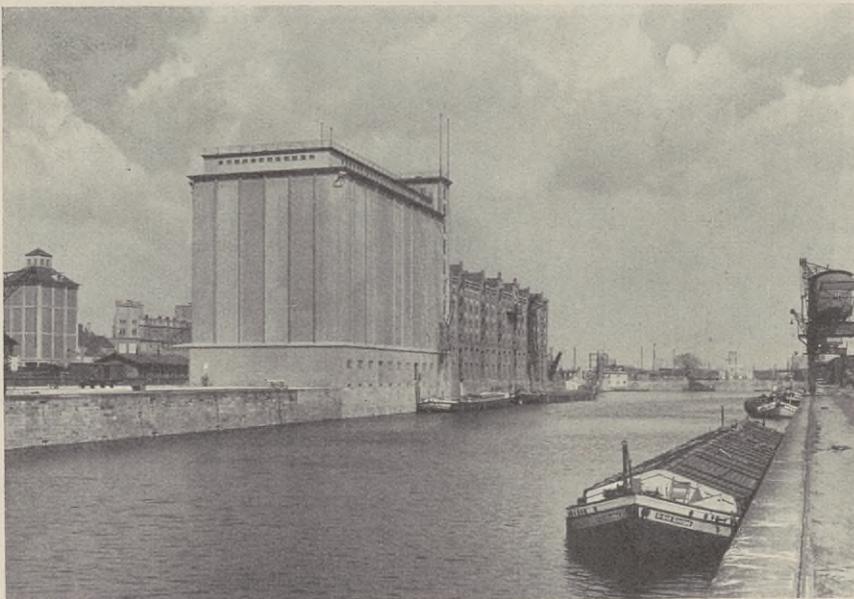


Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 9. Westseite des Handelshafens mit dem neuen 20 000 t-Silo der Hafen AG. und älterem Bodenspeicher.

de, die zum Bau eines besonderen stadteigenen Hafens führten, sind eingangs bereits näher dargelegt. Der etwa zwischen Hindenburg- und Berliner Eisenbahnbrücke liegende Hafen ist durch eine stromabwärts gerichtete Einfahrt zu erreichen. Im Zusammenhang mit der Errichtung der Staustufe Mag-

deburg wird diese Einfahrt allerdings verlegt, sie wird später stromaufwärts gerichtet sein. Die Breite des Hafens selbst schwankt zwischen 45 und 90 m, seine Länge beträgt rd. 1000 m. Die Ufer-einfassungen sind massiv ausgebildet. Das Hafengelände liegt hochwasserfrei. Der Wasserspiegel im Hafen steht in unmittelbarer Verbindung mit der Elbe und ihren wechselnden Wasserständen. Nachteile irgendwelcher Art sind hieraus nicht erwachsen; man kann im Gegenteil feststellen, daß es verfehlt gewesen wäre, den Hafen zur Verringerung der Anlagekosten nicht als offenen Flußhafen, sondern als Schleusenhafen auszubauen. Günstige Straßenverbindungen mit der Stadt sind an mehreren Stellen vorhanden. Durch die Anordnung von je zwei Gleisen an der Kaikante und eines weiteren Gleises an der Rückseite der parallel zum Hafenbecken liegenden Schuppen und Speicher ist die reibungslose und schnelle Durchführung der Umschlagsgeschäfte in allen vorkommenden Arten einschließlich der Einbeziehung des Lagers gewährleistet. Fördernd kommt hinzu, daß ein großer Teil der wasserseitigen Gleise bis an das Ufer ausgepflastert ist und daß dadurch ein unmittelbarer Umschlags- bzw. Umladungsverkehr zwischen Straßenfahrzeug und Schiff, der in der neueren Zeit stetig gewachsen ist, ermöglicht wird. Der im allgemeinen lebhafteste Verkehr in Getreide, Futtermitteln, Salz, Kali, Salpeter, Holz, Kohlen, Steinen, Eisen und Eisenkonstruktionsteilen sowie Kies und Sand wird durch 16 elektrisch betriebene Volltor- und Halbtorkräne bewältigt, wozu noch Förderer und Winden sowie verschiedene Sonderverlade- und -entladegeräte der Hafenverwaltung sowie der ansässigen Firmen kommen. So wurde u. a. im Jahre 1927 für die schnellere Abwicklung des Getreidelager- und -umschlagsgeschäftes eine pneumatische Einladevorrichtung mit 40 t Stundenleistung geschaffen; weitere derartige Vorrichtungen weist der neue Getreidespeicher auf. Zur Bewältigung von Schwerlasten steht ein hydraulisch betriebener Drehkran mit einer Hubkraft von 21 t zur Verfügung. Für die Lagerung von Gütern aller Art, insbesondere von Getreide, sind 16 öffentliche, massive Speicher, Silos und Lagerhäuser, darunter der im Jahre 1936 erbaute eigene Silo der Hafen AG. mit einem Fassungsvermögen von allein 20000 t Getreide (Abb. 9), vorhanden. Insgesamt beträgt das Fassungsvermögen der von der Hafenverwaltung selbst bewirtschafteten Läger etwa 35000 t (bei Getreide), wozu noch die bei den einzelnen Hafenanliegern verfügbaren Lagermöglichkeiten kommen. Durch ein besonderes Hafenzollamt mit eigener Zollkasse wird die Abfertigung im Umschlagsgeschäft beschleunigt und bei der Transitlagerung vereinfacht.

Ein großer Teil des Umschlags im Handelshafen, insbesondere von Massengut und solchen Gütern, die gegenüber dem Wettbewerb anderer Häfen besonders empfindlich sind, dem Platz Magdeburg aber erhalten bleiben sollen, wird von der Hafen AG. als Hafenverwaltung selbst ausgeführt, die ebenso den größten Teil des im Hafengebiet vorhandenen Lagerraumes selbst bewirtschaftet. Daneben hat sich im Handelshafen eine ganze Reihe von Anliegern, darunter auch eine bedeutende rheinische Speditionsfirma, angesiedelt, die ihren Umschlag selbst, zum Teil unter Benutzung der Einrichtungen der Hafen AG., durchführen. Nach Fertigstellung des umgestalteten Hafenvorlandes, das mit den als „Staustufe Magdeburg“ bezeichneten Großbauten der Reichswasserstraßenverwaltung zusammenhängt, wird eine durchgreifende Verbesserung der Gleisanordnung im Vorland und der Wassertiefen vor dem Vorland erzielt; damit wird der Handelshafen einen Teil der Speditions- und Schiffahrtsfirmen aufnehmen, die aus den oben erwähnten Gründen ihre Umschlagsanlagen am freien Strom bzw. an der Zollelbe aufgeben wollen. Infolge seiner verkehrsgünstigen und stadtnahen Lage wird der Handelshafen auch durch den fortschrei-



Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 10. Der Industriehafen von Süden aus gesehen, im Hintergrund die Anlagen der neuen Magdeburger Groß-Industrien am Kanalhafen.

tenden Ausbau der noch weiter nördlich, d. h. näher zum Mittellandkanal gelegenen Hafenanlagen von seiner Bedeutung nichts verlieren.

Der Industriehafen (Abb. 10) wurde ebenfalls als offener Flußhafen hochwasserfrei angelegt. Seine Mündung in die Elbe — Länge rd. 400 m, Breite bei M.W. rd. 50 m — liegt östlich des Vorortes Rothensee. Das Hafenbecken ist 1670 m lang und rd. 62 m bei Mittelwasser breit. An seinem



Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 11. Spundwand im Becken I des Kanalhafens mit Blick auf die Zinkhütte Magdeburg der Bergwerksgesellschaft Georg von Giese's Erben.

nördlichen Ende befindet sich ein über 6 ha großer Winterhafen, der ungefähr 100 Fahrzeugen Schutz bietet. An ihm hat sich die Staatliche Schiffswerft mit einer neuzeitlichen Anlage an gesiedelt. Das Hafenbecken ist in seiner ganzen Ausdehnung mit zum Teil gepflasterten und durch eine Berme abgesetzten Böschungen versehen. Das eigentliche Siedlungsgelände für industrielle Anlagen wird durch zwei dem Becken parallel geführte Aufschließungsstraßen mit weiteren Stichstraßen eingefast. Entsprechend der Längsentwicklung des Geländes sind die Zuführungsgleise sowohl

unmittelbar neben dem Becken als auch an den Straßen angeordnet. Zwischen diesen Parallelstraßen und dem Hafenbecken liegen die Industrieunternehmungen. Bedeutende, den verschiedensten Wirtschaftszweigen angehörige Betriebe sind hier untergebracht. Außerdem hat sich in der jüngsten Zeit ein großes rheinisches Speditions- und Schiffahrtsunternehmen hier niedergelassen. Das mit unmittelbarem Wasseranschluß versehene Industriegelände ist fast restlos

vergeben; dagegen ist westlich des Industriehafens in günstiger Verkehrslage ein in städtischem Besitz befindliches Gelände von rd. 65 ha Größe für die industrielle Besiedlung mit Gleisanschluß und der Möglichkeit des indirekten Wasseranschlusses noch verfügbar. Dieses Gelände wird zur Zeit der Höhenlage nach aufbereitet.

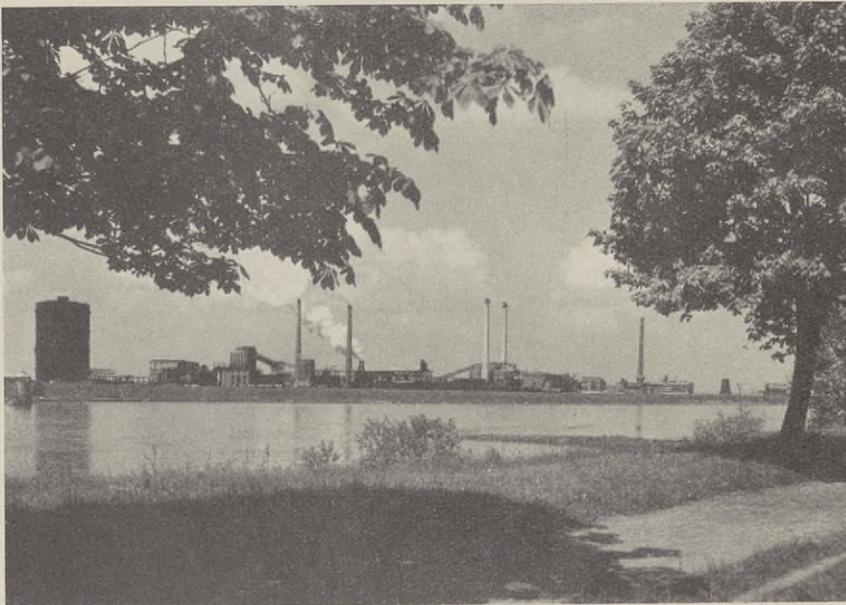


Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 12. Groß-Industrie im Magdeburger Hafengebiet, vom östl. Ufer der Elbe aus gesehen.

Insgesamt hat die Stadt Magdeburg im Norden ihres Gebietes in den Jahren 1886 bis 1929 eine Fläche von rd. 190 ha Größe für Umschlags- und Industierzwecke von sich aus aufgeschlossen. Die gesamte Wasserfläche im Handels- und Industriehafen hat eine Größe von über 15 ha und einschließlich der

Hafeneinfahrten von rd. 27 ha. An Kailängen sind in beiden Häfen einschließlich des Hafenvorlandes insgesamt rd. 7 km vorhanden; davon besitzen rd. 6,6 km Gleisanschluß und weitere 3 km auch unmittelbaren Straßenanschluß durch sog. Ladestraßen.

Während der Handels- und Industriehafen als stadteigene Häfen mit allen Betriebsvorrichtungen an die Hafen AG. langfristig verpachtet sind, gehören die Wasserflächen und die dem Umschlagsverkehr dienenden Geländeflächen im Gebiet des sog. Kanalhafens (Abb. 11) zum Eigenbesitz der Hafen AG. Wie bereits erwähnt, wurde der Kanalhafen einmal zur Aufnahme des Mittellandkanalverkehrs geschaffen, zum anderen zur Herstellung des Wasseranschlusses für die in diesem Raum seit 1929 entstandene Großindustrie (Abb. 12). Letztere beteiligte sich unter der Führung der Stadt Magdeburg und gemeinsam mit der Provinz Sachsen an der Gründung der Hafen AG. Ihr Zweck war, am Elbabstieg Häfen und Verkehrsanlagen herzustellen, zu betreiben und für die Erschließung des Industriegeländes zu sorgen. Zu diesen Großindustrien gehören die Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau, die mit der Gasserei Mitteldeutschland AG. und der Gasversorgung Magdeburg-Anhalt bereits Ende 1930 den Betrieb aufgenommen hat (zur Zeit 100 Millionen m<sup>3</sup> jährliche Gaserzeugung), die Mitteldeutsche Kraftwerk Magdeburg AG. (jetzt Elektrowerke AG., Kraftwerk Magdeburg), die u. a. auch den Strom für die Zinkhütte der Bergwerksgesellschaft Georg von Giesecke's Erben liefert, und außerdem die Zinkhütte selbst, die einzige ihrer Art in Deutschland mit einer jährlichen Erzeugung von rd. 60 000 t Reinzink. Vor einem Jahre ist infolge der hier vorhandenen günstigen Voraussetzungen auch



Foto: Karl Wenschow, München.

Abb. 13. Modell der Magdeburger Hafenanlagen (im Besitz der Hafen AG. Magdeburg). Das Modell zeigt bereits den Zustand nach Fertigstellung der unter dem Begriff „Staustufe Magdeburg“ zusammengefaßten Anlagen.

ein Hydrierwerk der Braunkohle-Benzin AG., Berlin, in dieses engere Verkehrsgebiet der Hafen AG. gelegt worden.

In der Denkschrift für das Mittellandkanalgesetz ist seinerzeit der Verkehr zwischen den

Magdeburger Häfen und dem Mittellandkanal auf etwa 700 000 t pro Jahr geschätzt worden. Es war damals jedoch nicht vorauszusehen, daß diese vorgenannten Werke allein einen Verkehr bringen würden, der die geschätzten Werte ganz erheblich übertraf. Die Hafenanlagen mußten daher von vornherein auf die Bewältigung eines wesentlich größeren Verkehrs, und zwar für Wasser- und Schienentransporte, eingerichtet werden.

Durch den von der Reichswasserstraßenverwaltung erbauten Elbabstieg des Mittellandkanals war die Lage des erweiterten Industrie- und Hafengeländes (Abb. 13) in seinen Grundzügen gegeben. Nur das Gebiet westlich des Elbabstiegs bzw. des Zweigkanals konnte hierfür in Betracht kommen. Da die Reichswasserstraßenverwaltung aus verkehrstechnischen Gründen die unmittelbare Abzweigung der Hafenbecken vom eigentlichen Abstiegskanal nicht gestattete, mußten die eigentlichen Hafenbecken aus einem parallel zum Abstiegskanal der Reichswasserstraßenverwaltung geführten Zweigkanal entwickelt werden, der außerdem die spätere Verbindung mit dem Industriehafen gewährleistet. Der Zweigkanal sowie die beiden Becken wurden 6-schiffig angelegt, d. h. sie erhielten eine Breite von 72 m bei MW; die Länge der Becken I und II ist auf je 600 m bemessen; die Beckensohle wurde auf Ordinate +35,60 über NN angeordnet, so daß auch bei niedrigsten Elbwasserständen immer noch eine Mindestdiefe von 3,23 m vorhanden ist. Das gesamte Hafengelände einschließlich der für die Industriewerke benötigten Flächen ist hochwasserfrei, das ist etwa 30 cm über dem höchsten Hochwasserspiegel, angeschüttet worden. Der Wasseranschluß dieses hochwasserfreien Industriegeländes wurde durch die Becken I und II in voller Länge erreicht. Der Kosten wegen wurden die Becken nur so weit als unbedingt notwendig mit senkrechten Uferbefestigungen versehen, während normalerweise die Hafenbecken und auch der Zweigkanal Böschungen aufweisen. Diese sind in den Zonen der wechselnden Wasserstände mit Steinpackung befestigt, im übrigen in ihrem oberen Teil durch Rasenabdeckung gesichert.

Von besonderer Bedeutung ist der Trennungsdamm (Abb. 14), ein hochwasserfrei gestaltetes Gelände von rd. 2,3 km Länge und rd. 75 m Breite zwischen Zweigkanal und Elbabstieg des Mittellandkanals. Infolge der anfangs nicht vorgesehenen Inanspruchnahme des Zweigkanals durch die Reichswasserstraßenverwaltung, die sich damit ein wichtiges Verbindungsglied für die reibungslose Abwicklung des Durchgangsverkehrs zwischen Mittellandkanal und Elbe schafft, muß das Westufer des Trennungsdammes auf seiner ganzen Länge mit einer senkrechten Uferbefestigung ausgerüstet werden. Hieraus werden die sich dort ansiedelnden Speditions- und Umschlagsfirmen noch besonderen Nutzen ziehen können. U. a. sind auf dem Trennungsdamm besondere Anlagen für die Leichterung der vom Mittellandkanal kommenden, bei niedrigen Wasserständen auf die Elbe übergehenden

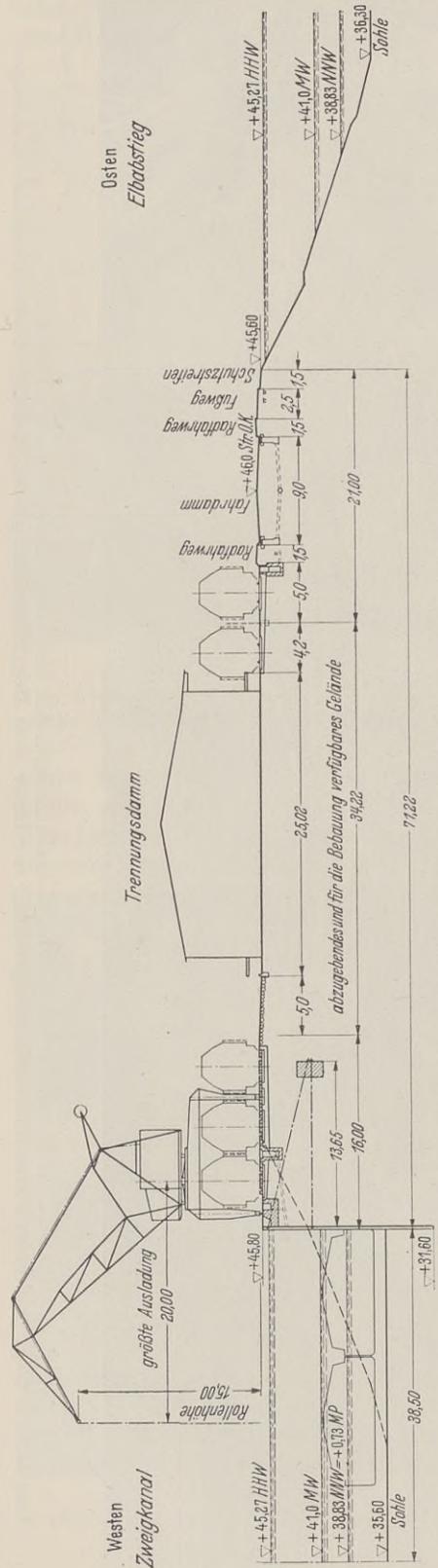


Abb. 14. Querprofil Trennungsdamm. Plan der Hafen AG. Magdeburg.

Kähne vorgesehen. Die im ersten Bauabschnitt verkehrswirtschaftlich aufzuschließenden Flächen des Trennungsdammes sind bereits restlos vergeben; dazu gehört auch die weiter oben bereits

erwähnte „öffentliche Umschlagsstelle“. Der Trennungsdamm erhält auf seiner ganzen Länge am westlichen Ufer drei durchgehende Gleise, von denen je nach Bedarf 1—2 Gleise von den Firmen als Ladegleise benutzt werden können; außerdem ist den Anliegern auf dieser Seite, nämlich vor der Bauflucht der Speicher und Schuppen, die Herstellung einer 5,50 m breiten Ladestraße möglich. Auf der Ostseite schließen sich an die Rückfront der Schuppen zwei weitere Gleise, von denen eines von dem Anlieger als eigenes Anschlußgleis je nach Bedarf gebaut werden kann sowie eine dem allgemeinen Verkehr dienende Straße mit Radfahrweg usw. an. Von dieser wird durch in regelmäßigen Abständen angeordnete Stichstraßen der Zugang zum Zweigkanal sichergestellt; außerdem erhält das gesamte Gelände die üblichen Versorgungs- und Entwässerungsleitungen.

Diese neuen Hafenanlagen erschließen ein Gebiet von insgesamt etwa 220 ha, wovon rd. 110 ha von den Großindustrien bereits in Anspruch genommen sind. Der Rest steht für weitere Industrie- und Umschlagsanlagen zur Verfügung. Erwähnt sei noch, daß auf der Süd-Westseite des Zweigkanals Becken für den Umschlagverkehr der Zukunft vorbehalten sind. Der in der ersten Zeit nur über den Elbabstieg mögliche Zugang zum Kanalhafen wird zur Zeit noch dadurch verbessert, daß zwischen Zweigkanal und Industriehafen der sog. Verbindungskanal gebaut wird und damit der Kanalhafen auch unmittelbar von Süden her erreicht werden kann. Außerdem kann sich der Verkehr zwischen Mittellandkanal und Industriehafen und, bei Benutzung des Schleusenkanals, auch mit dem Handelshafen ohne Berührung der Stromelbe abspielen.

Das gesamte, im Norden der Stadt Magdeburg gelegene Hafengebiet bildet verkehrsmäßig und auch wirtschaftlich seit dem 1. April 1934 eine geschlossene Einheit. Zu diesem Zeitpunkt wurde der Hafen AG. auch die Betriebsführung der stadteigenen Häfen, die früher teils durch städtische Dienststellen und zuletzt durch die Magdeburger Hafen und Lagerhaus G. m. b. H. wahrgenommen worden war, übertragen. Damit erhielt dies einheitlich bewirtschaftete Gebiet eine Größe von rd. 420 ha, wovon auf die Wasserflächen selbst ungefähr 50 ha entfallen; die zugehörige nutzbare Uferlänge beträgt rd. 15 km. Besonders günstig wirkte sich diese Zusammenfassung in den Verkehrs- und Betriebsverhältnissen der Hafenbahn aus, zumal sie dieses ganze zusammenhängende Gebiet einschließlich der Großindustrien mit ihrem gleichbleibenden Verkehrsanfall zu bedienen hat. Die Gleislänge der Hafenbahn beträgt einschließlich der Unteranschlüsse rd. 100 km; weitere 12—14 km kommen nach Abschluß der zur Zeit in Ausführung begriffenen Ausbaupläne, insbesondere für den Trennungsdamm, noch hinzu. Der Hafenbahnhof ist unmittelbar an den Verschiebebahnhof Rothensee angeschlossen; zur Unterteilung des Ein- und Ausganges sind weitere drei Bezirksbahnhöfe in das Verkehrsnetz eingegliedert. Von besonderer Bedeutung für die Bedienung der Großindustrien ist die Durchführung geschlossener Züge und Zugteile zu den Übergabe- und Übernahmestellen der Reichsbahn ohne Berührung des eigenen Hafenbahnhofes. An eigenen Betriebsmitteln stehen sechs Lokomotiven sowie etwa 60 Hafenbahnwagen neben Lokschnuppen, eigenen Reparaturwerkstätten usw. zur Verfügung.

Obwohl der Umsatz zwischen Reichsbahn und Hafenbahn in den letzten Jahren über 100 000 Wagenladungen jährlich betragen hat, und obwohl die im Bereich des Hafens aufkommenden Güter rd. 30% des gesamten Reichsbahnverkehrs im Stadtbezirk Magdeburg betragen, ist die Magdeburger Hafenbahn, und mit ihr eine Reihe anderer, trotz wiederholter Bemühungen immer noch in der Rechtsform der Privatananschlußbahn verblieben. Es ist zu hoffen, daß dieser auf die Dauer unhaltbare Zustand im Zuge der neuen Rechtsentwicklung einer allgemein befriedigenden Lösung entgegen geführt werden kann.

Mit der geschilderten einheitlichen Bewirtschaftung des gesamten Hafengebietes war auch die Möglichkeit einer Vereinheitlichung der Tarife — als wichtigste das Ufergeld und die Hafenbahngebühr — gegeben. Nach umfangreichen Vorarbeiten konnte Anfang 1938 das neue Tarifwerk eingeführt werden. Infolge der glücklichen Mischung von verkehrintensiven Großbetrieben — mit gleichbleibend anfallenden Verkehrsmengen — mit dem in der Regel stoßweise auftretenden Umschlags- und Lagerverkehr brachte es in allen Tarifpositionen für die Mehrzahl der Anlieger und Benutzer der Hafen- und Hafenbahnanlagen zum Teil wesentliche Verbilligungen gegenüber dem früheren Zustand. Außerdem ist hinsichtlich des Ufergeldes Vorsorge getroffen, daß die alte Stellung Magdeburgs als Transithafen durch Ermäßigungen für diesen Sonderverkehr wieder hergestellt und verstärkt werden kann.

Als Beweis für die Bedeutung und Entwicklung Magdeburgs im Umschlagsverkehr der Elbe sollen zwei Zahlentafeln dienen. Zahlentafel 1 gibt eine Zusammenstellung des Güterverkehrs der deutschen Elbehäfen in den Jahren 1928—1937 und daran gemessen den Verkehr in den Magdeburger Häfen. An dieser Zusammenstellung wird zunächst die alte Faustregel bestätigt, wonach der Verkehr Magdeburgs ungefähr ebenso groß ist wie der

der beiden bedeutendsten sächsischen Elbehäfen Dresden und Riesa zusammengekommen. In den letzten Jahren hat sich dieses Verhältnis noch zugunsten Magdeburgs verschoben und betrug z. B. im Jahre 1937 bereits rd. 1,5:1. Bemerkenswert ist weiter die Feststellung, daß auch das Verhältnis des Verkehrs Magdeburgs zu den preußischen Elbehäfen im Laufe der letzten Jahre, mit Ausnahme der Jahre 1930/31, immer ungefähr das gleiche geblieben ist. Es blieben die Magdeburger Verkehrsziffern nicht viel hinter dem Gesamtverkehr der Mittelbehäfen (im weiteren Sinne), d. h. nur um höchstens 15%, zurück, wobei bei einem Vergleich gegenüber den Jahren vor 1931 noch berücksichtigt werden muß, daß der Hafen Piesteritz (Verkehr 1937 rd. 190 000 t) erst seit 1938 in die Reihe der wichtigeren Elbehäfen aufgenommen worden ist. Auch das Verhältnis zum Hafen Halle ist in den letzten Jahren ziemlich unverändert, nämlich wie 5:1 geblieben, nachdem in den Jahren bis 1930 erhebliche Schwankungen zu verzeichnen waren. Darüber hinaus ist jedoch bei der Betrachtung der Zahlen noch folgendes zu beachten: Fast bei allen Häfen ist seit den Jahren 1928/29 ein zum Teil erheblicher Verkehrsrückgang festzustellen, der bis 1935 andauert und nicht allein auf den wirtschaftlichen Niedergang bis 1933 und auch nicht allein auf die schlechten Niedrigwasserjahre der Elbe zurückzuführen ist. Er ist vielmehr mit erzeugt worden durch den Wettbewerb der Kanalhäfen Hildesheim und Braunschweig und durch die ausschließlich von Westen nach Osten gewählte Bauichtung des Mittellandkanals. Inwieweit sich die dadurch in den Verkehrsbeziehungen der Mittelbehäfen eingetretenen Verlagerungen und Schrumpfungen nach Eröffnung des Mittellandkanals wieder ausrichten und ausgleichen werden, bleibt abzuwarten.

Zahlentafel 1.  
Schiffsverkehr der wichtigeren Elbehäfen 1928—1937.  
(in 1000 t)

Häfen	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
Dresden . . . . .	638	583	623	624	610	518	608	658	536	585
Riesa . . . . .	628	532	655	748	666	492	451	468	518	579
Sächsische Häfen . . . . .	1 266	1 115	1 278	1 372	1 276	1 010	1 059	1 126	1 054	1 164
Torgau . . . . .	101	57	114	114	108	79	68	75	112	97
Wittenberg . . . . .	46	35	49	45	32	37	29	31	41	47
Piesteritz . . . . .				171	32	54	113	140	189	189
Dessau . . . . .	323	242	272	261	276	236	230	280	354	392
Aken . . . . .	311	194	317	219	232	185	164	273	236	187
Barby . . . . .	123	136	164	188	216	229	236	267	323	353
Schönebeck . . . . .	497	450	581	408	342	298	311	297	433	561
Tangermünde . . . . .	135	152	187	238	164	167	212	185	181	220
Wittenberge . . . . .	44	44	94	68	56	55	34	36	38	73
Preuß. Elbehäfen außer Magdeburg . . . . .	1 580	1 310	1 778	1 712	1 458	1 340	1 397	1 584	1 907	2 119
Magdeburg . . . . .	1 479	1 247	1 386	1 235	1 374	1 275	1 220	1 336	1 638	1 800
Hamburg . . . . .	9 891	8 501	9 985	9 291	8 278	7 258	6 849	7 272	9 021	9 990
Halle . . . . .	153	149	203	297	300	257	277	280	332	360

Bei den Angaben für den Verkehr der Sächsischen Häfen in den Jahren 1934—1935 ist zu beachten, daß in diesen beiden Jahren einmalige Verkehrsleistungen von zusammen 350 000 t angefallen sind. Der vergleichbare Schiffsverkehr beträgt daher — nach Angabe der Sächsischen Elbhafen-Betriebsgesellschaft m. b. H. —

1934 nur 908 000 t

1935 nur 878 000 t,

so daß im Gegensatz zu manchen Veröffentlichungen ein Verkehrsrückgang der Sächsischen Elbehäfen im Jahre 1936 gegenüber den Vorjahren nicht vorliegt.

In der Zahlentafel 2 wird das Verhältnis zwischen dem Magdeburger Gesamtschiffs- und Gesamtbahnverkehr und dem bei der Hafen AG. aufgezeichneten Verkehr verdeutlicht. Die wachsende Bedeutung des letzteren im Rahmen des Gesamtverkehrs tritt klar hervor. Die Unterteilung auf die einzelnen Hafengebiete zeigt weiterhin, daß an der Zunahme des Verkehrs in erster Linie die im Kanalhafengebiet anfallenden Verkehrsmengen der Großindustrien beteiligt sind. So stieg der Anteil des Wasserverkehrs der Hafenanlagen am Magdeburger Gesamtwasserverkehr, der im Jahre 1927 nur rd. 35% betragen hatte, auf rd. 64% im Jahre 1937. Durch die Umsiedlung verschiedener bedeutender Verkehrsunternehmungen in das Hafengebiet wird sich dieser schon jetzt bedeutende Vomhundertsatz in den nächsten Jahren weiter steigern. Mengenmäßig noch größer, wenn auch im Verhältnis zum Gesamteisenbahnverkehr Magdeburgs anteilmäßig nicht ganz so bedeutend, ist der von der Hafenbahn geleistete Übergangsverkehr zur Reichsbahn. Immerhin dürfte dieser Anteil mit rd. 30% bei weitem der größte sein, den

ein einzelner Privatanschlußinhaber in Magdeburg aufzuweisen hat. Infolge der im Gange befindlichen Erweiterungen der industriellen Werke, der Verkehrsbelebung durch den Mittellandkanal sowie infolge der Ansiedlung neuer Verkehrsunternehmen ist damit zu rechnen, daß der Hafenbahnverkehr bis zum Jahre 1940 an die Zweimillionentonnen-Grenze herankommen wird.

Läßt sich die Bedeutung Magdeburgs im Elbeverkehr an Hand der vorhandenen Unterlagen ziemlich genau bestimmen, so stößt das gleiche Vorhaben bezüglich des Mittellandkanalverkehrs auf gewisse Schwierigkeiten, da es sich hier bei einer vollkommen neuen Entwicklung nur um allgemeine Schätzungen handeln kann. Im einzelnen dürften folgende Erfahrungsgrundsätze einzuschalten sein: Bei der Betriebsübergabe der einzelnen Teilstrecken des Kanals hat sich, soweit der Verkehr der einzelnen Kanalhäfen in Betracht kommt, ungefähr dieselbe Entwicklung ergeben,

Zahlentafel 2.

Verkehrsbezirk	1931		1932		1933		1934		1935		1936		1937	
	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%						
Schiffsverkehr														
Handelshafen . . .	437	35	288	21	299	23	297	24	289	21	336	20	390	22
Industriehafen . .	135	11	155	11	129	11	140	12	126	10	118	8	146	8
Kanalhafen . . .	53	4	248	18	272	21	238	19	411	31	592	36	617	34
Hafen AG. . . . .	625	50	691	50	700	55	675	55	826	62	1046	64	1153	64
Übriger Verkehr . .	610	50	683	50	575	45	545	45	510	38	592	36	647	36
Magdeburg (Gesamt)	1235	100	1374	100	1275	100	1220	100	1336	100	1638	100	1800	100
Bahnverkehr														
Handelshafen . . .	228	8	164	7	145	6	114	4	123	3	157	4	136	?
Industriehafen . .	641	23	242	10	241	10	266	10	259	7	281	8	314	?
Kanalhafen . . .			218	9	270	11	445	16	999 <sup>1</sup>	27	614	18	985	?
Hafen AG. . . . .	869	31	624	26	656	27	825	30	1381 <sup>1</sup>	37	1052	30	1435	?
Übriger Verkehr . .	1915	69	1791	74	1821	73	1949	70	2382	63	2502	70	?	?
Magdeburg (Gesamt)	2784	100	2415	100	2477	100	2774	100	3763 <sup>1</sup>	100	3554	100	? <sup>2</sup>	100

die auch bei Eröffnung anderer Wasserstraßen immer wieder zu beobachten war, d. h. der jeweilige Endhafen hat in einem durch die Lage der Verhältnisse bedingten mehr oder weniger großen Umfang Verkehr von den weiter zurückliegenden Häfen an sich gezogen. Er wurde also jeweils zum bevorzugten Ausgangspunkt des gebrochenen Verkehrs Wasser—Schiene bzw. Wasser—Landstraße, während den rückwärtigen Häfen nur noch die Bedienung ihres eigentlichen Hinterlandes verblieb. Es wird nicht selten die Meinung vertreten, als ob auch Magdeburg aus dieser fast naturbedingten Entwicklung Nutzen ziehen könnte und damit wesentliche Teile des Verkehrs der jetzigen Kanalendhäfen, insbesondere von Braunschweig und vielleicht auch von Neuahaldensleben, übernehmen würde. Diese Ansicht dürfte in der Praxis keine Stütze haben. Bei Magdeburg liegen die Verhältnisse insofern anders, als es zwar Endhafen des eigentlichen Mittellandkanals, aber nur bedingt Endhafen einer Wasserstraße wird. Diese Einschränkung bedeutet, daß es am Ende einer sich durch gleichbleibende Wassertiefe und Wasserführung auszeichnenden Kanalstrecke liegt und daher im allgemeinen nur von den Zwangsläufigkeiten wie Ableichterung, Umladung usw. Nutzen ziehen wird, die sich beim Übergang der Fahrzeuge von einer solchen Strecke auf andere, diese Vorteile nicht besitzenden Strecken ergeben. Magdeburg wird also wahrscheinlich in erster Linie ein Durchgangshafen werden. Betrachtet man in diesem Zusammenhange zunächst den Umfang des zu erwartenden Durchgangsverkehrs, so muß man auch heute noch in erster Linie auf die amtliche Schätzung dieses Verkehrs aus dem Jahre 1932 zurückgreifen. Diese Schätzung ist seinerzeit, um für die Kanalbauvorlagen der Regierung Unterlagen zu gewinnen, von der Wasserstraßendirektion Hannover aufgestellt worden. Sie kommt bekanntlich zu dem Ergebnis, daß der voraussichtliche Verkehr an der Kreuzung des Mittellandkanals mit der Elbe („oberhalb Hebewerk Rothensee“)

in der West-Ostrichtung . . . . . rd. 9,1 Mill. t  
 in der Ost-Westrichtung . . . . . rd. 3,3 Mill. t

zusammen: rd. 12,4 Mill. t

betragen wird.

<sup>1</sup> Einschließlich eines einmaligen Sondertransportes.

<sup>2</sup> Nicht veröffentlicht.

Im einzelnen haben heute die Zahlen nur noch geringen Wert, da sie m. W. aus der Höhe des Frachtunterschiedes zwischen den damaligen Bahntarifen und Kanalfrachten usw. errechnet worden sind und damit von Berechnungsgrundlagen ausgehen, die sich in der Zwischenzeit wesentlich verschoben haben. Ebenso ist bekannt, daß durch die weitgehenden Wandlungen der Wirtschafts- und Verkehrsgrundlagen im mitteldeutschen Raum sich Verschiebungen gegenüber den oben mitgeteilten Zahlen anbahnen, deren Ausmaß und Richtung noch gar nicht abgeschätzt werden kann. Erinnert sei z. B. nur an die Wandlungen in der Treibstoffherstellung und -verteilung gegenüber 1932, die im großen gesehen eine Verlagerung des Verkehrs von der Nord-Südrichtung (von den Seehäfen flußaufwärts) auf die Ost-Westrichtung, nämlich Verteilung der Überschüsse aus den neuerstellten, eigenen Erzeugungsstätten auf die Zuschußgebiete gebracht haben. Ähnliche Verhältnisse liegen beim Stein- und Kalisalzverkehr vor, die aller Wahrscheinlichkeit nach dazu führen werden, daß der bis vor wenigen Jahren noch überwiegend in der Ost-Westrichtung verlaufende Verkehr seinen Ausgangspunkt nicht mehr von den Elbeplätzen, sondern von Braunschweig, Hildesheim und sogar von den Weserhäfen nehmen wird.

Obwohl also die zahlenmäßige Größe bzw. die Aufteilung nach Güterarten des das Hebewerk Rothensee durchlaufenden Verkehrs sich zur Zeit vielleicht weniger als früher übersehen läßt, kann doch damit gerechnet werden, daß zum mindesten in bestimmten Güterarten ein solcher Verkehr tatsächlich anwachsen wird. Voraussetzung ist jedoch, daß die Abgabengestaltung auf dem Oststück des Kanals eine solche Entwicklung unterstützt.

In diesem Sinne hat sich Magdeburg bezüglich des durchgehenden Verkehrs eingerichtet, der sicherlich in den ersten Jahren zunehmen wird, nämlich solange er nach den ostelbischen Gebieten, insbesondere nach Berlin, noch ein Stück über die Elbe von der Einmündung des Elbabstiegs bis zur Schleuse Niegripp geleitet werden muß, und solange dieses Stück nicht den auf dem Kanal zu erwartenden Wasserverhältnissen angepaßt ist. Während dieser Zeit müssen die für diese Gebiete bestimmten Kähne in mehr oder weniger großem Maße in Magdeburg abgeleichtert werden. Ebenso wird dies zum mindesten in der ersten Zeit der Fall sein für den Verkehr nach der Oberelbe und Saale. Mit der verschärften Niedrigwasserregulierung der Elbe wird jedoch diese Notwendigkeit zur Ableichterung allmählich verschwinden.

Eine wesentlich größere Bedeutung wird Magdeburg als Knotenpunkt zweier bedeutender Wasserstraßen, nämlich des Kanals, einschließlich seiner Verlängerung in Richtung Berlin, und der Elbe, erlangen. Es wird der gegebene Platz sein, an dem, vielleicht nicht so sehr für Massengüter wie für Stückgüter und kleinere Massengutsendungen, eine Neuverteilung der Güter auf die einzelnen von Magdeburg ausgehenden Verkehrsbeziehungen in Frage kommt. Begünstigt wird diese Entwicklung wahrscheinlich durch die noch für absehbare Zeit bestehende Unmöglichkeit, mit ausgesprochenen Kanalkähnen jederzeit auf der Elbe und den angrenzenden Wasserstraßen verkehren zu können. Daß diese Entwicklung richtig gesehen wird, zeigt das von Schifffahrts- und Speditionsfirmen für Ansiedlungen im neuen Magdeburger Hafengebiet aufgebrachte Interesse, und zwar besonders auf dem Trennungsdamm, der für diese Zwecke besonders gedacht ist und auch dafür ausgebaut wird. Ohne Zweifel werden die Magdeburger Häfen außer aus diesen Möglichkeiten auch aus dem direkten Schiffsverkehr von Westen nach dem Magdeburger Platz selbst und seiner nächsten Umgebung Nutzen ziehen. In vielen Fällen, z. B. bei der erwarteten Umlagerung der Steinkohlenbezüge der Großgaserei Magdeburg und anderer Großindustrien, wird es sich jedoch nicht um Neuverkehr, sondern nur um eine Verlagerung des Verkehrs in seine natürlichen Bahnen handeln. Nach den bestehenden Verhältnissen zwischen Bahnfracht und Schiffsfracht, insbesondere in den höher tarifierenden Güterklassen, muß allerdings auch mit einer Zunahme des durchgehenden Schiffsverkehrs von und nach dem Westen über den Kanal gerechnet werden.

Bei diesen ganzen Überlegungen ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß eine entscheidende Rolle die Abgabenfrage auf dem Kanal spielt. Die jetzigen Verhältnisse auf diesem Gebiet sind zu bekannt, als daß in diesem Zusammenhange näher hierauf eingegangen zu werden braucht. Außerdem beschäftigen sich seit längerer Zeit die verschiedensten Stellen eingehend mit dieser Frage und sind dabei zu der Überzeugung gekommen, daß der Verkehrsentwicklung auf dem Kanal durch die bestehenden Abgaben starke Fesseln angelegt worden sind, und daß manche für den Wasserweg geeignete Güter kaum den Kanal benutzen werden, besonders, wenn sich der eigenartige Zustand ergibt, daß der durchgehende Kanalweg teurer wird als z. B. der weit umständlichere und mehrmaligen Umschlag erfordernde Rhein-See-Elbe-Verkehr. Die vor wenigen Monaten veröffentlichte Senkung der Abgaben auf dem Oststück des Kanals für einige Güterarten wie Zucker, Getreide usw. kann die grundsätzliche Richtigkeit dieser Haltung nur bestärken. Aus all diesen Gründen werden Voraussagen über die zukünftige Verkehrsentwicklung eben nur Schätzungen bleiben.

Die durch die Reichswerke Hermann Göring, die Volkswagenfabrik usw. hervorgerufene gewaltige Steigerung des Verkehrsaufkommens auf den Kanalstrecken westlich von Braunschweig berührt die Magdeburger Entwicklung zunächst weniger. Es bliebe lediglich abzuwarten, ob sich die starke Anziehungskraft dieser Werke auf den vorhandenen Schiffsraum durch die stets vorhandene Möglichkeit der Rückladung in den Schiffsfrachten von Westen nach den östlich dieser Werke gelegenen Plätzen ausgleichend auswirkt.

Zusammengefaßt dürfte festzustellen sein, daß dem Magdeburger Hafen und der Schifffahrt in gewissem Umfange Neuverkehr zufließen wird, daß darüber hinaus, zum mindesten in den ersten Jahren, erhebliche Ableichterungen zu erwarten sein werden, und daß in erster Linie Magde-



Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 15. Verschiedene Schiffs-Typen auf der Elbe. Nach einem alten Stich im Museum für Stadtgeschichte und Heimatliche Volkskunde, Magdeburg.

burg als „Wasserstraßenkreuz der Mitte“ der gegebene Umschlags- und Verteilungsplatz in den Verkehrsbeziehungen zwischen dem Westen des Reiches, den mitteldeutschen und den ostelbischen Gebieten sein wird. Entscheidend für das Ausmaß dieser Entwicklung wird immer die Gestaltung der Abgabepolitik auf dem Oststück des Kanals bleiben.

Die kraftvolle Verbindung der Stadt mit dem Elbstrom, die seit Anbeginn der wirtschaftlichen Betätigung ihrer Bevölkerung stets der Ansporn für ihre Weiterentwicklung gewesen ist, findet neben dem eigentlichen Hafen- und Umschlagswesen ihre beste Verkörperung in dem Schifffahrtswesen. Beiden Gebilden hat die Stadt ihre stärkste Fürsorge zuteil werden lassen; auf beiden hat sie jahrhundertlang ihren Wohlstand aufgebaut; so wie beide ohne einander nicht bestehen können, sind sie auch untrennbar mit der Stadt verflochten. Unternehmungslustige Männer der Schifffahrt, eine tüchtige Kaufmannschaft, selbstbewußte und fähige Stadtvertreter benutzten diesen lebendigen Strom, um Handel und Wandel über ihn flußauf- und flußabwärts und in die angrenzenden Gebiete zu tragen. Die Zeiten der Hansa mit ihren Hamburg-, Lübeck- und Flandernfahrern waren für Magdeburgs Geltung im Reich rühmende Zeugen. Trotz aller Schwierigkeiten, auf unreguliertem Strom und nur mit der Kraft der Natur und der Menschen ausgestattet sich fortzubewegen, wurde im Laufe der Jahrhunderte die Schifffahrt immer lebendiger und gefestigter (Abb. 15). Die Schifferbrüderschaft gab den Stamm ab für die Betreuung der Schifffahrtsstraßen nach Hamburg, Halle, Dresden, Prag usw. Mit der Einführung der Dampfmaschine vor ungefähr 100 Jahren ging auch auf diesem Gebiete eine Umwälzung ohnegleichen vor sich. Es war zunächst unvorstellbar, unabhängig vom Wind und Wetter, von der menschlichen und tierischen Zugkraft zu sein. Magdeburg kann sich rühmen, daß in seinen Mauern und mit seiner Hilfe opferbereite Männer aus dem Wirtschaftsleben und tüchtige Ingenieure über die Buckauer Maschinenfabrik das erste, gut verwendbare Dampfschiff vor genau 100 Jahren für die Elbe bauten (Abb. 16). Damit war der Weg für eine glänzende Entwicklung freigemacht. Wenn auch die Eisenbahn dank ihrer Schnelligkeit und Anpassungsfähigkeit die für längere Strecken, z. B. von Magdeburg nach Hamburg, eingesetzten Fahrgastschiffe bald verdrängte, so blieb doch die Ausbeutung der Zug- und Triebkraft in der Güterschifffahrt mit all den uns jetzt zur Selbstverständlichkeit gewordenen Vorteilen.

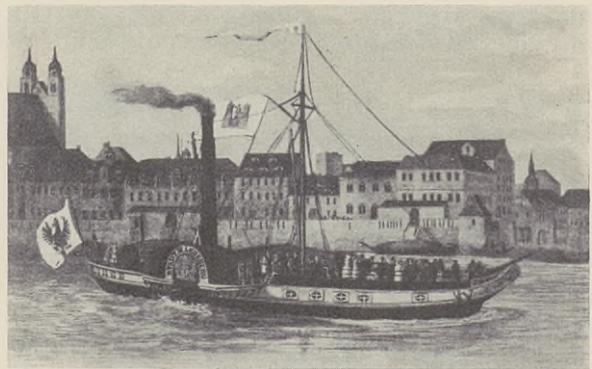


Abb. 16. Dampfer „Stadt Magdeburg“. Von der Buckauer Maschinenfabrik als erstes Dampfschiff auf der Elbe erbaut, 1838.

Eine ganze Reihe von bedeutenden Reedereien ist früher aus Magdeburg hervorgegangen und hat am Platz am Aufbau unserer Wirtschaft mitgewirkt. Leider ist, abgesehen von einigen wenigen Firmen, ein größerer Teil entweder eingegangen, aufgekauft worden, abgewandert und jetzt mehr an den Anfangs- und Endpunkten unseres Stromes beheimatet. Der Wunsch und die Hoffnung der Stadt, auch auf diesem Gebiete wieder eine engere Verbindung mit der Schifffahrt zu bekommen, besteht auch im Hinblick auf den Anschluß des Mittel-landkanals an die Elbe bei Magdeburg unvermindert fort. Als äußeres und ganz markantes Zeichen

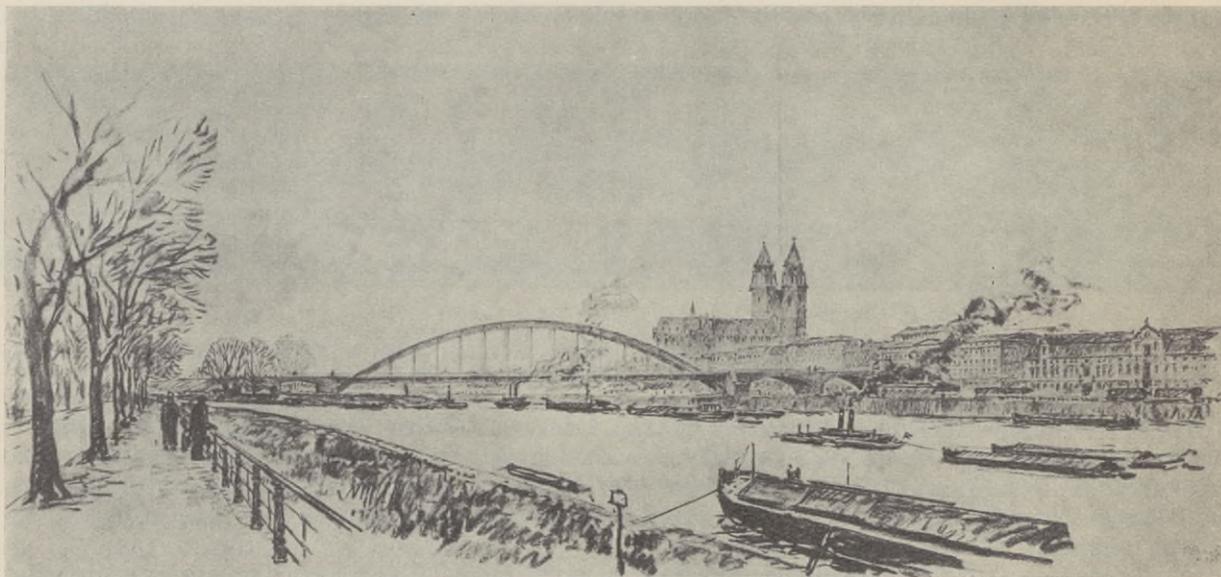


Foto: Stadt Magdeburg.

Nach einer Architektenzeichnung der Dortmunder-Union-Brückenbau-Aktiengesellschaft. Mitarbeiter als Architekt: Prof. P. Bonatz.

Abb. 17. Neubau der Strombrücke.

dieser weiteren Verankerung der Stadt und ihrer Wirtschaft mit den Schifffahrtskreisen, den Schifffahrtsverbänden und sonstigen verwandten Organisationen soll zu gegebener Zeit an einer zur Stadt und zum Strom gleich günstigen Stelle ein Haus der Binnenschifffahrt erstehen. Damit würde nur eine Entwicklung fortgesetzt, die bei dem kürzlich für Magdeburg gewonnenen Institut für Seegeltung schon erfolgreich begonnen wurde.



Foto: Stadt Magdeburg.

Abb. 18. Havarie an der alten Strombrücke (Winter 1937/38).

Wie sicherlich durch die immer stärkere Verflechtung der einzelnen Stromgebiete die Betriebsmittel der Frachtschifffahrt einander anzugleichen und nach neueren und zweckmäßigeren Grundsätzen und Erfahrungen zu gestalten sind, so muß für Magdeburg auch die Fahrgastschifffahrt grundlegend neu aufgebaut werden, zumal der Drang der Bevölkerung bei ihrem Sinn für Natur und Erholung gerade nach diesem Verkehrsmittel außerordentlich kräftig ist. Mit dem Neubau der Strombrücke (Abb. 17) wird die Stadt in der Nähe dieses monumentalen Bauwerkes übersichtliche, zweckmäßige und ausreichende Anlegestellen dafür schaffen. Sie muß aber auch von den beteiligten Kreisen verlangen, daß sie dieses Gebiet mehr pflegen und nach den auf anderen Strömen vorhandenen Vorbildern, wie auf dem Rhein und den märkischen Gewässern, für Magde-

burg sich gleichwertig einsetzen. Desgleichen will die Stadt Hilfe leisten, um Schiffswerften und Instandsetzungswerkstätten in größerem Maße als bisher im nördlichen Hafengebiet unterzubringen.

Schifffahrt und Hafenwesen hätten in Magdeburg nicht zu solcher Blüte kommen können, wenn nicht der eigentliche Träger dieser Entwicklung, der Elbstrom, aus dem früher unregelmäßigen Zustande im Laufe der Jahrhunderte den vorgenannten Zwecken dienstbar gemacht worden

wäre. Viel Kraft, Ausdauer, Überlegung und Ingenieurkunst mußten aufgewendet werden, um der Eigenart des Wasserlaufes folgend diese Umformung möglichst organisch und ohne Zwang vorzunehmen. Nach gewissen groben Vorarbeiten unter der Förderung durch die brandenburgischen und preußischen Landesfürsten hat besonders in der Mitte des vorigen Jahrhunderts das große Regelungswerk durch Ausbau der verschiedenen Querschnitte, Anlage von Buhnen, Deck- und Leitwerken, Beseitigung zu scharfer Krümmungen usw. eingesetzt und ist heute so weit gediehen, daß voraussichtlich in wenigen Jahren auch die sog. verstärkte Niedrigwasserregulierung die letzten Wünsche der Schifffahrt auf gleichmäßige und ausreichende Wassertiefen erfüllt. Letztere werden allerdings nur durch die Einschaltung weiterer Staubecken zur Sicherung eines gleichmäßigen Ablaufes und zur Einspeisung bei knappen Wasserständen zu erreichen sein. Besonders wichtig wird in dieser Beziehung neben den Saalesperren das große Pirnaer Becken sein. Zur gleichen Zeit wird Magdeburg von allen, die Schifffahrt bisher so stark beeinträchtigenden Hindernissen am Domfelsen, an der Strombrücke (Abb. 18) und der Berliner Eisenbahnbrücke befreit sein, indem die Reichswasserstraßenverwaltung diese Stellen bei niedrigen Wasserständen so stark überstaut, daß sie gefahrlos durchfahren werden können. Dieses gewaltige Werk der Staustufe Magdeburg mit allem Zubehör, wie Schleppzugschleusen, Klappenwehr, Neubau einer Strombrücke zwecks Beseitigung der alten, im ganzen nicht profilmfreien Brücke, Umbau der Berliner Eisenbahnbrücke, Verbesserung der Hafenverhältnisse usw. wird über die Grenzen Magdeburgs hinaus als erlösende Tat von der ganzen Elbeschifffahrt empfunden werden.

Die Stadt ist dankbar und froh, daß die von ihr mit allen Beteiligten stets mit Nachdruck verfolgte Hafen- und Schifffahrtspolitik so reiche Früchte trägt. Sie wird weiterhin bestrebt sein, dieses Lebenselement zu pflegen und es den hohen Aufbauzielen unseres Reiches einzuordnen.

# Vorträge,

gehalten auf einem Vortragsabend am 24. November 1938 in Berlin.

## Neuzeitliche Grund- und Wasserbauten.

Von Dr.-Ing. e. h. Rud. Christiani, Kopenhagen.

### Castelmoron-Brücke.

In Frankreich findet man heute noch zahlreiche alte Hängebrücken, die vor 75 bis 150 Jahren gebaut wurden und selbstverständlich nicht mehr imstande sind, den modernen Verkehr mit schweren Lastautos aufzunehmen. Diese Brücken werden nach und nach umgebaut und in vielen Fällen durch moderne Betonbrücken ersetzt.

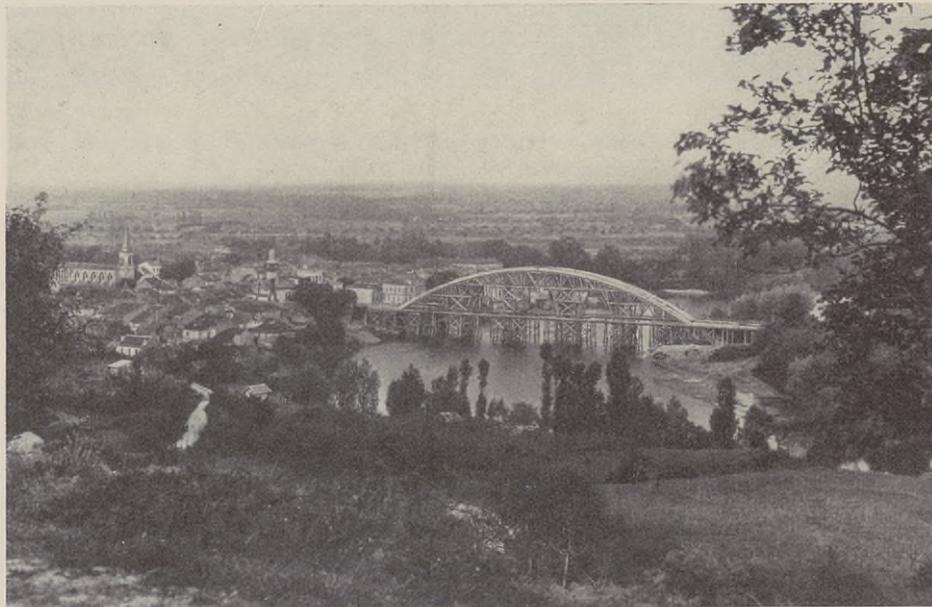


Abb. 1. Gesamtansicht der im Bau (Mai 1933) befindlichen Brücke — Aussicht über das Lot-Tal.

Die oft starken Strömungen der Flüsse und die plötzlichen Änderungen im Wasserstand lassen es in vielen Fällen wünschenswert erscheinen, Einschränkungen des Flußquerschnittes durch Zwischenpfeiler zu vermeiden, und so wird der Konstrukteur dann dazu geführt, Betonbrücken mit großen Spannweiten vorzuschlagen.

Als charakteristisches Beispiel dieser Art soll der Bau der Brücke über die Lot bei Castelmoron in Südfrankreich näher beschrieben werden.

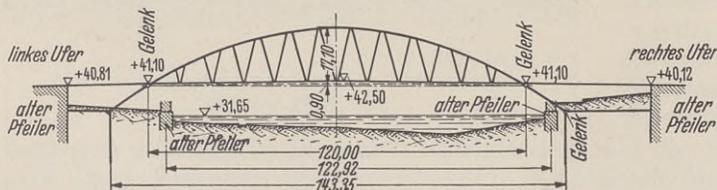


Abb. 2. Statische Anordnung — Lage der Gelenkpunkte.

Die Firma Christiani und Nielsen schlug hier den Bau einer Bogenbrücke in einer Öffnung vor mit einer Spannweite von 143,55 m und einer Pfeilhöhe von 26,2 m. Im Sommer 1931 wurde

das Angebot abgegeben, und als 2 Jahre später die Brücke fertig stand, war es die weitgespannteste Eisenbetonbogenbrücke mit aufgehängter Fahrbahn, die bisher in der Welt ausgeführt war.

Das, was diese Brücke in technischer Hinsicht charakterisiert, ist folgendes:

1. Das statische Hauptsystem,

2. die Aufhängung der Fahrbahn im Bogen durch schräggestellte Hängestangen und

3. die Aufstellung des Bogens selbst in 2 Teile, in einen inneren Kern und in einen äußeren später betonierten Mantel.

Wie man auf Abb. 2 sehen kann, ist der Mittelteil des Bogens ein Zwei-Gelenkbogen. Ein 3. Gelenk ist zwischen der Bogenverlängerung unter der Fahrbahn rechts und dem zugehörigen Fundamentblock vorgesehen. Die Brücke wird somit äußerlich statisch bestimmt und ist daher unbeeinflusst von Fundamentsetzungen und Temperaturänderungen.

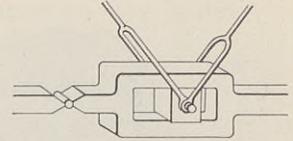
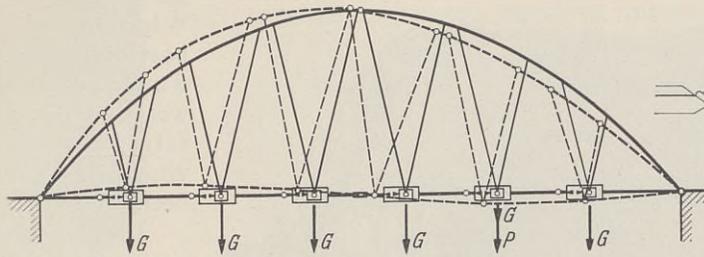


Abb. 3. Anordnung und Wirkungsweise der schrägen Hängestangen.

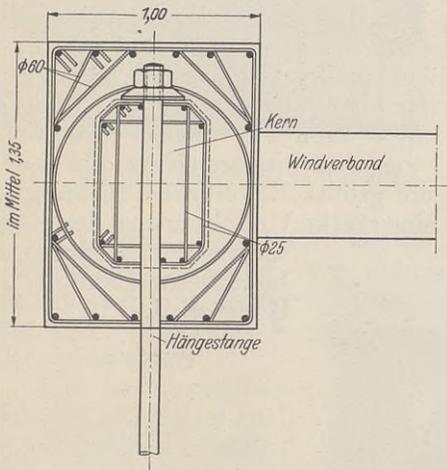


Abb. 4. Bogenquerschnitt der Castelmoron-Brücke.

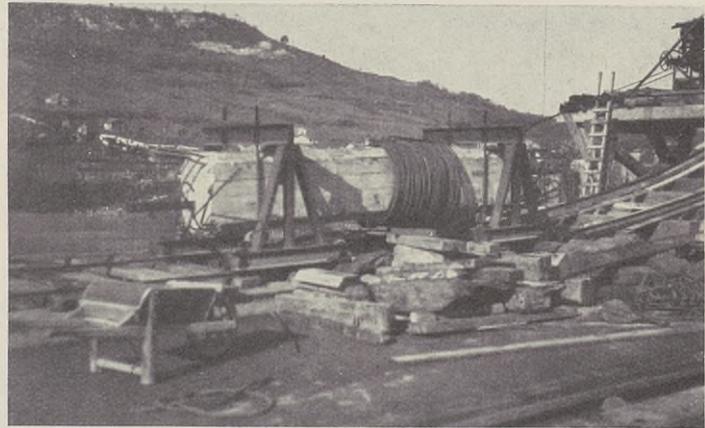


Abb. 5. Bogenstück auf dem Arbeitsplatz fertig zum Versetzen.

Wie bereits erwähnt, ist die Fahrbahn in den Bögen mit Hilfe von schräggestellten Hängestangen aufgehängt, wodurch die Bogenmomente ganz bedeutend herabgesetzt werden. Das System dieser Brücken ist erfunden und statisch ausgebildet von dem dänischen Ingenieur Dr. O. F. Nielsen.

Um die Wirkungsweise des Systems zu verstehen, denkt man sich, daß die Knotenpunkte der Hängestangen sich im Verhältnis zur Fahrbahn waagerecht bewegen können, z. B. in der skizzierten Steuerung.

Es ist aus Abb. 3 ersichtlich, daß hierbei erstens der Fahrbahn balken unter Einwirkung einer Kraft  $P$  gewisse senkrechte Deformationen bekommt. Zweitens bekommen die Hängestangenknoten aber auch gewisse waagerechte Verschiebungen im Verhältnis zur Fahrbahn. Dies kann natürlich in Wirklichkeit nicht stattfinden, und, um Übereinstimmung zu erreichen, müssen diese Knoten mit waagerechten Kräften zurückgeschoben werden, z. B. durch eine gedachte Verkeilung.

Wie man aus der Abbildung direkt ersehen kann, wird dadurch der deformierte Bogen gegen seine undeformierte Stellung mehr oder weniger zurückgezwungen, und dementsprechend geben die

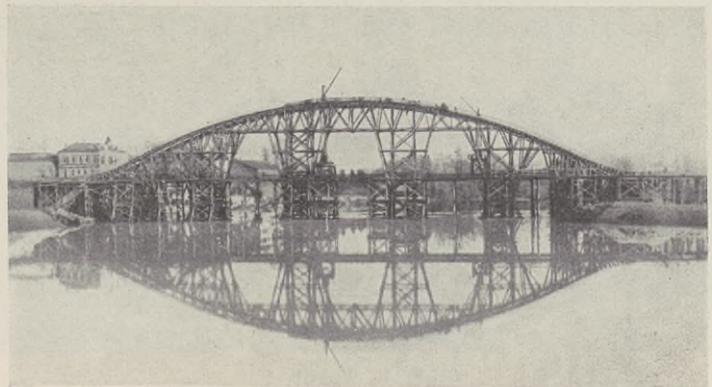


Abb. 6. Lehrgerüst, vorläufig noch unbelastet.

genannten waagerechten Kräfte Momente im Bogen, die den erst besprochenen Momenten entgegengerichtet sind. Das Resultat im wirklichen System wird dann eine Momentenreduktion im Bogen, die bei einer zweckmäßigen Bemessung der einzelnen Konstruktionsteile sehr beträchtlich bis 90 % werden kann. — Näher auf die Wirkungsweise des vielfach statisch unbestimmten Systems hier einzugehen, würde zu weit führen. Die Wirkungsweise ist mehr in Details in einem Aufsatz „Engineering News-Record“ vom 25. April 1935, S. 577—580, beschrieben.

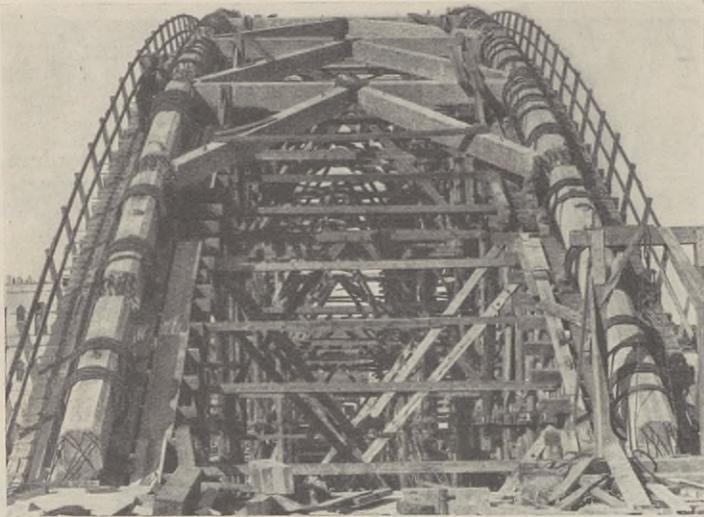


Abb. 7. Montage der Bogenkernstücke und des Windverbandes.

kann, besteht der Bogen — innerhalb der punktierten Linie — aus einem inneren Kern, der wieder von einem äußeren Mantel umgeben ist. In dem Kern ist die größte Betonbeanspruchung  $127 \text{ kg/cm}^2$  und in dem Mantel  $84 \text{ kg/cm}^2$ . Wie man sieht, wurde eine starke Umschnürung des Kerns angewandt, wodurch die hohe Betonspannung zulässig wird.

Da gerade die Aufnahme der Bogenmomente bei Betonbrücken mit großer Spannweite Schwierigkeiten verursacht, halte ich die wiedergegebene Konstruktion von besonderer Bedeutung und auch von großem Vorteil, wenn es sich um Eisenbetonbrücken mit großer Spannweite handelt.

Die Höhe des Bogenquerschnitts nimmt von 120 cm im Scheitel bis zu 150 cm an den Gelenken zu. Die Bogenbreite bleibt konstant 100 cm. (Abb. 4).

Wie man auf diesem Bild sehen kann, besteht der Bogen — innerhalb der punktierten Linie — aus einem inneren Kern, der wieder von einem äußeren Mantel umgeben ist. In dem Kern ist die größte Betonbeanspruchung  $127 \text{ kg/cm}^2$  und in dem Mantel  $84 \text{ kg/cm}^2$ . Wie man sieht, wurde eine starke Umschnürung des Kerns angewandt, wodurch die hohe Betonspannung zulässig wird.

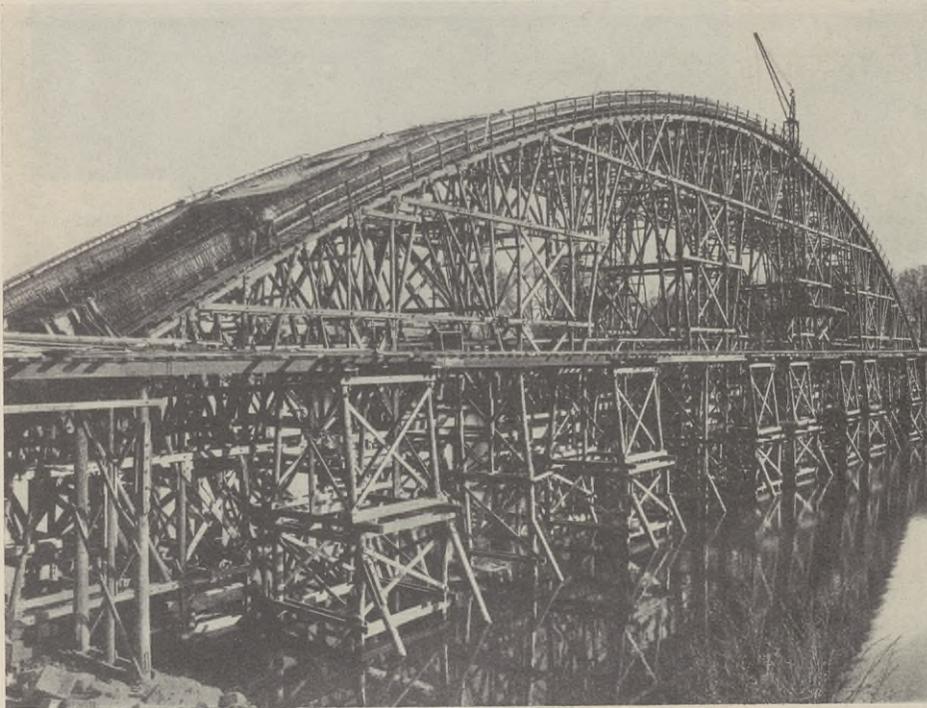


Abb. 8. Das Gerüst, belastet mit dem Kernbogen.



Abb. 9. Hydraulische Pressen im Bogenscheitel.

Der Bogenkern (Abb. 5) wurde zunächst auf dem Arbeitsplatz in einzelnen Stücken, die in ihrer Länge den Entfernungen der Windverbandknotenpunkte entsprachen, betoniert und dann mit Wagen, die auf dem Gerüst fahren konnten, an ihren Platz gebracht. Der äußere Bogenmantel wurde an Ort und Stelle betoniert.

Zum Bau des Bogens wurde ein Lehrgerüst (Abb. 6) von allgemein bekannter Konstruktion an-

gewandt. Sobald die Kernstücke und der Windverband mit Ausnahme der Scheitelstücke zusammenbetoniert und erhärtet waren, wurde der Kernbogen mit Hilfe von den auf dem Bild zu sehenden hydraulischen Pressen unter Druck gesetzt, wonach der äußere Bogenmantel betoniert wurde. Das Lehrgerüst brauchte daher niemals das gesamte Bogengewicht zu tragen, sondern nur etwa das halbe.



Abb. 10. Fahrbahn (Unteransicht).



Abb. 11. Probelastung mit Sand.

Auf Abb. 7 sieht man, wie die Kernstücke auf dem Gerüst angebracht, aber noch nicht zusammenbetoniert sind. Wie man weiter sieht, ist der Windverband ein einfaches K-Gitterwerk. Es ist auch aus vorher betonierten Stücken zusammengesetzt.

Die Ausführung des Bogens ging ganz nach dem voraus sorgfältig aufgestellten Programm vor sich. Auf Abb. 8 sieht man den Kernbogen fertig zusammenbetoniert, und man ist gerade im Begriff, die Umschnürung zu verteilen.

Abb. 9 zeigt die 400 ts hydraulischen Pressen im Scheitelpunkt des Bogens. Mit diesen Pressen wird der Bogenkern unter Druck gesetzt und so vom Gerüst abgehoben; später werden die Pressen dazu benutzt, die gewünschten Vorspannungen in dem fertigen Bogen hervorzurufen.

Die Fahrbahnkonstruktion ist auf Abb. 10 zu erkennen.

Die fertige Brücke wurde einer sehr sorgfältigen Probelastung mit entsprechenden Messungen der Durchbiegungen unterzogen. Abb. 11 zeigt die Anbringung einer Totalbelastung mit Sand, die 24 Stunden liegen blieb.



Abb. 12. Probelastung mit beweglicher Last.



Abb. 13. Fertige Brücke von einem Widerlager aus.

Ein paar Tage später wurden Probelastungen mit beweglicher Belastung durchgeführt (Abb. 12). Beide Belastungsversuche gaben außerordentlich zufriedenstellende Resultate, indem die Durchbiegung nur als Maximum zu ca. 1/8000 der Spannweite gemessen wurde, d. h. ca.  $\frac{1}{3}$  von dem Maß, das vertraglich festgelegt war.

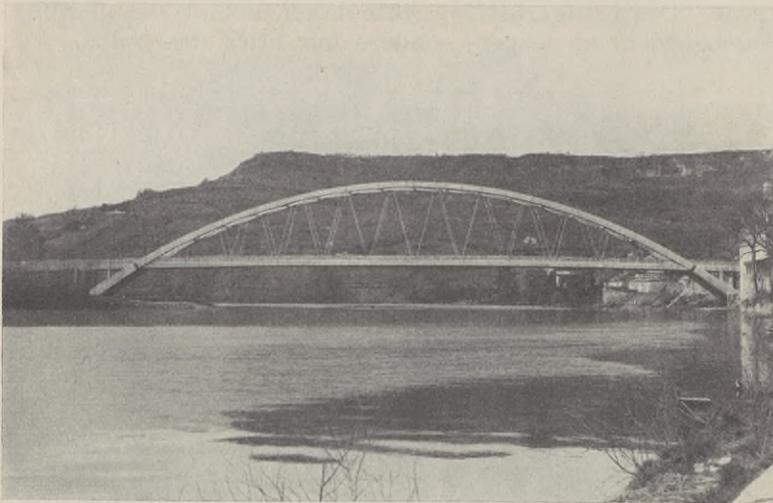


Abb. 14. Seitenansicht der fertigen Brücke.

Den Abschluß mögen zwei Lichtbildervon derfertigen Brücke bilden. Auf dem ersten sieht man die Brücke von einem Widerlager aus, und auf dem zweiten Bild in der Ansicht von dem Weg aus, der dem Flußufer folgt.

Die Brücke wurde für das französische Ministerium für öffentliche Arbeiten unter der Leitung von Oberingenieur Hupner und Ingenieur Chamboredon ausgeführt.

Das Projekt wurde von unserem Konzern ausgearbeitet, und die praktische Ausführung von Etablissements Christiani & Nielsen S. A. F., Paris, unter der Leitung von Direktor Vilsboe und Oberingenieur Elvers zum glücklichen Ende geführt.

### Storströmbrücke.

Ein Blick in den Atlas zeigt Dänemark als das natürliche Bindeglied zwischen Skandinavien und dem südlichen und westlichen Teil von Mitteleuropa. Sowohl von Schwedens Hauptstadt Stockholm mit Verbindung nach Finnland, als auch von Norwegens Hauptstadt Oslo führen die

schnellsten und direktesten Verkehrsverbindungen nach Westdeutschland (Hamburg, Köln) und hiermit auch nach Paris, London, Amsterdam über Dänemark. Die dänischen Hauptverkehrslinien müssen deshalb so geplant und aufrechterhalten werden, daß sie in erster Linie den Forderungen des internationalen Durchgangsverkehrs entsprechen.

In den letzten 20 Jahren hat der Verkehr sich sehr entwickelt; die Bedeutung der Eisenbahn hat eine Einschränkung durch den Luft- und Autoverkehr erfahren, aber für alle Verkehrszweige gilt, daß die Fahrgeschwindigkeiten erhöht werden, und die Linie ist die beste, die am schnellsten zum Ziel führt.

Die dänische Staatsverwaltung, gestützt durch privaten Unternehmungsgeist, hat bereits größere Arbeiten ausgeführt und wird es weiterhin tun, um diese dänischen Hauptverkehrslinien mit den modernen Verkehrsforderungen in Einklang zu bringen; aber hier bietet Dänemarks geographische Struktur große Schwierigkeiten; es ist nicht möglich, irgendeine Linie durchzuführen, ohne an mehreren Stellen Wasser überqueren zu müssen.

Wie man aus der Karte Abb. 15 sieht, besteht Dänemark aus der Halbinsel Jüt-

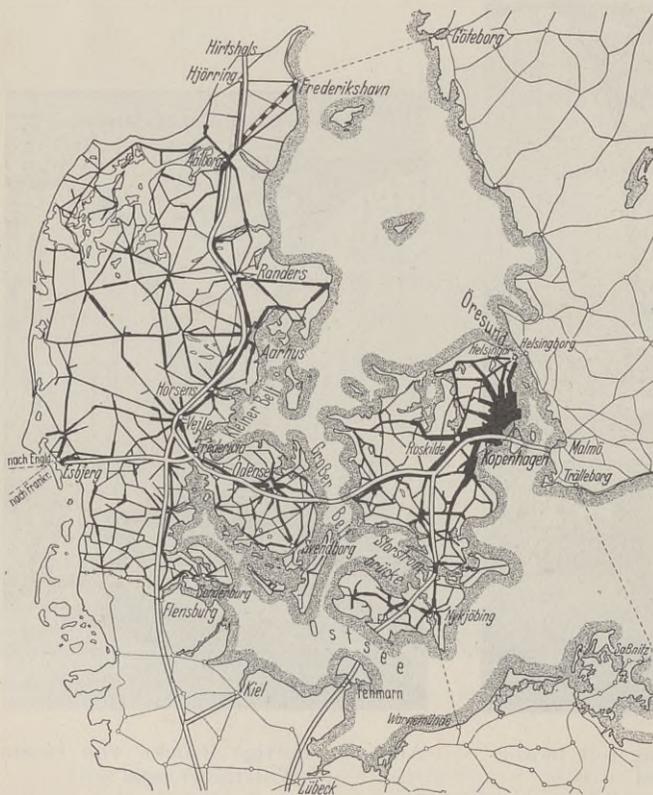


Abb. 15. Automobilverkehrskarte von Dänemark.

Die Karte zeigt in schwarzer Einzeichnung das vorhandene Straßennetz, und zwar ist die Einzeichnung um so dicker, je stärker der Verkehr ist. Gleichzeitig ist (weiß) ein projektiertes Autobahnnetz eingezeichnet, wobei die Autobahnen den meist befahrenen Fernverkehrslinien folgen.

land und einer Menge Inseln, wovon Seeland und Fünen die größten und Laaland und Falster die südlichsten sind.

Die Verbindung zwischen Dänemark und dem Ausland wird über 2 Hauptverkehrslinien erreicht:

1. Kopenhagen } — Fredericia — { Esbjerg — England  
Aalborg } { Padborg — Deutschland.
2. Kopenhagen—Gjedser—Warnemünde — { Hamburg  
Berlin.

Beide Linien führen zweimal über Meeresarme, die erste Linie über den Großen Belt und Kleinen Belt, die letztere über „Storström“ und Ostsee.

Diese Verbindungen werden bekanntlich mittels Fähren, die Eisenbahnwagen überführen können, hergestellt. Die Fährverbindungen sind der Verkehrsentwicklung ausgezeichnet gefolgt, solange die Eisenbahn alleiniges Verkehrsmittel war, aber im modernen Verkehr bedeuten die oben genannten Verkehrslinien wesentlichen Zeitverlust und in der schlechten Jahreszeit eine unbequeme Reiseunterbrechung.

In den letzten 10 Jahren sind die Bestrebungen dahin gegangen, diese Fährverbindungen durch Brücken zu ersetzen, die gleichzeitig den Auto- und Eisenbahnverkehr aufnehmen können und außerdem die Wege und Eisenbahnen, die als Hauptverkehrslinien dienen sollen, zu modernisieren.

Von diesen Plänen sind verwirklicht:

1. Bau der Brücke über den Kleinen Belt (ca. 1200 m),
2. Bau der Brücke über den „Storström“ (ca. 3200 m),
3. Einführung von dieselgetriebenen Schnelltriebwagen auf den Strecken

Kopenhagen { —Esbjerg  
                  { —Aalborg.

Man ersieht aus der Karte, daß die projektierten Autobahnen den Hauptverkehrslinien folgen.

Eine Ausnahme jedoch bildet die Strecke Storströmbrücke—Gjedser. Hier zieht man vor, von der Storströmbrücke einen Autobahnweg nach Rödby anzulegen. Von hier aus soll eine schnellgehende Eisenbahnfähre den Verkehr nach Fehmarn und weiter nach Lübeck—Hamburg führen. Die Entwürfe zeigen weiterhin eine Brücke über den Großen Belt und über den Øresund von Kopenhagen nach Malmö.

Die Storströmbrücke ist nur die 1. Etappe für den Ausbau der durchgehenden Verkehrsader Stockholm—Kopenhagen—Hamburg zu einer modernen Verkehrslinie.

Die Kleine-Belt-Brücke wurde, wie bekannt, im Verein mit deutschen und dänischen Firmen ausgeführt und bot mit ihren 4 Strompfeilern, die in 30 m Tiefe fundiert sind, weit größere technische Probleme, als die Storströmbrücke mit ihren 51 Pfeilern auf nur der halben Wassertiefe.

Die Probleme der Storströmbrücke lagen auf anderem Gebiet. Es handelte sich bei dieser

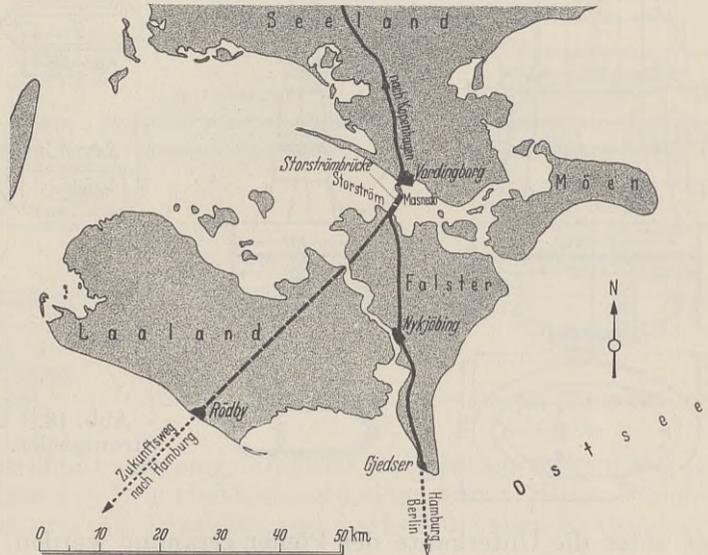


Abb. 16. Situationsplan der Storströmbrücke.



Abb. 17. Die Storströmbrücke aus der Vogelschau.

Brücke darum, die Ausführungsmethoden derartig zu vereinheitlichen, daß es möglich wurde, den Bau innerhalb des verhältnismäßig kurzen Zeitraumes, der zur Verfügung stand, durchzuführen. In Bezug auf diese Aufgabe folgen nachstehend einige Ausführungen.

Die Abb. 16 und 17 geben einen Überblick über die gesamte Anlage. Die Abb. 17 zeigt im Vordergrund Seeland, wo man Eisenbahnen und Automobilwege sieht, die sich treffen, um zu-

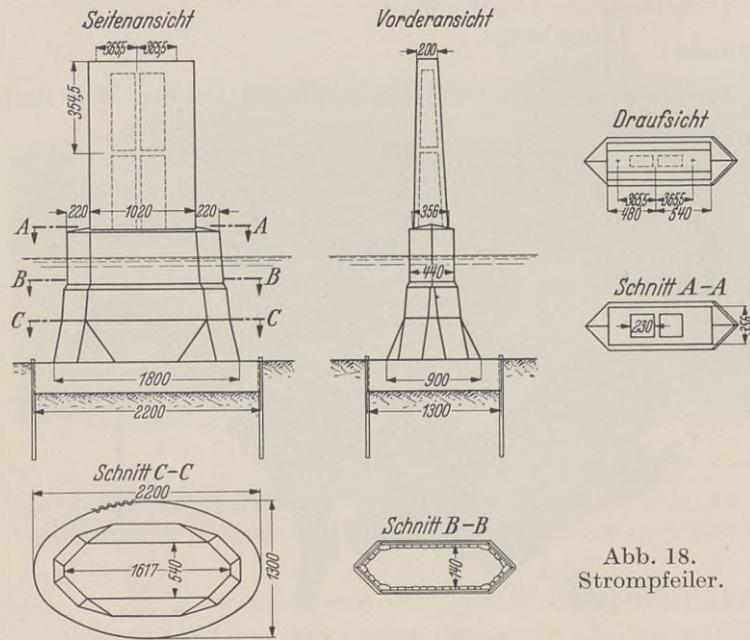


Abb. 18. Strompfeiler.

sammen über den 200 m breiten Masnedund geführt zu werden. Von da ist dann die neue Brücke mit 5 Öffnungen gebaut worden, wovon die mittlere eine Klappbrücke ist. Dahinter sieht man Masnedö und den Damm, der den Verkehr zur Storströmbrücke leitet, die mit ihren 3200 m von Endpfeiler zu Endpfeiler gemessen zu den längsten Brücken Europas gehört. Die Brücke hat Platz für eine eingleisige Eisenbahn und für eine 5,6 m breite Fahrbahn mit einer 2,5 m breiten Bahn, bestimmt für Fußgänger und Radfahrer.

Die Strompfeiler der Brücke (Abb. 18) sind in einer Tiefe von 10—16 m gegründet worden, und zwar direkt auf festen, kalkhaltigen Moräneton. Sie sind ca. 3 m tief in die Sohle eingegraben und gegen Unterspülung durch Spundwände, die 3 bis 8 m

tief unter die Unterkante der Pfeiler gerammt wurden, gesichert. Der Teil zwischen Kote — 3 und + 2,5 ist mit Rücksicht auf Eisgang mit einer Granitbekleidung versehen. Die Pfeilerschäfte sind hohl und haben 0,40 m dicke Wände, die mit einer Bewehrung gegen das Schwinden versehen sind.

Es war nötig, die Arbeitsausführung zu vereinheitlichen, und man wählte deshalb eine Vorgangsweise, wonach der untere Teil bis Kote — 3 innerhalb schwimmender Fangedämme, die

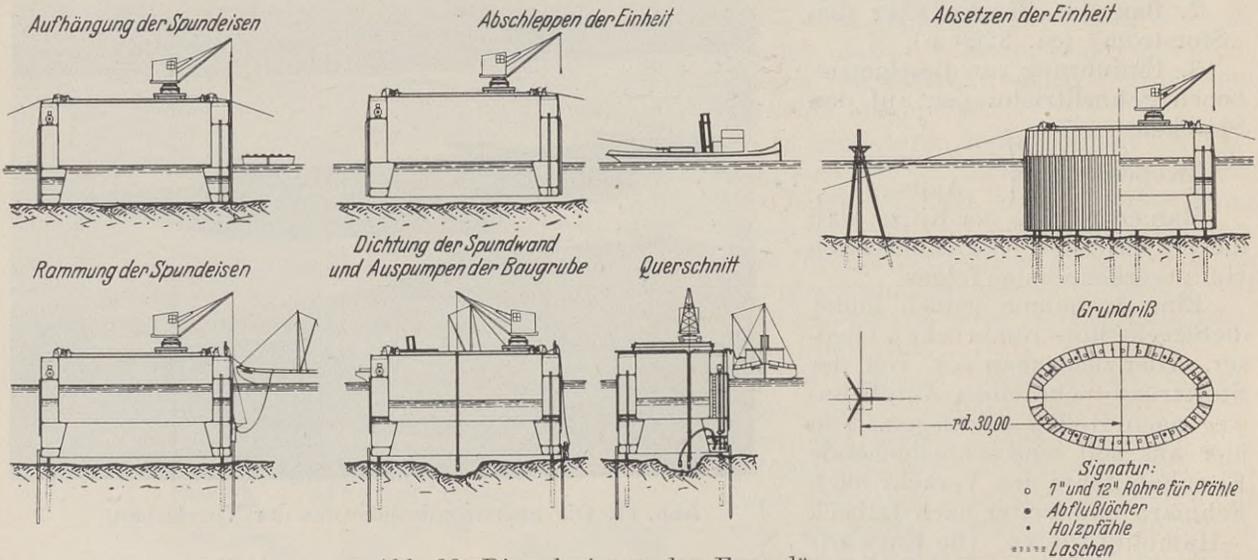


Abb. 19. Die schwimmenden Fangedämme.

von Pfeiler zu Pfeiler versetzt werden konnten, hergestellt wurde. Der granitumkleidete Teil zwischen — 3 und + 2,5 wurde als hohler Eisenbetonkasten an Land ausgeführt und danach an seinen Platz geschwommen und betoniert.

Die Pfeilerschäfte wurden an Ort und Stelle innerhalb beweglicher Stahlformen betoniert.

Die schwimmenden Fangedämme sind aus Eisen als ovale Ringe mit doppelten Wänden hergestellt, so daß sie schwimmen können. Die Hohlräume in den Wänden sind durch Schotten in

verschiedene Tanks unterteilt. Bei der Entleerung oder Füllung dieser können die „Einheiten“ gehoben oder gesenkt werden. Die Einheiten sind mit elektrischen Kraftstationen, die Kraft für die Kräne, Pumpen, Beleuchtung usw. liefern, versehen.

Die Vorgangsweise beim Gebrauch der Einheiten war folgende:

Die Spundwändeisen wurden im Schloß zusammengesetzt und an die Außenseiten der Einheiten aufgehängt. Nachdem die Einheiten an den zukünftigen Platz für den Pfeiler gesetzt

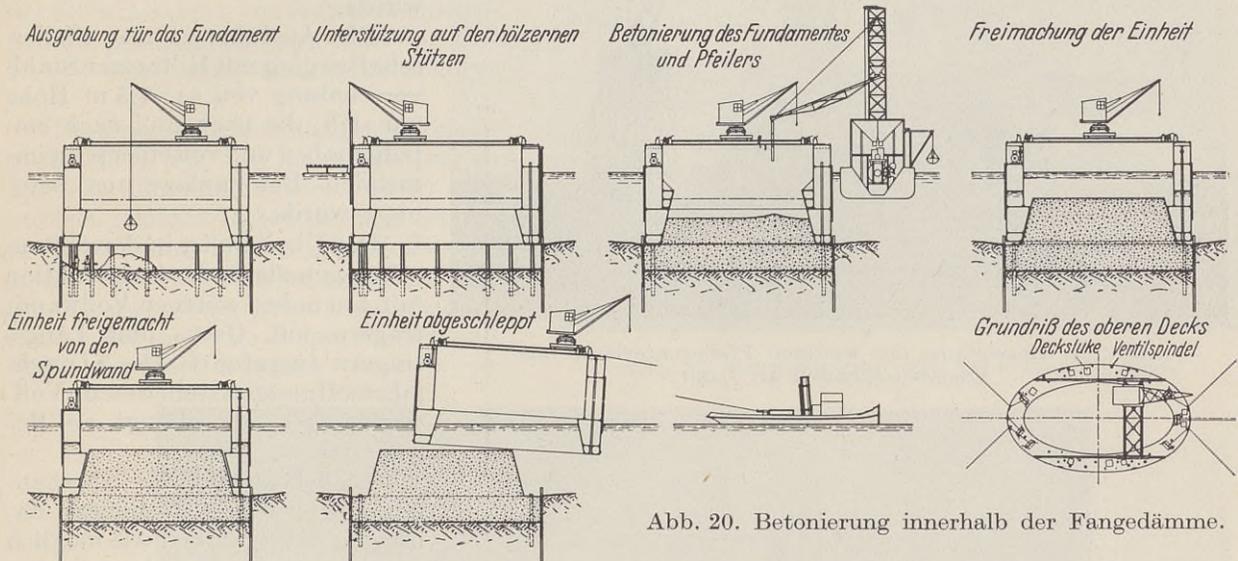


Abb. 20. Betonierung innerhalb der Fangedämme.

worden waren, wobei sie auf genau abgeschnittenen eingeramnten Holzpfählen ruhten, wurden die Eisen in die gewünschte Tiefe mit Hilfe von Druckluflhäm mern eingeramnt. Diese Häm mern wurden direkt auf die Spundeisen gesetzt und mit Druckluft von 2 schwimmenden Kraftanlagen versehen.

Die Abdichtung zwischen Spundeisen und Einheit wurde zum Teil durch hölzerne Füllkörper geschaffen, die in die Wellen der Spundeisen eingelegt wurden. Nach dem Rammen befanden sich dann diese gerade vor einem Wulst an der Unterkante der Einheit. Weiterhin wurde über dem Wulst zwischen Einheit und Spundwand ein wurstähnliches Gebilde aus schwerem Tauwerk zur besseren Dichtung eingesetzt.

In der trockengelegten Baugrube wurde die Ausgrabung mit der Hand vorgenommen. Nach der Ausgrabung begann das Betonieren von einer schwimmenden Mischanlage aus.

Die Spundwände bildeten die Schalung für die Bodenplatte, und der untere Teil der Einheit war so ausgeführt, daß er als Schalung für den unteren Teil des Pfeilers dienen konnte. Für den oberen Teil mußte man eine Holzverschalung verwenden.

Wenn der Beton Kote — 3 erreichte, wurde das Betonieren unterbrochen, und nach der Erhärtung des Betons wurde die Baugrube mit Wasser gefüllt. Beim Auspumpen des Wasserballastes wurde die Einheit gehoben, so daß diese zum nächsten Pfeiler schwimmen konnte.

Dieser ganze Bauvorgang wurde im Laufe von ca. 20 Arbeitstagen ausgeführt. In diesem Zeitraum wurden 500 m<sup>2</sup> Spundwände gerammt, 600 m<sup>3</sup> Erde ausgegraben und 1000 m<sup>3</sup> Beton hergestellt.

Für einen Teil der Pfeiler wurde eine Einheit benutzt, wo die Spundeisen innen angehängt waren. Man sieht die Vorgangsweise auf Abb. 21.

Der Teil zwischen Kote — 3 und + 2,5 wurde, wie bereits erwähnt, auf Land als ein Eisenbetonkasten ohne Boden ausgeführt und war mit Granitsteinen bekleidet.

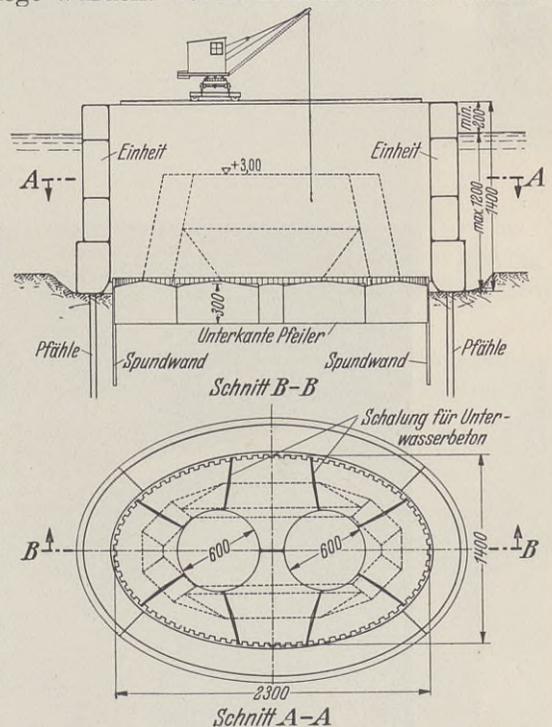


Abb. 21. Fangedamm mit innen angehängter Spundwand.

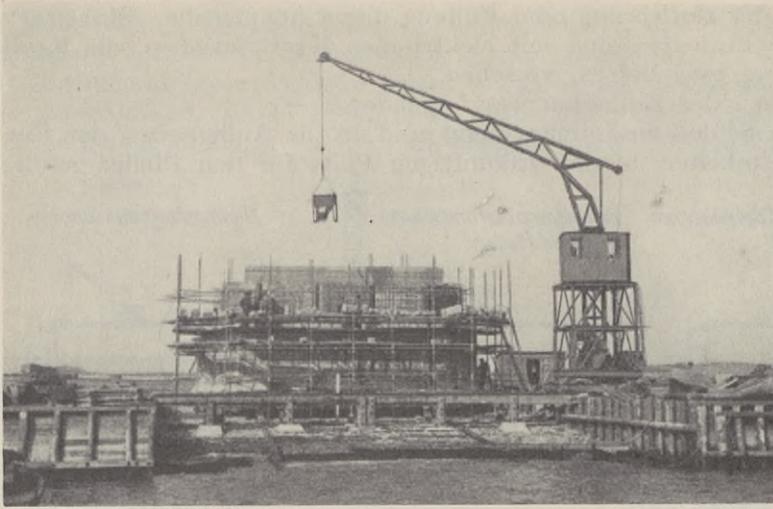


Abb. 22. Herstellung des weiteren Pfeilerunterbaues als Eisenbetonkasten an Land.

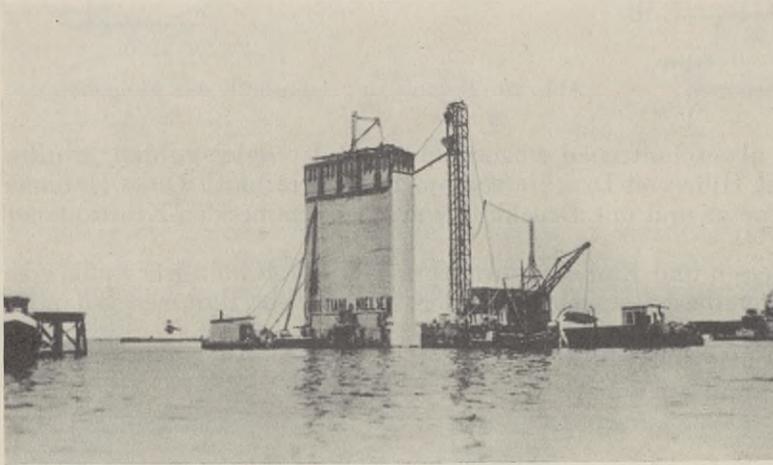


Abb. 23. Betonierung des Pfeilerschaftes.

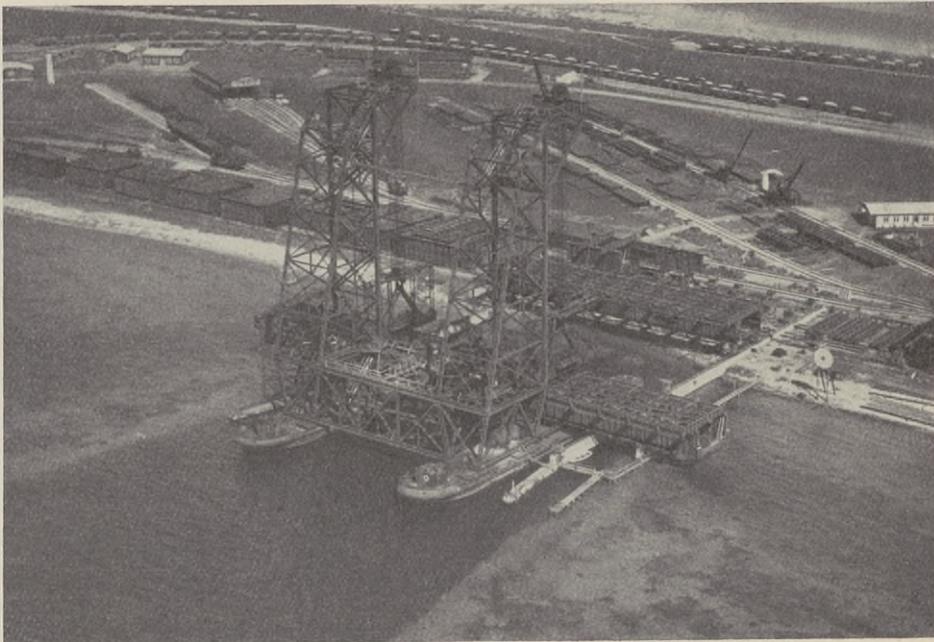


Abb. 24. Zusammen-  
setzen des  
Überbaus.

Er wurde auf einer Helling gebaut und nach Fertigstellung ins Wasser gelassen, dann zwischen 2 Pontons aufgehängt und zu dem bereits fertigen Pfeiler geschleppt, wo er angebracht und betoniert wurde.

Die Ausführung des Pfeilerschaftes ging mit Hilfe einer Stahlverschalung von ca. 1,5 m Höhe vor sich, die nach und nach emporgehoben und von einer schwimmenden Betonanlage aus betoniert wurde.

Der Überbau ist in den Seitenöffnungen als Gerberkonstruktion mit 4 m hohen eisernen Vollwandträgern mit Quer- und Längsträgern ausgeführt. Die 3 Durchfahrtsöffnungen stellen steife Vollwandträger, aufgehängt an Bögen, dar.

Auch bezüglich der Überbauten gingen die Bestrebungen dahin, die Arbeit so weit wie möglich zu rationalisieren und zu mechanisieren.

Die Stahlkonstruktion wurde in England ausgeführt und nach Masnedö in so großen Stücken geliefert, daß man mit diesen bequem umgehen konnte.

An dem Arbeitsplatz wurden die einzelnen Brückenöffnungen zusammengesetzt und genietet. Danach wurden sie auf einer Art Helling bis unter einen Schwimmkran herabgerollt.

Dieser Kran wurde speziell für die Arbeit gebaut und war imstande, ca. 500 t zu heben. Er hatte eine Hubhöhe von ca. 30 m.

Nachdem ein Überbau an dem Kran befestigt und angehoben war, wurde der Schwimmkran von ein paar Schleppbooten herausgeschleppt, und der Unterbau wurde auf seinem Platz abgesetzt.

Die Durchfahrtsöffnungen waren zu groß dazu, um vom Kran gehoben zu werden, und man baute deshalb eine vorübergehende Unterstützung mitten in die Öffnung hinein. Die Vollwandträger wurden in 2 Teilen abgesetzt und an Ort und Stelle zusammengenietet, ebenso wie auch die Bögen an Ort und Stelle montiert wurden.



Abb. 25. Schwimmkran mit 500 t Tragfähigkeit.

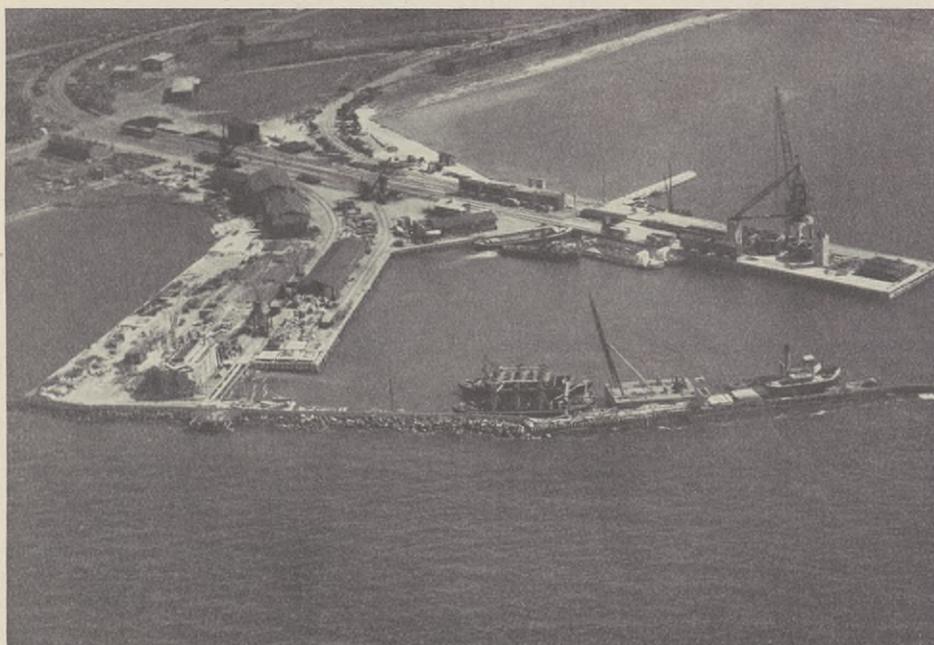


Abb. 26. Bauhafen.

Die ausgeprägte Mechanisierung der Arbeit stellte natürlich große Ansprüche an die Organisation der Arbeit. Es mußte z. B. draußen auf Masnedö ein Hafen gebaut werden, wo die Schiffe von England Stahlkonstruktionen und Spundeisen löschen konnten.

Die Brücke wurde für die dänischen Staatsbahnen unter der Leitung des Bahnchefs Flensburg ausgeführt. Professor Engelund hatte die technische Leitung bei den eigentlichen Brückenarbeiten.

Die stählernen Überbauten lieferte die englische Firma Dorman Long.

Christiani & Nielsen führte die Unterbauten für die Brücke und alle Anschlußarbeiten aus.

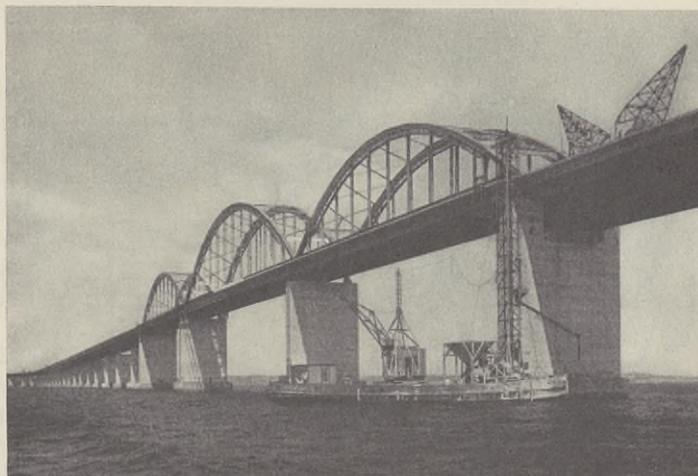


Abb. 27. Fertige Brücke.

Die Projektierung des Unterbaues und die besonderen Methoden, die angewandt wurden, wurden von Christiani & Nielsen unter der Leitung von Oberingenieur Bretting ausgearbeitet.

### Maastunnel.

Der Tunnel unter der „Nieuwe Maas“ in Rotterdam.

Im Jahre 1878 wurde die erste Brückenverbindung — die „Willemsbrug“ — zwischen Rotterdam, das bis zu dieser Zeit im wesentlichen auf dem rechten Maasufer lag, und dem auf dem linken Ufer befindlichen Stadtteil eröffnet. Diese Brücke rief eine ungeahnte Entwicklung des Stadtteils auf dem linken Ufer hervor. Bereits zu Ende des vorigen Jahrhunderts begann man mit Erwägungen zu einer neuen Verbindung.

Aber erst im Jahre 1936 wurde vom „Technischen Dienst der Gemeinde Rotterdam“ eine Tunnelanlage unter der Maas ungefähr 2 km unterhalb der in der Zwischenzeit stark erweiterten „Willemsbrug“ ausgeschrieben (Abb. 28).

Der Tunnel war nicht nur als Verbindung der auf beiden Seiten der Maas gelegenen Stadtteile gedacht, sondern er sollte auch ein Glied in der Staatsstraße den Haag — Dordrecht darstellen. Dieser Straßenzug wird zum weit überwiegenden Teil von dem von den Verkehrszentren Amsterdam, den Haag usw. ausgehenden Verkehr nach Belgien und Frankreich benutzt.

Die Arbeit wird für den „Technischen Dienst der Gemeinde Rotterdam“ unter Leitung von Direktor Ingenieur Witteveen, Adjunktdirektor Ingenieur van Dunné und Tunnel-Ingenieur van Bruggen ausgeführt und ist an eine Aktiengesellschaft N/V Maastunnel übertragen worden.

Diese Aktiengesellschaft besteht aus den Firmen:

Nederlandsche Aannemingmij, den Haag,  
 Christiani & Nielsen, den Haag,  
 Van Hattum & Blankevoort, Beverwijk/Haarlem,  
 Internationale Gewapend Betonbouw, Breda.

Der Vertrag wurde im Februar 1937 abgeschlossen, und auf dem Bild 29 sieht man den Tunnelquerschnitt, wie er ausgeführt wird. Der Querschnitt stellt den Teil des Tunnels dar, der unter dem Flußbett liegt. Man sieht die zwei 6,0 m breiten Fahrbahnen mit einer Profilhöhe von 4,20 m und links von diesen den Fußgängertunnel mit der darüberliegenden rd. 5 m breiten Radfahrbahn.

Diese Querschnittsanordnung und die später erwähnten besonderen Ausführungsmethoden für den Bau, die Absenkung und Sandunterstopfung der Tunnelröhren waren von der Firma Christiani & Nielsen vorge-

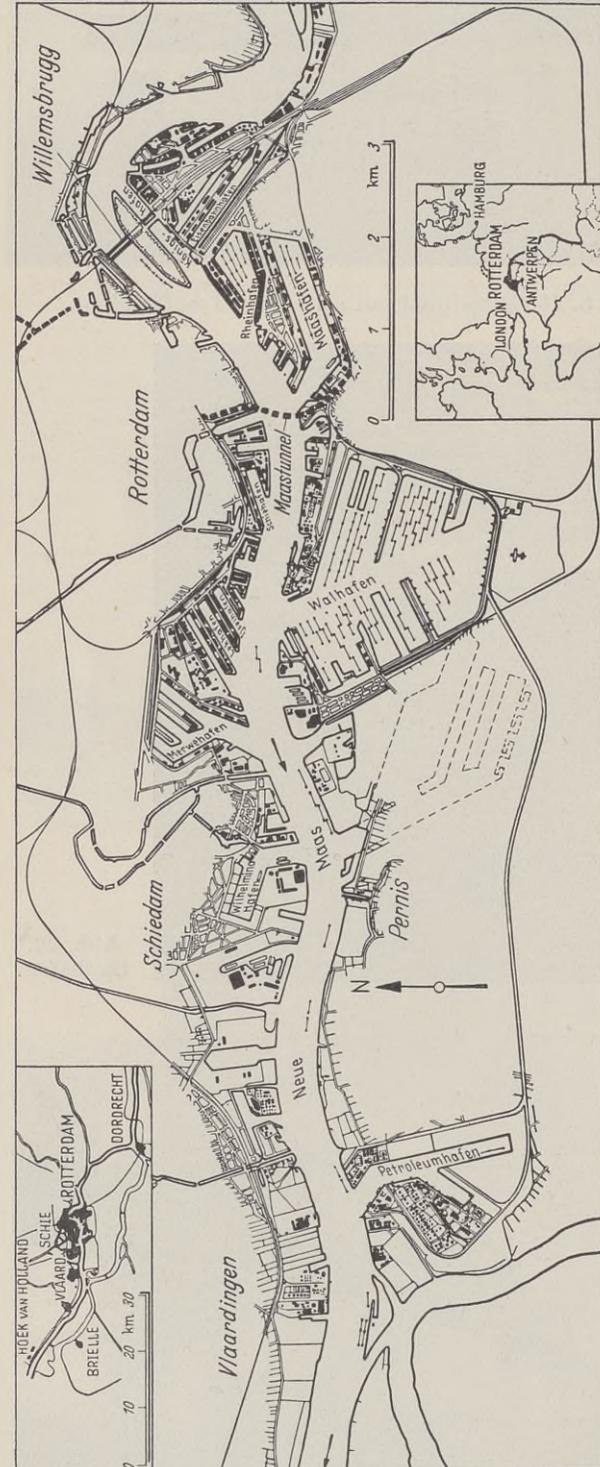


Abb. 28. Hafenplan von Rotterdam mit Maastunnel.

schlagen. Die Projektierung der genannten Teile wird von dieser Firma unter der technischen Leitung von Oberingenieur A. E. Bretting ausgeführt.

Das angewendete Ventilationssystem ist die allgemein gebrauchte Querventilation. Unter den Fahrbahnen sieht man die längsgehenden Ventilationskanäle, wovon der mittlere der Frischluftkanal ist, während durch die zwei Seitenkanäle die verunreinigte Luft weggesaugt wird. Ein

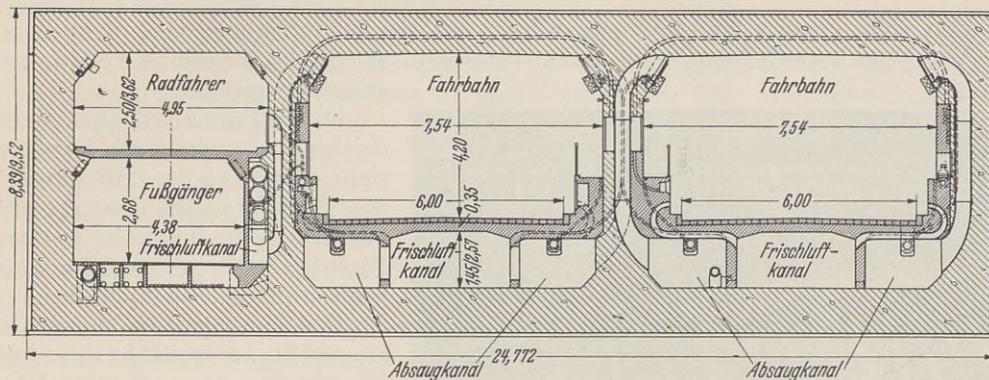


Abb. 29. Tunnelquer-schnitt.

kleinerer Frischluftkanal für den Radfahr- und Fußgängertunnel befindet sich in der Trennwand links. Im übrigen beachte man den reichlichen und leicht zugänglichen Raum, der für die verschiedenen Gas- und Wasserleitungen und die große Anzahl elektrischer Leitungen vorgesehen ist. Der Tunnel besteht mit Ausnahme der Fahrbahnbeläge ganz aus Eisenbeton. Gegen das Eindringen von Wasser ist der Tunnel mit einem 6 mm starken Stahlmantel gesichert, der das Tunnelrohr ganz umschließt und der wiederum als Rostschutz mit einer 10 cm starken Betonschicht umgeben ist. Die Abb. 30 gibt einen Gesamtüberblick über die Tunnelanlage.

Im Längsschnitt sieht man die zwei Ventilationsgebäude dicht an den Kaimauern des Flusses. Ihre Entfernung ist ca. 585 m. Die Länge des eigentlichen Tunnels, das heißt von Portal zu Portal, ist ca. 1,1 km. Die größte Tiefe bis zur Unterkante Tunnelrohr beträgt 22,25 m unter Rotterdamer Nullpunkt. Die Größtneigung der Fahrbahnen ist 1:28, bei der Radfahrbahn ist sie 1:34.

Auf dem Übersichtsplan sieht man die Anschlüsse der Tunneltrace an das Straßennetz. Alle Niveaure Kreuzungen zwischen Straßen und Tunnelrampen sind vermieden. Man erkennt auch, wie die Abwicklung des Fußgänger- und Radfahrverkehrs gelöst ist. Dieser Verkehr wird bei den Ventilationsgebäuden durch schrägliegende Schächte nach der Geländehöhe heraufgeführt. Die Längsachsen der Schächte liegen rechtwinklig zur Tunnelachse.

Das Bild zeigt auch einen Querschnitt des Landtunnels, der, was Fahrbahnbreite und Höhe anbetrifft, ganz dem betreffenden Teil des Flußtunnels entspricht. Der wesentlichste Unterschied zwischen Land- und Flußtunnel besteht, wie man erkennen kann, in der Lage der Ventilationskanäle und darin, daß das Rohr für Radfahrer und Fußgänger beim Landtunnel fortgefallen ist. Weiterhin ist der isolierende Stahlmantel durch eine Isolierung aus vierfacher Asphaltplatte ersetzt worden.

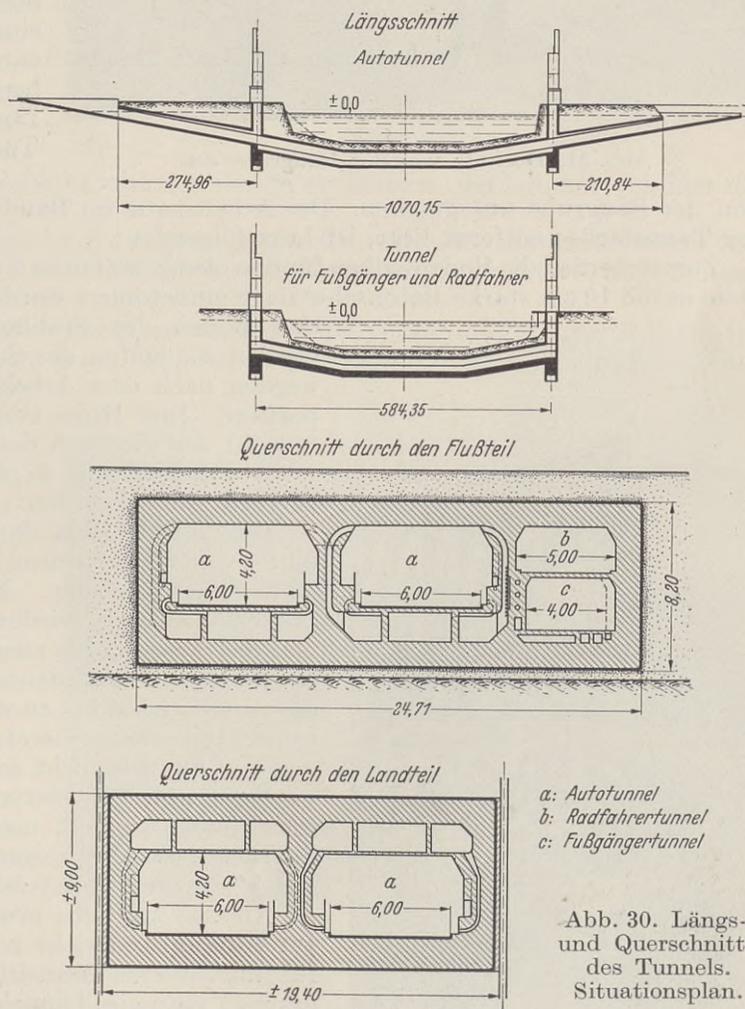


Abb. 30. Längs- und Querschnitte des Tunnels. Situationsplan.

Endlich sieht man auf dem Bild noch den Querschnitt eines Ventilationsgebäudes. Es handelt sich um Bauwerke von sehr großen Abmessungen. Die Unterkante liegt auf Kote — 21,85 m, die Abzugkanäle sind bis zur Kote + 38,80 m hochgeführt. Im Grundriß ist das Bauwerk  $22 \times 33$  m groß.

Außer den sehr großen Tunnelabmessungen ist die Ausführungsweise, besonders was den Teil unter dem Fluß betrifft, von besonderem Interesse. Hierauf soll nunmehr etwas näher eingegangen werden.

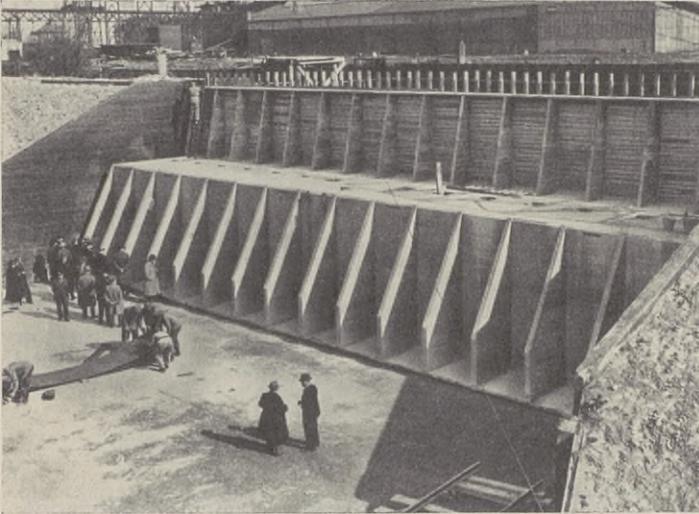


Abb. 31. Docktor von der Baugrube aus.

von der Baugrube aus gesehen. Der Arbeitsgang im Baudock, das ca. 4 km stromabwärts von der Tunnelachse entfernt liegt, ist kurz folgender:

Zuerst werden die Bodenbalken für den oben erwähnten 6 mm-Stahlmantel ausgelegt. Nachdem diese in die 10 cm starke Betonschuttlage einbetoniert worden sind, werden die 6 mm-Platten für den Boden des Stahlmantels zusammenschweißt. Dann werden die Seiten des Stahlmantels aufgestellt. Diese Seiten werden nach dem Arbeitsplatz in 8 m langen Stücken transportiert. Ihre Höhe ist gleich der Höhe des Tunnelstückes. Sowohl vor wie nach dem Zusammenschweißen dieser Seitenstücke müssen sie in ihrer Lage vorübergehend festgelegt und abgesteift werden.

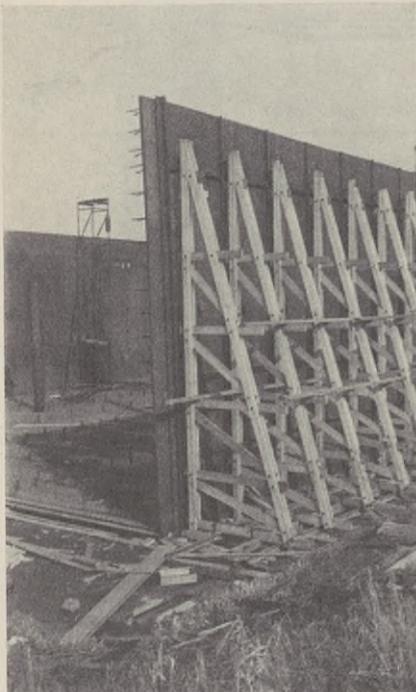


Abb. 32. Außenabsteifung des Stahlmantels.

Die Abb. 32 zeigt die äußere Absteifung des Stahlmantels und einen Schweißurm zum Schweißen der lotrechten Nähte in den Seitenwänden. Nach der Fertigstellung der 3 Seiten des Stahlmantels wird die Bewehrung für den Tunnelboden und die Seitenwände ausgelegt. Im kontinuierlichen Betonierungsvorgang wird dann zuerst der Boden und anschließend die Seitenwände bis zu einer vorher berechneten Höhe ausgeführt. Der entsprechende Tiefgang darf wegen der Höhenlage des Tordrempels nicht das Maß von ca. 4,50 m überschreiten.

Bevor die Tunnelstücke bei genügend tiefem Wasser auschwimmen können, um fertig betoniert zu werden, werden die Enden der U-förmigen Stücke vorübergehend mit Schotten aus 5" starken Holzbohlen abgeschlossen.

Abb. 33 zeigt die erwähnten 3 Tunnelstücke im Baudock. Im Vordergrund sieht man ein Holzschott während der Ausführung. Dieses Tunnelstück ist sonst fertig. Im Hintergrund erkennt man ein Tunnelstück, wo die äußere Absteifung des Stahlmantels noch nicht entfernt ist. Weiterhin sieht man auch die benutzte Betonierungsanlage.

Nahe den unteren Ecken des Tunnelstückes sieht man eine Reihe Augen, die aus der Betonschuttlage herausragen. Diese Augen werden beim Absenken des Tunnelstückes, worauf später noch eingegangen wird, benutzt.

Bevor die oben besprochenen äußeren Absteifungen beseitigt werden können, muß man wegen

des Wind- und Wasserdruckes eine neue innere Absteifung herstellen, die im Tunnelstück selbst aufgebaut wird.

Die Abb. 34 zeigt die drei Tunnelstücke fertig zum Ausschwimmen. Man erkennt die innere Absteifungskonstruktion.

Vor einem zum Ausschwimmen geeigneten Hochwasser wird das Dock rechtzeitig mit Wasser gefüllt, und mit Hilfe von 6 Bugsierdampfern wird das Tunnelstück vom Baudock nach dem ca. 1 km flußaufwärts gelegenen „Waalhaven“ geschleppt (Abb. 35). Hier ist ein ca. 200 m langer Arbeitspier gebaut und eine genügend große Hafенfläche bis auf Kote— 11,0 m vertieft worden. Diese Tiefe ist wegen des in Rotterdam vorhandenen Tidewassers notwendig, da sonst die Tunnelstücke bei Niedrigwasser den Grund berühren können.

Im Waalhaven geht nun die weitere Betonierung und Fertigstellung unter Benutzung einer schwimmenden Betonmischanlage vor sich. Die Betonierung umfaßt außer dem oberen Teil der vier Längswände und der Tunneldecke auch die Betonierung von zwei provisorischen Eisenbetonstirnwänden. Diese Wände werden innerhalb der oben erwähnten Holzschotten betoniert und müssen so dimensioniert sein, daß sie dem sehr großen Wasserdruck, der auf sie bei der Absenkung des Tunnelstücks wirkt, widerstehen können. Es handelt sich hier um Drücke bis herauf zu  $25 \text{ t/m}^2$ .

Die Verdrängung des Tunnelstückes ist etwas geringer als sein Gewicht. Es wird deshalb vorläufig mittels eines Behelfsfangedamms aus Holz, der wie die Holzschotten ca. 1,75 m über Tunneloberfläche reicht, schwimmend erhalten.

Sind die Tunnelstücke zum Versenken fertig, so werden in die vorher ausgebaggerte Rinne für jedes Tunnelstück 2 Betonbalken gelegt, deren Längsachse quer zur Tunnelachse zu liegen kommt. Das Tunnelstück wird dann mit 10 Pontons — 5 längs jeder Seite — versehen.

Die Pontons sind aus Stahl von der Helsingör Schiffswerft in Dänemark hergestellt und werden mit kurzen Ketten an den oben erwähnten Augen längs der unteren Kante des Tunnelstücks befestigt. Sie werden leergepumpt, wobei ihr Auftrieb so vergrößert wird, daß sie das Tunnelstück mit einem Freibord von 10 bis 25 cm tragen können. Die Größe des Freibords ist von dem wirklichen spezifischen Gewicht des Eisenbetons abhängig. Der erwähnte Behelfsfangedamm und die End-Holzschotten können nun entfernt werden.

Auf dem Tunnelstück werden dann aufgestellt: An jedem Ende eine turmartige Eisenkonstruktion mit verschiedenen Winden, die zum Verholen und Verankern des Tunnelstückes dienen und mit verschiedenen Geräten zur Bestimmung der genauen Lage des Tunnelstücks versehen sind, zwischen diesen Türmen eine der Firma Christiani & Nielsen, Kopenhagen, patentierte Einrichtung zur Sandunterfüllung des Tunnelstückes und endlich 8 „Beine“ oder Pendelsäulen mit den zugehörigen hydraulischen Pressen. Mit diesen kann das Tunnelstück vorübergehend und bei passender Kupplung statisch bestimmt auf den vorher erwähnten Eisenbetonbalken in der Tunnelrinne gelagert werden.

Wenn also das Tunnelstück in seinen 10 Pontons hängt und nach der zukünftigen Tunnelachse geschleppt worden ist, kann das Versenken stattfinden.

Wenn also das Tunnelstück in seinen 10 Pontons hängt und nach der zukünftigen Tunnelachse geschleppt worden ist, kann das Versenken stattfinden.

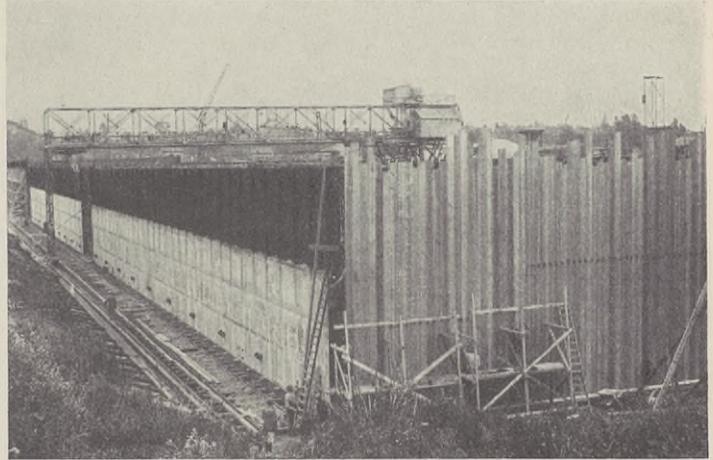


Abb. 33. Drei Tunnelstücke im Baudock.

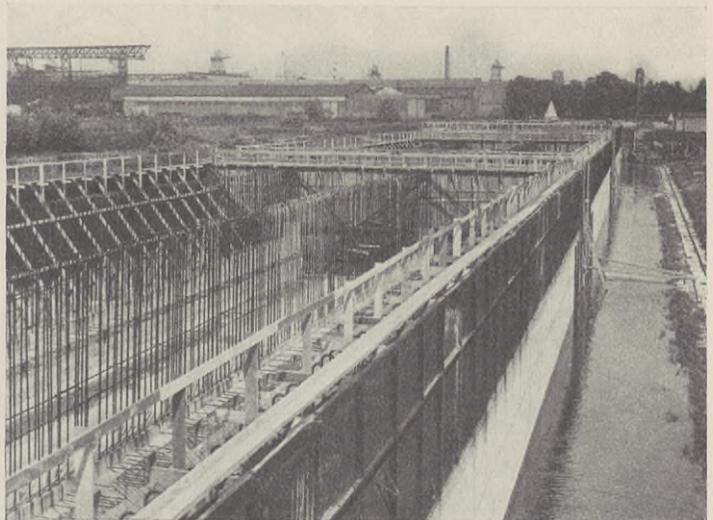


Abb. 34. Tunnelstücke fertig zum Ausschwimmen.

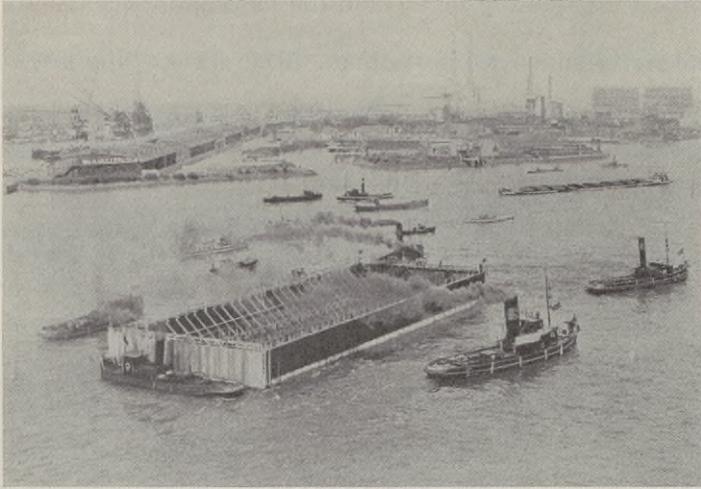


Abb. 35. Schleppen eines Tunnelstückes nach dem Waalhafen.  
Aus der Zeitschrift „De Maastunnel“ No 11 — 1938.

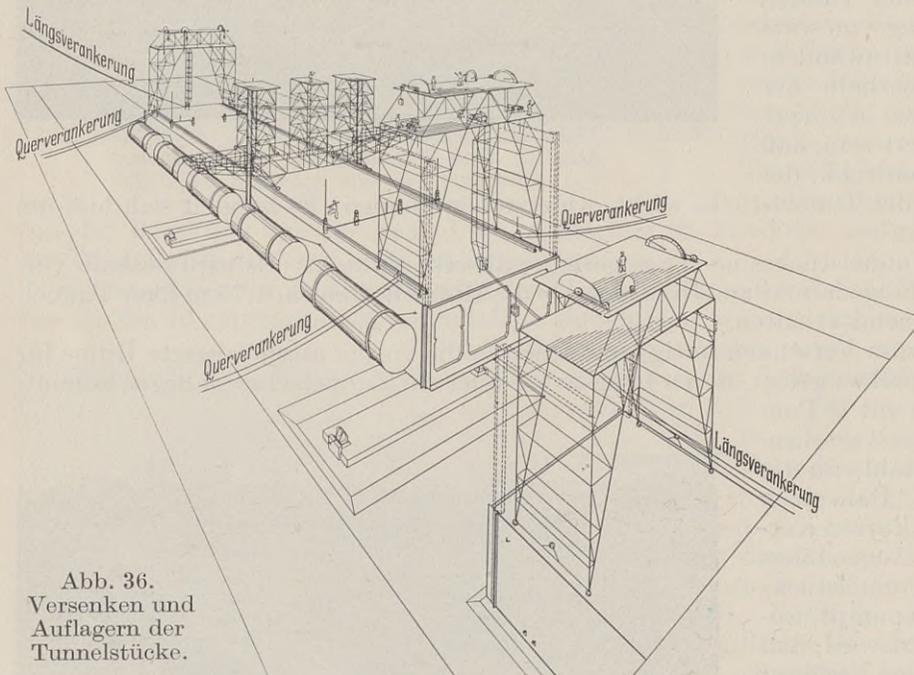


Abb. 36.  
Versenken und  
Auflagern der  
Tunnelstücke.

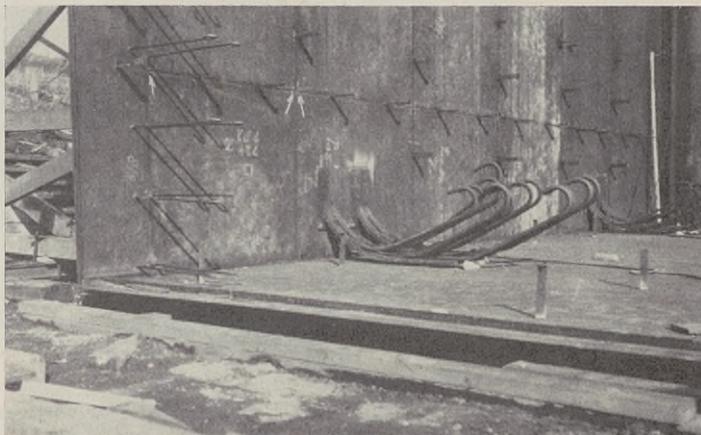


Abb. 37. Verankerung der Augen für das Befestigen  
der Pontons.

Mittels der vorher besprochenen Verholungswinden, die auf den Türmen aufgestellt sind, und im Flußbett ausgelegten Anker wird das Tunnelstück an seinen richtigen Platz gebracht. Danach wird es zum Teil an 4 kräftigen Schwimmkränen aufgehängt, die am Kopfe von 4 der Pendelsäulen angreifen. In die Pontons wird eine Wassermenge eingelassen, die der vorher bestimmten etwa 200 t Last entspricht, welche die Kräne tragen sollen.

Tunnelstück und Pontons werden nunmehr auf die Flußsohle abgesenkt. Die 8 Pendelbeine stützen sich auf die ausgelegten Betonbalken, so daß Kräne und Pontons entfernt werden können. Mittels der auf den Pendelsäulen sitzenden hydraulischen Pressen wird das Tunnelstück

in seiner Höhenlage, und mittels 4 anderer hydraulischer Pressen, die an den Seiten des Tunnelstücks sitzen, wird es in der Seitenlage genau eingestellt. Hierbei legen 2 Verholungswinden — eine auf jedem Turm — mit 2 Längsverankerungen das Tunnelstück in der Längsrichtung fest. Die Sandeinspülvorrichtung unterfüllt darauf das Tunnelstück mit Sand, so daß nun der Druck aus den Pressen und die Zugkräfte aus den Verankerungsseilen genommen werden können. Türme, Sandeinspüleinrichtung usw. werden abmontiert, und die Versenkung des nächsten Tunnelstücks kann beginnen.

Auf dem Bild sieht man im Vordergrund ein Tunnelstück unterfüllt auf seinem Platz, und dahinter sieht man das nächste Tunnelstück zum Absenken bereit. Man sieht die hierzu gehörenden Betonbalken in der ausgebaggerten Rinne, und an der einen Stirnseite des Tunnelstücks erkennt man einen Abstandsklotz, welcher die richtige Lage des Tunnelstücks in der Längsrichtung gewährleistet.

Auf Abb. 37 sieht man die Verankerung der vorher erwähnten Augen vor ihrer Einbetonierung.

Die oben mehrmals erwähnte Rinne für die Tunnelstücke muß bis auf  $\pm 0,75$  m unter der Unterkante der

Tunnelröhre, wo eine durchschnittliche Bodenbreite von 60 m vorhanden sein wird, gebaggert werden. Die Rinne muß mit Böschungen von 1 : 3 ausgeführt werden. Am Platze, wo Eisenbetonbalken gestellt werden müssen, muß der Boden der Rinne 0,75 m tiefer gebaggert werden. Diese Baggerarbeit wird mit einem Profilsaugbagger von 400 PS und einem Eimerbagger mit einer langen Eimerleiter, welche ungefähr 24 m unter dem Wasserspiegel baggern kann, und deren Eimerinhalt ca. 750 Liter ist, ausgeführt. Der Saugbagger baggert die Rinne derart, daß der Boden 2,5 m über der endgültigen Bodentiefe nicht berührt wird, während der Eimerbagger mit der langen Leiter diese 2,5 m wegbaggert.

Die Anfüllung unter dem Boden der Tunnelsektionen wird mit dem erwähnten Sandunterfüllungsapparat geschehen, weil die weitere Anfüllung durch Klappschuten und durch Spülung von Sand durch Rohre zustande gebracht wird.

Wenn zwei aufeinanderfolgende Tunnelstücke versenkt und unterfüllt sind, werden sie miteinander verbunden. Die herausragenden Enden des Stahlmantels werden unter Verwendung von Deckklaschen zusammenschweißt und die herausragende Bewehrung einbetoniert. Diese Arbeit wird nach dem Vorschlag der Neuen Baugesellschaft Wayß und Freytag, Frankfurt a. Main, unter Verwendung von Taucherglocke und Druckluft ausgeführt.

Sind zwei Tunnelstücke verbunden, so kann die Fertigstellung im Innern des Tunnels beginnen. Der Zugang geschieht durch drei lotrechte Schachtrohre, die in die Decke von dem Tunnelstück eingebaut sind, welches neben dem Ventilationsgebäude liegt. Bevor das Betonieren der Ventilationskanäle und Fahrbahnen mit Vorteil vorgenommen werden kann, müssen die Eisenbetonschotten an den Stirnseiten der Tunnelstücke beseitigt werden.

Von den anderen Arbeiten, die in Verbindung mit der Tunnelausführung stehen, soll wegen der Kürze der Zeit nur kurz auf die Absenkung der Ventilationsgebäude eingegangen werden, und in Verbindung hiermit folgen noch einige Bemerkungen zu den Rampen.

Die Ventilationsgebäude werden mittels Druckluft unter Mitarbeit der Firma „Neue Baugesellschaft Wayß und Freytag“ abgesenkt.

Außer den großen Abmessungen — die Arbeitskammer hat eine äußere Grundfläche von etwa 730 m<sup>2</sup> — ist besonders bemerkenswert, daß die Absenkung im wesentlichen durch Hochpumpen der Erdmassen aus der Arbeitskammer vorgenommen wird.

Die Tragkonstruktion der Arbeitskammer besteht aus Eisenbeton. Inwendig ist sie mit Rücksicht auf die Luftdichtigkeit ganz mit Stahlblech ausgekleidet. Sie wird wegen des weichen Baugrundes während der Ausführung von schweren Betonplatten unter der Schneide und von Holzstützen getragen.

Wegen der noch zu besprechenden Grundwasserabsenkung war es möglich, die Arbeitskammer von  $\pm 0,0$  — die normale Grundwasserstandskote — bis zur Kote ca. — 4,0 ohne Verwendung von Druckluft abzusenken. Die abgegrabenen Erdmassen werden unter der Schneide der Arbeitskammer hindurch weggefordert. Späterhin werden die Erdmengen in der Arbeitskammer heraus-

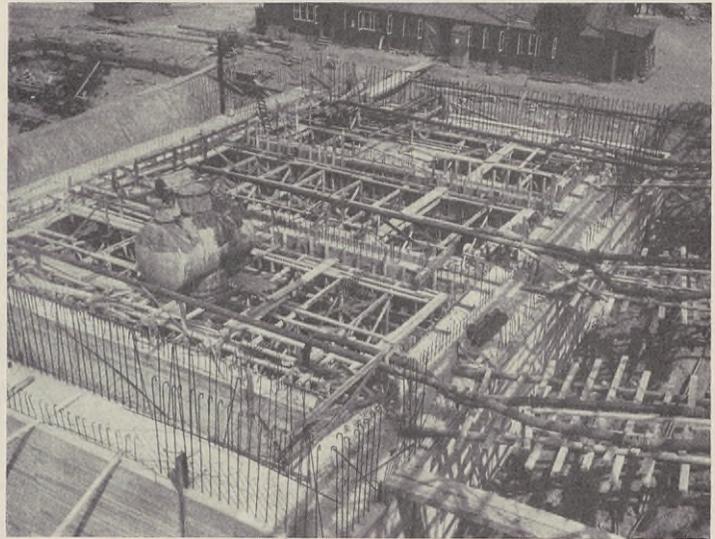


Abb. 38. Ventilationsgebäude — Tragkonstruktion der Arbeitskammer.

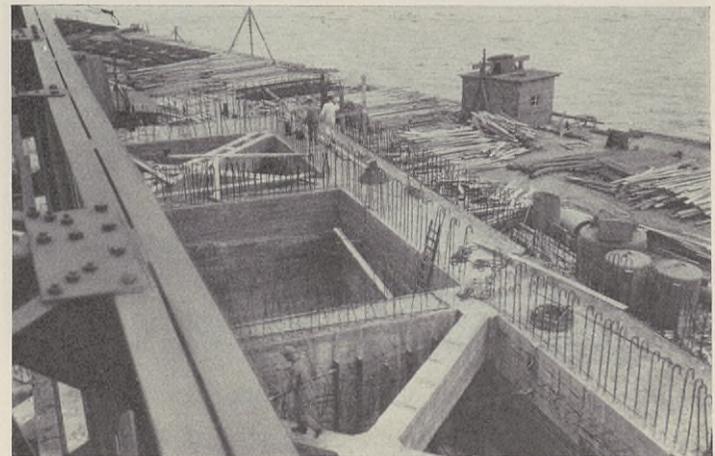


Abb. 39. Ventilationsgebäude — Aussteifung der Arbeitskammer.

gepumpt, da diese im wesentlichen aus Sand bestehen. Zum Auspumpen benutzt man Mammutpumpen. Auf Abb. 38 sieht man die senkrechten Rohre, die durch die Decke der Arbeitskammer gehen und an deren unteren Enden die Mammutpumpen angebracht sind. Diese Leitungen werden mit drei größeren Rohrleitungen verbunden, durch welche das Fördergut in Prahme auf den Fluß gepumpt wird. Das Bauwerk rechts ist das Maschinenhaus, das die Kompressoranlage usw. enthält.

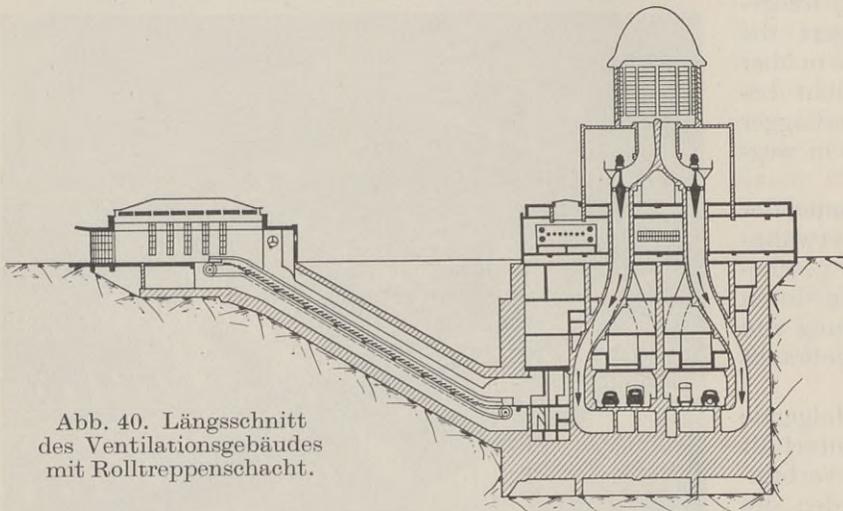


Abb. 40. Längsschnitt des Ventilationsgebäudes mit Rolltreppenschacht.

Da das Ventilationsgebäude ohne die notwendige Stockwerkunterteilung usw. abgesenkt wird, so verursacht der große Erddruck während der Absenkung erhebliche Abmessungen und eine besonders kräftige Bewehrung. Auch hat es sich als notwendig erwiesen, vorübergehend Wandabsteifungen einzubauen, die später wieder beseitigt werden müssen.

Abb. 39 gibt einen guten Begriff der Wandstärke und Größe dieser vorübergehenden Absteifungen. Die kleine

Bude im Hintergrund ist ein Pumpenhaus, von wo das Druckwasser in die Arbeitskammer zur Vermischung mit den Erdmassen und für den Transport nach den Pumpen geleitet wird.

Die Tunnelrampen werden in offener Baugrube unter Grundwasserabsenkung ausgeführt. Diese Grundwasserabsenkung wird unter Mitarbeit der Firma Siemens Bauunion geplant und ausgeführt. Am rechten Ufer besteht der Untergrund im wesentlichen aus Sand, und die Grundwasserabsenkung bietet keine nennenswerten Schwierigkeiten.

Es wird jedoch erwähnt, daß die außerhalb der Spundwände liegenden Brunnen bis zu einer Kote — 20 m herab abgesenkt werden müssen. Die Spundwände bestehen aus Larssen-Profilen und werden gegeneinander mittels stählerner Quersteifen abgesteift. Diese sind wegen der großen Breite der Baugrube — etwa 19,5 m — außerordentlich kräftig.

Am linken Ufer befinden sich besonders in den oberen Lagen bedeutende Schichten aus Moor und weichen Tonböden. Man hatte ursprünglich gewisse Bedenken, die beabsichtigte große und langdauernde Grundwassersenkung vorzunehmen mit Rücksicht auf das Risiko, das die entsprechenden Geländesenkungen für die Bebauung entlang der oberen Tunnelrampe mit sich führen konnten.



Abb. 41. Übersicht über den Arbeitsplatz am rechten Ufer.

Eine genauere theoretische Untersuchung dieser Frage, gestützt auf Laboratoriumsversuche, hat indessen erwiesen, daß die zuerst erwarteten bedeutenden Setzungen übertrieben waren, was sich auch durch die Erfahrungen bei praktisch ausgeführten Pumpenversuchen bestätigt hat.

Auf Grund der oft vorkommenden Ablagerungen von Torf, besonders in den oberen Erdschichten (über Kote — 16,0), ist der größte Teil der zum Tunnel gehörenden Bauwerke auf Pfählen fundiert. Eigentlich ist es nur — außer dem Ventilationsgebäude — der geschlossene Teil der Tunnelrampe auf dem rechten Ufer und der Flußteil, der nicht auf Pfählen fundiert ist.

Die Abb. 40 zeigt einen Längsschnitt des Ventilationsgebäudes mit Rolltreppenschacht.

Es soll noch erwähnt werden, daß die Abwicklung des Fußgänger- und Radfahrverkehrs mittels Rolltreppen geschieht. Sie sind in einem unter 30° geneigten Eisenbetonschacht eingebaut,

dessen Längsachse rechtwinklig zur Tunnelachse liegt. Auf jeder Seite des Flusses befinden sich 4 Rolltreppen mit einer Hubhöhe von 17,0 m und mit wechselnder Laufrichtung.

Zum Schluß wird noch ein Übersichtsbild über den Arbeitsplatz am rechten Ufer gezeigt. Im Vordergrund sieht man einen Pramm mit seiner Last aus herausgepumpten Erdmengen, die aus der Arbeitskammer des Ventilationsgebäudes stammen. Man erkennt deutlich die drei oben erwähnten Pumpenrohre. Ferner sieht man im Vordergrund den zur Betonierung des Ventilationsgebäudes benutzten Kran, die zwei Luftschleusen und weiter rückwärts den zur Herstellung der Baugrube verwendeten Drehkran. Im Hintergrund sieht man die offene Baugrube, deren entfernter Teil vorübergehend überdeckt ist, um die Asphaltisolierung gegen Regen zu schützen.

Mit der Tunnelarbeit wurde im Jahre 1937 begonnen, und man rechnet damit, daß der Tunnel am 1. Juni 1941 für den Verkehr freigegeben wird. Einen weiteren Eindruck über die Größe der Arbeit geben die notwendigen Materialmengen, die sich abgerundet wie folgt belaufen:

Zement . . . . .	50 000 t
Armierungseisen . . . . .	16 000 t
Permanente Spundwände . . . . .	3 500 t
Absteifungen . . . . .	1 500 t
Gewicht der isolierenden Stahlmäntel . . . . .	2 600 t
Länge der Schweißnähte in den Stahlmänteln . . . . .	60 km
Länge der Elektroden hierzu . . . . .	100 km
Ausgrabung im Fluß . . . . .	950 000 m <sup>3</sup>

## Verschiedene Formen von Druckluftgründungskörpern.

Von Dr.-Ing. Kurt Lenk, Vorstandsmitglied der Neue Baugesellschaft Wayss & Freytag A. G., Frankfurt a. M.

Formen von Gründungskörpern, d. h. ihre äußere Gestalt zu behandeln, scheint bei oberflächlicher Betrachtung zunächst überflüssig zu sein, da sie ja im allgemeinen durch ihren Zweck und

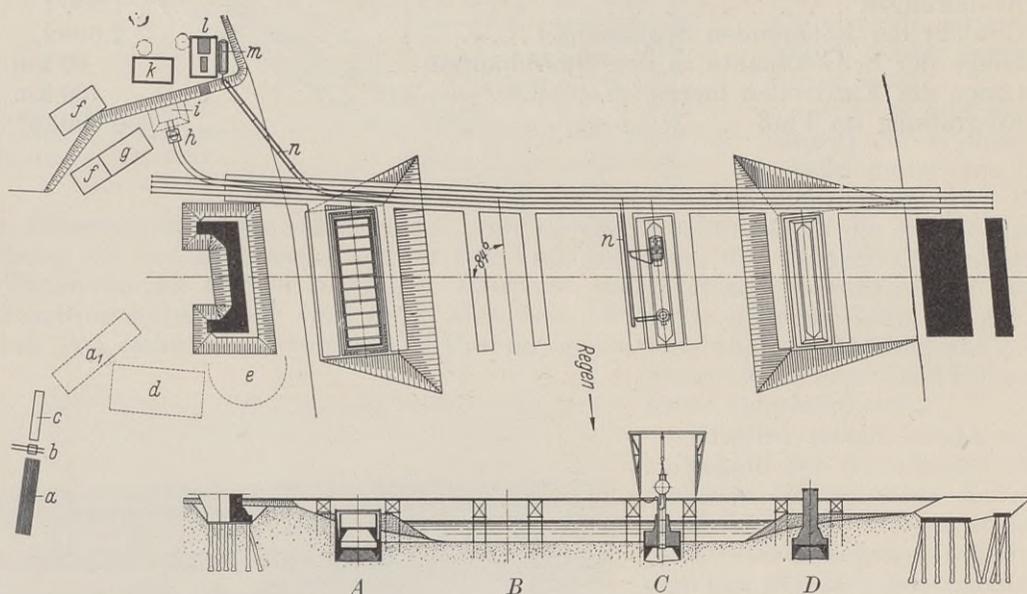


Abb. 1. Druckluftgründung der Regen-Brücke bei Regensburg (1937/38). Senkkasten A und D an Land über der Absenkstelle hergestellt, Senkkasten B und C im Docksenkkasten A hergestellt und dann zur Absenkstelle geschleppt.

durch Belange der Statik und Festigkeitslehre bestimmt werden. Für die meisten Gründungsarten ist das richtig. Die Druckluftgründungen und auch die Brunnengründungen unterscheiden sich aber von den übrigen Gründungsarten insofern, als nicht nur ihr Zweck und statische Forderungen, sondern auch Erfordernisse bei der Herstellung der Gründung einen weitgehenden Einfluß auf die Gestaltung der Gründungskörper nehmen.

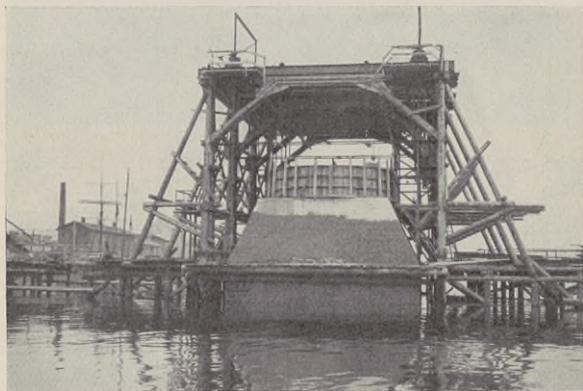


Abb. 2. Druckluftgründung der Muhlgraben-Brücke bei Riga (1930).

Druckluftgründungskörper bestehen aus der Arbeitskammer, die gleichzeitig die Tragkonstruktion des ganzen Gründungskörpers für die während des Absenkens auftretenden Kräfte sein muß, und dem Aufbau, der heute ganz oder teilweise in die Tragkonstruktion mit einbezogen werden kann. Die Tragkonstruktion mit der Arbeitskammer nennt man Senkkasten. Die Senkkasten werden über dem Wasserspiegel hergestellt. Ist der Wasserspiegel ein Grundwasserspiegel, ist also die Absenkstelle an Land, so werden die Körper auch an der Absenkstelle gebaut.

Liegt die Absenkstelle dagegen im freien Wasser, so kann die Herstellung entweder über der Absenkstelle an festen oder schwimmenden Gerüsten oder auf einer vorher angelegten künstlichen

Insel oder aber entfernt von der Absenkstelle an Gerüsten, in Docks, auf Hellingen oder Slips erfolgen.

Die Gründungskörper werden durch die dem Druckluftverfahren eigentümlichen, in der Arbeitskammer ausgeübten Verfahren in den Boden bis auf die Gründungssohle abgesenkt. Entfernt

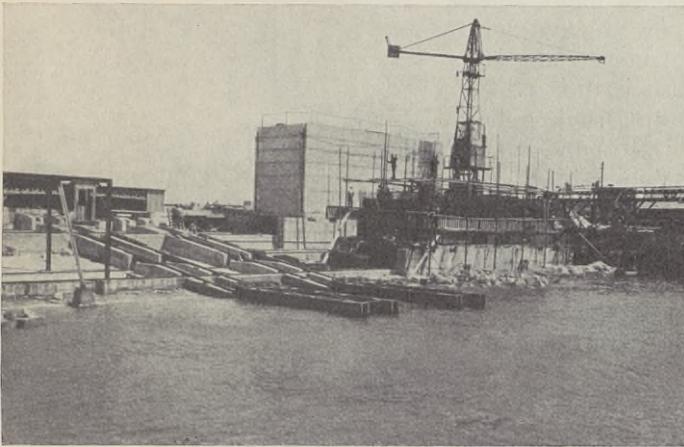


Abb. 3. Neue Ostmole des Hafens Dünkirchen<sup>1-4</sup>. Herstellungsplatz und Slipanlage für die Druckluftsenkkasten.

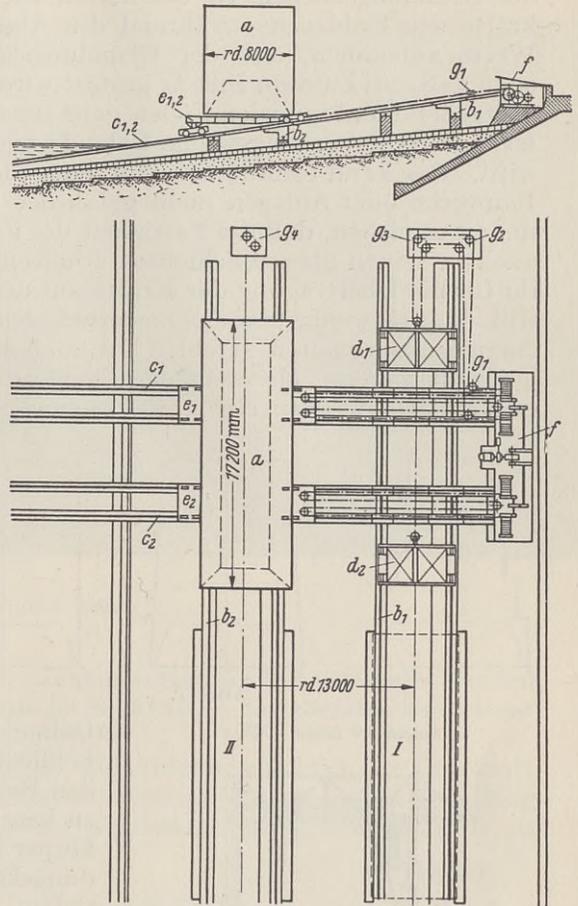


Abb. 4. Zeichnung zu Abb. 3<sup>5</sup>.



Abb. 5. Abschleppen eines Druckluftsenkkastens für die Neue Ostmole Dünkirchen (1930/34).

von der Absenkstelle hergestellte Senkkasten werden zuvor eingeschwommen und auf Grund gesetzt, an Gerüsten über der Gründungsstelle hängende bis auf den Boden abgelassen. Die Abb. 1—5 zeigen die Herstellung von Senkkasten an Land, im Dock und an Gerüsten sowie eine

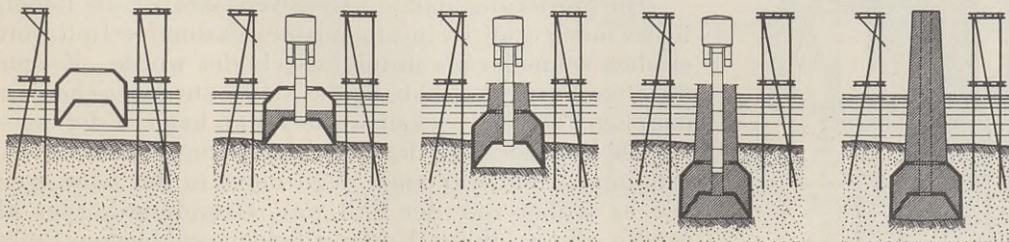


Abb. 6. Pfeilergründung bei RAB.-Brücke über den Main bei Frankfurt a. M.-Griesheim (1934)<sup>6</sup>.

Slipanlage für das Zuwasserbringen der Senkkasten und das Einschwimmen. Abb. 6 stellt verschiedene Bauzustände eines eingeschwommenen Senkkastens dar.

<sup>1</sup> Ausführung 1930/34 durch Arb.-Gemeinschaft Sainrapt et Brice (Paris), Polensky & Zöllner (Berlin), Wayss & Freytag A.-G. (Frankfurt a. M.).

<sup>2</sup> Techn. Blätter der NBG Wayss & Freytag A.-G. 1937, S. 1—8.

<sup>3</sup> Aufsatz Schnitter, Schweiz. Bauztg. 1936, Nr. 1, S. 1—6.

<sup>4</sup> Jb. hafentechn. Ges., 13. Band (1932/33), S. 123—146.

<sup>5</sup> Aus Aufsatz Christel, Z. VDI, Bd. 77 (1933), Nr. 23, S. 625.

<sup>6</sup> Aufsatz Ernst, Bautechn. 1937, H. 8, S. 89—95; H. 11, S. 133—137.

Die Rücksichten auf die Bewegungsvorgänge bei der Druckluftgründung sind es, die die Formgebung der Gründungskörper maßgebend beeinflussen und die im nachfolgenden weiter behandelt werden.

Es muß zunächst darauf geachtet werden, daß die Gestalt des Gründungskörpers so beschaffen ist, daß die Reibungskräfte des Erddruckes während des Absenkens nicht solche Werte annehmen, daß der Gründungskörper steckenbleibt, oder daß sein Zusammenhang gestört wird. Andererseits ist es weitgehend und in vielen Fällen ganz unerlässlich, daß das den Gründungskörper umgebende Gelände nicht zu Bruch gebaut wird. Das kann erforderlich sein, entweder, weil benachbarte Bauwerke oder Anlagen nicht gefährdet werden dürfen oder, um zu erreichen, daß die Festigkeit des umgebenden Geländes auch in seinen oberen Schichten erhalten bleibt, da man mit ihr für die Übertragung der Kräfte auf den Baugrund rechnen will, oder sie wenigstens aus Sicherheitsgründen zur Kraftübertragung zu erhalten strebt. Mit anderen Worten, es muß versucht werden, einesteils den Senkkasten in Gang zu bringen, andernteils aber, eine große Bodendichte des umgebenden

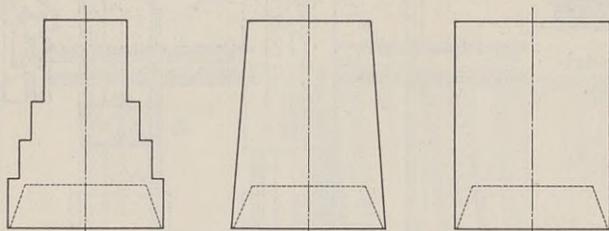


Abb. 7.

Ausgeführte Länge = 700 m

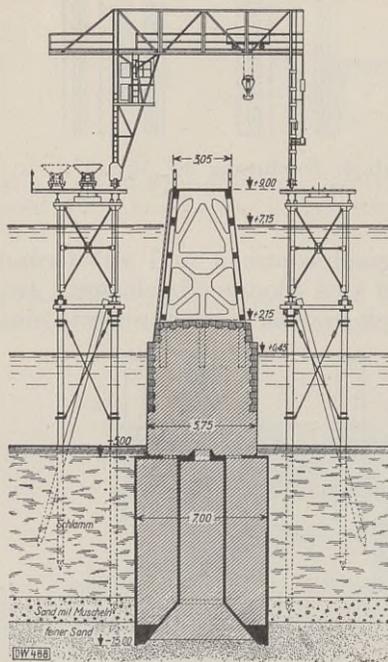


Abb. 9. Neue Ostmole Dünkirchen<sup>1-4</sup>. Querschnitt mit Arbeitsbühne und fahrbarem Portalkran.

Eisenbeton so ausbilden, daß seine tragenden Glieder gleichzeitig Außenwände des Gründungskörpers sind und Reibungszüge leicht aufnehmen können. Tragkonstruktion und Überbau sind

<sup>7</sup> Ausf. Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim.

<sup>8</sup> Aufsatz Neuffer, Beton u. Eisen 1933, H. 1, S. 1-7; H. 2, S. 21-26.

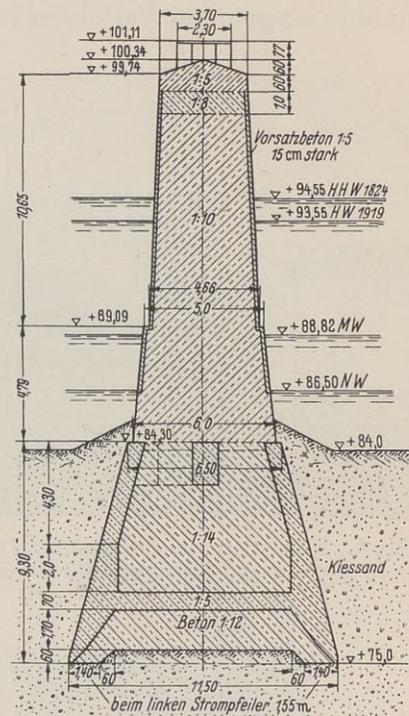


Abb. 8. Strompfeiler der Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Ludwigshafen und Mannheim<sup>7 u. 8</sup>.

Geländes zu erhalten, ja, sie vielleicht sogar zu erhöhen. Schließlich sind es noch Erfordernisse der Stabilität, die für den Bewegungsvorgang wichtig sind, und zwar sind sie dann zu beachten, wenn es sich um das Absenken der Gründungskörper in sehr weichen Böden handelt, oder aber, wenn Gründungskörper sehr schlank ausgebildet werden müssen, z.B. in tiefem Wasser, damit die Oberkante des Gründungskörpers immer zum weiteren Aufbau über Wasser ist. Auch die Schwimmstabilität ist zu berücksichtigen und zwar in solchen Fällen, in denen Gründungskörper nicht an ihrer Absenkstelle gebaut werden, sondern anderwärts, und dann als Schwimmkörper mit guter Schwimmelage zur Baustelle geschleppt werden müssen.

Die Forderung, daß ein Gründungskörper die Bodenreibung überwinden muß, ist im allgemeinen dadurch erfüllt worden, daß er oben schmaler als unten ausgebildet wurde. Es entstand so die erste Form der Abb. 7, die dann zur konischen und zylindrischen Form entwickelt wurde. Man hat mit der ersten Form auf die Veränderung des Geländes wenig oder keine Rücksicht genommen und war auch dazu nicht in der Lage, wenn man, wie es früher nur der Fall war, Gründungskörper absenken mußte, die an ihrem Umfang keinen erheblichen Reibungszug aufnehmen konnten, weil ihr Überbau aus nicht zugfestem Stampfbeton bestand, der auch mit der Tragkonstruktion nicht ohne weiteres zugfest verbunden werden konnte. Durch die Verwendung des Eisenbetons für Arbeitskammer und Tragkonstruktion, also für den sog. Senkkasten, sind diese Schwierigkeiten überwunden worden. Man kann den Senkkasten in

also bei dieser Konstruktion miteinander verbunden oder sind eins. Der Überbau besteht dann oft nur aus der Ausfüllung der im Senkkasten vorhandenen Hohlräume. Es war mithin möglich, statt des treppenartigen Aufbaues den Gründungskörpern konische Gestalt zu geben, wie in Abb. 8 an einem Pfeiler der Rheinbrücke Ludwigshafen-Mannheim gezeigt wird. In weicherem Boden

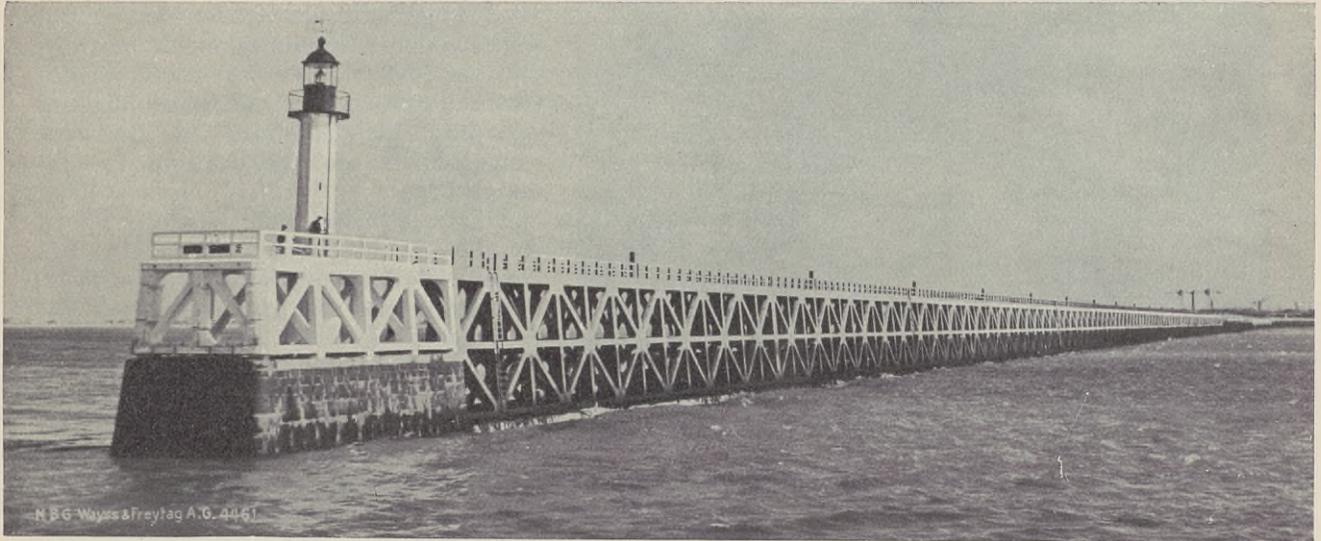


Abb. 10. Neue Ostmole Dünkirchen<sup>1-4</sup>.

oder bei geringer Gründungstiefe kann sogar auf einen nennenswerten Anlauf verzichtet werden. Ein Beispiel ist der in Abb. 9 gezeigte Senkkasten des aus 39 Senkkasten bestehenden Unterbaus<sup>5</sup> der Ostmole in Dünkirchen, deren Ansicht Abb. 10 wiedergibt<sup>1-4</sup>.

Mit der Anwendung des Eisenbetons wurde es möglich, die Aufgabenstellung für Druckluftgründungen dahin zu erweitern, daß man das zu durchfahrende Gelände schon und es nach Möglichkeit auch in den Schichten über der Gründungssohle zur Kraftübertragung vom Bauwerk auf den Boden heranzieht.

Will man dieses Ziel erreichen, so sind die Gründungskörper niemals treppenförmig oder mit waagerechten Absätzen in den Zonen auszubilden, die Reibungskräfte übertragen sollen. Es muß angestrebt werden, die Körper mit nur geringem Anlauf oder mit keinem Anlauf zu bauen.

Der geringste Anlauf wird dann erzielt, wenn der Senkkastkörper im Verhältnis zur erdberührten

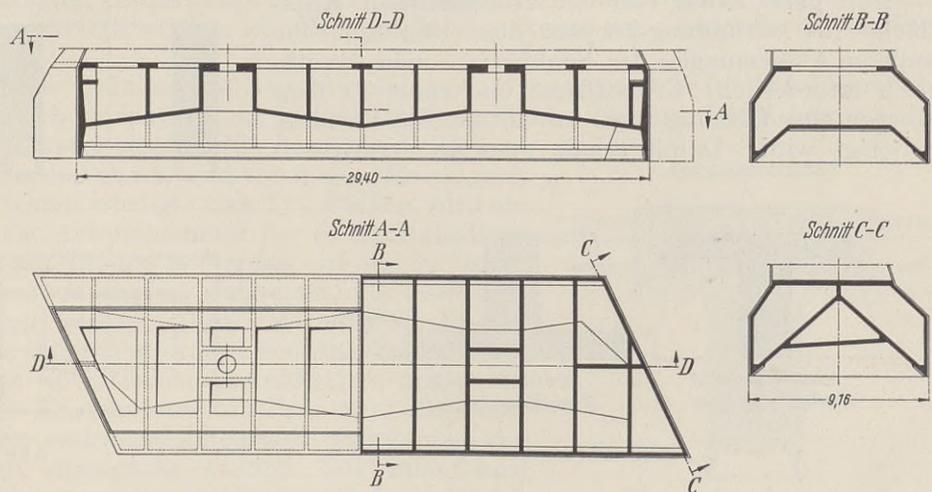


Abb. 11. Druckluftsenkkasten für die Gründung der RAB.-Zubringerbrücke über den Zollhafen in Hamburg (1938).

Fläche großes Gewicht hat und der Reibungsbeiwert für die Außenflächen klein ist. Also muß die Grundfläche sich möglichst der Kreisform nähern. Das ist aber in den seltensten Fällen möglich. Meist muß man rechteckige Grundflächen wählen. Von meiner Firma ist in letzter Zeit auch eine Gründung mit einem Parallelogramm als Grundfläche des Gründungskörpers ausgeführt worden. Abb. 11 zeigt einen Senkkasten der Zollhafenbrücke Hamburg. Immer wird man versuchen, als Grundflächen möglichst stetige Flächen zu wählen. Es ist daher zweckmäßig, die Ecken der Rechteckflächen abzurunden oder die Schmalseiten rechteckiger Senkkasten mit Halbkreisen nach Abb. 12 abzuschließen.

Glatte Wände erreicht man durch sorgfältige Schalung oder Putz oder auch durch die altbekannte Blechverkleidung, die indessen teuer ist. Schließlich können besondere Absenkverfahren angewendet werden, die die erwünschte große Reibung überwinden helfen.

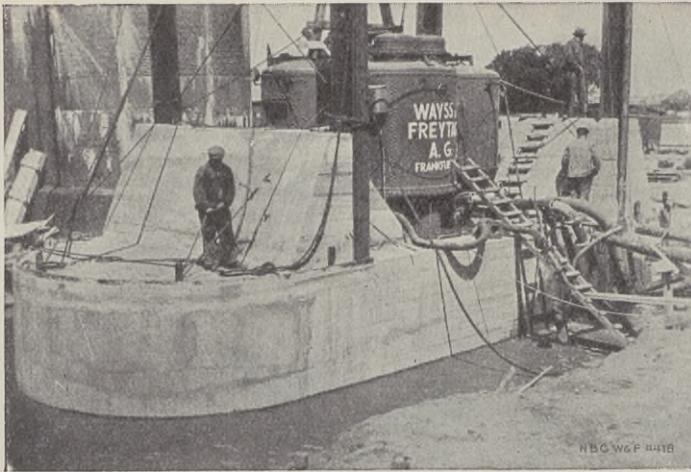


Abb. 12. Druckluftgründungskörper für Brückenpfeiler-Abfangung in Amsterdam (1932)<sup>9</sup> u. <sup>10</sup>.

Durch die auf den Absenkvorgang zu nehmenden Rücksichten ergeben sich oft zwangsläufig die Größen der Grundflächen der Gründungskörper daraus, daß der über Wasser liegende Kopf des Gründungskörpers in seinen Abmessungen durch das zu gründende Bauwerk festgelegt ist und die Form des Gründungskörpers im Aufriß entsprechend den Erfordernissen mit einem gewissen Anlauf gewählt werden muß (Abb. 13). Damit ist dann auch die Grundfläche bestimmt, aber nicht etwa durch die zulässige Bodenpressung, wie dies sonst geschieht. Es kommt daher vor, daß die Grundfläche größer ausfällt als nach statischen Gesichtspunkten notwendig wäre und daß sich die Massen deshalb stark erhöhen und dann mit ihrem Gewicht oft einen übergroßen Anteil an der Bodenpressung ausmachen.

Wenn ein Baugrund mit nur geringer Tragfähigkeit vorhanden ist, muß die Senkkastengrundfläche andererseits nach der Bodenpressung bestimmt werden, und die über Wasser liegende Kopffläche des Gründungskörpers bestimmt sich ihrer Größe nach wieder durch die vorzusehende Neigung der Seitenwände von unten her. Man erhält so oft eine zu große Kopffläche, die nicht erforderlich ist, und benötigt wieder zu große Massen und unnötiges Gewicht zur Übertragung auf die Gründungsfläche. Andererseits aber würde eine Vergrößerung der Neigung der Außenwände oder treppenförmige Ausbildung des Aufbaues das Gelände vollständig zerstören.

Im ersten Fall, bei dem die Größe der Kopffläche festgelegt ist und gut tragfähiger Baugrund ansteht, verwendet man mit Vorteil eine aufgelöste Grundfläche.

Man geht dabei von der erforderlichen Kopffläche des Gründungskörpers aus, bestimmt die äußeren Abmessungen des Senkkastens und die statisch erforderliche Grundfläche und spart in dem Körper eine Öffnung aus, soweit die Fläche nicht benötigt wird. Damit erhält man an der Grund-

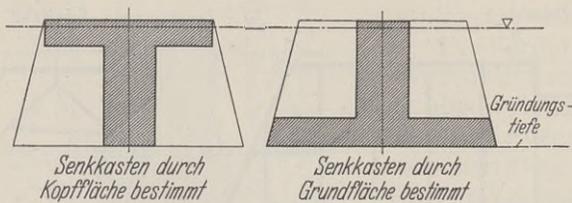
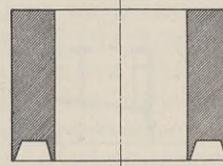


Abb. 13.

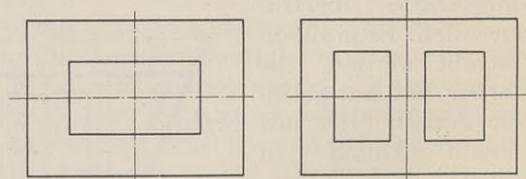


Abb. 14.

fläche eine ringförmig angeordnete Arbeitskammer, und es entsteht der Ringsenkkasten (Abb. 14). Er hat den Vorteil, ein fast gleich großes Trägheitsmoment und geringere Massen als der Vollkörper zu haben.

Der im Innern des Arbeitskammer ringes liegende Raum wird nicht oder jedenfalls nicht unter Druckluft ausgehoben. Dieser Boden kann gegebenenfalls durch Unterwasserbaggerung gelöst und gefördert werden. Wenn der Raum durch eine höherliegende Decke überbrückt wird, so entsteht

<sup>9</sup> Aufsatz Lenk, Bauing. 1934, H. 13/14, S. 133—135 (auch Techn. Blätter der NBG Wayss & Freytag A.-G. 1934, S. 1—3).

<sup>10</sup> Entwurf Wayss & Freytag A.-G., Frankfurt a. M., ausgef. 1932 in Arb.-Gemeinschaft mit Amsterdam'sche Ballast Mij.

eine mittlere zweite Arbeitskammer, in der auch unter Druckluft gearbeitet werden kann. Hiermit ist der Sonderfall des Beucheltschen Ringcaissons beschrieben. Der Absenkwiderstand eines solchen Ringcaissons ist größer als der eines Senkkastens mit über die ganze Grundrißfläche durchgehender Arbeitskammer von gleichem Grundriß, da auch der innere Kern dem Absenken Reibungskräfte entgegengesetzt. Er benötigt daher einen größeren Anlauf als jener.

Man kann auch die großen Grundrißabmessungen in Kauf nehmen und an Baustoff sparen, indem man Hohlkasten ausbildet, die nur teilweise mit Beton gefüllt werden. Die Konstruktion der Hohlkasten ist aber teuer und macht einen großen Aufwand an Bewehrungsseisen erforderlich; die Aushubmassen werden nicht verringert und die zulässige Bodenpressung wird nicht ausgenützt.

Meine Firma hat für den vorliegenden Fall eine neue Gründungskörperform entwickelt, die zum Ziele hat, den umgebenden Boden so viel als möglich zu schonen. Sie sieht in zwei Ausführungsarten vor, nur schwere Gründungskörper mit geringem Umfang, der sich aus der der zulässigen Bodenpressung entsprechenden Mindestgrundfläche ergibt, auf den tragfähigen Baugrund abzusinken.

Die erste Ausführungsart verwendet den sog. Stufensenkkasten (Abb. 15). Der Stufensenkkasten ist gekennzeichnet durch verschieden hoch liegende Arbeitskammerschnitten und verschieden hoch liegende Arbeitskammern, in denen unter verschiedenem Druck gearbeitet wird. Mit dieser Ausbildung wird erreicht, daß ein auskragender oberer Teil des Bauwerkes unter Wasser ausführbar wird, ohne daß er auf den tragfähigen Baugrund gegründet werden muß. Die Ausführung gestattet auch, die Festigkeit des durchfahrenen Bodens, wenn sie etwa verringert worden ist, wieder dadurch zu erhöhen, daß von der oberen Arbeitskammer aus vor Einfüllen des Füllbetons der seitlich des tiefgeführten Gründungsteils liegende Boden durch Belastung vorgespannt wird.

Die Ausführung eines Druckluftkörpers unter den angeführten Verhältnissen ist auch so möglich, daß er zweiteilig ausgeführt wird (Abb. 16). Es werden zwei Senkkasten übereinander angeordnet, von denen der obere als Aufsatzsenkkasten bezeichnet wird. Der untere Senkkasten wird zunächst auf den tragfähigen Baugrund abgesetzt, seine Oberkante kommt unter Wasser. Der Aufsatzsenkkasten wird dann später abgesenkt, auf den unteren aufgesetzt und mit ihm in der Arbeitskammer verbunden. Beide Senkkasten können auch schon miteinander verbunden werden, ehe der untere in seine endgültige Lage gebracht worden ist. Es entsteht so während des Absenkens der Stufensenkkasten.

Der andere Fall, der aus Gründen des Absenkverfahrens oft zu unwirtschaftlichen Konstruktionen führt, nämlich durch Bodenpressung festgelegte Grundfläche und mit den Neigungen der Außenfläche des Körpers bestimmte Kopffläche, die in der sich ergebenden Größe nicht erforderlich ist, wird von meiner Firma auch nach einem eigenen Verfahren erledigt (Abb. 17). Bei ihm wird die Tragkonstruktion mit der Arbeitskammer nur in der unbedingt erforderlichen Höhe hergestellt und es werden auf ihr an ihrem Umfang eiserne Spundwände zugfest aufgesetzt, die nach dem Absenken wieder gezogen werden. Durch sie wird ein Kasten gebildet, in dem nur die statisch erforderlichen Aufbauten ausgeführt werden, die keinen wesentlichen Absenkkräften ausgesetzt sind. Der übrige Teil des Kastens wird mit Erde dicht eingefüllt. Die Spundwände werden senkrecht aufgestellt und können der Höhe nach in Absätzen angebracht werden. Der Anlauf wird ersetzt durch die nach außen liegenden Wellentäler der Wand. Wenn die Aufbauten bis an die Außenflächen der Tragkonstruktion reichen, können sie als Teil des Gründungskörpers ebenfalls Reibungszüge aufnehmen; dann wird die Spundwand an diesen Stellen des Umfangs weggelassen und nur für einen guten Anschluß der Spundwände Sorge getragen.

Die Form wird an zwei Ausführungsbeispielen erläutert: Ein auf Pfählen gegründeter Pfeiler der „Hembrug“, einer Drehbrücke über den Nordsekanal bei Amsterdam<sup>9 u. 10</sup>, mußte wegen der erforderlichen Kanalverbreiterung tiefer gegründet werden. Man hatte vorgesehen, die Vorköpfe der Pfeiler zu verlängern und den so verlängerten Pfeiler durch Anbringen einer Zugbewehrung im Pfeilerschaft als Träger auszubilden. Dieser Träger war auf neue Fundamente unter den Pfeilervorköpfen abzustützen. Für die Ausbildung der Fundamente war ein Ideenwettbewerb veranstaltet

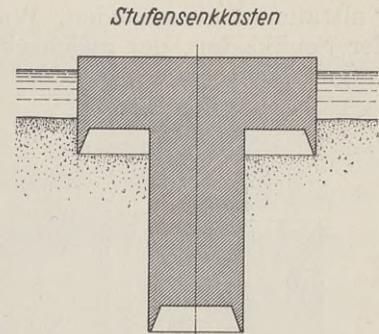


Abb. 15

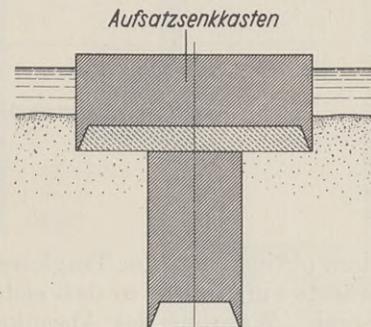


Abb. 16.

worden, aus dem die im Bild gezeigte Lösung zur Ausführung ausgewählt wurde. Die zwei Fundamente wurden als Druckluftgründungskörper ausgeführt. Zur Übertragung der Pressung auf den Boden war je eine Grundfläche von  $13,48 \times 5,00$  m erforderlich, deren Schmalseiten abgerundet wurden. Der Pfeilerschaft durfte nicht breiter sein als 4,60 m. Das Absenken mußte während des starken Bahnbetriebes erfolgen. Es war also erforderlich, Störungen des Bodens unter allen Umständen zu vermeiden. Wie die Abbildung zeigt, wurde über den erforderlichen Grundflächen der Senkkasten, der gleichzeitig Tragkonstruktion für den Gründungskörper war, erbaut. Der aufgehende schmale Teil des Schaftes wurde in der Mitte der Konstruktion aufbetoniert und auf

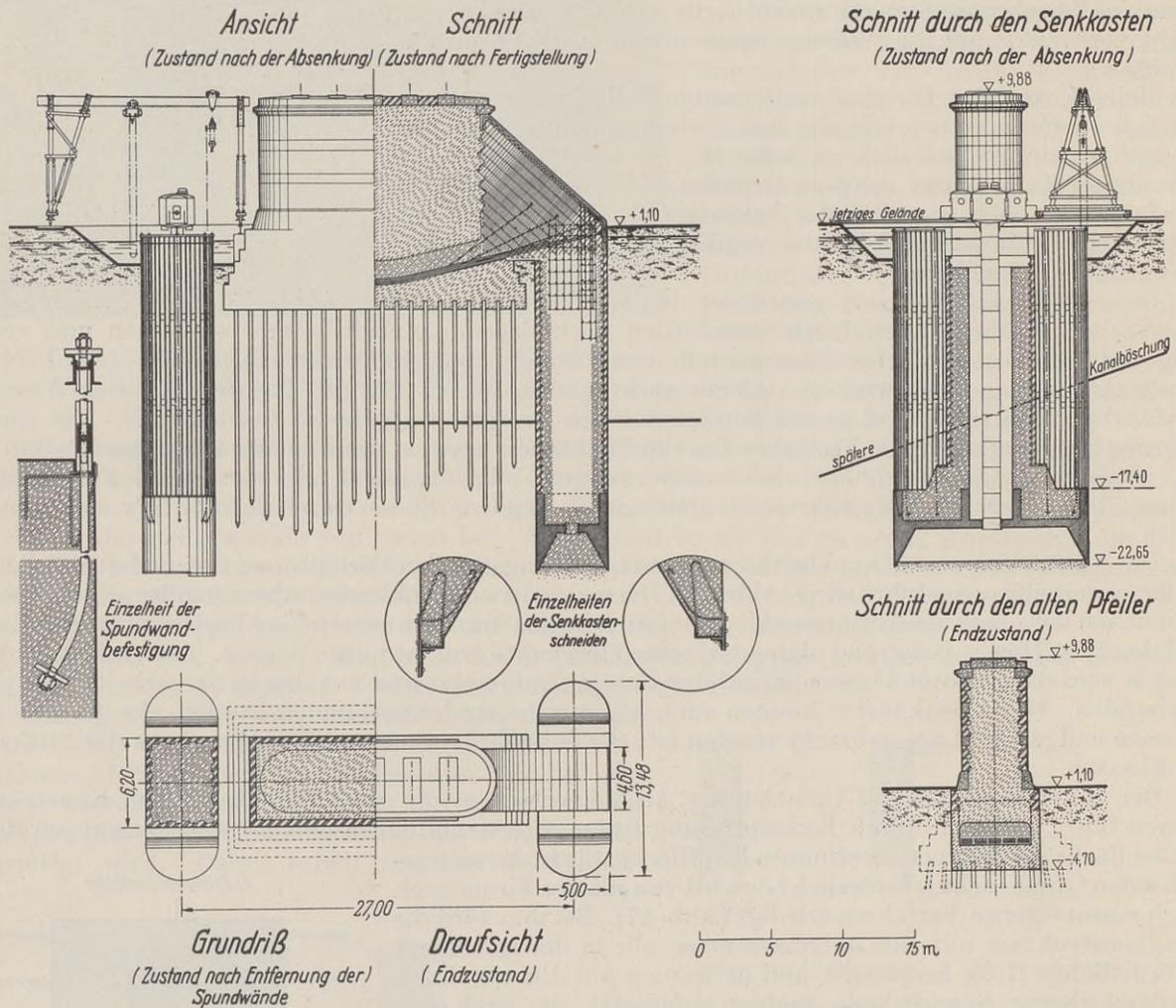


Abb. 17. Zeichnung zu Abb. 12<sup>9</sup> u. 10.

dem übrigen Teil der Tragkonstruktion wurden als Verlängerung der Arbeitskammerwände Spundwände aufgesetzt, so daß sich ein zylindrischer Absenkkörper mit der Grundfläche als Basis ergab. Während des Absenkens wurden die seitlich des aufgehenden Schaftes durch die Spundwände gebildeten Hohlräume mit Aushubmaterial fest ausgefüllt. Die Spundwände hatten keine Biegungsbeanspruchung aufzunehmen, sondern nur die Reibungszüge auf die Tragkonstruktion zu übertragen. Sie waren lose in Führungen auf der Tragkonstruktion aufgesetzt, erhielten einen oberen Abschlußholm, der durch Zugstangen mit der Tragkonstruktion verbunden war. Die Spundwände wurden in drei Absätzen entsprechend der Absenkung angebracht. Der Holm ist vor dem Aufsetzen eines neuen Absatzes gelöst und auf der angelaschten verlängerten Spundwand an den ebenfalls verlängerten Zugstangen wieder befestigt worden. Nach dem Absenken des Körpers konnten die Zugstangen aus einem Gewinde herausgeschraubt werden, der Holm abgenommen und die Spundwände gezogen werden. Diese Konstruktion war wirtschaftlich, sie hat insbesondere den Vorteil, daß die zur Aufnahme der Absenkbeanspruchung erforderliche Tragkonstruktion auch für die endgültige Konstruktion nutzbar gemacht werden konnte, denn sie war in der Lage, die im

Fundamentfuß auftretenden Biegungsbeanspruchungen aufzunehmen. Abb. 18 zeigt die Baustelle nach Absenkung des linken Gründungskörpers und während der Absenkung des rechten. Die Drehbrücke ist ausgefahren. Man blickt in Richtung der Brückenachse.

Eine ähnliche Ausführung mit vorübergehend aufgesetzten Spundwänden, bei der der Aufbau nur nach konstruktiven Gesichtspunkten ausgebildet werden konnte, ist die Fundierung einer Brücke bei Podejuch über eine dreigleisige Bahn (Abb. 19). Es sind bei jedem der zwei Widerlager zwei Eisenbetonstützen als Aufbau über einen rechteckigen Grundriß der Arbeitskammer vorhanden. Der Zweck war hier, den von einem Damm herrührenden Erddruck nicht in voller Breite auf den Gründungskörper wirken zu lassen, sondern den Druckausgleich bei jedem Gründungskörper zwischen zwei Stützen des Überbaues im Erdreich selbst zu ermöglichen. Die beiden Stützen bilden gleichzeitig Wände des Gründungskörperaufbaues an den Schmalseiten, zwischen ihnen sind auf den Längsseiten der Tragkonstruktion Spundwände angeordnet, die mit den Stützen zusammen einen Kasten bilden, der beim Absenken mit Aushubmaterial gefüllt wird (Abb. 20). Die Ausbildung und Verankerung der Spundwand ist die gleiche wie bei der Tiefergründung des Hembrug-Pfeilers.

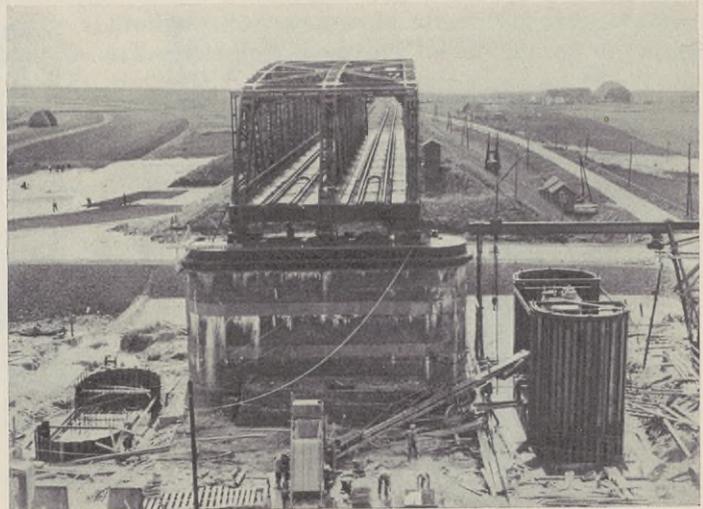


Abb. 18. Baustellenbild zu Abb. 12<sup>9</sup> u. 10.

Beide Ausführungen haben gezeigt, daß es möglich ist, das Gelände dadurch zu schonen, daß auf einen großen Anlauf der aufgehenden Wände verzichtet wird. Bei der Spundwandkonstruktion ermöglichen lediglich die äußeren Wellentäler der Spundwände eine Druckentlastung des Bodens.

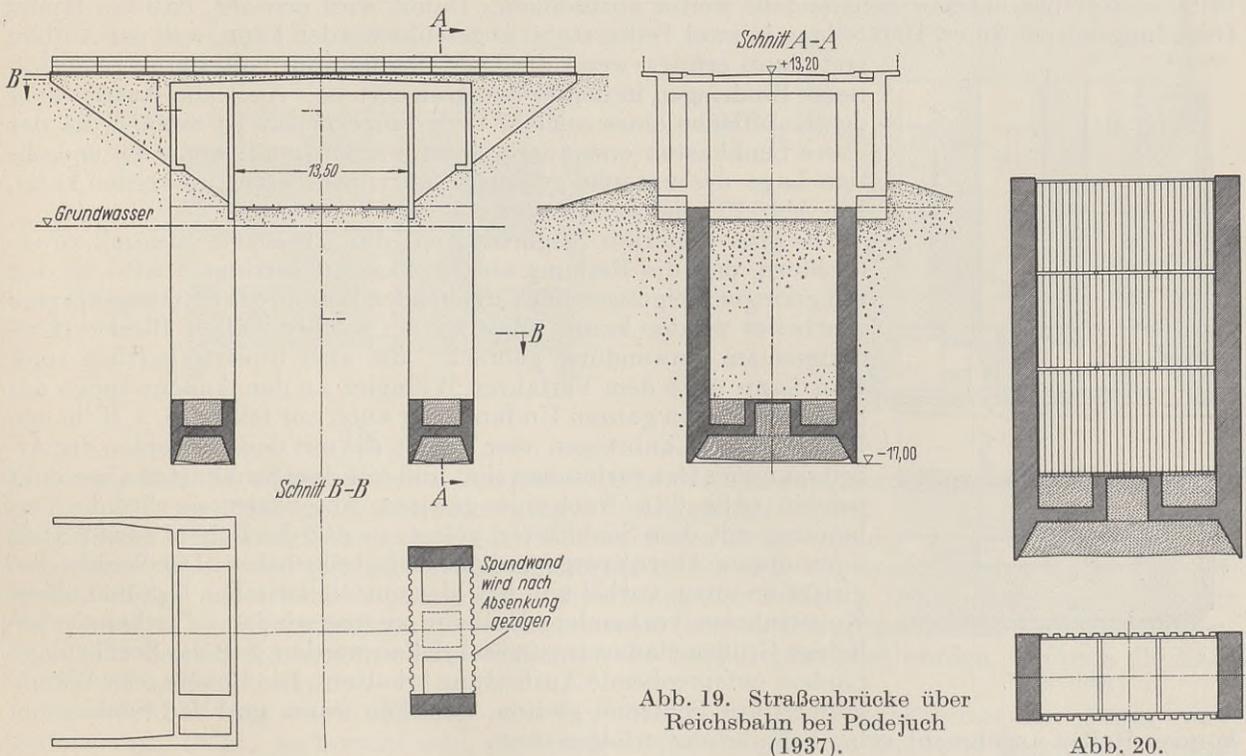


Abb. 19. Straßenbrücke über Reichsbahn bei Podejuch (1937).

Abb. 20.

Sie können je nach Profil verschieden hoch gewählt, aber auch ausgefüllt werden, so daß eine ebene Wand entsteht. Es muß noch darauf hingewiesen werden, daß durch die Anwendung von Eisen für den Aufbau des Gründungskörpers oder einen Teil desselben wegen des kleinen Reibungs-

beiwertes die Reibungswiderstände erheblich abgemindert werden. Wie groß die Pressung im Erdreich war, kann dadurch beurteilt werden, daß in Podejuch zum Ziehen der Spundwände unter Benutzung des Pfahlziehers noch eine statische Zugkraft von 35 t je Einzelbohle erforderlich war.

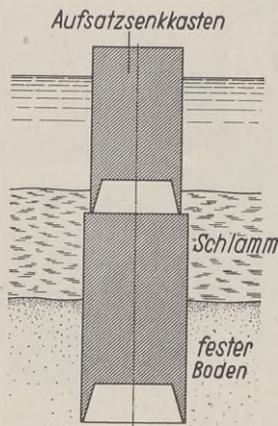


Abb. 21.

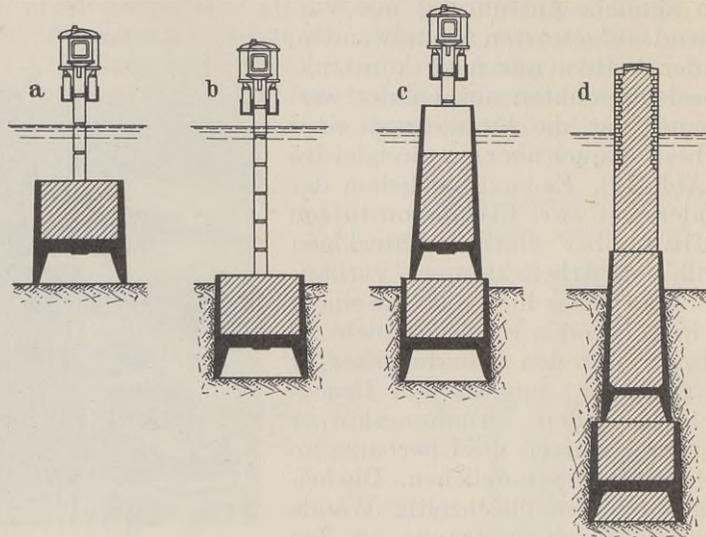


Abb. 22.

In vielen Fällen werden die Abmessungen der Gründungskörper dadurch zu groß, daß Rücksichten auf ihre Stabilität beim Einschwimmen oder Absenken genommen werden müssen, oder daß für das Aufsetzen des Überbaues auf den Gründungskörper aus verschiedenen Gründen ein großer Spielraum vorgesehen werden muß. Hier bietet der der Höhe nach unterteilte Gründungskörper Vorteile (Abb. 21). Es wird ein oberer kleiner Senkkasten auf einen bereits ganz oder teilweise abgesenkten Senkkasten von größerer Grundrißabmessung aufgesetzt und die beiden Senkkasten miteinander verbunden. Es ist möglich, die verbundenen Senkkasten durch Arbeiten in der Arbeitskammer des unteren Senkkastens weiter abzusenken. Damit wird erreicht, daß ein labiler Gründungskörper durch Herstellung in zwei Teilen stabil abgesenkt werden kann, weil der Aufbau erst dann erfolgt, wenn die Lage des unteren Teils durch genügend tiefes Eindringen in den Boden gesichert ist. Auch die Ausrichtung der Kopffläche eines solchen Gründungskörpers ist einfach, da der obere Senkkasten erst ausgerichtet werden muß, wenn die endgültige Lage des unteren genau genug vorausbestimmt werden kann. Die Abb. 22 zeigt den Absenkvorgang.

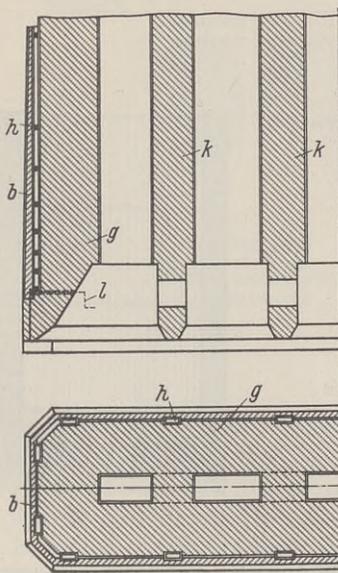


Abb. 23<sup>11</sup>.

Es gibt weiterhin Möglichkeiten, das Absenken dadurch zu erleichtern, daß die Reibung am Senkkasten verringert wird, so daß mit geringen Neigungen der aufgehenden Wände des Senkkastens gearbeitet werden kann. Man hat in solchen Fällen Blechverkleidungen zur Anwendung gebracht, die aber unwirtschaftlich sind. Man kann nach dem Verfahren Widugier an den Außenwänden des Senkkastens am ganzen Umfang oder auch nur teilweise, z. B. in den Ecken, Bohlen anbringen oder Tafeln, die mit den Schneiden der Arbeitskammer fest verbunden sind und mit dem Senkkasten abgesenkt werden (Abb. 23). Nach einer gewissen Absenkstrecke wird die Verbindung mit dem Senkkasten gelöst, so daß die Bohlen oder Wände am weiteren Absenkvorgang nicht mehr teilnehmen. Der Senkkasten gleitet an ihnen vorbei und hat hier nur die zwischen ihm und dieser Konstruktion vorhandene Reibung zu überwinden. Ihr können beliebige Größen dadurch vorgeschrieben werden, daß die Berührungsflächen entsprechende Ausbildung erhalten. Die Bohlen oder Wände können auf Schienen gleiten, zwischen ihnen und den Senkkasten können Rollen angebracht sein, Schmierung erfolgen usw.

Ein Dr. Paproth geschütztes Verfahren (Abb. 24) versucht den Absenkwiderstand dadurch zu überwinden, daß im kritischen Stadium, wenn der Senkkasten durch das Eigengewicht nicht mehr absinkt, ein zunächst mit dem Senkkasten verbundener Widerlagerring oder Widerlagerwände von

<sup>11</sup> Aus Patentschrift.

ihm gelöst werden und Pressendrucke in senkrechter Richtung zwischen Senkkasten und Widerlager ausgeübt werden. Der Pressendruck darf natürlich nicht zu solcher Größe anwachsen, daß die Widerlager aus dem Boden gezogen werden, da damit das Bodengefüge erheblich gestört würde.

Die Weiterentwicklung des Aufsatzsenkkastens meiner Firma hat nun auch für den Absenkvorgang Vorteile gebracht. Der doppelteilige Gründungskörper wurde zum Wurmsenkkasten (Abb. 25) entwickelt, der so genannt wird, weil die Art seiner Fortbewegung im Boden mit der eines

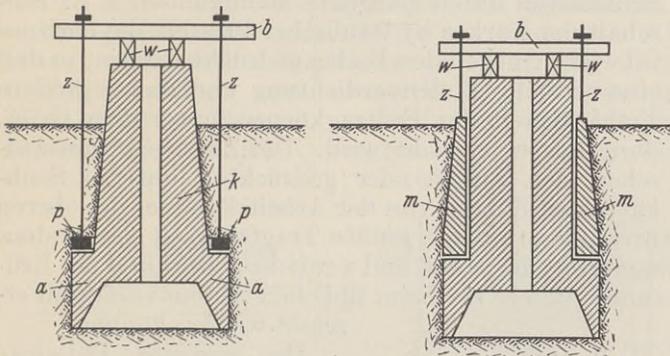


Abb. 24<sup>12</sup>.

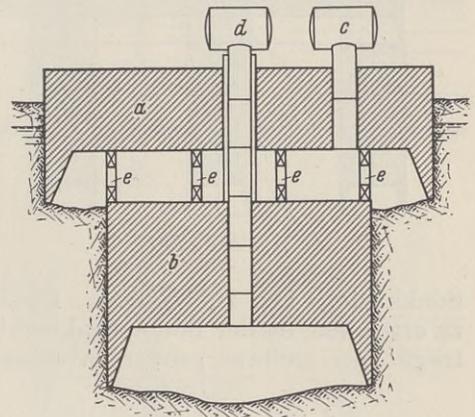


Abb. 25. Wurmsenkkasten.

Wurmes vergleichbar ist. Beide Senkkasten des Gründungskörpers haben voneinander unabhängige Arbeitskammern. Sie sind durch Zug- und Druckmittel miteinander verbunden. Das Neue daran ist der Bewegungsvorgang, der so erfolgt, daß beide Senkkasten nicht gemeinsam, sondern einzeln, und zwar abwechselnd abgesenkt werden, wobei durch das Einschalten von Zug- und Druckverbindungen zwischen beiden Senkkasten jeweils das Gewicht des zur Zeit in Ruhe befindlichen Senkkastens und die an seinem Umfang wirkende Bodenreibung mit für das Absenken des jeweils bewegten Senkkastens nutzbar gemacht wird. Der Vorteil gegenüber der bisherigen Anordnung ist der, daß nur ein Teil des auf den Gesamtkörper wirkenden Erddruckes dem Absenken

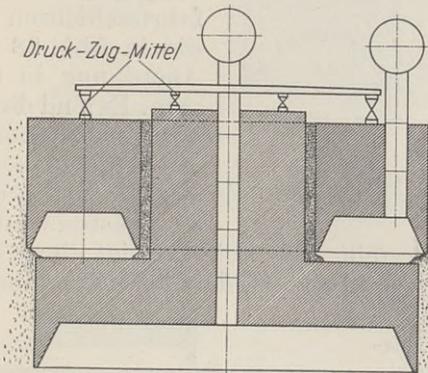


Abb. 26.

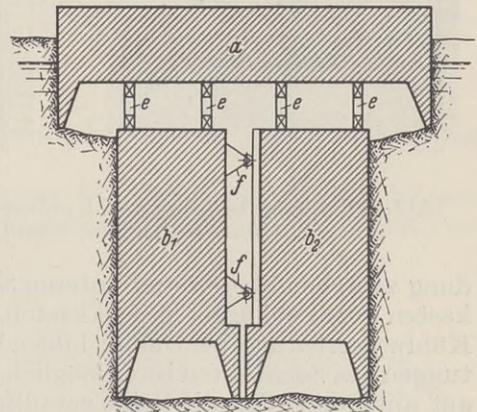


Abb. 27.

Widerstand leistet, während die auf den jeweils ruhenden Teil der Anordnung wirkenden Reibungskräfte zur Unterstützung des Absenkvorganges herangezogen werden. Daher kann beim Absenken ein größerer Widerstand des umgebenden Bodens überwunden werden, als bei der bisherigen Arbeitsweise, bei der der gesamte Gründungskörper gleichzeitig abgesenkt werden muß. Das Absenken erfolgt mit erheblich geringerer Auflockerung des Bodens. Dementsprechend kann zur Aufnahme der Kräfte des fertigen Bauwerks mit einer beträchtlich größeren Mitwirkung der Bodenreibung in den durchfahrenen oberen Schichten des Bodens gerechnet werden, wodurch die Bauwerkssohle entlastet wird.

In der Abbildung waren die Zug- und Druckmittel in der Arbeitskammer des oberen Senkkastens angebracht. Es besteht auch die Möglichkeit (Abb. 26), die Zug- und Druckkräfte außerhalb der Arbeitskammer wirken zu lassen, wenn der obere Senkkasten als ringförmig ausgebildeter Senkkasten verwendet wird, durch dessen Innenraum der Schaft des unteren Senkkastens durchgeführt ist.

<sup>12</sup> Aus Patentschrift.

Die Wirkung des Wurmsenkkastens auf den Boden kann noch verbessert werden, wenn der untere Senkkasten der Seite nach, entsprechend Abb. 27, unterteilt ist, d. h. daß mehrere untere Senkkasten unter einem Aufsatzsenkkasten angeordnet werden, die an ihren gegenseitigen Berührungsflächen nur geringe Reibungskräfte übertragen. Dadurch braucht nur eine noch kleinere Reibungskraft mit dem Gesamtgewicht des Gründungskörpers überwunden zu werden.

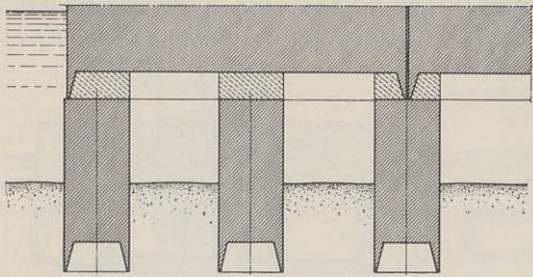


Abb. 28.

Nach vollendeter Absenkung können die unteren Senkkasten durch geeignete Maßnahmen, z. B. Einschaltung starker hydraulischer Pressen, die horizontal wirken, gegen den Boden gedrückt werden, so daß eine seitliche Bodenverdichtung und damit größere Tragfähigkeit des Erdtragskörpers unter dem Gründungskörper erreicht wird. Der Zwischenraum zwischen den auseinander gedrückten unteren Senkkasten wird dann von der Arbeitskammer des oberen

Senkkastens aus zubetoniert. Dieses Verfahren gestattet, die größte Tragfähigkeit des Bodens zu erreichen, da der Boden senkrecht und waagrecht gespannt und verdichtet wird und der Erdtragskörper weitaus größere Abmessungen annimmt, als sie beim üblichen Absenkverfahren erreicht werden können.

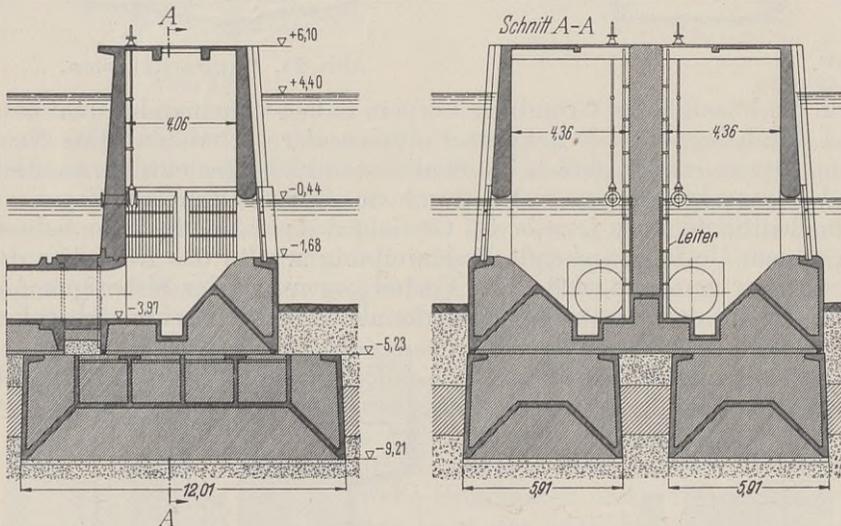


Abb. 29. Einlaufbauwerk von Kühlwasseranlage des Kraftwerks Pigeon House bei Dublin, Irland (1935/36) <sup>13 14 u. 15.</sup>

Die gezeigte Entwicklung der Formen von Druckluftsenkungskörpern gewinnt auch für die Ausführung von Senkkastenreihen Bedeutung, wie sie für Kaimauern, Schiffahrtsschleusen, Rohrleitungen usw. angewendet werden. Der Aufsatzsenkkasten findet hier ein großes Anwendungsgebiet. Für Schiffahrtsschleusen kann z. B. die in Abb. 28 dargestellte Anordnung in Frage kommen. Es sind da obere Senkkasten auf Senkkastenpfeiler aufgesetzt. In der Arbeitskammer der oberen Senkkasten wird die Verbindung zwischen oberen und unteren Senkkasten hergestellt. Die Abb. 29 zeigt einen Aufsatzsenkkasten über zwei unteren Senkkasten, die zusammengeschlossen sind und das Einlaßbauwerk einer Kühlwasserleitung bei Dublin bilden <sup>13 14 15.</sup> Bei Rohrleitungen aus Senkkasten ist es möglich, wenn es nicht darauf ankommt, daß die Sohle geradlinig verläuft, Senk-

kasten stufenweise nach Abb. 30 übereinander anzuordnen, so daß die Schwierigkeiten der Dich-

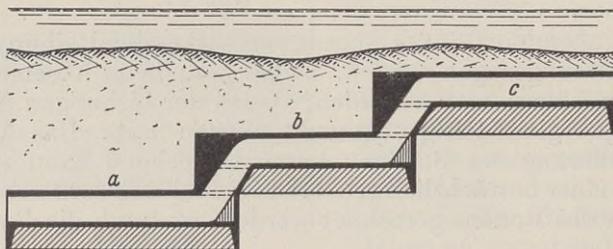


Abb. 30.

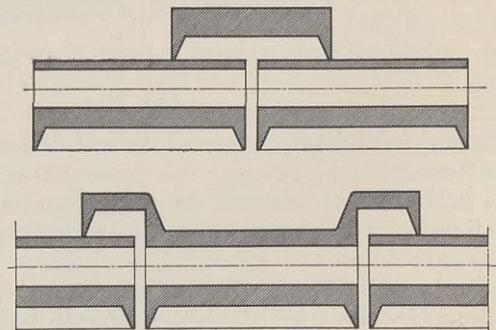


Abb. 31.

kasten stufenweise nach Abb. 30 übereinander anzuordnen, so daß die Schwierigkeiten der Dich-

<sup>13</sup> Entwurf NBG Wayss & Freytag A.-G., Frankfurt a. M., ausgef. in Arb.-Gemeinschaft mit der Pioneer Road Construction Co. Ltd., Dublin.

<sup>14</sup> Aufsatz Schnitter, Schweiz. Bauztg. Bd. 109 (1937), Nr. 4 und 5.

<sup>15</sup> Harty: The new Cooling Water System at Pigeon House Power Station, Dublin. Dublin 1937.

tung von senkrechten Fugen wegfällt. Solche Anordnungen können immer bei Dükerleitungen, Fußgängertunnels usw. getroffen werden. Aber auch wenn eine horizontale Sohle verlangt wird, verringert die Anwendung des Aufsatzsenkkastens die Schwierigkeiten der Fugendichtung (Abb. 31). Der Aufsatzsenkkasten wird über der Fuge abgesenkt und von ihm aus werden die Arbeiten der Fugendichtung durchgeführt. Es ist auch möglich, durch Verwendung von Stufensenkkasten denselben Zweck zu erreichen.

Gründungskörper, die auch erhebliche waagerechte Kräfte aufnehmen müssen, werden im allgemeinen senkrecht abgesenkt. Dadurch, daß die zur Aufnahme des Überbaues erforderliche Kopffläche nicht mittig über der Grundfläche liegt, erhalten solche Gründungskörper erhebliche Längenabmessungen, erfordern große Bauwerksmassen, belasten den Untergrund stark und werden un-

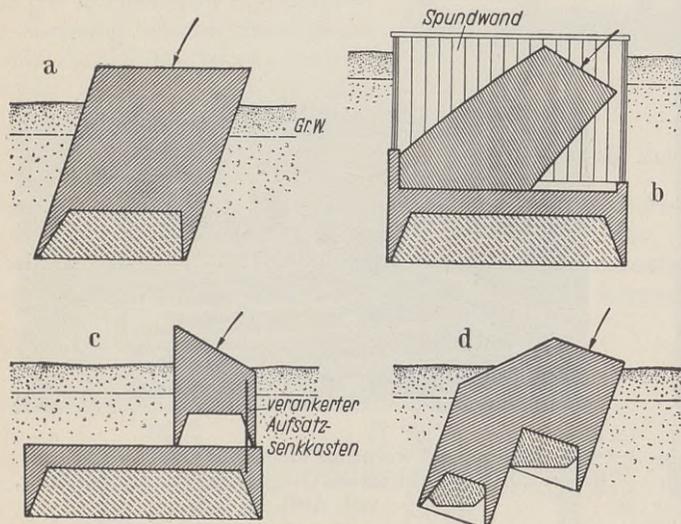


Abb. 32.

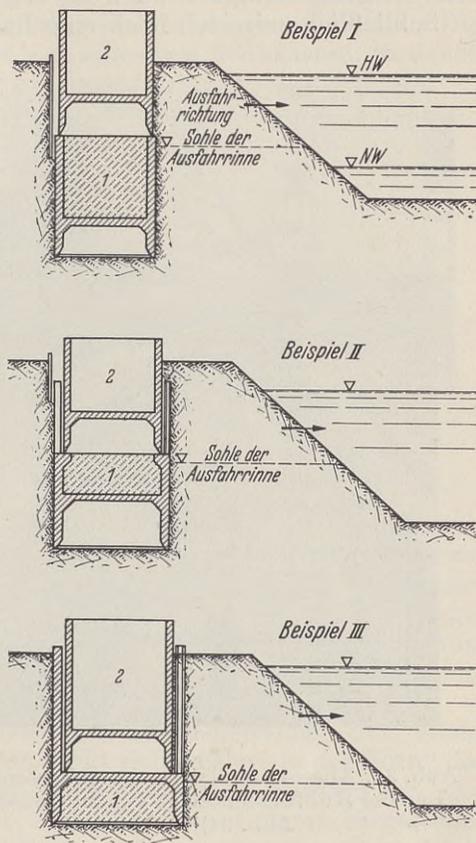


Abb. 33.

wirtschaftlich. Man hat daher nach Wegen gesucht, mit geringeren Massen auszukommen und Schrägabsenkungen vorgenommen.

Nach dem Verfahren Beuchelt (Abb. 32a) wird durch schräge Anordnung eines Paares der aufgehenden Wände des Gründungskörpers erreicht, daß der Senkkasten schräg absinkt. Das Verfahren ist vielfach erprobt.

Eine wirtschaftliche Ausbildung des Aufbaues des Gründungskörpers kann aber auch erzielt werden, wenn das an den Beispielen Hembrug und Podejuch gezeigte Verfahren Anwendung findet (Abb. 32b). Man kann eine Arbeitskammer herstellen, die gleichzeitig Tragkonstruktion ist und die nach oben hin durch Spundwände verlängert wird. In dem über der

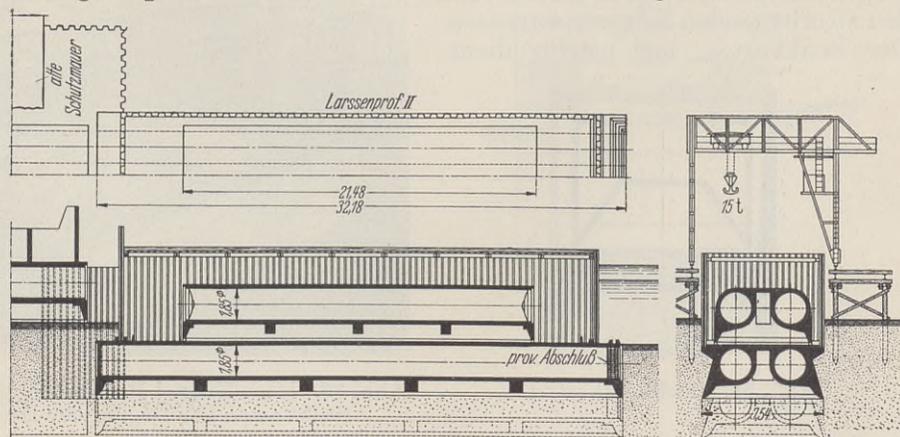


Abb. 34. Dock für die Herstellung der Senkkasten beim Bau der Kühlwasseranlage Pigeon House<sup>13 14 u. 15</sup>.

Tragkonstruktion durch die Spundwände gebildeten Kasten kann die Errichtung des Überbaues rein nach statischen Gesichtspunkten erfolgen, und der Rest des Kastenraumes verfüllt werden. An Fundamentmassen wird gespart. Die größere Aushubmenge ist wirtschaftlich tragbar, da der Aushubvorgang einfach und billig ist. Auch mit dem Aufsatzsenkkasten ergeben sich dadurch

Lösungen (Abb. 32c), daß ein oberer und ein unterer Senkkasten miteinander verbunden eine Winkelstützmauer bilden, die in der Lage ist, die auftretenden Biegemomente aufzunehmen. Die Konstruktion kann deswegen wettbewerbsfähig sein, weil die für den Absenkvorgang erforderliche Biegesteifigkeit auch für den endgültigen Zustand nutzbar gemacht wird.

Schließlich zeige ich noch eine Lösung mit einem Stufensenkkasten nach Abb. 32d. Der unsymmetrische Stufensenkkasten hat zwei verschiedenen hochliegende Arbeitskammern. Er wird während des Absenkens einer Drehung unterworfen, die durch Regulierung des Luftdruckes in den beiden Arbeitskammern und durch einseitigen Aufbau hervorgerufen wird.

Nun ist noch darauf hinzuweisen, daß nach einem neu entwickelten Herstellungsverfahren nach

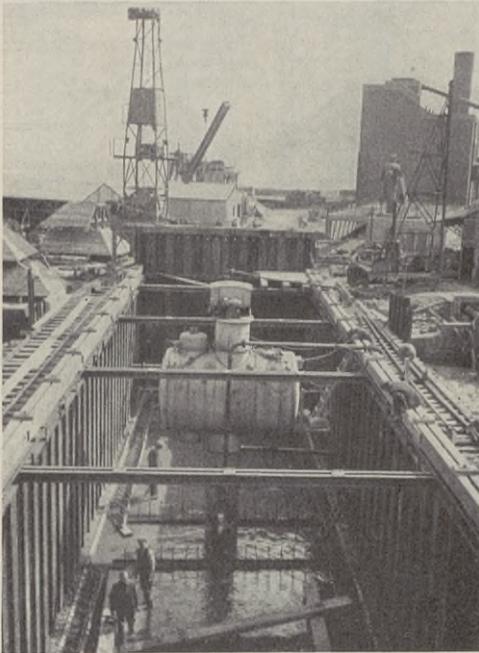


Abb. 35. Absenkung des Docksenkkastens beim Bau der Kühlwasseranlage Pigeon House (vgl. Abb. 34)<sup>13 14 u. 15.</sup>



Abb. 37. Ausschwimmen eines im Docksenkkasten hergestellten Senkkastens (Regen-Brücke Regensburg, vgl. Abb. 1).

Abb. 33 Druckluftgründungskörper vor ihrer Inanspruchnahme als Bauwerksteil oder auch schon vor ihrer endgültigen Absenkung als Dock zur Herstellung weiterer Senkkasten dienen können und sich dann in ihrer Größe den zu erbauenden Körpern anpassen. Der Senkkasten, der hierfür dient,

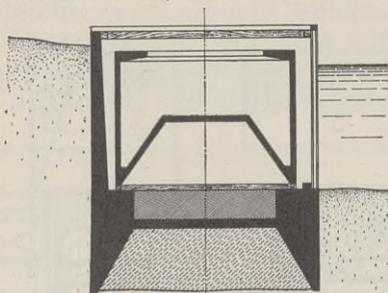


Abb. 36. Docksenkkasten.

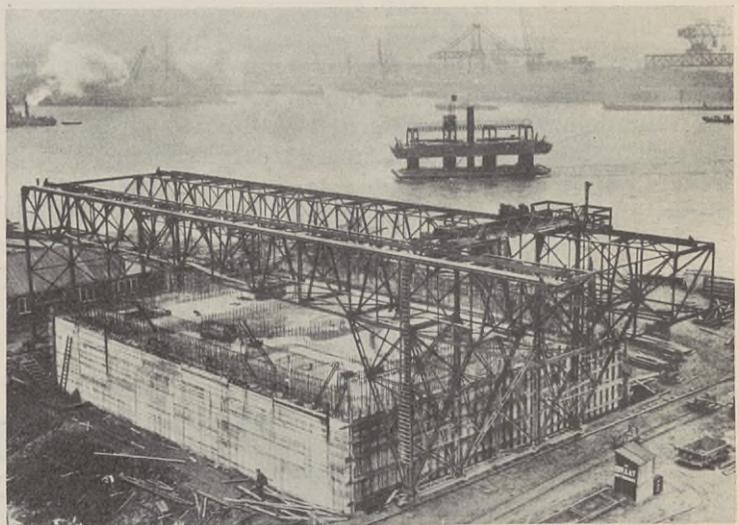


Abb. 38. Maas-Tunnel Rotterdam (1937 u. f.). Lüftungsgebäude-Senkkasten vor Beginn der Druckluftabsenkung<sup>16 u. 17.</sup>

wird nach Art der Ausführungen Amsterdam und Podejuch mit vorübergehend auf die Tragkonstruktion aufgesetzten Spundwänden hergestellt, die mit der Arbeitskammerdecke einen was-

<sup>16</sup> Zeitschrift De Maastunnel (Rotterdam), Jahrgang 1937 u. f.

<sup>17</sup> Ausführung des Maastunnels: N. V. Maastunnel (Rotterdam); von dieser zur Mitarbeit für die Druckluftarbeiten herangezogen: NBG Wayss & Freytag A.-G., Frankfurt a. M. Siehe Aufsatz Schnitter, Schweiz. Bauztg. Bd. 113 (1939), Nr. 12, S. 143—147.

serdichten Kasten als Dockgrube bilden, in der weitere Senkkasten hergestellt und dann ausgeschwommen werden. Die Umfassungswände dieses Docks können auch Eisenbetonwände sein, bis auf eine Seite, die durch Spundwände oder ein Tor geschlossen wird und die zum Ausschwimmen des Senkkastens geöffnet werden muß.

Das Herstellungsverfahren wurde bei der Kühlwasserleitung Dublin angewandt<sup>13 14 15</sup>. Die Kühlwasserleitung hat eine Länge von 183 m und besteht aus einzelnen Senkkasten, in denen das Doppelrohrsystem der Leitung gleichzeitig die Tragkonstruktion bildet. Fünf Senkkasten von 21,50 bis 32,10 m Länge mußten im freien Wasser abgesenkt werden. Der landwärts gelegene Senkkasten wurde hierzu als Dock ausgebildet, in dem die übrigen vier Senkkasten der Leitung sowie drei Senkkasten des Einlaufbauwerks hergestellt wurden. Abb. 34 zeigt Längen- und Querschnitt des Docks mit einem darin hergestellten Senkkasten. Abb. 35 zeigt die Absenkung des Docksenkkastens.

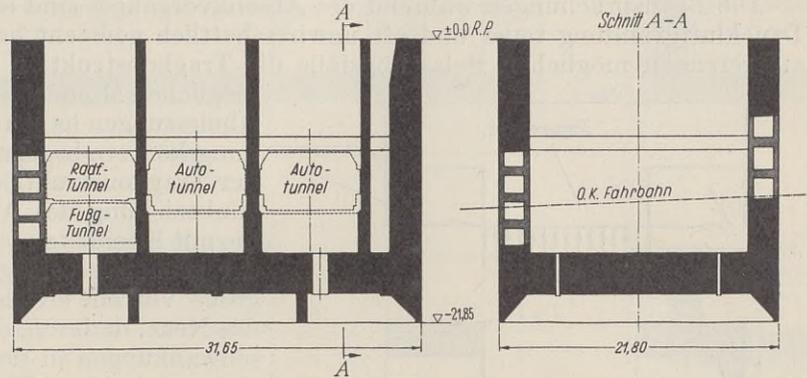


Abb. 39. Zeichnung zu Abb. 38 (vereinfacht).

Eine weitere Anwendung des Verfahrens fand beim Bau der Regenbrücke in Regensburg statt, bei der die Herstellung der Senkkasten der zwei Flußpfeiler in einem als Dock ausgebildeten Senkkasten eines Landpfeilers erfolgte. Der Querschnitt des Docksenkkastens und der des darin hergestellten Senkkastens ist in Abb. 36 dargestellt. Abb. 37 zeigt im Bild das Ausschwimmen des fertiggestellten Senkkastens eines Flußpfeilers.

Die Art der Herstellung der Senkkasten wirkt sich weniger in der Form, dagegen stark in der Konstruktion aus. An ihrer Absenkstelle auf Land hergestellte Senkkasten können massig, also schwer sein. Die Gewichtsverteilung der Konstruktion spielt nur eine Rolle bei weichen Böden

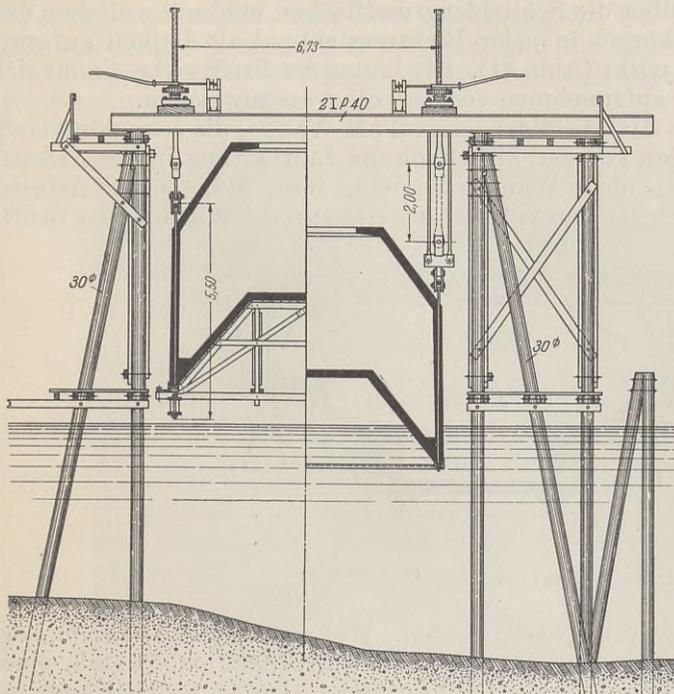


Abb. 40. RAB.-Brücke über den Main bei Frankfurt a. M.-Griesheim. Druckluftsenkkasten nach Fertigstellung (links) und während Abspindelung (rechts)<sup>6</sup>.

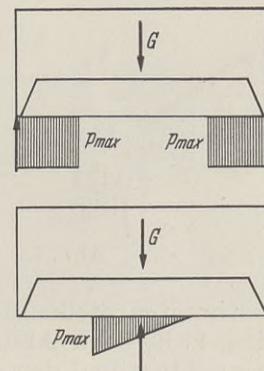


Abb. 41.

und bei Grundflächen, die im Vergleich zur Höhe schmal sind. Werden die Absenkkörper aber an Gerüsten erstellt, sei es über der Absenkstelle oder entfernt davon, oder werden sie in Docks, auf Hellings oder Slips gebaut und eingeschwommen, so müssen sie leicht sein und zum Einschwimmen müssen sie schwimmfähig gemacht werden. Das erfolgt durch Ausbildung von Hohlräumen und durch die Gewichtsverteilung. Als neuartig sind noch die druckluftgefüllten Hohlräume im Aufbau anzuführen, die der Höhe nach so unterteilt sind, daß je nach dem äußeren Wasserdruck ein entsprechender Innendruck in jedem Teil gehalten werden kann, so daß die Wände nicht auf vollen

Außendruck bemessen werden müssen. Es ergeben sich mit diesen Forderungen die verschiedenartigsten Ausbildungen der Arbeitskammer und der Tragkonstruktion, die den Beanspruchungen beim Absenkvorgang standhalten müssen.

Als Beispiel eines schweren Senkkastens zeigen Abb. 38 und 39 einen Gründungskörper für die Lüftungsgebäude des Maastunnels Rotterdam<sup>18 17</sup>. Abb. 40 stellt einen leichten Senkkasten der Mainbrücke Griesheim dar<sup>6</sup>.

Die Beanspruchungen während des Absenkvorganges sind es, die, wie ich schon erwähnte, die Druckluftgründung teuer und oft unwirtschaftlich gemacht haben, weil wegen der Vielzahl der auftretenden möglichen Belastungsfälle die Tragkonstruktion große Biegesteifigkeit für alle

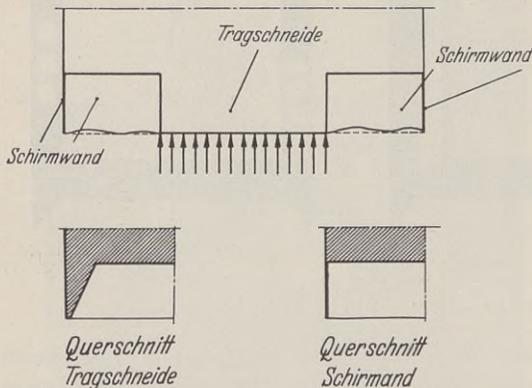
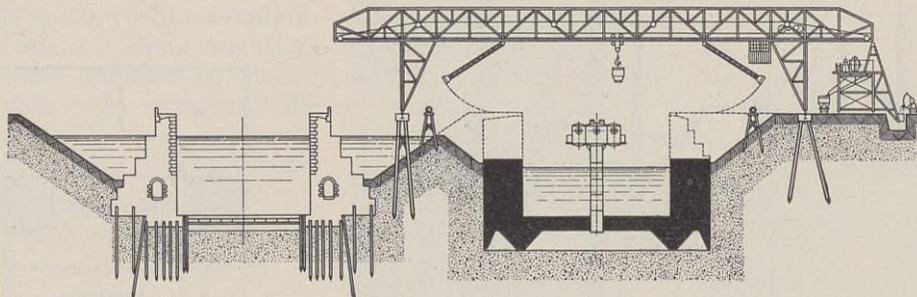


Abb. 42.

möglichen Momentenverteilungen und daher erhebliche Abmessungen haben muß. Besonders bei großen Gründungskörpern begegnet eine wirtschaftliche Ausbildung der Tragkonstruktion großen Schwierigkeiten. Durch Einbeziehung des Aufbaues in die Tragkonstruktion, die mit Eisenbeton leicht möglich ist, lassen sich wegen der größeren verfügbaren Konstruktionshöhen schon große Vorteile erzielen. Weiter aber noch, und dies ist das Neue, dadurch, daß man sorgt, daß die Spannungsschwankungen in der Tragkonstruktion sich in engen Grenzen halten. Die Möglichkeiten hierzu sind durch ein Verfahren meiner Firma gegeben. Von den Stützkraften, die das Gewicht des Gründungskörpers während des Absenkvorganges auf den Boden übertragen, nämlich Reibungskräfte am Umfang, Luftpolster in der Arbeitskammer und Bodenpressung unter den

Schneiden, kommt für die Bemessung der Tragkonstruktion den Stützkraften unter den Schneiden die größte Bedeutung zu. Ihre Verteilung über die Schneidengrundflächen wechselt zwischen den Hauptlastfällen, bei denen der Gründungskörper in jeder Richtung einmal als Balken auf zwei Stützen und das andere Mal als Kragträger wirkt (Abb. 41). Die Länge der Freilage bestimmt sich aus der Grenzpressung, die der Boden noch aufzunehmen vermag, ohne auszuweichen.

Wenn man die Schneiden auf zweifache Art ausbildet, einmal als Wände, die sehr dünn sind, so daß sie keine Bodenreaktionen übertragen können, aber doch die Lufthaltung in der Arbeitskammer ermöglichen, und das andere Mal als dicke Wände, die neben ihrer Aufgabe, die Arbeitskammer nach außen abzuschließen, Bodenreaktionen aufnehmen, so kann die Wirkung der Stütz-

Abb. 43. Neue Seeschleuse Ostende (rechts)<sup>18 19 20 u. 21</sup>.

kraften an bestimmten Stellen der Schneiden erzwungen werden. Wenn man dicke Wände, sog. Tragschneiden, z. B. nach Abb. 42 in der Mitte der Langseite der Arbeitskammerwände eines Senkkastens anordnet und den übrigen Teil der Wände dünn ausbildet als sog. Schirmwände, so hat man die Gewähr, daß die Freilagen des Gründungskörpers klein sind, also die Tragkonstruktion erheblich geringeren Spannungswechseln unterworfen ist.

Es besteht auch die Möglichkeit, den Wechsel zwischen Tragschneiden und Schirmwänden so vorzunehmen, daß alle Außenwände der Arbeitskammer Schirmwände sind und die Tragschneiden

<sup>18</sup> Aufsatz Lenk, Bauing. 1939, H. 3/4, S. 29—32 (auch Techn. Blätter der NBG Wayss & Freytag A.-G. 1939, S. 5—8.

<sup>19</sup> Techn. Blätter der NBG Wayss & Freytag A.-G. 1936, S. 5—8.

<sup>20</sup> Aufsatz Verschoore, La Technique des Travaux 1937, Nr. 1, S. 39—50 (Auszüge siehe Bautechn. 1937 und Bauing. 1937).

<sup>21</sup> Ausführung 1935/36 durch M. Delens, Gand; Druckluftarbeiten durch NBG Wayss & Freytag A.-G., Frankfurt a. M.

im Innern der Arbeitskammer besonders angeordnet werden. Das kann beispielsweise so geschehen, daß ein Kranz von Tragschneiden angeordnet wird, oder Querschneiden vorgesehen werden. Eine Ausführung dieser Art sind die Doppelschneidensenkkasten der Seeschleuse Ostende<sup>18 19 20 21</sup>.

Die Abb. 43 bis 45 zeigen Querschnitt, Längenschnitt und Grundriß und Baustellenübersicht.

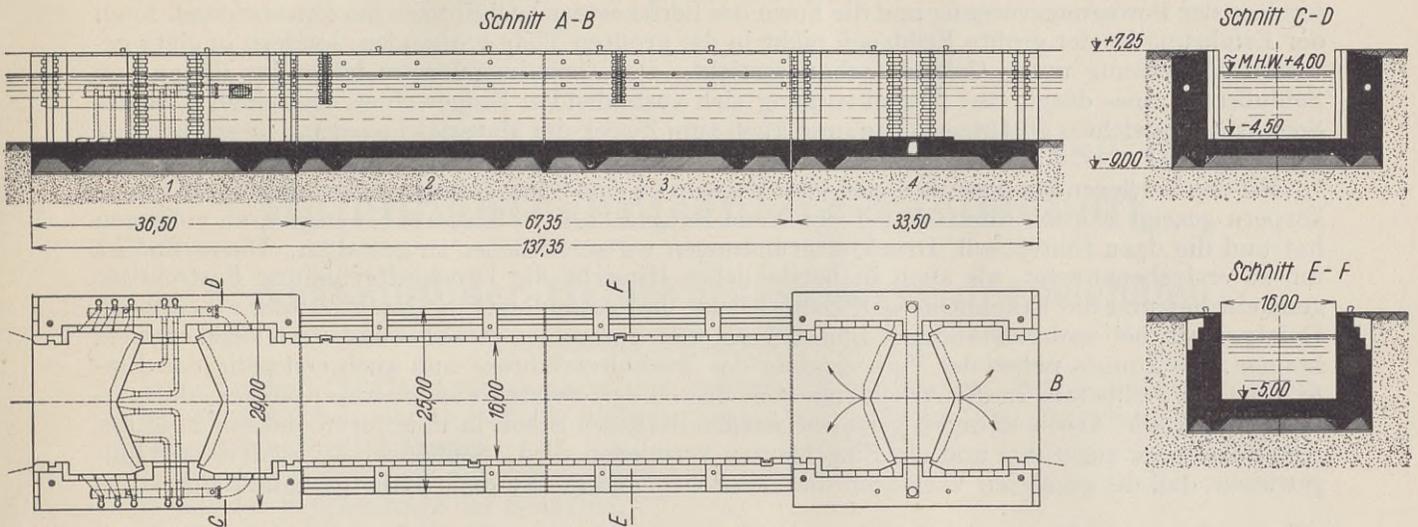


Abb. 44. Übersichtszeichnung zu Abb. 43.

Über den Anteil des Gewichtes der Gründungskörper, den die Schneiden aufzunehmen haben, besteht keine Gewißheit. Man ist daher meist gezwungen, mit dem Gesamtgewicht zu rechnen, dies besonders deshalb, weil nach Einleitung des Bewegungsvorganges des Senkkastens die Reibungskräfte am Umfang kleiner werden und die Bewegung abgebremst werden muß, was durch zusätzliche Schneidenreaktionen erfolgt, und weil auch mit einem erheblichen Unterdruck in der Arbeitskammer zu rechnen ist.



Abb. 45. Bild der gesamten Baustelle zu Abb. 43 und 44.

Es besteht aber kein Zweifel, daß die an der Schneide tätigen Stützkkräfte um so kleiner sind, je größer die Einspannung der Gründungskörper beim Absenken im Boden, d. h. je größer die Reibung ist, und daher ist auch die Beanspruchung der Tragkonstruktion in solchen Fällen geringer. Nachdem die zur Erreichung der Biegesteifigkeit der Tragkonstruktion aufgewendeten Baustoffe, insbesondere das Eisen, nur einem vorübergehenden Zweck dienen — sie sind ja nur für den Absenkvorgang erforderlich — und an ihrer Einsparung viel gelegen ist, ist diese Erkenntnis wichtig. Also ist auch aus diesen Gründen anzustreben, Senkkasten mit guter Grundrißform

und möglichst steilen Wänden zu wählen, auf jeden Fall Absätze in der Außenform zu vermeiden, damit die Festigkeit des umgebenden Bodens erhalten bleibt oder der Boden sogar eine Verdichtung erfährt. Diese Bodenverdichtung ist durchaus möglich, denn der Erddruck auf den Gründungskörper kann nicht als aktiver Erddruck angesetzt werden, der geradlinig nach der Tiefe zunimmt, sondern der Bewegungsvorgang und die Form des Senkkastens beeinflussen ihn entscheidend. Nach der Erfahrung ist der größte Erddruck nicht in der größten Tiefe vorhanden, sondern in einer gewissen Entfernung unter Gelände schon erreicht. Der Gründungskörper bildet im Boden den Schlußstein eines durch den Absenkvorgang sich ausbildenden Erdgewölbes, das einen Teil des Senkkastengewichtes abstützen kann, und auch zum Zweck der Materialeinsparung hierzu benutzt werden sollte.

Mit den vorliegenden Ausführungen über Formen ist eine Entwicklung von Druckluftgründungskörpern gezeigt worden, die sich bei der Neue Baugesellschaft Wayss & Freytag A.-G. vollzogen hat und die dazu führen soll, Druckluftgründungen wirtschaftlicher zu gestalten. Dieses Ziel ist um so erstrebenswerter, als auch in betrieblicher Hinsicht die Druckluftgründung Fortschritte gemacht hat und die Erkenntnis sich Bahn bricht, daß gesundheitliche Nachteile der arbeitenden Gefolgschaft bei sachverständiger Behandlung und geeigneter Arbeitsweise vermieden werden können. So konnte neben der Verbesserung des Aushubverfahrens nun auch erstmalig das Einbringen des Füllbetons in die Arbeitskammer, das zu den meisten Caissonerkrankungen führt, zu einer mühelosen Arbeit dadurch gestaltet werden, daß der Beton in ununterbrochenem Fluß der Arbeitskammer zugeführt und ein Einschleusen vermieden wird. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die gezeigten Verfahren und Vorrichtungen größtenteils patentgeschützt sind.

# Veröffentlichungen der Ausschüsse der Hafenbautechnischen Gesellschaft.

## 1. Ausschuß der Hafenverkehrswege der Seehäfen.

Von Dr. jur. Franz Eggers, Bremen.

Der Ausschuß für Hafenverkehrswege der Seehäfen hat im vorigen Jahr einen kurzen Fragebogen herausgegeben, der an fast alle Seehäfen versandt worden ist. Der Fragebogen beschäftigt sich im einzelnen mit 2 Fragen,

1. mit dem Meldewesen der Schiffe zu den Seehäfen und
2. mit der Brückenfrage der Seehäfen.

Bezüglich des 1. Punktes ist zu berichten, daß sämtliche Häfen mit dem Meldewesen zufrieden sind und irgendwelche Verbesserungen nicht gewünscht und daher auch nicht vorzunehmen sind. Ich bin über diese so negative Beantwortung der Frage sehr überrascht gewesen, da wir z. B. auf der Weser, obgleich ein vorbildliches Meldewesen besteht, immer noch nicht das Optimum erreicht haben. Ich möchte doch vorschlagen, daß diese Frage weiter bearbeitet wird. Für den Verkehr der Seehäfen von See aus ist hier allerdings besonders zu berücksichtigen, daß alle mittleren und großen Schiffe mit Radio-Einrichtungen ausgerüstet sind und daher für sie diese Frage fast restlos geklärt ist. Anders ist es mit den kleineren Schiffen ohne Radio. Hier ist der Ausschuß bemüht gewesen, gewisse Vorschläge auszuarbeiten, wie von diesem Gesichtspunkte aus das Beste zu erreichen ist und in einem besonderen Fragebogen den Seehäfen zugeleitet werden kann.

Anders liegt es mit den Meldungen der Binnenschiffe zu den Seehäfen. Ich glaube, daß hier noch manches getan werden kann. Da diese Frage sich aber wohl kaum davon trennen läßt, wie sich das Meldewesen allein auf den Binnengewässern gestaltet, muß sie mit dem Vorsitzenden des Ausschusses für die Binnengewässer zusammen bearbeitet werden. Ich habe die Absicht, diese Frage mit dem Herrn Vorsitzenden des Ausschusses aufzunehmen, da mir dieser Weg der einzig gangbare zu sein scheint, um keine unfruchtbare Doppelarbeit zu leisten. Die weitere Frage, mit der wir uns zu beschäftigen haben, behandelt die Brücken der Seehäfen. Wir haben die einzelnen Seehäfen gebeten, eine Auskunft darüber zu geben, welche Grundsätze bei der Anlage der Brücken im Seehafen maßgebend gewesen und welcher Art die Brücken sind. Ferner haben wir die gleichen Fragen bezüglich der Brücken gestellt, die zu den Seehäfen führen und endlich, welche Brückenarten für am zweckmäßigsten gehalten werden. Zu der endgültigen Bearbeitung der in dem Fragebogen enthaltenen Antworten und zu einer Zusammenstellung bin ich allerdings noch nicht gekommen, doch zeigt eine oberflächliche Bearbeitung, daß die Fragen im einzelnen sehr kurz beantwortet sind und daher unbedingt weitere Rückfragen notwendig werden. Seitens der einzelnen Häfen sind die Fragen nicht immer eingehend zu beantworten, da die Seehäfen allmählich gewachsen und ausgebaut worden sind. Daher hat die Beantwortung sehr häufig darauf abgestellt werden müssen, daß sich die Lage der Brücken der Anordnung der vorhandenen Wege und Straßen, Eisenbahn-Verbindungen und Kanälen anzupassen hatte. Ich glaube daher kaum, daß in dieser Frage auch nur für einen Hafen einheitliche Grundsätze aufgestellt worden sind und sich daraus gewisse Schlüsse ziehen ließen. Ich behalte mir aber vor, in meinem endgültigen Bericht darauf zurückzukommen. Interessant ist aber, welche Brückenarten gewählt werden. Auch in dieser Hinsicht kann ich einen abschließenden Bericht noch nicht vorlegen, ebenfalls nicht darüber, welche Erfahrungen sich bei den verschiedenen Arten der Brücken ergeben haben und was für am zweckmäßigsten gehalten wird. Ich glaube aber, daß diese Frage für alle Häfen am interessantesten ist, um aus den Antworten der einzelnen Häfen Erfahrungen zu erhalten. Auch hier werde ich aber ohne weitere Rückfragen nicht auskommen, da sich die Antworten der Häfen häufig nur auf einen Satz oder nur auf ein Wort beschränkten. Auf diesem Gebiete hoffe ich schon im nächsten Jahr etwas Positiveres vorlegen zu können.

## 2. Ausschuß für Hafenverkehrswege der Binnenhäfen.

Von Reg.-Baurat Wehrspan, Wanne-Eickel.

### Unterausschuß Eisenbahnen:

Die Auswertung der von den einzelnen Hafenverwaltungen beantworteten Fragen hat ergeben, daß im Durchschnitt mit Rangiergruppen von 15 bis 20 Wagen in den Kaigleisen rangiert wird. Nach dem von Herrn Prof. Dr.-Ing. W. Müller angegebenen Verfahren sind für die verschiedenen Ausbildungen der Kaigleise die Rangierzeiten ermittelt worden.

Die Grundlage der Untersuchungen bildet der Gleisplan 1 : 1000, in der die Standorte der einzelnen Wagengruppen vor Beginn und am Ende der Rangierbewegungen eingetragen sind, sowie durch Zeitstudien festgestellte Werte für die Geschwindigkeiten und Stillstandszeiten.

Nach dem Vorschlag der HTG sind die nutzbaren Gleislängen entsprechend dem 1000-t-Kahn mit 85 m Länge zugrunde gelegt und in diesem Abstand die Weichen angeordnet worden.

Als Vergleichsgrundlage wurden für sämtliche Kaigleisanordnungen, die gleichen Gleisabstände und Gleislängen, die gleiche Wagenaufstellung und dieselbe Rangierlokomotive der Gattung Gt. 55.17 angenommen. Die einzeln ermittelten Zeiten wurden für die verschiedenen Gleisanlagen getrennt nach

1. Abholung fertiggestellter Wagen
2. Zuführung neuer Wagen und

3. Stillstandszeiten während des Rangiervorganges (für An- und Abkuppeln, Umlegen von Weichen) graphisch aufgetragen, so daß sich ein klares Bild über die verschiedenen Möglichkeiten und des Zeitaufwandes des Rangierbetriebes ergibt.

Hierbei hat es sich gezeigt, daß bei Anordnung von zwei Kaigleisen, die in bestimmten Abständen mit Weichen verbunden sind, die Bedienung schneller vor sich geht, wenn beide Gleise abwechselnd als Ladegleise benutzt werden, als wenn starr an der Bestimmung des wasserseitigen Gleises als Ladegleis und des landwärts gelegenen Gleises als Verkehrsgleis festgehalten wird.

Weiter ergeben die Untersuchungen, daß für einheitliches Massengut (Kohle, Erze, Getreide) bei der Benutzung sämtlicher am Ufer gelegenen Gleise als Ladegleise, wie auf Hafenbahnhof Wanne-Herne, auf Weichenverbindungen überhaupt verzichtet werden kann.

Als Beispiel für die Untersuchung einer Massengutumschlaganlage wurde die Gleisanlage für den neuen Stettiner Getreidespeicher<sup>1</sup> gewählt und aus den Rangierbewegungen ein Betriebsplan aufgestellt, aus dem hervorgeht, daß die Gleisanlage und die Umschlagseinrichtung für die Bewältigung des Spitzenverkehrs ausreicht.

Die Untersuchungen über die verschiedenen Anordnungen der Bezirksbahnhöfe und ihre Lage zu den Kaigleisen sowie bei Betrieb mit Lokomotiv- oder Schwerkraft sind noch im Gange.

### Unterausschuß Wasserwege:

Die Arbeitsgruppe Wasserwege hat im April 1937 gegen 130 Fragebogen Nr. 1 an 100 Anschriften verschickt. Von den Fragebogen, die eine Übersicht über die vorhandenen Anlagen geben sollten, sind rd. 60 beantwortet zurückgekommen. 50 dieser beantworteten Fragebogen konnten verwertet werden. Diese Zahl ist an und für sich schon etwas knapp, um die für jedes Strom- und Kanalgebiet charakteristischen Hafenmerkmale herauslesen zu können. Da nun außerdem durch die Eingliederung Deutsch-Österreichs und des Sudetenlandes eine Reihe neuer Häfen zu Deutschland gekommen sind, müssen zunächst noch weitere Häfen zur Beantwortung der ersten Fragebogen aufgefordert werden. Die Antworten der Fragebogen, die 31 Hauptfragen mit vielen Unterfragen über Art, Anlage, Bau, Ausrüstung, Betrieb, Verkehr usw. der Häfen enthalten, sind gebietsmäßig zusammengestellt und zusammengefaßt worden. Später soll diesem ersten Fragebogen noch ein zweiter folgen, der über die Gründe Auskunft geben soll, die zu besonderen, von den üblichen abweichenden Bauarten in den Häfen geführt haben. Weiter sollen gute und schlechte Erfahrungen hinsichtlich besonderer Bauarten, Betriebseinrichtungen und Betriebsvorgänge gesammelt werden, auf Grund deren bei Neu- und Erweiterungsbauten Ratschläge erteilt werden können.

<sup>1</sup> Vgl. Jahrbuch der HTG. 1937, Bd. 16.

**Unterausschuß Straßenwege:**

Die Aufgabe dieses Unterausschusses besteht darin, klarzustellen, welche Maßnahmen in den Binnenhäfen in Gegenwart und Zukunft nötig sind, um den erhöhten Anforderungen für Straßenfahrzeuge zu genügen. Es sind hierbei zu unterscheiden

- a) Zuführungswege zu den Binnenhäfen
- b) deren Anschluß an die Reichsfernverkehrsstraßen und Reichsautobahn
- c) Straßenverkehrswege innerhalb der Häfen.

Es war zunächst beabsichtigt, an Hand von Fragebogen die verkehrstechnischen und betrieblichen Erfahrungen der Binnenhäfen für diese Aufgabe zu sammeln, um sodann bei der weiteren Bearbeitung zu gewissen praktischen Richtlinien zu gelangen. Die Aufstellung von Fragebogen für den vorliegenden Zweck hat jedoch nur dann Sinn, wenn hierbei ein umfassender Überblick der einzelnen Plätze tatsächlich auch erreicht werden kann. Die Beschränkung und Stellung von Einzelfragen kann wohl statistischen Erhebungen dienen, sie führt jedoch im vorliegenden Falle zu keinem praktischen Ergebnis. Es wurde dementsprechend ein Fragebogen aufgestellt und den zuständigen Stellen innerhalb der Hafenbautechnischen Gesellschaft zunächst übersandt. Die Weiterverfolgung auf dieser Grundlage zeigte jedoch, daß die Absendung derartiger Fragebogen an die Binnenhäfen nicht erfolgen konnte, weil dem gewisse behördliche Anordnungen gegenüberstanden. Von dem Leiter des Unterausschusses ist ein Programm für die weitere Bearbeitung inzwischen aufgestellt; hiernach sind die wichtigsten Gesichtspunkte für die Förderung der gestellten Aufgabe zusammengefaßt, sie sollen in einem Unterausschuß im einzelnen besprochen werden, um sodann die Grundlage für etwaige Richtlinien hieraus zu entwickeln. Die Besprechungspunkte für diesen Ausschuß sind folgende:

I. Als Voraussetzung für jede Planung sind zu klären:

Liegt nach Art der Hauptverkehrsgüter gemischter Eisenbahn- und Lastkraftwagenverkehr oder getrennter Verkehr vor? Konzentriert sich diese Mischung oder Trennung des Verkehrs in den einzelnen Jahreszeiten? Ist für die Zukunft eine Änderung des gegenwärtigen Zustandes für den betreffenden Hafen irgendwie vorauszusehen?

II. Planung bei getrenntem Verkehr: Örtlich getrennte Ladestrecken für Bahnverkehr und Lastkraftwagenverkehr.

III. Planung bei gemischtem Verkehr:

- a) Straße am Kai bei überwiegendem Straßenverkehr,
- b) Gleise am Kai bei überwiegendem Bahnverkehr,
- c) ausgepflasterte Gleiszonen bei einigermaßen gleichmäßiger oder bei nicht zu übersehender Verkehrsentwicklung.

IV. Breitenverhältnisse (Zahl der Gleise, Anzahl der Ladespuren und Fahrspuren usw. — Skizzen).

V. Verhältnis von Ladestraßen und Durchgangsstraßen.

VI. Anschlüsse an Fernverkehrsstraßen.

VII. Parkplätze.

VIII. Autobahnhöfe.

Es ist beabsichtigt, in den nächsten Monaten die weitere Bearbeitung der Aufgabe auf dieser Grundlage voran zu treiben bzw. zu fördern.

### 3a. Ausschuß für Hafenumschlagstechnik.

Von O. Wundram, Hamburg.

Mit dem Jahre 1938 sind folgende Arbeiten fortgeführt bzw. in Angriff genommen worden<sup>1</sup>. Weitere Fragebogen in der Angelegenheit der „Lastkraftwagenabfertigung“ in den Häfen wurden auf Grund einer Absprache zwischen der beteiligten Stelle des Reichsverkehrsministeriums und dem Vorstand der HTG. nicht versandt, sondern die Bearbeitung auf die Häfen beschränkt, die ihr Interesse an der Weiterarbeit bekundet hatten, u. a. Berlin, Bremen, Düsseldorf, Hamburg, Magdeburg. Es kam hauptsächlich darauf an, zur Klärung der umschlagtechnischen Verhältnisse Betriebsbilder und Platzskizzen zu erhalten, nach denen sich der Lastkraftwagenumschlag abspielt. Da wegen der knappen Zeitbemessung in dem Programm der Magdeburger Tagung (31. Oktober 1938) ein Lichtbilderbericht über das Ermittelte nicht stattfinden konnte, hat der Vorsitz der Ausschusses die Hauptergebnisse der bisherigen Arbeiten auf diesem Gebiete im nachfolgenden Aufsatz den Gesellschaftsmitgliedern zur Kenntnis gebracht.

Der Obmann der Arbeitsgruppe „Drahtseile“ in unserem Ausschuß, Herr Prof. Woernle-Stuttgart, hatte einen eingehenden schriftlichen Bericht über die Ergebnisse der Drahtseilforschung erstattet, aus dem auszugsweise das Wichtigste hier wiedergegeben sei:

Hinsichtlich der Konstruktion ist für die Seilführung zu beachten, daß eine gut passende Rillenform (u. U. ausgefuttert), ein möglichst großer Seilscheiben- und Trommeldurchmesser, eine einfache schlanke Seilführung und eine geringe Seilbelastung die Lebensdauer der Seile sehr erhöht. Für die Pflege des Seiles ist die innere Schmierung, die bei der Herstellung stattfinden muß, wichtig; da sie aber im Betrieb auf die Dauer nicht erhalten werden kann, selbst nicht durch äußeres Einfetten, so ist zur Vermeidung der Korrosion, die übrigens bei dünnadrächtigen Seilen leichter als bei dickadrächtigen eintritt, ein metallurgischer Rostschutz empfehlenswert, wozu sich die Verzinkung, am besten die elektrolytische, gut eignet. Die Zeit, nach der ein Seil abgelegt werden muß, läßt sich nicht immer an den äußeren Drahtbrüchen erkennen. Zur Feststellung innerer Korrosion und Drahtbrüche hat das Institut für Fördertechnik an der Technischen Hochschule Stuttgart ein magnetisches Verfahren entwickelt. Wichtig ist die laufende Überwachung der Seile sowohl in der Fertigung als auch im Betriebe. Weitere praktische Fragen der Drahtseile im Hafenumschlagsbetrieb werden in der Arbeitsgruppe „Drahtseile“ unseres Ausschusses weiter behandelt werden.

Eine an die Ausschußleitung gerichtete Anregung, Richtlinien für die Bewertung und Messung des Stromverbrauches von Hebezeugen zu entwerfen, führte zu einem schriftlichen Meinungsaustausch der beteiligten Fachleute. Über die organisatorisch und technisch schwer zu behandelnde Frage kann zur Zeit dieser Berichterstattung noch kein Ergebnis mitgeteilt werden.

<sup>1</sup> Vgl. hierzu den Bericht im Jahrbuch HTG. 1937, Bd. 16.

### 3b. Hafen und Kraftwagenverkehr.

Von O. Wundram, Hamburg.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß der andauernd und mit Riesenschritten zunehmende Kraftwagenverkehr auch den Hafen beeinflußt. Straßenfahrzeuge waren ja schon immer im Hafen als Zubringer und Verteiler von Umschlagsgütern bekannt, allerdings in dem kleineren Umfange, den früher hinsichtlich Ladegewicht und Weglänge die tierische Zugkraft bedingte. Durch den Kraftwagen sind die Verhältnisse wesentlich geändert worden, es sind nicht nur Ladegewichte und befahrene Strecken für den Zubringer- und Verteilerdienst auf den Wagen bezogen, vervielfacht, auch die Anzahl der in einem Hafen verkehrenden Wagen ist nach Einführung des Kraftwagens sprunghaft in die Höhe gegangen, es wird also mehr Platz, als er früher für die Pferdefuhrwerke nötig war, beansprucht. Hinzukommt, daß der Kraftwagen als Lastbeförderungsmittel auf Schnelligkeit eingestellt ist und infolgedessen auch eine schnellere Abfertigung im Hafen verlangt, als früher bei den Frachtfuhren üblich und nötig. Aber auch der personenfördernde Kraftwagen kann heute im Hafen nicht mehr übersehen werden. Der Personenwagen der im Hafen tätigen Menschen — er beschränkt sich ja heute nicht mehr auf die Kaufherren und leitenden Beamten und Angestellten — verlangt Aufstellungsraum; als Ein- oder Ausfuhrgut beansprucht er irgendwie die Hafenumschlagstechnik, wie auch die Wagen, die im ständig steigenden Maße von den Fahrgästen als Passagiergut von Küste zu Küste mitgenommen werden. Es sind also eine Reihe von Fragen für den Hafenbau- und Betriebsmann zu lösen. Sie sind nicht etwa erst seit kurzem aufgetaucht, da ja die Zunahme des Kraftwagens schon bald nach dem Kriege spürbar wurde, vielfach reichten auch die Hafenanlagen für diesen andersartigen Verkehr ohne Beanstandung aus, in einzelnen Fällen hat man entstehende Schwierigkeiten mit geeigneten Hilfsmitteln bekämpft, manchmal auch grundlegende Neueinrichtungen geschaffen, bislang ist aber nirgends eine zusammenfassende Stellungnahme zu der Frage „Hafen-Kraftwagen“ erschienen. Es ist aber nicht zu verkennen, daß bei dem mehr als raschen Anwachsen der Kraftwagenmengen in Deutschland und in anderen Ländern auch für den Hafen plötzlich bisher unbeobachtete oder unvermutete Schwierigkeiten auftreten können, so daß eine grundsätzliche Betrachtung dieser Frage unerlässlich scheint. Die Hafenbautechnische Gesellschaft stellte daher 1936 ihrem Ausschuß für Hafenumschlagstechnik die Aufgabe, das umfangreichste und schwierigste Gebiet aus dieser ganzen Fragengruppe, nämlich die Abfertigung des Lastkraftwagens im Hafen zu prüfen und möglichst Vorschläge zur Verbesserung zu machen. Der Verfasser entnimmt als Vorsitzender dieses Ausschusses den größten Teil dieser Darstellung aus den Untersuchungsergebnissen, ohne sich allerdings rein auf den Lastkraftwagenumschlag zu beschränken.

Der Personenkraftwagen kommt in zweierlei Erscheinung für den Hafen in Frage, als Umschlagsgut und als Verkehrsmittel. Beim Umschlag zwischen Schiff und Land ist bei ihm zu unterscheiden, ob er als verpacktes oder unverpacktes Ein- oder Ausfuhrgut behandelt wird, oder ob er sozusagen als „Handgepäck“ der Fahrgäste bequem und fahrbereit von und an Bord gegeben werden soll. Als gewöhnliches Frachtgut wird er mit den ortsüblichen Umschlagsmitteln, Kaikränen, Bordladegeschrir usw. befördert, es ist nur dafür Sorge zu tragen, daß bei unverpackten Autos geeignete Krangehänge den Wagen nicht beschädigen; meist geschieht das mit Hilfe von Haken, die unter die Gummireifen greifen (Abb. 1). Sind die Wagen fahrfertig, wie es ja die Regel ist, wenn sie als Passagiergut mit an Bord genommen werden, so können sie mittelst

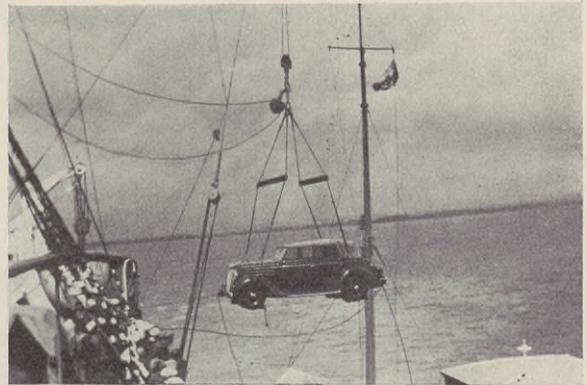


Abb. 1. Übernahme von Kraftwagen an Bord mit Hebezeug.

kleiner einstellbarer Brücken auf die für sie bestimmten Decke der Schiffe hinaufgeschoben werden oder mit eigener Kraft hinauffahren. Abb. 2 zeigt das Verladen solcher Personenautos durch die Seitenportfenster großer Ozeandampfer in einem nordamerikanischen Hafen. Weit über die Zuhilfenahme der gewöhnlichen Umschlagsmittel hinaus gehen die Anlagen, die ein englischer Hafen in Erfüllung der Ansprüche einrichten mußte, die seine zahlreichen Schiffsgäste für das bequeme Mitnehmen ihrer Kraftwagen stellen. Es handelt sich um die Kraftwagenabfertigung im Kanalhafen Dover; da sie eine grundsätzliche Lösung darstellt, sei der englischen Quelle kurz das Wichtigste entnommen<sup>1</sup>. Der englische Kanalquerverkehr war in den Jahren 1933—37 um 170 %, die englische Personenwagenerzeugung im gleichen Zeitraum um über 30 % gestiegen. Hinzu kam die wachsende Beliebtheit festländischer, besonders deutscher Autostraßen für den reiselustigen Engländer. Die Mitnahme des eigenen Wagens war dadurch in hohem Maße angeregt, was natürlich für die Kraftwagenabfertigung in den Kanalhäfen besondere Maßnahmen nötig machte. Der Hafen Dover, der wegen seiner günstigen Einrichtungen besonders bevorzugt wurde, hat für den Kanalquerverkehr zwei Anlagen für Schiffsanlegeplätze (Abb. 3), ein abgeschlossenes Hafenbecken *A* für Eisenbahnfährschiffe und eine offene Kaianlage *B* für die anderen Kanalschiffe. Das Nebeneinander in der gleichzeitigen Abfertigung von Eisenbahnreisenden und Autofahrern verlangte eine vollkommene Trennung beider Arten, wobei noch zu berücksichtigen war, daß die Fahrgäste, die den Eisenbahn- oder Kraftwagen verlassen, auch ungefährdet an Deck kommen

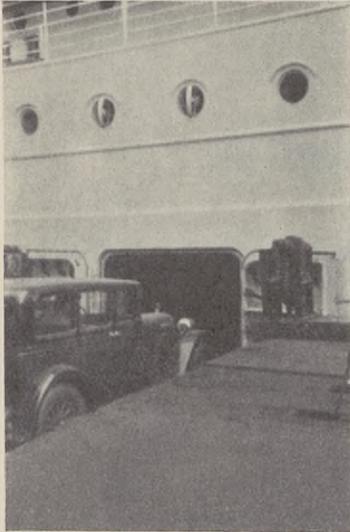


Abb. 2. Übernahme von Kraftwagen durch Schiffseitenportfenster.

mußten. Die beim Kaischuppen *D* (Abb. 3) eintreffenden Personenwagen fahren nach einer kurzen Kontrolle bei den Schranken *E* zum Eisenbahnfährschiff, bei dem sie entweder durch eine besondere Schrägrampe und Klappbrücke *K* auf das Oberdeck mit eigener Kraft gelangen, oder sie fahren auf

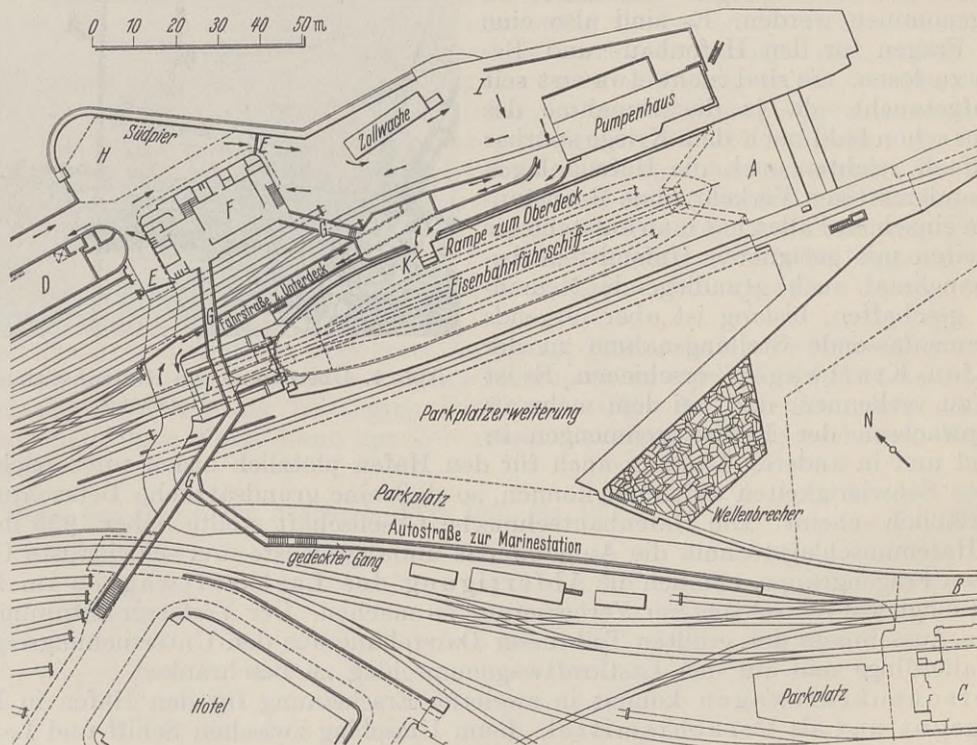


Abb. 3. Anlagen zur Personenwagenabfertigung in Dover.

einer Umleitstraße und über die Eisenbahnklappbrücke *L* auf das Unterdeck des Fährschiffes. Kraftwagen, welche die gewöhnlichen Kanaldampfer oder andere Seeschiffe benutzen wollen, müssen die Autostraße zur Marinestation *C* benutzen, wo ihre Wagen mit den üblichen Umschlagsgeräten

<sup>1</sup> Engineering. Nr. 3764 v. 4. III. u. Nr. 3766 v. 18. IV. 1938.

an Bord genommen werden. Damit die zu Fuß gehenden Fahrgäste ungehindert von und an Bord kommen, sind hochgelegene geschützte Gänge *G* zu den Schiffsliegplätzen geführt. Auch bei diesem Reiseverkehr hat sich im Hafen schon die Notwendigkeit gezeigt, Parkplätze für wartende Kraftwagen zu schaffen (*H* und *J* auf Abb. 3); ganz besonders aber wird das in den großen Hafenterrassen zu überlegen sein, wo ein starker und noch wachsender ortsgebundener Geschäftsverkehr von Personen, die im Hafen zu tun haben, stattfindet. Wie weit zum Parken die Hafenstraßen ausreichen, oder ob besondere Aufstellplätze u. U. gemeinsam für wartende Lastwagen einzurichten sind, muß von Fall zu Fall und an Hand der Verkehrsentwicklung geprüft werden.

Wenn auch der Personenkraftwagen im Reise- und Ortsverkehr für den Hafen mit Ausnahme von Sonderfällen, wie oben geschildert, noch keine brennende Frage bildet, so kann das bei der Propagierung des Kraftwagens für breitere Kreise (Volkswagen in Deutschland) sich bald ändern. Unstreitig stellt aber bereits der Lastkraftwagen den Häfen für seinen Verkehr und seine Abfertigung Aufgaben, die mit aller Aufmerksamkeit verfolgt werden müssen. Um die Gegebenheiten, Schwierigkeiten und Verbesserungsvorschläge für die verkehrs- und umschlagstechnische Abfertigung der Lastkraftwagen in den Häfen besser verfolgen zu können, schicken wir einige Begriffsbestimmungen voraus. Unter Lastkraftwagen wird hier jedes Fahrzeug vom Kleinauto und Lieferwagen bis zum schweren Lastzug mit ein und zwei Anhängern verstanden, das mit motorischer Kraft Güter bringt oder holt und zwar nicht nur die Güter, die für den unmittelbaren Umschlag (reiner Frachtverkehr) in Frage kommen, sondern auch diejenigen, welche die im Hafen ansässige Industrie empfängt und versendet, und schließlich die Güter, welche die im Hinterlande verteilten Werke mit eigenen Lastkraftwagen dem Hafen zubringen und von ihm abholen (reiner Werksverkehr). Die Streckenleistung (Orts-, Nah- oder Fernverkehr) spielt für die Abfertigung keine Rolle, wohl aber Menge und Art der Güter (Stückgut, Schwerlast, Schüttgut) und die Möglichkeit, den Lastkraftwagen mit Umschlagsgeschirren zu bearbeiten. Meistens haben die Wagen kein eigenes Ladegeschirr, viele von ihnen sind auch nicht kranbar, d. h. sie können nicht mit Kränen be- oder entladen werden. Der Behälterverkehr (container) und die Schüttgutladungen sind allerdings auf Kranhilfe angewiesen. Die Mengen der Güter schwanken beim Kraftwagen etwa zwischen 1 und 10 t je Fahrzeug und liegen damit im Durchschnitt sehr viel höher als beim Pferdefuhrwerk, das allerdings in den großen Häfen (z. B. Hamburg, Berlin, London, Newyork) auch heute noch seine nicht geringe Bedeutung erhalten hat, da es in der Versorgung großer Stadtgebilde Vorteile aufweist.

Die Ursache für die Zunahme des Lastkraftwagens im Hafen ist die gleiche wie sonst im Verkehrsleben, die Wirkung zeigt allerdings im Hafen ein besonderes Bild. Da der Lastkraftwagen einen in Fahrt und Einsatzbereitschaft schnellen und wendigen Güterverkehr ermöglicht, mit dem großen Vorteil der unmittelbaren Verbindung zwischen Haus (Empfänger, Versender, Verbraucher, Erzeuger) und Bord (Frachtschiff), so ist es erklärlich, daß er selbst unter teilweiser Verdrängung von Eisenbahn und Binnenschiff im Hafen stark zunimmt. Besonders wird der Vorteil der unmittelbaren Haus-Bord-Verbindung dann empfunden, wenn kurz vor Abgang des Schiffes noch Eilgut übergeben werden soll, was kaum mit Eisenbahn und Binnenschiff zu bewerkstelligen ist. Für das Seeschiff bleibt der Lastkraftwagen daher immer eine begrüßenswerte Bereicherung der Zubringer- und Verteilertätigkeit, während für das Binnenschiff dieser Vorteil öfter durch Wettbewerbsnachteile ausgeglichen wird. Daß die Mengenleistung des Lastkraftwagens selbstverständlich immer hinter Binnenschiff und Eisenbahn zurückbleibt, ist für die Zubringer- und Verteilertätigkeit kein Schaden, da kein anderes Verkehrsmittel feinere Verästelungen zum Gütersammeln und -verteilen aufweist. Binnenschiff und Eisenbahn benötigen für die wirtschaftliche Förderung größere Mengen und Entfernungen, so daß der Lastkraftwagen im Hafen seine Hauptleistung im Orts- und Nahverkehr aufweist, was nicht ausschließt, daß wertvollere Güter u. U. mit ihm Reisen von vielen Hundert km vom und zum Hafen machen. Die leichte Beweglichkeit des Lastkraftwagens im Hafen läßt über die Befürchtung hinwegsehen, daß seine Standfläche auf das Ladegewicht bezogen, mehr Platz einnimmt als ein Eisenbahnwagen, der nur umständlich seinen Platz wechseln kann. An Stelle von schlecht ausgenutzten Anschlußgleisen kann sogar der Lastkraftwagen im Hafen platzsparend wirken, wobei natürlich ein zusätzlicher Umschlag nötig wird.

Den Vorteilen des Lastkraftwagens als Ursache für seine starke Zunahme im Hafen stehen in der Auswirkung gewisse Nachteile gegenüber, deren Kernpunkt in der Schwierigkeit der gleichzeitigen Abfertigung von Eisenbahn und Lastwagen liegt, andere Unzuträglichkeiten, wie mangelnde Straßenbreiten, fehlende Wende- und Aufstellplätze, ungeeignete Straßendecken, zu schwache Brücken usw. treten mancherorts noch hinzu. Fast überall ist aber der erstbeklagte Mangel in den Häfen anzutreffen, daß Eisenbahn und Lastkraftwagen sich bei der Abfertigung in denselben Platz teilen müssen. Dieser Punkt hat bei der ursprünglichen Planung und Anlage des Hafens keine Schwierigkeiten bereitet, da Pferdefuhrwerksverkehr in seinen Ansprü-

chen an Fördermengen u. Umschlagsgeschwindigkeiten ohne Schaden hinter der Eisenbahn zurücktreten konnte, wenn nicht überhaupt, wie das in belgischen, französischen und amerikanischen Häfen vielfach der Fall war und ist, Straßenfahrzeuge von den Umschlagsplätzen der Eisenbahn getrennt gehalten werden. Um die Schwierigkeit und ihre Vermeidung beurteilen zu können, soweit sie auf der gleichzeitigen Abfertigung von Lastkraftwagen und Eisenbahnwagen beruhen, mögen in vereinfachten Zeichnungen die grundsätzlichen Umschlagsorte für die Lastkraftwagen im Hafen aufgezeigt werden.

In kleineren Hafenplätzen, besonders an Binnenwasserstraßen, findet die einfachste Form des Schiffsumschlages statt, indem die am geböschten oder sonstwie leicht befestigten Ufer liegenden Schiffe ohne Kranhilfe ihre Ladegüter mit den Landfahrzeugen austauschen. Da solche Ladeufer oder Ladestraßen geringen Umschlag aufweisen, sind sie durchweg nicht mit Gleisanlagen ausgerüstet, was in diesem Falle für die Lastkraftwagen-Abfertigung ein Vorteil ist. Er ist keiner Behinderung durch die Eisenbahn ausgesetzt, man darf allerdings dem mehr behelfsmäßigen Umschlag mit Rutschen und Laufplanken (Abb. 4a) keine große Leistung abverlangen. Bessere Leistungen können erzielt werden, wenn etwa fahrbare Bandförderer verwendet werden können oder gar von der Schiffseite aus mit Bordumschlagsgeräten geholfen werden kann. Die vollkommenere Form eines solchen sogenannten Freiladeufers ist die des ausgebauten Kais mit mechanischen

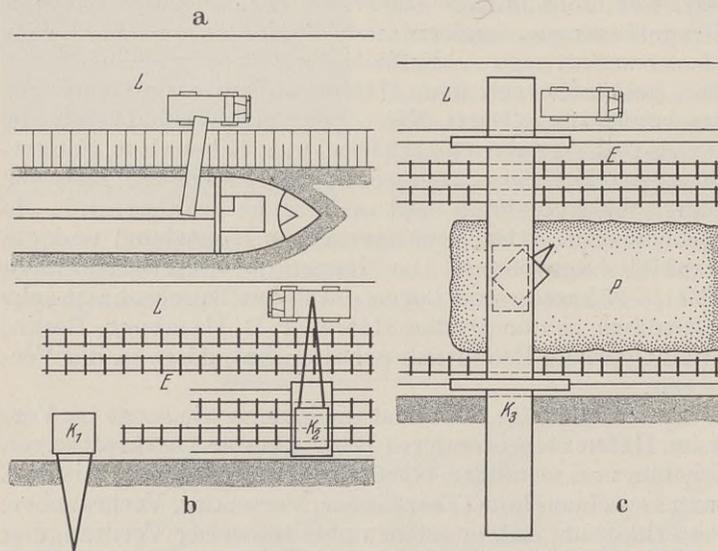


Abb. 4. Umschlagsplätze für Lastkraftwagen am Freiladeufer,  $L$  = Ladestraßen,  $E$  = Eisenbahngleise,  $K_1$ — $K_3$  = Hebezeuge,  $P$  = Lagerplatz.

Umschlagsgeräten; diese können ebenerdig oder auf Gerüsten arbeitende Drehkräne und besonders im Schüttgutgroßumschlag Verladebrücken sein (Abb. 4b u. c). Solche Anlagen sind wegen der höheren Umschlagsleistung fast immer mit Gleisen versehen; man kann aber auch hier die Unzuträglichkeiten des Zusammentreffens von Eisenbahn und Lastkraftwagen in den meisten Fällen vermeiden, wenn man neben den Gleisen eine Ladestraße anlegt, die noch von den Hebezeugen bestrichen werden kann. Mit zeitgemäßen Hebezeugen (Drehkräne mit weitreichendem Wippausleger oder Verladebrücken) ist das fast immer ohne Beeinträchtigung der Gleisanlagen zu erreichen. Ist es nicht zu vermeiden, daß der Lastkraftwagen an derselben Stelle wie der Eisenbahnwagen von Hebezeug bearbeitet werden muß, so müssen die Gleise für die An-

fahrt der Lastkraftwagen eingepflastert werden. Sind auf Schüttgutumschlagsplätzen Eisenbahnwagen und Lastkraftwagen zu beladen (Abb. 4c), so sind für die letzteren nicht so schwere Greifer und Kübel zu verwenden, wie es der Eisenbahnwagen zuläßt.

Die bisher besprochene Form des Freiladeufers ist nicht nur aus den vorerwähnten umschlagstechnischen Gründen für die Lastkraftwagen-Abfertigung frei von nennenswerten Schwierigkeiten, sondern auch wirtschaftliche Gründe sprechen dafür, daß der Lastkraftwagen das meist für den Schüttgutumschlag bestimmte Freiladeufer weniger aufsucht als eine Stückgutumschlagsanlage; weil das in großen Mengen anfallende, wohlfeilere Schüttgut der Natur nach keine Ladung für den Kraftwagen-Massenverkehr ist. Die Verhältnisse des Stückgutumschlages für den Lastkraftwagen sind umschlagstechnisch meist ungünstiger. Durchweg wird Stückgut an mit Gebäuden besetzten Ufern umgeschlagen, seien es nun Güterschuppen (Kaischuppen, Werfthallen) oder Lagerhäuser (Speicher, Kühlhäuser) oder gar Gebäude der Industrie, in denen Güter erzeugt, veredelt, umgepackt usw. werden. Hier ist der Platz vor oder hinter den Gebäuden (Wasser- oder Landseite), oft aber beide Seiten mit Gleisen belegt, so daß bei den meist beschränkten Platzverhältnissen auf Kaizungen und Piers besonders in älteren Hafenanlagen das gleichzeitige Abfertigen von Lastkraftwagen und Eisenbahnwagen, welches letztere durch den Zustellungsfahrplan der Eisenbahn an rechtzeitige Be- oder Entladung gebunden sind, immer mehr eine Quelle der Reibungen wird, sofern man nicht dem Lastkraftwagen ganz andere Arbeitsplätze zuweisen kann. Betrachten wir zunächst die übliche Anordnung von Umschlagsschuppen an Kai- und Pierstrecken. In europäischen Häfen ist durchweg die Ausführung bevorzugt, bei der an der Land- und Wasserseite der Schuppen ein oder mehrere Gleise angeordnet sind, ihre Anzahl richtet sich nach der Bedeutung

des Eisenbahnverkehrs im Hafen (Abb. 5a u. b). Oft sind die Gleise ganz oder teilweise eingepflastert, so daß eine Abfertigung von Lastkraftwagen an den Schuppenseiten möglich ist, soweit nicht die meist bedeutendere und einflußreichere Eisenbahn Zeit und Platz für sich in Anspruch nimmt. Günstiger werden die Verhältnisse für den Lastkraftwagen, wenn auf der Wasserseite des Schuppens eine Ladestraße vorhanden ist, auf der Kranhilfe mit benutzt werden kann. Es wird allerdings dabei vorausgesetzt, daß die Kräne auf Gerüsten stehen, welche die ganze Fahrbahn unter sich freigeben. Durchweg ungünstig ist die Abfertigungsgelegenheit an der Land-(Rück-)Seite der Schuppen; weil hier meist noch mehr Gleise und weniger Kräne vorhanden sind.

Sehr wichtig für die Beurteilung der Abfertigung von Lastkraftwagen ist die Lage des Schuppenfußbodens. In Ländern, wie z. B. England, Belgien, Frankreich, Nordamerika, wo man schon immer dem Straßenfuhrwerk im Hafenumschlag eine erhöhte Bedeutung beimaß, richtete man die Bodenlage der Kaischuppen so ein, daß mindestens von einer Seite das Fuhrwerk in den Schuppen gelangen konnte, also für seine Geschäfte unbehindert durch die Eisenbahn blieb (Abb. 5b u. c). Das bringt unstreitig für den stark angewachsenen Lastkraftwagen-Verkehr Vorteile mit sich, aber ebenso sicher sind auch die Nachteile für den Schuppendienst vermehrt worden. Abgesehen von der Platzbeschränkung, welche die Lastkraftwagen und die für sie freizuhaltenden Fahrbahnen für den Schuppen bedeuten (in einigen amerikanischen Häfen bis zu 30% Einbuße an Stapelfläche), ist die Beeinträchtigung der Schuppenarbeiter durch Geräusche, Gerüche und Verkehrsgefahren der Lastkraftwagen nicht von der Hand zu weisen. Nach deutschen Ansichten ist auch der Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor in einem Schuppen mit Mengen von wertvollen und brennbaren Gütern ein unerwünschter Gast. Deutsche Hafenbauer haben sich überhaupt nie einen Nutzen von der Zulassung des Straßenfuhrwerkes in den Schuppen versprochen, die Kaischuppen in deutschen Häfen haben daher durchweg einen Fußboden in Eisenbahnrampenhöhe (1—1,20 m) über Erdgleiche (Abb. 5a). Es ist dabei allerdings nicht zu verkennen, daß die Lösung der Frage nach der besten Abfertigung von Lastkraftwagen am Schuppen schwieriger ist. Die weitesten Zugeständnisse für die freie Einfahrt von Straßenfuhrwerk in die Umschlagschuppen machen einige nordamerikanische Häfen, welche die Eisenbahngleise um Rampenhöhe vertieft in den Schuppen einführen, so daß im und an Pierschuppen keine Gleise von Lastkraftwagen gekreuzt werden oder vollgestellt zu werden brauchen (Abb. 5c). Die ebenerdige Einfahrt von Straßenfahrzeugen in die Schuppen hat in den außerdeutschen Häfen schon vor dem Auftauchen des Lastkraftwagens seine Begründung gefunden, daß aber dieser für die Lastkraftwagen-Abfertigung erfreuliche Zustand schon teilweise nicht mehr ausreicht, beweist die in einigen nordamerikanischen Häfen (z. B. Portland [Abb. 6], Los Angeles) schon durchgeführte Bauweise, daß man die Lastkraftwagen mittels Schrägrampen in die Schuppenobergeschosse gelangen läßt. Übrigens hat man in einem von Fahrgastschiffen stark benutzten Becken in Marseiller Hafen die ungehinderte Zufahrt auch von Personenkraftwagen in die Schuppenobergeschosse vorgesehen. Lastkraftwagen werden in diesem Hafen an einigen Stellen mit schweren Aufzügen in das Obergeschöß befördert<sup>1</sup>.

Es läßt sich aus den obigen Darstellungen ohne weiteres entnehmen, daß die Angelegenheit der Lastkraftwagen-Abfertigung in deutschen Häfen verhältnismäßig unbequem liegt. Bei der hoheitsseitig stark geförderten Verwendung von Kraftwagen und der immer weiter fortschreitenden Fertigstellung der Reichsautobahnen, die selbstverständlich Anschluß an die bedeutenderen

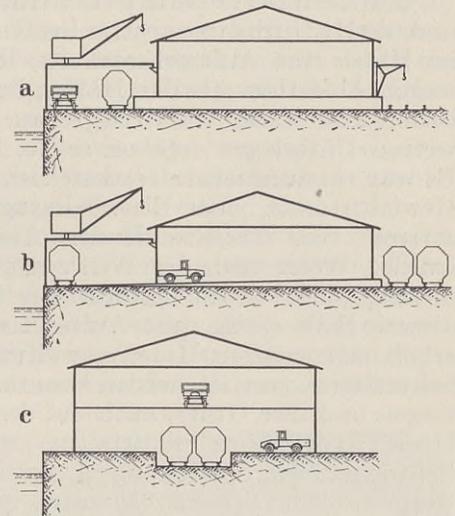


Abb. 5. Umschlagsplätze für Lastkraftwagen in und an Kaischuppen.

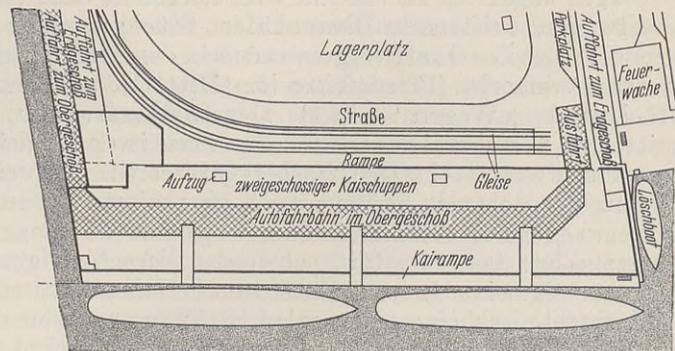


Abb. 6. Fahrbahnen zur Abfertigung von Lastkraftwagen im Ober- und Untergeschoß eines Kaischuppens.

<sup>1</sup> Vgl. Aufsatz von P. Peltier auf S. 246 dieses Jahrbuches.

Hafenplätze erhalten werden, ist es abzusehen, daß die Abfertigungsmöglichkeiten in vielen Häfen wo der Zustand heute noch erträglich scheint, in Zukunft nicht mehr ausreichen werden. In einigen Häfen hat bereits der Lastkraftwagen-Umschlag mengenmäßig den Eisenbahnumschlag überholt (z. B. Düsseldorf). Es ist klar, daß Schwierigkeiten nicht in allen Häfen in derselben Weise empfunden werden, das hängt von der Bedeutung des Lastkraftwagen-Verkehres im Verhältnis zu den anderen Verkehrsträgern ab, von der Art der Güter, von der Breite der Ladestraßen u. a. m.

Der Zentralverein für Binnenschifffahrt, der Reichskraftwagenbetriebsverband und die Hafenbautechnische Gesellschaft schenken der Frage des Lastkraftwagen-Verkehres im Hafen ihre Aufmerksamkeit. Die schon eingangs angedeutete Untersuchung der Lastkraftwagen-Abfertigung in den Häfen ging neben der schon behandelten Prüfung der örtlichen Gegebenheiten von einer Rundfrage aus, welche auf eine Auswahl geeigneter Fragen die wünschenswerten Unterlagen ergeben sollte, hauptsächlich über die Größe des Lastkraftwagen-Verkehres. Es war verwunderlich festzustellen, daß in den Häfen, in denen jedes Schiff nach Raummaß und Gewichtstonne, jeder Eisenbahnzug nach Achszahl und Ladung angeschrieben wird, nichts dergartiges, von verschwindenden Ausnahmen abgesehen, bei den Lastkraftwagen aufgezeichnet wurde. Wenn auch der Wirkungsgrad allgemeiner Rundfragen an weitere Interessentenkreise, besonders wenn sie des behördlichen Nachdruckes entraten müssen, recht gering ist, so sind doch in diesem Falle einige gute Aufschlüsse erzielt worden, die später noch durch weitere Zusammenarbeit mit wenigen Hafenverwaltungen, die eine ausgesprochene Anteilnahme an diesen Fragen bekundeten, vertieft werden konnte. Die Fragen bezogen sich auf die Art und Zahl der Lastkraftwagen und ihre Güter, auch auf den Anteil von Fracht- und Werkverkehr, dann auf die Art des Umschlages, ob er unmittelbar zwischen Lastkraftwagen und Schiff oder ob er mittelbar über Schuppen oder Speicher u. ä. vor sich ging, wobei die Art der Be- und Entladung mitangegeben werden sollte. Schließlich wurde nach Schwierigkeiten auf Zufahrtswegen und Umschlagsstellen und etwaigen Abhilfen gefragt.

Die Anzahl der in deutschen Häfen verkehrenden Lastkraftwagen liegt jährlich zwischen einigen Tausend und einigen Hunderttausend. Die Kraftwagen, die den Verkehr zwischen dem Hafen und seinem Ort und seiner näheren Umgehung (etwa im Rahmen der früheren Nahverkehrsgrenze) bewerkstelligen, sind zahlenmäßig dem Fernverkehr um ein Vielfaches überlegen und zwar um so mehr, je höher der Eigenverbrauch der Hafenstadt und die Erzeugung der sie umgebenden Industriepfätze ist. Im Fernverkehr überwiegt der Lastzug mit 1 oder 2 Anhängern, im Nahverkehr herrscht dagegen der einzelne Lastkraftwagen ohne Anhänger vor. Dieser krasse Unterschied zwischen dem Verkehr mit der näheren und mit der ferneren Umgebung erhält dadurch eine besondere Beleuchtung, daß fast in allen Hafenplätzen die Zahl der Pferdefuhrwerke im Hafen größer als die der Fernlastzüge ist, was beweist, daß die Pferdefuhre im Ortsverteiler- und sammelverkehr noch immer wirtschaftlich ist. Schüttgut (Sand, Kies, Kohle, Erze, Salze), das keine hohen Frachtsätze verträgt, wird durchweg nur auf kürzere Entfernungen befördert, während hochwertiges Stückgut sogar bis zu 900 km weit hergeholt oder hingebracht wird. Schüttgut wird von Lastkraftwagen meistens in Binnenhäfen, Stückgut mehr in Seehäfen umgeschlagen. Die Beladungsgewichte der Lastkraftwagen werden in den Häfen meist mit dem dreifachen Betrag wie bei Fuhrwerken vermerkt (Pferdefuhre im Mittel 1,5 t, höchstens 3—5 t, Lastkraftwagen im Mittel 4 t, Höchstlast je Wagen 9—12 t). Der Lastkraftwagen, der seiner Natur nach ein Schnellverkehrsmittel ist, verschmäht merkwürdigerweise in den meisten Fällen die Kranhilfe, ja sehr oft entbehrt er selbst des einfachsten Umschlaggerätes wie etwa einer Schrottleiter. Daß Lastkraftwagen mit festem Verdeck mit Kränen nicht bearbeitet werden können, ist ebenso klar wie bei gedeckten Güterwagen, bei offenen Lastkraftwagen ist allerdings die Abneigung gegen Umschlaggeräte nicht verständlich, bei Schüttgut schwindet diese Abneigung allerdings immer mehr, hier stellt sich die Handarbeit beim Be- und Entladen einfach als zu teuer heraus. Der Lastkraftwagen nimmt umschlagstechnisch eine eigenartige Stellung zwischen den beiden anderen Zubringern des Hafens, der Eisenbahn und dem Binnenschiff ein. Er lehnt, wie diese, eigenes Ladegeschirr ab, während diese aber die hafenseitige Kranhilfe durchaus verlangen, was eigentlich selbstverständlich für zeitgemäßen Umschlag ist, macht der Lastkraftwagen kaum Gebrauch davon. Ähnlich wie der Kahn-schiffer das Be- und Entladen mit eigenen Hilfskräften vornimmt, was bei der Eisenbahn und dem Seeschiff ausschließlich der Gefolgschaft des Hafenbetriebes überlassen bleibt, bemüht sich um die Kraftwagenladung meist nur der Fahrer und Beifahrer. An Schwierigkeiten in der Lastkraftwagen-Abfertigung bestätigten die Antworten auf die Rundfrage die gegenseitige Störung zwischen Eisenbahn und Kraftwagen, die ja in unseren Häfen meistens auf dieselben Plätze angewiesen sind, hin und wieder auch die Enge der Zufahrts-, Lade- und Uferstraßen und der Mangel an Wendepfatz beklagt. Im großen ganzen werden die Zustände noch als erträglich und die Abhilfe mit erschwinglichen Mitteln als möglich dargestellt.

Die Ergebnisse der Umfrage und der Untersuchungen geben dem Ausschuß für Hafenumschlags-

technik in der Hafenbautechnischen Gesellschaft Anlaß zu einigen Verbesserungsvorschlägen. Wir nehmen dabei an, daß alle Häfen einen Sinn darin finden, den Lastkraftwagen-Verkehr zu fördern und daß dort, wo noch in ihm ein lästiger Wettbewerb erblickt wird, durch verkehrspolitische Maßnahmen ein Ausgleich hergestellt wird, so beim Wettbewerb zwischen Binnenschiff und Lastkraftwagen hinsichtlich einiger Güterarten und gewisser gleichlaufender Frachtwege. Die gedeihliche Zusammenarbeit zwischen Lastkraftwagen und Binnenschiff muß das selbstverständliche Ziel überall sein. Unsere Stellungnahme bezieht sich nur auf technische Verbesserungen. Weitgehende Forderungen auf Bereitstellung von Ladeufern oder gar ganzer Hafenbecken ausschließlich für den Lastkraftwagen-Umschlag sind u. E. abzulehnen. Niemand ladet oder löschet ein See- oder Binnenschiff nur Autofrachtgut, es müßte jedem einleuchten, daß ein leichtbeweglicher Lastkraftwagen eher von Schiffsliegeplatz zu Schiffsliegeplatz eilen kann, als daß Binnen- oder Seeschiffe mit ihren verschiedenen Frachtgattungen im Hafen verholten. Man muß als Techniker große Wirkungen mit kleinen Aufwendungen zu erreichen suchen, wobei sowohl verkehrstechnische wie umschlagstechnische Verbesserungen ins Auge zu fassen sind.

Zunächst müssen alle Zuwegungen zu den Ladeufern, Kaischuppen, Werfthallen, Lagerhäusern usw. hinsichtlich Breite und Straßendecke so ausgestattet sein, daß sie einem verstärkten Lastkraftwagenverkehr genügen, selbstverständlich unter dem Gesichtspunkt des bestmöglichen Unfallschutzes. Hier liegen die Verhältnisse anders als in einem Stadtgebilde. Wenn auch ein Hafen nicht so enge Straßen kennt wie eine ältere Geschäftsstadt, so erschwert er andererseits einen zügigen Kraftwagenverkehr durch die zahlreichen Eisenbahnknotenkreuzungen mit oder ohne Schranken. Bekanntlich lassen sich in einem Hafen durch die Gegebenheiten der Wasserstand- und Geländehöhen Eisenbahnen nicht aus der Straßenhöhe herausheben. Hier kann nur ein vorsichtiges Fahren Unheil verhüten. Hin und wieder wird man in den Häfen ältere Straßenbrücken den durch schwere Lastzüge gesteigerten Verkehrslasten anpassen müssen. Die Frage der Autobahnhöfe und der Parkplätze tritt erst bei einem ziemlich großen Verkehrsumfang in Erscheinung. Ob Autobahnhöfe mit Unterkunft- und Erfrischungsräumen für die Fahrer, mit Tankstellen für Treibstoffe, Werkstätten, Ersatzteillagern, Laderaumverteilungsstellen usw. in Frage kommen, hängt davon ab, ob nicht sowieso im Orte in passender Nähe solche Bahnhöfe vorhanden sind. Die Parkplätze für Personenwagen sind schon eingangs erwähnt worden, auch die Lastkraftwagen, die nicht gleich abgefertigt werden können, werden mit Recht Aufstellungsräume verlangen können. Daß man Parkplätze für Personen- und Lastwagen zusammenlegt, scheint nicht sehr vorteilhaft zu sein, jedenfalls liegen ihre Tätigkeitsgebiete in einem großen Hafen nicht dicht beieinander. Bei verstärkter Abwanderung des Umschlagsgutes von der Schiene auf die Landstraße wird eine Vermehrung und Verstärkung der vorhandenen Fuhrwerkswaagen nötig werden. Abb. 7 zeigt eine Lastzug-Brückenwaage für 50 t Tragkraft und 20 m Länge.

Umschlagstechnische Verbesserungen sind für die Lastkraftwagen-Abfertigung nach zwei Richtungen zu erwägen: Erstens muß vermieden werden, daß sich Lastkraftwagen und Eisenbahnwagen den Platz beim Umschlag streitig machen, zweitens ist eine dem schnellen Kraftwagen angepaßte zeit- und arbeitsparende Methode zum Be- und Entladen anzustreben. Die erste Aufgabe ist die umfangreichere, soweit zum wenigsten Umschlagschuppen und Lagerhäuser in Frage kommen, die von Gleisen umgeben sind. Bei Freiladeufern liegen die Verhältnisse einfacher, wie schon oben erwähnt, weil sich Eisenbahngleise und Ladestraße für Fuhrwerke leichter auseinanderhalten lassen. Da deutsche Auffassungen sich mit der Einfahrt von Kraftwagen auf den Schuppenflur nicht befreunden können, unsere Schuppenbauweisen die technischen Voraussetzungen dazu auch nur schwer schaffen ließen, so bleibt nur der Ausweg, die einmal übliche Laderampe am Schuppen für die Lastkraftwagen-Abfertigung besonders zu gestalten. Der Lastkraftwagen ist bei seinem Mangel an Umschlagsgerät und seiner Abneigung gegen Kranhilfe stark auf das dichte Heranfahen an Laderampen angewiesen. Das Fehlen einer Rampe ist sogar in den Ländern mit ebenerdigen Schuppenboden, der sonst für den Kraftwagen Vorteile bietet, als Mangel empfunden. Die Beladung der Lastwagen erfordert dort zusätzliche Schuppenhebezeuge, oder aber es werden zur Verminderung der Hubarbeit beim Aufladen Lastwagen (Autos bzw. Anhänger) mit niedriger Plattform vorgeschlagen (Niederflur- oder Tiefladewagen), wie sie schon seit Generationen als Pfer-



Abb. 7. Lastzug-Brückenwaage.  
(Werkphoto Essmann.)

defuhrwerk in den belgischen (ebenerdigen) Kaischuppen verwendet werden. Auf jeden Fall sollte man den Vorteil der Rampe, wie sie nun einmal in deutschen Häfen vorhanden ist, nicht aufgeben. Die üblichen Verhältnisse eines Kaischuppens mit Rampen zeigt Abb. 8. Läßt sich die

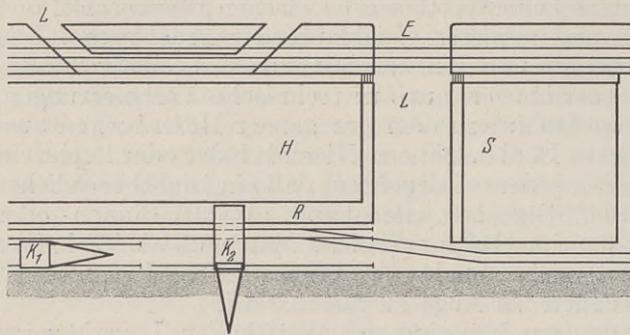


Abb. 8. Laderampen an Kaischuppen. *H* = Kaischuppen, *S* = Speicher, *K<sub>1</sub>*, *K<sub>2</sub>* = Hebezeuge, *E* = Eisenbahngleise, *L* = Ladestraßen, *R* = Laderampen.

wasserseitige oder landseitige Laderampe nicht frei von einem Gleis halten, was bei der Bedeutung der Eisenbahn durchweg schwer sein wird, so müssen die Gleise an der Rampe oder Teile davon eingepflastert werden, damit die Lastkraftwagen an der Stelle und zu der Zeit, wo Eisenbahnwagen nicht beladen werden, abgefertigt werden können. Selbstverständlich muß eine Zeiteinteilung zwischen Eisenbahn und Lastkraftwagen festgesetzt werden oder, wie es praktisch meist der Fall ist, es muß sich der Lastkraftwagen nach der Eisenbahnzustellung richten. Ebenso selbstverständlich ist es, daß man an die Kai-straße, d. h. die Fläche zwischen wasser-

seitiger Rampe und Kaikante frei macht von Geräten, welche die Straße versperren, etwa von niedrigen Rollkränen (*K<sub>1</sub>* in Abb. 8) u. ä. Bandförderer, welche im Hamburger Hafen zum Ent-



Abb. 9. Bananentransportbänder auf Halbportalen. (Hamburg.)

löschern der Bananendampfer jeweils auf der Kai-straße aufgebaut wurden, mußten, weil gerade das Bananengeschäft eine starke Berücksichtigung von Straßenfuhrwerk erfordert (Abb. 9), auf Halbportale eingebaut werden, um die Abfertigung der Straßenfahrzeuge an der Rampe nicht zu unterbinden. Es ist übrigens die gleiche Rücksicht auf die Freizügigkeit der Lastkraftwagen zu nehmen, auch wenn sie ungehindert in den Schuppen einfahren können. Abb. 10 zeigt, wie ebenfalls Bananentransportbänder in einem amerikanischen Pierschuppen auf ein brückenartiges Gerüst hochgelegt werden mußten, um den Lastkraftwagen in Schuppen ungehinderte Durchfahrt zu gestatten.

zu vermehren gesucht, indem man gepflasterte Höfe in die Schuppen hineinführte oder auch die Giebelwände zwischen den Schuppen mit Rampen versah (Abb. 8). Vielfach sind aber diese äl-

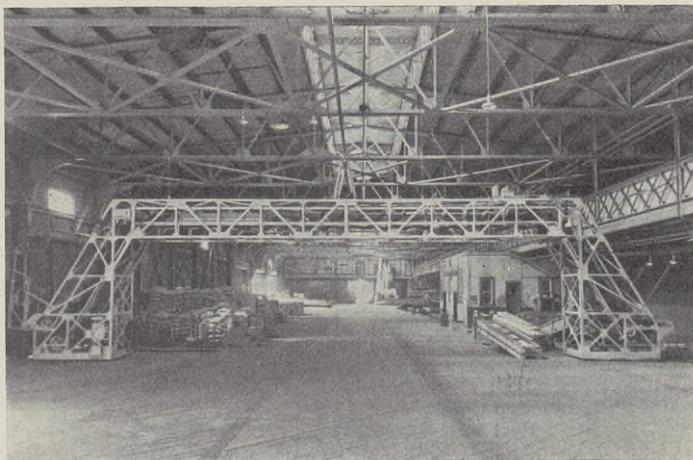


Abb. 10. Bananentransportband auf Brückengerüst im Pierschuppen (Neuyork).

Da an deutschen Schuppen die Rampenlänge immer begehrt war, hat man schon früher sie älteren Anlagen für Fahr- und Wendemöglichkeit der zeitgemäßen Lastzüge zu klein geworden, auch wenn man, wo es möglich ist, die Aufstellung der Lastkraftwagen nicht längs der Rampe, sondern mit der Wagenrückseite gegen die Rampe vornimmt. Bei einzelnen oder in Reihe stehenden Lagerhäusern (*S* in Abb. 8) sind die Verhältnisse ähnlich, oft fehlt sogar die Ladestraße an der Wasserseite, da viele Speicher hart am Wasser liegen, so daß nur Straßen- und Querseite zur Lastkraftwagen-Abfertigung dienen, was meist ausreicht, da der Umschlag am Lagerhaus naturgemäß nicht so stark wie beim Kaischuppen ist. Neue Speicheranlagen (z. B. Getreidespeicher in Bremen, Abb. 11) sorgen übrigens für genügende Anfuhr- und Aufstellungsmöglichkeit an ihren Rampen.

Reichen die geschilderten Möglichkeiten zum Umschlag der Lastzuggüter nicht aus und kann die Hafeneisenbahn ihre Ansprüche an Platz und Zeit zugunsten des Lastkraftwagens nicht herab-

setzen, so bleibt die Möglichkeit, die Rampen an den Querseiten der Schuppen künstlich zu verlängern, wie es in Abb. 12 angedeutet ist. Durch Anlage von Rampenzungen *R* und Buchten *B* läßt sich die Anlegelänge für Lastkraftwagen bequem verdreifachen. So hat man sich z. B. am großen Verteilungsschuppen in Hamburg erfolgreich geholfen. Das Mittel läßt sich natürlich nur an neuen Schuppen bzw. an solchen anwenden, die Platz genug für diese Bauweise zur Verfügung haben. Denn darüber muß man sich klar sein, daß die Behebung der Kraftfahrzeugschwierigkeiten im Hafen fast immer eine Platzfrage ist, wie meist anderswo auch, obschon mit geschickter Verkehrsregelung und beschleunigster Abfertigung ebenfalls wirksam geholfen werden kann. Gerade der letzterwähnte Punkt muß beim Lastkraftwagen-Umschlag im Hafen mit Aufmerksamkeit verfolgt werden, denn es geht nicht an, ein wichtiges Schnellverkehrsmittel mit primitiven Mitteln zu ent- und beladen. Wo im Hafen die Lastkraftwagen an derselben Stelle wie die Eisenbahn abgefertigt werden, steht auch Kranhilfe zur Verfügung; nur um Kosten zu sparen, sollte der Kraftwagen sie nicht verschmähen. Daß Kräne mit einiger Vorsicht Lastkraftwagen mit schweren Stückgut oder mit Schüttgut vorteilhaft beladen können, zeigt Abb. 13 u. 14. Besonders da, wo Laderampen nicht vorhanden sind und ein unmittelbarer Umschlag zwischen Lastkraftwagen und Schiff stattfindet, ist der Kran am Platze; beim Schüttgutumschlag im Binnenschiffhafen und beim Stückgutumschlag unmittelbar zwischen Kraftwagen und Seeschiff wird das jetzt auch wohl meistens so gehandhabt. Um die kaiseitige Laderampe der Schuppen, die ja immer am meisten besetzt ist, von der Lastkraftwagenabfertigung zu entlasten, ist auch vorgeschlagen worden, die Lastwagen nur auf der landseitigen Ladestraße halten zu lassen und ihnen dort mit weitreichenden Kränen u. U. über das Schuppendach hinweg die Güter für den unmittelbaren Schiffsumschlag abzunehmen. Wenn nicht solche Kräne schon aus anderen Gründen vorgesehen sind (z. B. am Schuppenspeicher in Stettin), ist die Wirtschaftlichkeit solch' teurer Anlagen für den Autofrachtumschlag genau zu prüfen.



Abb. 11. Abfertigungsrampe für Lastkraftwagen an der Neuen Getreideanlage in Bremen. (Photo Weltbild.)

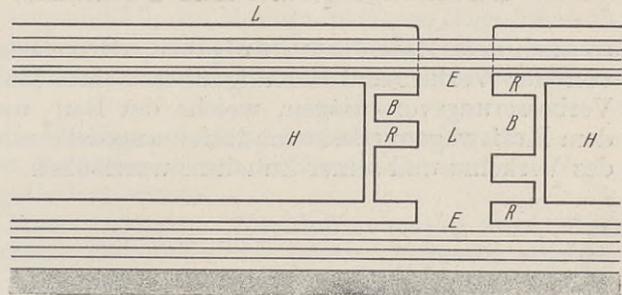


Abb. 12. Vermehrung von Laderampen an den Schuppenstirnseiten. *H* = Kaischuppen, *E* = Eisenbahngleise, *L* = Ladestraßen, *R* = Rampenzungen, *B* = Einfahrtbucht.

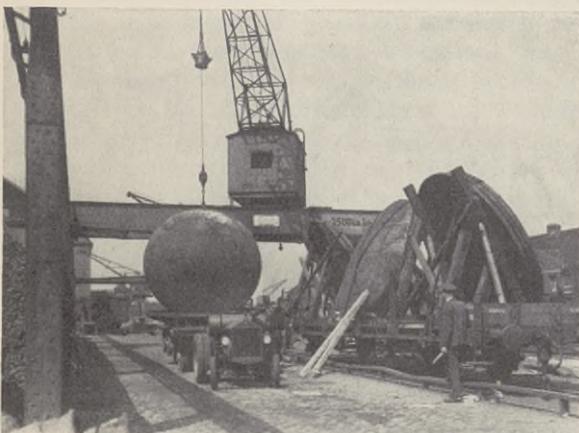


Abb. 13. Stückgutumschlag auf Lastkraftwagen mit Kranhilfe (Berlin).



Abb. 14. Schüttgutumschlag mit Greiferkran auf Lastkraftwagen (Berlin).

Der Behälterverkehr, der sich auch des Kraftwagens immer mehr bemächtigt, ist schon wegen der Schwere der Behälter auf den Kran angewiesen. Die Schüttgutentladung ist bei Kraftwagen im Hafen kaum mechanisiert, da sich hier die kippbaren Wagenkästen wenig eignen, dagegen wird die Beladung meist mit Umschlagsgerät durchgeführt (z. B. Transportbänder für Kohle und Kies, Schüttrinnen und Schüttrohre für Getreide und Salze, Greifer für Kohle, Koks u. dgl.). Mindestens sollte jeder Lastkraftwagen eine einfache Schrottleiter mit sich führen; ist regelmäßig Schwergut umzuschlagen, so kommt auch eine mechanische Schrottleiter, etwa wie in Abb. 15 in Frage, die entweder an der Umschlagsstelle, sofern sie weder Kran noch Rampe besitzt, vorgehalten wird oder aber vom Lastkraftwagen mitgenommen werden kann. Man darf allerdings vom Kraftverkehrsgewerbe, daß auch zahlreiche kleinere Geschäfte umfaßt, nicht zu hohe Aufwendungen verlangen, um so mehr sollte der Lastkraftwagen darauf sehen, im Hafen jede Umschlagshilfe zu genießen.

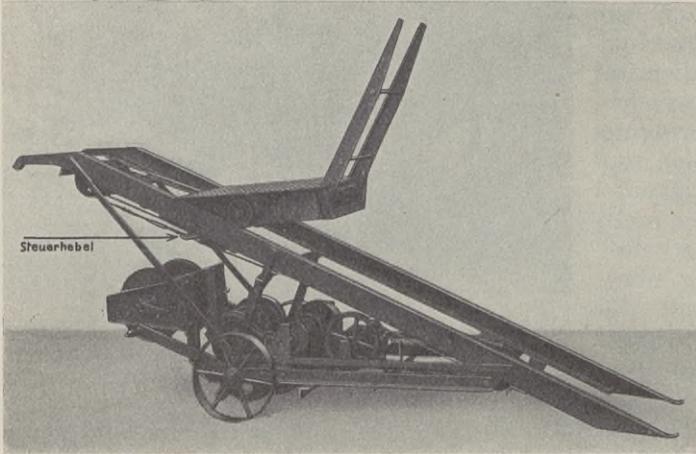


Abb. 15. Mechanische Schrottleiter zur Beladung von Wagen mit Schwergut. (Photo Mohr & Federhaff.)

so auch dem Hafen seine Aufgaben, deren Lösung um so schwieriger wird, je mehr man sich von der Verkehrsentwicklung überraschen läßt. Neben den praktischen Beobachtungen und Verbesserungsvorschlägen, welche der Bau- und Betriebsmann dem Kraftwagen, insbesondere dem Kraftwagenverkehr im Hafen angedeihen lassen muß, ist daher die zahlenmäßige Erfassung des Verkehrs und seiner Zunahme unerlässlich.

Der Kraftwagen stellt wie überall

# Beiträge

## Geleitwort für die Aufsätze über die deutschen Kolonialhäfen.

Von Professor Dr.-Ing. A. Agatz, Hafengebäude-Direktor a. D., Erster Vorsitzender der Hafengebäude-technischen Gesellschaft.

Wenn man die Arbeiten der Hafengebäude-technischen Gesellschaft in den vergangenen 25 Jahren überblickt, so sind die in den 18 Jahrbüchern niedergelegten Veröffentlichungen im wahrsten Sinne des Wortes „Gemeinschaftsarbeit“ gewesen. In guten und schlechten Zeiten haben sich immer wieder die in- und ausländischen Mitglieder zur Verfügung gestellt, wenn es galt, Fragen des Hafengebäudes und der Hafenwirtschaft zur Bearbeitung zu übernehmen. So ist dann in den Jahren 1937 und 1938 auch die vorliegende Aufsatzreihe verwirklicht worden, obwohl die Schwierigkeiten hier besonders groß waren.

Als in den Jahren 1933/34 der leider so früh verstorbene, verdienstvolle ehemalige stellvertretende Gouverneur von Kamerun, Geheimrat August Full, die Monographie von Togo im Auftrage der wissenschaftlichen Kommission der Deutschen Kolonial-Gesellschaft bearbeitete, wandte er sich in den Fragen der Häfen, Landungsbrücken und Wasserstraßen mit der Bitte um Unterstützung an mich.

Ich hatte damals schon feststellen müssen, wie überaus schwierig es war, nur für dieses eine Kolonialgebiet die Unterlagen aus den verstreut liegenden Akten herauszuziehen, eine Arbeit, die wesentlich durch Herrn Dr.-Ing. Schultze gefördert wurde.

Nachdem dann diese Hafenfragen für Togo Mitte 1934 zum Abschluß gebracht waren, ließ ich in den anschließenden Jahren von Wasserbaustudierenden der letzten Semester einzelne koloniale Hafenfragen in Übungsaufgaben weiter bearbeiten. So entstand langsam das Fundament, auf dem die Hafengebäude-technische Gesellschaft mit Erfolg angesetzt werden konnte, nachdem sich drei Bearbeiter zur Verfügung gestellt hatten.

Bei der Suche nach Unterlagen stellte sich heraus, wie wenig über die Arbeiten in den Häfen jemals veröffentlicht worden war und vor allem, wie spärlich die Kenntnis über den Zustand der Häfen seit ihrer Übergabe an die Mandatsmächte war. Die vorliegende Aufsatzreihe sollte daher den Zweck haben, die hier vorhandene Lücke auszufüllen, um die Erfahrungen, die auf diesem Gebiet gesammelt waren, nicht verloren gehen zu lassen.

Nachdem im Jahre 1937 die grundsätzlichen Richtlinien zwischen dem Vorsitzenden der Gesellschaft der Geschäftsstelle und dem Schriftleitungsausschuß festgelegt worden waren, entschloß man sich, zunächst einmal mit der Sammlung des Materials zu beginnen. Hierzu wurden alle erreichbaren Zeitschriftenaufsätze der Vorkriegszeit sowie etwaige Veröffentlichungen der Nachkriegszeit festgestellt. Das Material, das man auf diese Weise erhielt, konnte aber bei weitem nicht ausreichen, auch nur eine einigermaßen Übersicht über das Gebiet zu erhalten. Es mußte ergänzt und zum Teil überhaupt erst herbeigeschafft werden durch eine systematische Arbeit am Aktenmaterial selbst, das für die Vorkriegszeit im Reichsarchiv in Potsdam und für die Nachkriegszeit in Gestalt der Mandatsberichte des Völkerbundes vorhanden ist. Dazu kamen ferner Rückfragen bei den deutschen Baufirmen, die früher Kolonialarbeiten ausgeführt hatten und bei ehemaligen deutschen Kolonialbaubeamten, die teilweise noch über eigenes privates Material verfügten. So entstand in zweijähriger intensiver Arbeit allmählich in immer klareren Umrissen ein Bild der Entwicklung und der Gestaltung der ehemaligen deutschen Kolonialhäfen.

Nach Abschluß dieser schwierigen Vorarbeiten konnte nunmehr daran gegangen werden, die Unterlagen auszuwerten. Es war von vornherein beabsichtigt, die wirtschaftliche Entwicklung, die technische Entwicklung und die Gestaltung der Einzelbauwerke in drei geschlossenen Aufsätzen herauszubringen. Dieser Gedanke hat sich an Hand des zusammengetragenen Materials auch verwirklichen lassen.

„Die wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Kolonialhäfen vor und nach dem Kriege“ wurde von Herrn Professor Pfister von der Universität Freiburg bearbeitet und gibt eine Einführung in die Lebenswichtigkeit der Häfen für eine koloniale Erschließung des Hinterlandes.

„Die technische Entwicklung der deutschen Kolonialhäfen“ wurde von Herrn Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. habil. Edgar Schultze in Angriff genommen, und zwar zuerst anlässlich eines Vortrages an der Technischen Hochschule Berlin, aus dem dann die vorliegende Veröffentlichung entstanden ist.

Für das dritte Thema „Die Gestaltung von Kolonialhäfen“ fand sich in Herrn Dipl.-Ing. Butzer ein Bearbeiter, der die Veröffentlichung zur Promotion an der Technischen Hochschule Berlin benutzte. Herr Butzer hat vor allem die sehr umfangreichen und langwierigen Aktenauszüge, die fast ein Jahr Zeit in Anspruch genommen haben, in unermüdlicher Arbeit durchgeführt und damit die Grundlagen zu dem umfangreichen Archiv über die Kolonialhäfen geschaffen, über das die Hafentechnische Gesellschaft heute verfügt. Wie schätzenswert das Vorhandensein einer geschlossenen Sammlung von Unterlagen ist, zeigt sich bereits jetzt schon, wo die technische Behandlung von Kolonialfragen Gegenstand eines Ausschusses geworden ist, der von Herrn Reichsverkehrsminister Dorpmüller ins Leben gerufen wurde. Es wird uns auf Grund des vorliegenden Materials möglich sein, diesem Ausschuss bereits zu Beginn seiner Arbeiten einen großen Teil der Fragen aus dem Gebiet des kolonialen Hafenbaues durch sachliche Angaben zu beantworten.

Die Arbeiten an den Kolonialhäfen sind eigentlich von allen Stellen, an die sich die HTG um Unterstützung gewandt hat, in der zuvorkommendsten Weise gefördert worden. Ich möchte hier in erster Linie dem Reichsarchiv in Potsdam unseren verbindlichsten Dank für die Möglichkeit aussprechen, in das vorhandene Aktenmaterial monatelang Einsicht zu erhalten und einen großen Teil von Abbildungen und Zeichnungen entnehmen zu können. Ebenso hat uns die Durchsicht der Mandatsberichte im Reichskolonialbund sehr viel Aufschluß über die neuere Entwicklung der Häfen gegeben. In besonders lebenswürdiger Weise haben sich die Deutschen Afrika-Linien in den Dienst unserer Forschungen gestellt und durch ihre Organisation manchen Tatbestand in der Wirklichkeit nachprüfen lassen. Ich möchte ferner dem Oberkommando der Kriegsmarine, dem Statistischen Reichsamt Berlin, den Firmen Grün und Bilfinger A.G., Mannheim und Philipp Holzmann A.G., Frankfurt a. M., der Westafrikanischen Pflanzungsgesellschaft Viktoria, Berlin, der Afrikanischen Fruchtkompagnie in Hamburg, Herrn Geheimen Baurat Franz Allmaras, Berlin und Herrn Geheimen Oberbaurat Ministerialrat i. R. Fischer, Berlin, unseren verbindlichsten Dank für die Überlassung von Berichten, Entwurfszeichnungen, Lageplänen, Fotos und sonstigen Angaben aussprechen. Außerdem möchte ich auch noch allen den Stellen danken, die durch kleinere Hinweise und Einzelauskünfte unsere Arbeit wesentlich erleichtert haben.

Die nachstehenden Veröffentlichungen sind, soweit es möglich war, den wirklichen Vorgängen nachgegangen. Es ist aber möglich, daß Einzelheiten nicht mehr ganz genau rekonstruiert werden konnten, und daß noch einige Lücken sich nicht ganz geschlossen haben. Die HTG ist daher für jede Ergänzung und Verbesserung dankbar, da diese den späteren Arbeiten auf dem Gebiet des kolonialen Hafenbaues zugute kommt. Insbesondere läßt die Berichterstattung des Auslandes über die kolonialen Hafenbauten nach dem Kriege noch manche Frage offen.

Es ist die Absicht der HTG gewesen, sich in diesen arbeitsreichen zwei Jahren auf einem Gebiete zu betätigen, das heute im Brennpunkt des öffentlichen Interesses steht und auf dem es galt, frühere Versäumnisse nachzuholen. Ich glaube feststellen zu können, daß das Ergebnis die Anstrengungen gelohnt hat. Wenn die nachstehenden Ausführungen es nun noch erreichen, das Verständnis und Interesse für die kolonialen Hafenfragen weiter zu fördern, dann haben sie ihren Zweck voll erfüllt. Den drei Sachbearbeitern spricht die HTG für ihre verdienstvolle Unterstützung ihren herzlichen Dank aus.

## Die wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Kolonialhäfen vor und nach dem Kriege.

Von Professor Dr. Bernhard Pfister, Universität Freiburg i. Br.

Seehäfen sind die Tore zur überseeischen Welt. Sie zeigen mit ihren Einfuhr- und Ausfuhrziffern die Stärke der seewärts gerichteten wirtschaftlichen Verflechtung des betreffenden Landes an. In den Häfen staut sich schleusenartig Einfuhr und Ausfuhr, um verfrachtet oder entladen zu werden. Von ihnen als Knotenpunkt breitet sich das vielfältige und feine Verteilernetz ins Binnenland aus, während sie seewärts das Strahlenbündel der Schifffahrtslinien entsenden.

Die Marktberichte dieser Durchgangstore zu anderen Ländern und Erdteilen geben zusammen mit den Ziffern der Einfuhr und Ausfuhr nach Menge und Wert ein Barometer ab, das die wirtschaftlichen Vorgänge und Entwicklungen in einer Volkswirtschaft sehr genau aufzeichnet.

Häfen haben aber nicht nur ihre Bedeutung und Funktion als Durchgangsstationen, als Knotenpunkte der Verteilung seewärts und binnenwärts. Sie sind zumeist auch Plätze ausgedehnter Verarbeitungs- und Veredelungsanlagen. Besonders gilt das für jene Häfen, in welche Massengüter eingeführt und in der Nähe weiterverarbeitet werden. So finden sich im Umkreise der wichtigsten europäischen Häfen große Mühlen, Raffinerien, Margarinefabriken u. ä. Die eingeführten Massengüter werden in verarbeiteter und veredelter Form weitergegeben: die dadurch erzielbare Frachtersparnis = Kostensenkung zugunsten der Verkäufer und Verteiler ist die Ursache dafür, daß um die Handelshäfen sich auch ein Kranz von Industrieanlagen bildet.

So kommen zu den natürlichen Standortfaktoren, die in erster Linie für die Gründung und das Blühen eines Handelshafens maßgebend sind, dann noch rein wirtschaftliche, kostenmäßige Überlegungen hinzu, welche das wirtschaftliche Gesamtbild, die wirtschaftliche Struktur eines Hafens prägen. Lassen wir die großen Welthäfen an uns vorüberziehen, dann sehen wir sofort, daß eine glückliche Kombination der natürlichen, der von Anfang an vorhandenen Standortfaktoren mit den später geschaffenen, im Laufe der Entwicklung hinzutretenden Standortfaktoren die Größe und die Bedeutung eines Hafens ausmacht.

So lehrreich es indes wäre, die natürlichen und die historischen, die von der Natur mitgegebenen und die von Menschenhand mitgeschaffenen Standortfaktoren näher zu systematisieren und zu analysieren, so reizvoll es wäre, an einzelnen Beispielen das Zusammenwirken von geographischen und wirtschaftlichen, von maritimen und geschichtlichen Bedingungen und Voraussetzungen für das Entstehen und das Blühen, für den Verfall und den Untergang wichtiger Seehandelsplätze zu untersuchen, wir stoßen sehr bald auf einen weiteren Faktor, der für das wirtschaftliche und das politische Schicksal eines Seehandelsplatzes entscheidend ist: auf die Wirtschaftskraft, auf das wirtschaftliche Potential des Hinterlandes.

Man könnte sagen, daß die wirtschaftliche Bedeutung des Hinterlandes für einen Hafen ja schon in seinen Einfuhr- und Ausfuhrziffern zum Ausdruck kommt. Das ist aber nur insoweit richtig, als man durch die jährlichen Einfuhr- und Ausfuhrziffern gleichsam eine Momentaufnahme der wirtschaftlichen Bedeutung des Hafens und durch eine über mehrere oder viele Jahre sich erstreckende Aufstellung von Einfuhr und Ausfuhr einen Schmalfilm erhält, der in seinen Zifferkurven nach oben und nach unten wirtschaftliche Erfolge und Katastrophen anzeigt.

Aber es gehört schon viel Phantasie und Kenntnis dazu, um aus der Momentaufnahme oder aus dem Filmband der Einfuhren und Ausfuhren die Bedeutung des Hinterlandes für den Hafen und umgekehrt, die Bedeutung des Hafens für das Hinterland, herausholen zu können.

Denn das Entscheidende ist ja, daß durch die Einrichtung von Hafenanlagen, durch den Ausbau eines Hafens das Hinterland wirtschaftlich angebohrt, auf eine neue wirtschaftliche Entwicklungsstufe gebracht wird. Diese heißt Weltwirtschaft, weltwirtschaftliche Verflechtung und hat weitreichende Folgen nach innen: für das Hinterland, wie nach außen: für den Weltmarkt. Am stärk-

sten sieht man diese Entwicklung, wenn sehr rasch bislang hermetisch abgeschlossene Häfen und Volkswirtschaften für den Fremdenverkehr geöffnet werden, wie z. B. Schanghai und Kanton, oder die japanischen Häfen, die erst seit drei Generationen den Europäern offen sind — genauer gesagt: wieder offen sind — im Laufe weniger Jahrzehnte aber Welthäfen wurden. Von ihnen aus setzte die gesamte Revolutionierung der überkommenen chinesischen und japanischen Wirtschafts- und Sozialverfassung ein, deren Ergebnis noch nicht abzusehen ist.

Es wäre sehr falsch, etwa die chinesischen Vertragshäfen wie Schanghai, Kanton u. a., die seit dem Vertrag von Nanking 1842 dem Fremdhandel offenstehen, den anderen von Europäern ebenfalls entwickelten Häfen wie Hongkong und Tsingtau in ihrer Rolle für die chinesische Wirtschaft ohne weiteres gleichzustellen. Hongkong war, als es 1841/42 in englischen Besitz überging, ein armseliges Fischerdorf und ein Piratenschlupfwinkel; Kiautschou war ebenfalls, als es im März 1898 deutsch wurde, ein Fischerdorf mit einigen hundert Einwohnern. Kanton und Schanghai waren vor 1842 schon die bedeutendsten Häfen und Umschlagsplätze in der fast ganz gegen Fremde abgeschlossenen chinesischen Wirtschaft. Sie wurden nun in den ozeanischen Weltverkehr hineingestellt, das Dampfschiff trat neben die Dschunke, während Hongkong und Tsingtau erst aus dem Nichts geschaffen wurden. Diese beiden sind Pionierhäfen der europäisch-amerikanischen Verkehrswirtschaft allererster Ordnung, deswegen ist auch ihre Bohr- und Erschließungskraft in das Hinterland von so besonderer Bedeutung.

Das hängt überwiegend damit zusammen, daß in dem deutschen und englischen Schutzgebiet die deutschen und englischen Wirtschafts- und Kapitalkräfte unter Einsatz ihrer Erfahrung und Technik sich viel freier entfalten konnten als in den traditionsgehemmten chinesischen Freihäfen. Nichts zeigt dies deutlicher als die Tatsache, daß sowohl in Kanton wie in Schanghai „Internationale Niederlassungen“ eingerichtet werden mußten, die ihrem Charakter nach eigentlich nichts anderes sind als „Miniatur-Handelskolonien“ in nichtkolonialer Umgebung. Nicht in dem Chinesenviertel von Schanghai und Kanton begann der weltwirtschaftliche Aufstieg, sondern in den initiativgeladenen und kapitalkräftigen „Internationalen Niederlassungen“.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß von solchen aus dem Nichts geschaffenen Pionierhäfen oder auf dem Umweg über die „Internationalen Niederlassungen“ in den älteren Häfen zumeist eine Wirtschaftsoffensive in das Hinterland einsetzt, welche die brachliegenden Kräfte des Landes mobilisiert, sie wertvolleren und ertragreicheren Verwendungszwecken zuführt, neue Absatzwege schafft, und zwar in doppelter Weise: nach innen wie nach außen. Die Kaufkraft hebt sich, bisher unbekannte Waren werden angeboten, neue Bedürfnisse werden geweckt, neue Geschmacksrichtungen entwickelt, der Strom der primär nachgefragten und der primär auf den Markt geworfenen und angebotenen Güter erweitert sich ständig, und zwar gilt das mutatis mutandis für Einfuhr- wie für Ausfuhr Güter.

Mit einiger wirtschaftlicher Phantasie können wir uns diese Wechselwirkung sehr lebhaft vorstellen. Gerade diese gegenseitige Befruchtung ist der entscheidende Vorgang, der durch den Anschluß an eine höher organisierte und technisch weiter fortgeschrittene Wirtschaft seewärts und binnenwärts durch einen Hafen ausgelöst wird. Dieser Vorgang wird um so einschneidender und revolutionärer für die Wirtschafts- und Sozialverfassung des betreffenden Landes sein, je ferner und unberührter vom Weltverkehr die neue Wirtschaftsprovinz war. Das Hinterland von Schanghai kannte schon seit längerer Zeit auf indirektem Wege die Einwirkungen des europäisch-amerikanischen Warenaustausches, während die Provinz Schantung, das Hinterland von Kiautschou, viel plötzlicher mit Eisenbahnen, Bergwerken, Anschluß an den Weltmarkt und seinen Auswirkungen beglückt wurde; um so rascher und um so schmerzvoller müssen hier auch die wirtschaftlichen und sozialen Umstellungen gewesen sein.

Ziehen wir das Ergebnis aus diesen Überlegungen, so können wir sagen: Hafenplätze haben nicht nur eine Vermittlerrolle, sondern auch eine Erschließungsfunktion. Häfen sind nicht nur die Instrumente, um binnenwärts und seewärts gerichteten Verkehr zu bewältigen. Sie sind in einem viel höheren Sinn Organe der Wirtschaftsentwicklung und Wirtschaftsförderung. Häfen schaffen neue Wirtschaftsprovinzen, deren Potential durch den Anschluß an eine geräumigere, technisch und organisatorisch überlegenere Wirtschaftsform gesteigert und verwandelt wird. Häfen spielen in der kaum auseinander zu flechtenden Wechselwirkung und gegenseitigen Befruchtung von Einfuhr und Ausfuhr eine aktive Rolle. Sie sind nicht nur die Tore zu neuen Wirtschaftsprovinzen, sondern sie bauen diese am stärksten direkt und indirekt mit auf. Häfen sind nicht nur die Makler der Einfuhr und Ausfuhr, sondern auch die Partner im Geschäft.

Damit kommen wir zu einer weiteren wichtigen Kennzeichnung der Bedeutung der Häfen für das Wirtschaftsleben. Weil Seehandelsplätze nicht nur die Durchgangsgebühren der Einfuhr und der Ausfuhr für sich verbuchen, nicht nur die Maklergebühren vereinnahmen, sondern selbst ein wirtschaftliches Zentrum sind, das ein weites Kraftfeld um sich legt, ballt sich in ihnen die Kaufkraft der Produzenten, der Händler und der breiten Schichten in besonderem Ausmaß. Diese

Kaufkraft der Hafenstädte macht selbst einen nicht geringen Anteil an ihren Einfuhren aus, deren Gegenwert doch immer wieder auf die Dauer gesehen nur durch gesteigerte Ausfuhren abgetragen werden kann. So teilen sich die Produktions- und Händlergewinne der Hafenstädte z. T. erst auf dem Umwege über eine gesteigerte Einfuhr, die prinzipiell nur durch eine erhöhte Ausfuhr aus Produktionssteigerung getragen werden kann, der Umgebung, dem Hinterlande mit.

Hafenstädte sind ferner in besonderer Weise auf kolonialem Boden die Vororte für die europäisch-amerikanische Technik. Vom Landungssteg, vom Hafenbecken aus beginnt der Bau der ersten Eisenbahnlinien, vom Hafenbecken aus setzt sich der technische Fortschritt im Kolonialland durch. In den Hafenplätzen konzentriert sich aber auch mit dem Handelsverkehr ganz naturgemäß der Kapitalverkehr. Gilt das schon für die europäischen Länder (Hamburg, Amsterdam, London), so in noch viel höherem Maße für die Küstenplätze in Kolonien, in welchen das besondere Aufblühen eines Finanzzentrums erst die sehr späte Frucht einer wirtschaftlichen Entwicklung sein kann. Ebenso wie wir zu Beginn einer Kolonisation die Regierung, die Verwaltung, die Gerichte, die militärischen Stellen auch immer in den Hafenplätzen sehen und erst später die Amtsstellen ins Innere verlegt werden — sprechendes Beispiel ist hierfür die späte Verlegung der Regierung der Südafrikanischen Union von Kapstadt nach Pretoria u. a. — genau so sammeln sich erst sehr spät — wenn überhaupt — unter besonders günstigen Voraussetzungen die Finanz- und Handelskräfte eines erschlossenen kolonialen Gebietes im Inneren des Landes. Voraussetzung für die Verlagerung der Handels-, Kapital- und Unternehmerkräfte aus den kolonialen Einfallstoren, aus den Hafenplätzen nach dem Landinnern ist in erster Linie das Vorhandensein und der Abbau von Rohstoffen in großem Umfang. Der mit der Gewinnung und der Aufbereitung von Bodenschätzen einsetzende Industrialisierungsprozeß bringt in viel größerem Umfang, vor allem aber in rascherem Tempo den Anschluß an die Weltwirtschaft und ihre typischen Organisations- und Verkehrsformen (Banken und Eisenbahnen) als der landwirtschaftliche Erschließungsprozeß von Kolonialland. Erzgruben, Goldlager bringen den Bahnbau viel rascher in Gang als Sisalpflanzungen und Kaffeeplantagen. Kolonien, die wirtschaftlich vornehmlich auf Agrarprodukten aufgebaut sind, ziehen die Handels- und Unternehmer- und Kapitalkräfte nicht so rasch aus den Hafenplätzen weg, wie es bei Kolonien der Fall ist, die industrielle Rohstoffe und erst recht Edelmetalle erzeugen, wo Eisenbahn, neuerdings die Autostraße vor dem Schienenweg, Telegraph zusammen mit den Kapitalkräften den Produktionsstätten alsbald zuwandern. Beispiele hierfür ist Johannesburg, die südafrikanische Goldminenstadt, sind ferner die aus dem Boden schießenden Industrieorte in Rhodesien und im Kongo-Gebiet, welche dem dort abgebauten Kupfer ihr Entstehen verdanken. In den Hafenorten Beira (Ostküste) und Lobito (Westküste) spiegelt sich in Einfuhr und Ausfuhr der Aufstieg des großen innerafrikanischen Industriegebietes wider. Aber sie sind, genau wie Kapstadt, nicht die Hauptorte der wirtschaftlichen Initiative — daß sie u. U. der Verwaltungssitz großer Kapitalgesellschaften sind, darf nicht darüber hinwegtäuschen. Sie haben ihre Pionierfunktion zu einem erheblichen Teil eingebüßt, sie werden Verwaltungs- und Durchfuhrplätze. Ihr wirtschaftlicher Stil ändert sich mit dem Wandel ihres Aufgabenkreises.

Wenn im folgenden einige deutsche Kolonialhäfen in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung vor und nach dem Kriege untersucht werden, so müssen wir uns von Anfang an darüber klar sein, daß für die deutschen Kolonialhäfen nicht alle in den vorhergehenden Ausführungen betrachteten Tatbestände und Auswirkungen zutreffen. Das liegt vor allem daran, daß die zielbewußte und planmäßige wirtschaftliche Erschließung der deutschen Kolonien erst etwa sechs bis acht Jahre vor dem Weltkriege einsetzte, nachdem man jahrelang nicht erkannt hatte, daß vor allem der Eisenbahnbau eine staatliche Aufgabe und Ausgabe ist, die in Angriff genommen werden muß, um der Wirtschaft die Wege zu bahnen. Ist die Beobachtungszeit für die Vorkriegszeit auch relativ kurz, so können wir in der Nachkriegszeit besonders für Deutsch-Ostafrika um so interessantere Feststellungen machen, die sich aus einer allgemeinen Betrachtung und Typologie der Kolonialhäfen und ihren Funktionen nicht gewinnen lassen. Wir können da nämlich beobachten, wie das Mandatsgebiet Tanganyika verkehrspolitisch umgangen wird, wie die wirtschaftlichen Kräfte rund um Tanganyika, im Süden, Westen und Norden, in Kenya, Uganda, im Kongo, in Rhodesien, im Nyasaland und in Portugiesisch-Ostafrika sich vom Mittelstück Deutsch-Ostafrika dezentralisieren, wie sie verkehrspolitisch geradezu wegorganisiert werden.

Fragen wir nach den Gründen dieser Erscheinung, so finden wir eindeutig, daß die staats- und völkerrechtliche Zwischenstellung, welche das Mandatsstatut allüberall verleiht, nicht kräftig und stark genug ist, um die wirtschafts- und verkehrspolitischen Belange der Mandatsländer gegen die Konkurrenz der robust vertretenen wirtschafts- und verkehrspolitischen Ziele der Mandatäre, besonders wenn sie angrenzen, zu vertreten und durchzusetzen. Beispiele aus Südwest- und Deutsch-Ostafrika hierfür werden später noch zu geben sein. Sie zeigen an, daß nur eine selbständige Wirtschafts- und Verkehrspolitik dem Kolonialland seine wirtschafts- und verkehrspolitischen Chancen sichert, daß nur eine souveräne Staatsautorität gerade im Kolonialland das wirtschaftliche Po-

tential zur Entwicklung bringt — was sich in der Einfuhr und Ausfuhr wertmäßig und mengenmäßig zeigen muß. Vor allem ist auch nur eine souveräne Kolonialmacht imstande, die Ausschließung der natürlichen Verkehrswege ihrer Kolonien zugunsten benachbarter Kolonien — es handelt sich hierbei hauptsächlich um den Transitverkehr — zu verhindern. Wie wir noch sehen werden, spielte der Transitverkehr aus und zum Kongo in Deutsch-Ostafrika eine sehr erhebliche Rolle, und sein Wegfall bedeutete für Daressalam vor allem einen sehr schweren Verlust dieses bedeutendsten Hafenplatzes in Deutsch-Ostafrika.

Wir befassen uns hauptsächlich mit den Hafenplätzen in Südwest, Deutsch-Ost in der Vor- und Nachkriegszeit und ziehen vor allem noch Tsingtau zur Untersuchung heran. Es bedeutet dies keine Außerachtlassung von Togo, Kamerun und unseren Südseebesitzungen. Was allgemein für Kolonialhäfen gilt, das bezieht sich auch auf die Hafenplätze in Togo, Kamerun und in der Südsee. Auf drei Merkmale sei aber noch besonders hingewiesen:

### Togo, Kamerun und Südsee.

1. Togo und Kamerun führten vor und nach dem Weltkriege in erster Linie Massengüter aus: Erdnüsse, Palmkerne, Holz. Der Frachtverkehr entwickelte sich auf dieser Basis gut und regelmäßig.

2. Kamerun hat in der Nachkriegszeit zwei neue Spezialkulturen für die Ausfuhr entwickelt: Bananen und Kakao. Es wurden ausgeführt (aus dem französischen und britischen Mandatsgebiet zusammen):

	Bananen t	Kakao t
1935 . . .	46 088	27 513
1936 . . .	67 266	33 659

(Diese und folgende Ziffern aus den Vierteljahrsheften zur Statistik des Deutschen Reiches 1937, Heft IV, S. 131—137 und aus dem Statistischen Jahrbuch für das Deutsche Reich 1938, S. 328 ff.)

Nehmen wir noch hinzu, daß von der gesamten Bananeneinfuhr auf Deutschland mengenmäßig aus Kamerun (überwiegend aus dem britischen Mandatsgebiet) kamen 1935: 42,7%, 1936: 31,8%, 1937: 35,1%, dann verstehen wir auch, weshalb deutsche Bananen-Spezialschiffe von Hamburg nach Viktoria und Tiko laufen und 1934—36 durchschnittlich rd. 80% der gesamten Ausfuhr wertmäßig aus dem britischen Mandatsgebiet Kamerun nach Deutschland gingen. Die Bananendampfer laden ja auch noch Palmöl, Kakao u. a. Die Ausfuhr aus dem französischen Mandat Kamerun nach Deutschland betrug allerdings sehr viel weniger, 1934: 12,64%, 1935: 6,17%, 1936: 3,53% des Gesamtwertes der Ausfuhr. Die direkte Verbindung der vielen in deutschem Besitz befindlichen Kameruner Bananenplantagen mit dem deutschen Bananenkäufer wird durch deutsche

	Eingehende Schiffe	davon	
		deutsche 1000 R T	britische
1934 . . .	298	148	114
1935 . . .	406	204	140
1936 . . .	495	152	176

Schiffahrts- und Handelsgesellschaften hergestellt.

Der regelmäßige deutsche Bananendienst ist einer der großen Aktivposten der Kamerunhäfen im britischen Mandatsgebiet. Kein Wunder, daß in Viktoria und Tiko die deutsche Flagge fast in allen Jahren vor der britischen an erster Stelle steht: (Siehe nebenstehende Tabelle).

	Eingehende Schiffe	davon		
		französische 1000 R T	deutsche	britische
1933 . . .	1313	572	149	257
1934 . . .	1411	616	174	314
1935 . . .	1557	637	198	407
1936 . . .	1524	678	136	389

Umgekehrt ist der deutsche Anteil im französischen Mandatsgebiet sehr gering: (Siehe nebenstehende Tabelle).

	insgesamt 1000 £	aus Deutschland		aus Großbritannien	
		1000 £	%	1000 £	%
1934 . . .	110	48	43,64	21	19,09
1935 . . .	181	94	51,93	32	17,68
1936 . . .	243	128	52,67	31	12,76

Die Ausfuhr aus Kamerun nach Deutschland wird zu etwa zwei Fünftel bezahlt mit direkten Warenlieferungen aus Deutschland. Es betrug die Einfuhr ins britische Mandatsgebiet Kamerun: (Siehe nebenstehende Tabelle).

Da die Ausfuhr aus dem französischen Mandatsgebiet nach Deutschland sehr viel geringer ist, kann — angesichts der heutigen Kanalisierungssysteme im Außenhandel — auch die Einfuhr aus Deutschland nicht bedeutend sein, wie folgende Ziffern zeigen: (Siehe Tabelle nächste Seite).

Im allgemeinen folgt der Handel der Flagge in dem Sinne, daß die Kolonialmacht den größeren Teil der Ausfuhr, der Einfuhr, der Schiffahrt, der Investitionen an sich zieht — Ausnahmen gibt es nur dort, wo das Mutterland die Erzeugnisse der eigenen Kolonie nur zu einem kleinen Teil aufnehmen kann, wie z. B. Holland, das bei weitem nicht der beste Kunde Javas ist, und ferner dort, wo ein organisierter, kanalisierter Markt den größeren Anteil der Einfuhr und Ausfuhr dem Mutter-

lande, dem Mandatar wegholt; das setzt aber im allgemeinen voraus, daß nicht nur der Handel organisiert ist, sondern daß auch die Erzeuger der Produkte selbst nicht Angehörige der Kolonialmacht sind.

Allgemein kann man sagen, daß die gesamte Wirtschaft von Togo und Kamerun unter deutscher Verwaltung einen viel größeren Auftrieb zu verzeichnen hätte, da die Produkte von Togo und Kamerun (Holz, Kaffee, Kakao, Palmöl, Palmkerne usw.) auf dem deutschen Markte dringend gebrauchte Produkte sind, die auf dem französischen und englischen Markt im allgemeinen nicht so leicht unterkommen, da sie hier in Wettbewerb mit den nämlichen Produkten aus anderen englischen und französischen Kolonien stehen.

Gegenüber dem immer wieder von englischer und französischer Seite vorgebrachten Einwand, daß Deutschland ja überall Rohstoffe kaufen könne, ist zu erwidern, daß Deutschland, ehe es Rohstoffe kaufen kann, Fertigwaren und Halbfabrikate verkauft haben muß oder gleichzeitig verkaufen muß.

Es ist dabei auf Marktpartner angewiesen, die seinen Waren durch Kontingente, Zölle usw. Erschwerungen in den Weg legen können und das auch reichlich tun. Im Verkehr zwischen Mutterland und Kolonien fallen diese und andere Hemmnisse weg. Der Handelsverkehr entwickelt sich reibungsloser. Dazu kommt noch, daß im allgemeinen in Kolonien die nämliche Währung wie im Mutterland oder eine von dem Zentralnoteninstitut des Mutterlandes abhängige Währung besteht, so daß Währungsschwierigkeiten moderner Art bei kluger Übersicht über den Handel zwischen Mutterland und Kolonie nicht auftreten können. (Es sei hier aber ausdrücklich davor gewarnt, zu glauben, daß mit den leichteren Tauschverhältnissen und den einfacheren Währungsbeziehungen zwischen Mutterland und Kolonien, wie sie besonders zwischen Deutschland und seinen afrikanischen Kolonien bestehen würden, alle Wirtschafts- und Handelsprobleme sich von selbst schon lösen würden.)

Es besteht kein Zweifel, daß der Handels- und der Hafenverkehr in Togo und Kamerun unter deutscher Herrschaft viel stärker und ausgeglichener wäre. Infolgedessen wäre auch das ganze Eisenbahn- und Straßennetz besser ausgebaut, die deutschen Investitionen in Verkehrs- und Hafenanlagen wären stärker, nicht zuletzt würde die deutsche Schifffahrt aus dem erhöhten Handels- und Personenverkehr zwischen Kolonien und Mutterland Nutzen ziehen — wenn natürlich auch immer zu bedenken ist, daß nicht alle Gewinne als Nettogewinne zu buchen wären, da dem auch viele Rückgänge, Verlagerungen im Verkehr mit anderen Ländern gegenüberständen. Nehmen wir als einfaches Beispiel nur an, Deutschland könne seine ganze Kaffee-Einfuhr aus den deutschen Kolonien Kamerun und Togo beziehen; das würde unsere Einfuhr von dort und unsere Ausfuhr dorthin stark steigern. Es ginge aber zum allergrößten Teil auf Kosten unseres Handelsverkehrs mit Brasilien. Unsere Einfuhr von dort — also, auf die Dauer gesehen, auch unsere Ausfuhr dorthin — würde stark abfallen, einen Teil der überflüssig gewordenen Schiffe im Südamerikadienst könnten wir in die Togo- und Kamerunfahrt einstellen.

3. Für die Südsee ist vor allem bemerkenswert, daß es hier nicht so sehr auf die von dort und nach dort gehandelten Werte und verschifften Gütermengen ankommt, sondern darauf, daß die dortigen deutschen Häfen und Stationen in der Mitte zwischen Amerika, Asien und Australien lagen.

Ihre Wichtigkeit wurde schon vor sechs Jahrzehnten richtig erkannt, als Hansemann in einer Denkschrift 1880 an Bismarck darauf hinwies, daß die Südseeinseln dann von größter Bedeutung sein würden, wenn einmal der Panamakanal eröffnet sein würde (was erst 1914 geschah). Was damals als Kohlen- und Verpflegungsstationen angesehen wurde, ist heute wichtig als Öl-, Funk- und Flugstation. So wichtig der Südseehandel wert- und mengenmäßig gewesen ist und auch für die Gegenwart seine Bedeutung behält, noch wichtiger wäre die Tatsache, daß die deutschen Südseebesitzungen heute ein handels-, außen- und marinepolitisches Zentrum von größter Stärke zwischen Japan und Australien, China und Amerika, Japan und Amerika bilden würden, dessen Konsolidierungs- und Anziehungskraft kaum zu ermessen wäre.

Wirtschaftlich am wichtigsten war und ist — neben Neu-Guinea und Samoa — vor allem die nur 22 qkm große Insel N a u r u, deren Ausfuhr von Phosphat folgende Ziffern aufweist:

1935	488 700 t	im Werte von	474 400 £
1936	556 200 t	„ „ „	469 600 £
1937	700 000 t	„ „ „	514 000 £

	Gesamteinfuhr	1000 fr		
		aus Deutschland	Frankreich und Kolonien	Großbritannien
1934 . .	58 713	4508	16 677	14 102
1935 . .	88 621	5626	19 473	24 935
1936 . .	126 366	7371	28 205	25 989
1937 . .	257 969	20 256	39 097	54 921
		in %		
1934 . .		7,68	28,40	24,02
1935 . .		6,35	21,97	28,14
1936 . .		5,83	22,32	20,57
1937 . .		7,85	15,12	21,29

### Deutsch-Südwestafrika.

Wenden wir uns nun **Deutsch-Südwestafrika** zu. Deutsch-Südwestafrika<sup>1</sup> umklammerte, seit im April 1884 die deutsche Flagge gehißt worden war, den besten natürlichen Hafen an dieser ganzen Küstenlinie: die Walfischbucht, die seit dem 12. März 1878 in englischem Besitz ist. England hatte diesen Platz als Stützpunkt für seine Walfänger etwas ausgebaut, konnte aber den Hafen selbst nicht weiter entwickeln, da es am Hinterlande vorläufig kein Interesse hatte.

Da die deutsche Verwaltung sich nicht ausschließlich eines fremden Hafens bedienen konnte und wollte, mußte für die nördliche Hälfte der Kolonie an der Mündung des Swakop eine Hafenanlage unter ziemlich ungünstigen Verhältnissen geschaffen werden. Kaum unterstützt von der Küstenlinie, die fast gerade verläuft, mußten Kunstbauten in das Meer hinausgetrieben werden, um den Leichterverkehr mit den weiter draußen liegenden Ozeanschiffen bewerkstelligen zu können. Da die ersten Molebauten infolge Versandung des Hafens teils unbrauchbar, teils für den weiterhin steigenden Verkehr unzureichend geworden waren — ob die Versandung des Hafens die Folge eines plötzlichen Hochwassers des Swakopflusses ist oder auf regelmäßige Ablagerungen des Seeganges zurückzuführen ist, konnte nicht geklärt werden — wurde 1911 der Bau einer 640 m langen Stahlbrücke beschlossen. Bei Kriegsausbruch war erst über ein Viertel des Baues fertig — die veränderten politischen Verhältnisse nach Kriegsende machten den Weiterbau unnötig und verwandelten die begonnene Landungsbrücke in eine für die Zwecke des neuen Badeortes Swakopmund sehr geeignete Mole und Strandanlage. Denn seit 1919 ist das wirtschaftliche Schicksal des Hafens Swakopmund besiegelt. Deutsch-Südwestafrika wurde als Mandat an die Südafrikanische Union gegeben, die das Mandatsgebiet und Walfischbucht einer einheitlichen Verwaltung unterstellte und als Haupthafen des Mandatsgebietes die Walfischbucht bestimmte. Die Verbindung zwischen Swakopmund und Walfischbucht war schon 1915 hergestellt worden, als die englischen Truppen eine Eisenbahnlinie (38 km) bauten.

Der Hafen für den Südtel ist Lüderitzbucht; er ist geschützter und reicher gegliedert als Swakopmund. Da ihm ein auf größere Mengen (nicht Werte!) von Einfuhr und Ausfuhr eingestelltes und angewiesenes Hinterland fehlt, ist er nicht so ausgebaut wie Walfischbucht.

Die Bedeutung der Häfen wird uns klar, wenn wir die Einfuhr und Ausfuhr von Südwest und vom Mandatsgebiet ansehen. Mangels statistischer Unterlagen ist es jedoch nicht möglich, die Einfuhr und Ausfuhr mengen- und wertmäßig nach den beiden Häfen Swakopmund und Lüderitzbucht getrennt aufzuführen. Es würde sich jedoch folgendes Bild auf Grund der allgemeinen wirtschaftlichen und bevölkerungspolitischen Struktur von Südwest ergeben:

Lüderitzbucht erlebte seinen großen Aufschwung als in der Umgebung 1908 die ersten Diamanten gefunden wurden und alsbald eine große Diamanten-Bergwerks-Industrie entstand, die ihre Maschinen, Geräte, Baumaterialien usw. über Lüderitzbucht einfuhrte. Damals begann sich die Niederlassung Lüderitzbucht in ein modernes Städtchen mit deutschem Charakter zu verwandeln. Wenn die Ausfuhr aus Südwestafrika und der jeweilige Anteil der Diamantenausfuhr in der Vorkriegszeit sich folgendermaßen entwickelte:

	Gesamt- ausfuhr 1000 M	Diamanten	Diamanten in % der Gesamt- ausfuhr
1907	1616	—	—
1908	7795	51	0,7
1909	22071	15026	68
1910	34692	26869	77,5
1911	28573	23034	80
1912	39035	30414	78
1913	70302	58910	84

Statistisches Jahrbuch  
f. d. Deutsche Reich 1910—1915.

so sehen wir eindeutig, welch große Ausfuhrwerte aus dem Wüstensande herausgeholt wurden. Sie dienten dazu, einen Teil der Handelspassiven der früheren Jahre zu decken und die Einfuhr zu bezahlen, die vor den Diamantenfunden immer ein Vielfaches der Ausfuhr betrug und die nach Abschluß der Hottentottenunruhen (Frühjahr 1907) ihre Zusammensetzung sicherlich sehr stark veränderte. Bestand sie vorher neben Eisenbahn-Material aus Kriegs- und Militärbedarf, so trat dieser nun weitgehend zurück und die Nachfrage der langsam sich entwickelnden Farmwirtschaft und der schneller vortretenden industriellen Entwicklung bei den Kupferminen im Norden und den Diamantwerken im Süden be-

stimmte die Zusammensetzung der gesamten Einfuhr. Diese betrug (in 1000 Mark):

1907	32396	1911	45302
1908	33179	1912	32499
1909	34713	1913	43426
1910	44344		

Landwirtschaftliche Produkte, Produktionsmittel und Fertigwaren machten den Hauptteil aus. Die in der Vorkriegszeit begonnene systematische Benutzung und Ausnutzung des Bodens von

<sup>1</sup> Obst, Erich: Grundzüge einer Geographie der südafrikanischen Seehäfen. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft zu Hannover für 1934 und 1935, hrsg. von Hans Spreitzer 1935. — Schultze, Edgar: Hafenbau in den deutschen Kolonien. Verkehrstechn. Woche 1938, S. 286—291. — Mecking, L.: Bau und Bild afrikanischer Küstenstädte in ihrer Beziehung zum Volkstum. Zeitschrift für Erdkunde 1938, S. 913ff.

Südwest führte in der Nachkriegszeit vor der Weltkrise zu bedeutsamen Erfolgen. Die Viehbestände wurden verbessert und vor allem sehr stark vermehrt, die 1906 begonnene Karakulzucht trug nun reichlich Früchte. Ja, als Zeichen des Fortschrittes muß es angesehen werden, wenn in der Nachkriegszeit nicht mehr in erster Linie Schlachtvieh ausgeführt wurde, sondern der Wert der ausgeführten Butter und von Käse fast immer höher als der Wert der Vieh- und Fleischausfuhr lag. Für diesen neuen Posten in der Ausfuhr wurden dann auch im Hafen Walfischbucht moderne Lager- und Kühllhäuser gebaut.

Ein schwerer Schlag für Lüderitzbucht war der Niedergang und die schließliche Stilllegung der Diamantengruben 1932/35; sieht man sich die Ausfuhrziffern an (in 1000 £):

dann erkennt man den schweren Ausfall an Kaufkraft, der ganz Südwest, vor allem aber das Gebiet um Lüderitzbucht und diesen Hafen selbst getroffen hat. Walfischbucht als Hauptausfuhrhafen für die landwirtschaftlichen Erzeugnisse des Landes hatte wertmäßig nicht den nämlichen katastrophalen Ausfuhr- und infolgedessen auch Einfuhrückgang wie Lüderitzbucht, wenn natürlich auch das Aufhören der Ausfuhr von Kupfererzen und der sehr starke Rückgang der Ausfuhr von Vanadiumerzen den Hafenverkehr in Walfischbucht nach Mengen und Werten stark drückte.

Bei dem ganzen Seeverkehr in Südwest ist aber auch noch die Eisenbahn- und die Tarifpolitik der Südafrikanischen Union

zu berücksichtigen. Das Mandat grenzt an das Mandatarland. Die südafrikanische Regierung war von Anfang an darauf aus, die politischen und die wirtschaftlichen Bande zwischen der Union und Südwest so eng wie möglich zu gestalten, ja sie zielte letzten Endes darauf ab, Deutsch-Südwest als „fünfte Provinz“ der Union einzuverleiben. Diese politischen Bestrebungen scheiterten schließlich am Einspruch der Mandatskommission des Völkerbundes. Mußte in ihren politischen Zielen die Union etwas bremsen, so war sie auf wirtschaftspolitischem Gebiet um so eigenwilliger und freier, und zwar gerade mit Hilfe des C-Mandatstatuts.

Ihre Absichten waren und sind, die Wirtschaftsbeziehungen, den Tauschverkehr zwischen Südwest und der Union enger und reichhaltiger zu gestalten. Das geht nicht von selbst, da Mandats- und Mandatarland sich wirtschaftlich nicht ergänzen, sondern im Gegenteil Konkurrenzländer sind, vor allem die nämlichen Waren auf den Weltmarkt bringen. Ferner besteht, angesichts des hohen Lebensstandards der weißen Bevölkerung in der Union, angesichts der hohen südafrikanischen Preise für Bedarfsartikel, Maschinen usw. und infolge der Frachtkosten kein natürliches Preisgefälle zwischen der Union und Südwest derart, daß die südwestafrikanischen Bedarfsgüter infolge eines niedrigeren Preises in Südafrika und nicht überwiegend auf dem Weltmarkte gekauft würden. Wäre das der Fall, dann würde von selbst sich ein erheblicher Absatz südafrikanischer Güter in Südwest einspielen und zwar könnte ein nicht unerheblicher Teil dieser Einfuhr auf dem Landwege, per Eisenbahn, eingeführt werden.

Dieses natürliche Preisgefälle, diese natürliche Marktverbundenheit besteht aber nicht. Stellt sich die Marktverbundenheit nicht von selbst ein — sei es infolge Preisgefälle, sei es infolge natürlicher Ergänzung der beiden Volkswirtschaften — dann kann sie aber auch durch wirtschaftspolitische Maßnahmen und Techniken künstlich herbeigeführt, herbeigezwungen werden. Mittel hierzu ist die Zollpolitik und die Eisenbahnpolitik. Die Union hat beide Mittel angesetzt, indem sie hohe Zölle für Überseegüter einfuhrte und indem sie die Tarife der Bahnstrecke in die Union sehr tief herabsetzte und die Tarife von Lüderitzbucht und Walfischbucht landeinwärts so stark überhöhte, daß auf diese sehr künstliche, aber wirksame Weise die Einfuhr vom Weltmarkt, von der See, über die Häfen zugunsten der Einfuhr zu Lande, per Bahn aus der Union verteuert wurde. Auf diese Weise wurde ein Teil der Einfuhr nach Südwest vom Schiff auf die Schiene verlagert. Naturgemäß erfolgt auch ein Teil der Einfuhr aus Südafrika zu Schiff. Den Nutzen hat die Union mit einem erhöhten Absatz, die Bahnlinie Johannesburg nach Kalkfontein, Seeheim in Südwest mit gesteigertem Verkehr. Die Zeche dieser Zoll- und Tarifpolitik wird von den Südwestern in Gestalt erhöhter Preise gegenüber den Weltmarktpreisen plus Fracht bezahlt. Die Methode dieser südafrikanischen Zollpolitik ersieht man sehr gut an folgenden Beispielen<sup>1</sup>: Der Zuckerpreis beträgt von Europa cif Walfischbucht sh 10/— per 100 lbs, von der Union cif Walfischbucht sh 24/6 per 100 lbs. Der Zollsatz beträgt sh 16/—. Gemäß dem C-Mandatstatut ist aber die Einfuhr aus der Union zollfrei. Ergebnis: der Preis für europäischen Zucker wird durch den Zoll von 10 auf 26 sh erhöht, wodurch dem südafrikanischen Natalzucker ein Marktübergewicht eingeräumt ist.

<sup>1</sup> Siehe hierzu meine Abhandlung: Die Britische Kolonialdiskussion, Z. f. d. g. Staats-Wiss., Bd. 99, 1938, S. 23—63; besonders S. 38—40; Th. H o p p e: Wirtschaftsstruktur und Wirtschaftsentwicklung von Deutsch-Südwestafrika 1936, S. 76ff.

	Gesamt- ausfuhr	Diamanten	Diamanten in % der Gesamt- ausfuhr
1925	2762	1387,2	50
1929	3514	1563,8	44
1931	1330	226,7	17
1932	1042	85,4	8,3
1933	1365	10,1	0,7
1934	1089	24,9	2,3
1935	2454	587,9	24
1936	3055	895,5	29
1937	3629	917,0	25

Dazu tritt noch eine raffinierte Eisenbahntarifpolitik. Es gibt zehn Tarifklassen, die so konstruiert sind, daß die Nah- und die Mittelstrecken (von der Küste ins Innere) die unter den Selbstkosten tarifierten Fernstrecken (von der Union nach Südwest) subventionieren. Ein Beispiel genügt:

Bahnfracht für 2000 lbs Mehl bei Bezug aus der Union oder aus südwestafrikanischen Häfen:

	Entfernung (Meilen)	Tarif- klasse	Kosten der Bahnfracht £	Ver- ladungs- kosten sh
Strecke Johannesburg (Union)- Windhuk . . . . .	1337	7	2/-/-	3/4
Strecke Lüderitzbucht-Wind- huk (Mehl aus Übersee) . .	541	2	9/6/8	3/4
Strecke Walfischbucht-Wind- huk . . . . .	252	2	5/13/4	3/4

Es ergibt sich daraus die grotesk anmutende Tatsache, daß man für den Bezug derselben Menge Mehl, wenn man sie einmal aus der Union, das andere Mal aus Übersee kommen läßt, bei etwa einem Drittel der Entfernung annähernd das Fünffache an Fracht zahlen muß<sup>1</sup>. Kein Wunder, wenn die Union mit solchen Mitteln den Markt in Süd-

west erobern konnte, selbst aber ein schlechter Käufer blieb. Die nachfolgende Statistik zeigt die politisch forcierte Einfuhrabhängigkeit Südwests von der Union sehr deutlich:

#### Der Außenhandel Südwestafrikas 1925—1937

Jahr	insgesamt 1000 südafr. £	davon aus bzw. nach					
		Deutschland		Großbritannien		Union	
		1000 südafr. £	%	1000 s. £	%	1000 s. £	%
E i n f u h r							
1925	2190	568,3	25,95	158,8	7,25	1157,6	52,83
1929	3082	664,5	21,56	225,3	7,31	1720,6	55,83
1931	1632	195,3	11,97	64,2	3,93	1170,4	71,72
1932	884	89,0	10,07	35,4	4,00	679,5	76,87
1933	1049	116,6	11,12	43,1	4,11	771,9	73,58
1934	1262	132,9	10,53	61,1	4,84	912,5	72,31
1935	1499	191,7	12,79	69,3	4,62	1039,7	69,36
1936	1960	312,7	15,95	95,8	4,89	1259,7	64,27
1937	2421	348,9	14,41	119,2	4,51	1575,6	65,08
A u s f u h r							
1925	2762	191,0	6,92	1477,3	53,49	337,5	12,22
1929	3514	426,4	12,13	1664,9	47,38	530,3	15,09
1931	1330	214,9	16,16	305,3	22,95	402,4	30,26
1932	1042	152,3	14,62	282,7	27,13	363,2	34,86
1933	1365	252,9	18,53	295,2	21,63	580,8	42,55
1934	1089	220,9	20,28	278,6	25,58	499,9	45,90
1935	2454	326,1	13,29	1151,0	46,90	756,7	30,84
1936	3055	542,4	17,75	1117,4	36,58	612,9	20,06
1937	3629	575,3	15,85	1988,7	54,80	604,6	16,66

Anders sieht das Bild aus, wenn wir die Schiffahrtsstatistik heranziehen; da steht Deutschland an erster, Italien an zweiter und die britische Flagge an dritter Stelle:

#### Seeschifffahrt Südwestafrikas:

	Eingehende Schiffe	in 1000 Reg.-T.			Eingehende Schiffe %	davon		
		deutsche	italienische	britische		deutsche	italienische	britische
					%	%	%	%
1925	366	218	9	98	100,0	59,6	2,5	26,8
1929	470	249	40	158	100,0	53,0	8,5	33,6
1931	482	256	72	83	100,0	53,1	14,9	17,2
1932	356	164	79	85	100,0	46,1	22,2	23,9
1933	385	148	71	57	100,0	38,4	18,4	14,8
1934	312	152	118	32	100,0	48,7	37,8	10,3
1935	450	219	141	37	100,0	48,7	31,3	8,2
1936	469	245	142	42	100,0	52,2	30,3	9,0
1937	643	334	143	109	100,0	51,9	22,2	16,9

Der sehr hohe Anteil der deutschen Flagge am südwestafrikanischen Schiffsverkehr kann aber darüber nicht hinwegtäuschen, daß Deutschland bei der südwestafrikanischen Ausfuhr an dritter Stelle und bei der Einfuhr — sehr weit hinter der Union — an zweiter Stelle steht. Der deutsche Schiffsverkehr ist aus mehreren Gründen sehr stark: einmal bringen die einlaufenden Schiffe überwiegend deutsche Fahrgäste, was mit der Stärke des Deutschtums in Südwest zusammenhängt.

<sup>1</sup> Hoppe, a. a. O., S. 76.

Ferner ist infolge der für beide Teile günstigen Handelsverträge der Güteraustausch zwischen Deutschland und der Union sehr lebhaft, so daß die südwestafrikanischen Häfen nebenbei auch noch mitbedient werden können. Der stark gestiegene Anteil der italienischen Flagge am süd-afrikanischen Hafenverkehr seit 1934 erklärt sich daraus, daß die Südafrikanische Union an italienische Schifffahrtlinien eine Subvention von jährlich 250 000 £ zahlt, die aber ab 1940 wieder in Wegfall kommt, so daß mit einem Rückgang dieses künstlich aufgeblähten italienischen Schiffsverkehrs zu rechnen ist.

Schwerwiegend für die ganze Wirtschafts- und Verkehrsentwicklung in Südwest ist auch die Tatsache, daß das ganze Gebiet — von der Bahnlinie in die Union abgesehen — überhaupt keine weiteren wirtschaftlichen Beziehungen und Verflechtungen hat. Südwest hat kein entwicklungs-fähiges Hinterland, dessen Einfuhren und Ausfuhren sich seiner Hafenanlagen und seines Ver-kehrsnetzes bedienen würden. Allerdings wurde schon manchmal ein Plan zur Diskussion ge-stellt, dessen Ausführung die südwestafrikanische Wirtschaft und Verflechtung in den Weltmarkt auf eine ganz neue Stufe heben würde: Vorgeschlagen wird, die Bahnlinie von Walfischbucht über Windhuk nach Gobabis zu verlängern durch die Kalahari nach Rhodesien und die rhodesischen Erze über diese Bahn und über den Hafen Walfischbucht zu verfrachten<sup>1</sup>. Vielleicht wird dieses Projekt einmal in Zukunft technisch, verkehrs- und wirtschaftspolitisch spruchreif. Gegenwärtig fehlen dazu noch alle politischen Voraussetzungen.

### Deutsch-Ostafrika.

Deutsch-Ostafrika war und ist die reichste und entwicklungsfähigste deutsche Kolonie. Es bietet Siedlungsraum, wenn auch vor zu großen Erwartungen und Möglichkeiten gewarnt werden muß, und liefert Naturschätze und Bodenprodukte in tropischer Mischung (Gold, Kaffee, Baum-wole, Sisal, Erdnüsse, Häute usw.).

Die Mittellandbahn, 1252 km von Daressalam über Tabora nach Kigoma am Tanganyika-See war 1914 fertig geworden und man konnte diesen Verkehrsweg, dem die Belgier bereits die Verbindungsstrecke zum Kongo von Albertville (Tanganyika-See) nach Kabalo (Kongo) entgegenbauten<sup>2</sup>, eine große Zukunft voraussagen. War damit doch die erste Bahnlinie, welche das Kongogebiet mit dem Meere verband, zur Verfügung. Es bedarf nicht sehr viel Phantasie, sich vorzustellen, wie die Entwicklung weiter gegangen wäre, wenn nicht Weltkrieg und Versailler Vertrag alles zunichte gemacht hätten. Seit Deutsch-Ostafrika als englisches Mandat Tanganyika dem Kolonialministe-rium in London untersteht und seit die für afrikanische Verhältnisse dicht bevölkerte Nordwest-Ecke von Deutschost herausgebrochen und Belgien als Mandat Ruanda-Urundi über-geben wurde, ist eine selbständige Wirtschafts- und Verkehrspolitik in diesem verkehrs- und handelspolitisch so wichtigen Gebiet zwischen Kenya, Uganda, Belgisch-Kongo, Nord-Rhodesien, Nyassaland und Portugiesisch-Ostafrika unterblieben und die wirtschaftliche Entwick- lung ging naturgemäß im Mandatsgebiet viel langsamer vonstatten als in den angrenzenden Kron- kolonien und Besitzungen der europäischen Mächte. Aber nicht nur das. Es wurde auch das ge- gebene Verkehrszentrum im mittleren Afrika nach dem Indischen Ozean hin mit seiner Zentralbahn von der Küste weit ins Innere verkehrspolitisch umgangen, mit all den Folgeerschein- ungen für den Hafen- und Handelsverkehr, wie es weiter unten noch zu schildern ist.

Ostafrika hatte schon in der Vorkriegszeit die höchsten Einfuhr- und Ausfuhrziffern unserer afrikanischen Besitzungen. Sie betragen (in 1000 Mk.):

	Einfuhr	Ausfuhr		Einfuhr	Ausfuhr
1907	23 806	12 500	1911	45 892	22 438
1908	25 787	10 874	1912	50 309	31 418
1909	33 942	13 120	1913	53 358	35 550
1910	38 659	20 805			

Glaubte man in der Vorkriegszeit, daß der Kautschuk die wichtigste Kulturpflanze und der höchste Ausfuhrposten in Deutschost wird, so mußten Verwaltung und Pflanzler schon seit 1911/12 die Erfahrung machen, daß der ostafrikanische Kautschuk den schneller wachsenden und ergiebi- geren Kautschuksorten in den Malayischen Staaten vor allem in der Konkurrenz auf dem Welt- markte nicht gewachsen ist. An seine Stelle traten dann in der Nachkriegszeit vor allem Sisal, dann Kaffee, Baumwolle u. a. als wichtigste Ausfuhrüter.

Die beiden wichtigsten Häfen sind Daressalam und Tanga. Daressalam ist Sitz der Behörden und mehr als die Hälfte der gesamten Einfuhr und Ausfuhr geht über seinen Hafen, der in den

<sup>1</sup> Hingewiesen wird auf diese Pläne bei H. Schneiderhöhn: Mineralische Bodenschätze im südlichen Afrika 1931, S. 103, bei Obst a. a. O. S. 14 und bei Remy: Allgemeine Verkehrsprobleme in Afrika. Verkehrs- techn. Woche 1938, S. 315/16.

<sup>2</sup> Die Bahn wurde 1912 begonnen und März 1915 vollendet. F. Baltzer: Die Kolonialbahnen 1916, S. 243/5.

letzten Jahren beträchtlich ausgebaut wurde. Tanga ist der Hauptausfuhrhafen für Sisal, das in seiner Umgebung und entlang dem ersten Viertel der von Tanga ins Kilimandscharo-Gebiet führenden Bahnlinie (Tanga-Moschi 352 km, Moschi-Aruscha 86 km) vornehmlich gebaut wird.

Die Ausfuhr entwickelte sich in der Nachkriegszeit wie nebenstehende Statistik zeigt:

	Gesamt- ausfuhr	Sisal 1000 t	Baumwolle	Kaffee t	Erdnüsse	Gold kg
1925	.	18,6	4 572	6 096	9 200	.
1929	.	46,4	5 026	8 992	7 889	325
1931	.	56,8	2 463	9 398	3 119	473
1932	.	61,6	3 261	11 544	16 128	965
1933	.	70,7	5 156	12 922	19 485	1204
1934	.	73,7	5 736	15 003	8 165	1696
1935	.	84,0	10 140	18 886	16 693	1995
1936	.	81,9	11 455	12 341	23 152	2673
1937	.	92,1	11 704	13 830	22 600	.

	1000 £					
1925	3008	689	540,5	481,1	178,7	.
1929	3988	1486	487,9	588,9	120,4	39,2
1931	1891	707	199,8	247,0	28,7	60,2
1932	2357	698	183,7	463,6	182,0	157,7
1933	2726	882	276,9	429,5	166,2	195,4
1934	2857	848	326,6	495,2	60,1	295,7
1935	3724	1135	569,5	486,8	210,0	369,7
1936	4806	1873	640,6	343,0	277,2	489,8
1937	5311	2079	603,6	429,5	257,8	526,3

	in %					
1925	100,0	22,9	18,0	16,0	5,9	.
1929	100,0	37,3	12,2	14,8	3,0	1,0
1931	100,0	37,4	6,3	13,1	1,5	3,2
1932	100,0	29,6	7,8	19,7	7,7	6,7
1933	100,0	32,4	10,2	15,8	6,1	7,2
1934	100,0	29,7	11,4	17,3	2,1	10,4
1935	100,0	30,5	15,3	13,1	5,6	9,9
1936	100,0	39,0	13,3	7,1	4,7	10,2
1937	100,0	39,1	11,4	8,1	4,8	9,9

Die Einfuhr betrug (in 1000 £):

1925	2880	1934	2343
1929	4286	1935	2990
1931	2496	1936	3357
1932	1872	1937	3934
1933	1947		

Bezugsgebiete

	Gesamt- einfuhr	Deutsches Reich	Groß- britannien	Japan	Kenya und Uganda
	1000 £				
1925	2880	300,0	1138,7	205,2	98,3
1929	4286	524,7	1464,2	255,7	195,2
1931	2496	153,0	908,1	265,6	171,2
1932	1872	136,6	566,7	307,9	164,2
1933	1947	197,8	567,0	416,8	196,3
1934	2343	230,0	645,8	522,8	268,9
1935	2990	317,7	866,0	655,8	285,3
1936	3357	472,9	914,1	781,5	277,9
1937	3924	525,6	953,1	933,5	363,4

	in %				
1925	100	10,42	39,54	7,12	3,41
1929	100	12,24	34,16	5,97	4,55
1931	100	6,13	36,38	10,64	6,86
1932	100	7,30	30,27	16,45	8,77
1933	100	10,16	29,12	21,41	10,08
1934	100	9,82	27,56	22,31	11,48
1935	100	10,63	28,96	21,93	9,54
1936	100	14,08	27,22	23,28	8,28
1937	100	13,39	24,29	23,86	9,26

An erster Stelle der Einfuhr standen Baumwollstoffe, dann kamen Treibstoffe und Maschinen.

Wichtig für die ostafrikanische Wirtschaft ist die Tatsache, daß hier neben den Plantagen und Siedlungen der Europäer vor allem auch die für die Ausfuhr, für den Weltmarkt produzierende Eingeborenenwirtschaft immer mehr erstarbt und sich ausbreitet, was vor allem in der Steigerung der Einfuhr und in deren Vielgestaltigkeit für die Bedürfnisse der Eingeborenen sich auswirken muß.

Unter den Einfuhrländern hat Japan seit 1931 einen bedeutend größeren Anteil errungen; es kommt jetzt an zweiter Stelle hinter Großbritannien. Großbritannien steht auch in der Ausfuhr zum ersten Male 1936 an erster Stelle, während bisher Kenya und Uganda diesen Platz einnahmen. Die Bezugs- und Absatzgebiete zeigt die untenstehende und auf S. 155 die obere Tabelle:

Als Absatzgebiet für japanische Waren ist der ostafrikanische Markt sehr umkämpft. Die japanische Ausfuhr offensive macht sich nicht nur in der stark gesteigerten Einfuhr japanischer

Waren bemerkbar, sondern auch in einer Erhöhung des Anteils der japanischen Flagge am gesamten Güterumschlag in den ostafrikanischen Häfen. Immerhin ist die japanische Tonnage anteilmäßig noch lange nicht so groß wie die japanische Einfuhr, die, wie es scheint, unter anderem auch in starkem Maße auf holländischen Schiffen erfolgt. Im Hafenverkehr behaupten die Briten den ersten Platz, während der zweite und dritte Platz mehrfach zwischen Deutschen und Holländern wechselte und die Japaner seit 1931 die Italiener vom vierten Platze abdrängten.

Wie oben schon dargestellt, ist für die Stellung und Entwicklung eines Hafens entscheidend das wirtschaftliche Potential des Hinterlandes. Für Deutsch-Ostafrika war bis 1930/31 Hinterland auch Belgisch-Kongo mit seinen reichen Kupfergruben. Der Deutsche Reichard hat diese Schätze entdeckt und zuerst

erforscht, die Zentralbahn vom Tanganyika-See nach Daressalam war zusammen mit den belgischen Verbindungslinien ein gegebener Verkehrsweg zum Weltmarkt, bis dann neue Konkurrenzwege den belgischen Durchfuhrverkehr von und nach Daressalam wegorganisierten. Die inaktive Mandatspolitik wirkte sich sehr zu Ungunsten des ostafrikanischen Handels und Verkehrs und vor allem des Hafens von Daressalam aus.

Dieser eisenbahnstrategische Kampf um die Absatzwege des innerafrikanischen Kupferreviers zu den Seehäfen ist jetzt darzustellen.

Bei der Untersuchung von Deutsch-Ostafrikas Außenhandel ist mit an erster Stelle die Tatsache zu berücksichtigen, daß hier wirtschaftliche Änderungen und Verlagerungen stattfanden bzw. noch betrieben werden, die bestimmt niemals eingetreten wären bzw. eintreten würden, wenn Ostafrika noch in deutschem Besitz wäre. Das Mandatsland Tanganyika wird ganz naturgemäß von dem Mandatar England nicht in der Weise gepflegt und in allen wirtschaftspolitischen Fragen berücksichtigt, wie z. B. die englischen Kolonien selbst. Dazu kommt noch, daß Tanganyika im Norden an die englischen Kolonien Kenya und Uganda

grenzt und infolgedessen die Gefahr besteht, daß wirtschaftliche Probleme, die Tanganyika, Kenya und Uganda gemeinsam angehen und auch nur gemeinsam gelöst werden können, einseitig zugunsten der englischen Kolonien gegen das Mandatsland entschieden werden. Es muß mit aller Deutlichkeit gesagt werden, daß diese Gefahr bereits Wirklichkeit geworden ist, wie sich gleich zeigen wird<sup>1</sup>.

Wir können zwei Tatsachen feststellen, nämlich, daß Ostafrika im Norden und im Süden verkehrspolitisch umgangen und damit wirtschaftlich geschädigt wird, was sich noch stärker als in seiner Einfuhr vor allem in seiner Ausfuhr und Durchfuhr bemerkbar macht. Wäre Deutsch-Ostafrika nicht verloren worden, dann hätte diese Umgehungs- und Ausgliederungspolitik gegen die wirtschaftlichen Interessen Deutschlands sich niemals durchsetzen können, sondern dann wäre im Gegenteil Deutsch-Ostafrika einer der stärksten Förderer für umliegende und angrenzende Gebiete geworden.

Es handelt sich um folgendes: Das reichste Kupfergebiet der Welt, Katanga, benötigt, da der Kongo nicht durchgängig schiffbar ist und nur mit siebenmaliger Unterbrechung und Umleitung auf ihm Güter den Atlantischen Ozean erreichen, große und leistungsfähige Eisenbahnen, um über gute Häfen den Anschluß an den Weltmarkt zu gewinnen. Nach dem Süden, nach dem Westen und nach dem Osten bietet sich diese Möglichkeit. Wir sehen denn auch, wenn wir das süd- und mittelafrikanische Eisenbahnnetz betrachten, wie in der Nord-Süd-Richtung der Kongo-Kapstadt-Expresß läuft und wie die transafrikanische Eisenbahnlinie vom Atlantik zum Indischen Ozean, von Lobito (Angola) durch Belgisch-Kongo über das Katangagebiet, durch Nord- und Südrhodesien nach Beira in Portugiesisch-Ostafrika über 2919 Meilen geht und in einer Woche bewältigt wird.

Mit der Linie nach Lobito und nach Beira sind die beiden nahezu ausschließlich Katanga in der Einfuhr und Ausfuhr bedienenden Eisenbahnen benannt, da die Südstrecke im allgemeinen nicht

## Absatzgebiete

	Gesamt- ausfuhr	Deutsches Reich	Groß- britannien	Belgien	Kenya und Uganda
1000 £					
1925	3008	254,0	704,6	252,4	983,4
1929	3988	218,4	564,4	1067,0	785,3
1931	1891	62,4	180,8	555,6	385,4
1932	2357	157,6	482,0	300,1	583,7
1933	2726	277,5	483,6	335,8	625,6
1934	2857	229,4	428,7	230,4	818,2
1935	3724	250,0	710,2	343,3	787,1
1936	4806	325,8	998,5	573,6	725,9
1937	5311	501,2	1029,6	596,5	794,3
%					
1925	100	8,44	23,42	8,39	32,69
1929	100	5,48	14,15	26,76	19,69
1931	100	3,28	9,56	29,38	20,38
1932	100	6,69	20,45	12,73	24,76
1933	100	10,18	17,74	12,31	22,95
1934	100	8,03	15,01	8,06	28,64
1935	100	6,71	19,07	9,22	21,14
1936	100	6,78	20,78	11,94	15,10
1937	100	9,44	19,39	11,23	14,96

## Verteilung nach Flaggen

	britische %	deutsche %	nieder- ländische %	japanische %	italienische %
1926	40,7	14,3	29,7	0,6	0,2
1927	44,7	14,8	23,8	1,0	0,1
1928	42,9	18,6	21,2	1,2	0,9
1929	40,7	19,4	18,4	1,5	2,3
1930	44,4	19,7	19,4	1,1	2,1
1931	44,9	18,6	21,1	1,9	4,3
1932	50,2	19,7	20,9	5,8	2,0
1933	43,9	18,6	22,4	5,8	3,6
1934	42,0	19,7	22,9	6,6	3,9
1935	45,9	20,2	18,2	5,4	1,7
1936	43,4	19,5	16,9	7,6	1,5
1937	38,9	21,2	18,7	6,1	1,0

<sup>1</sup> Auf die Probleme der „closer union“, d. h. der Bestrebungen, Tanganyika mit Kenya, Uganda und Nyassaland politisch zu vereinigen, sei hier nicht weiter eingegangen. Näheres darüber in meiner Abhandlung „Die Britische Kolonialdiskussion“ a. a. O. S. 42—49.

in Frage kommt und die belgische Linie von Matadi aus noch nicht ganz fertig ist. Denn die Entfernung Tenke (Katanga) nach Lobito beträgt 1869 km, die von Tenke nach Beira 2861 km, während es von Tenke nach Kapstadt 3966 km sind. Die beiden portugiesischen Häfen Lobito und Beira sind jetzt die Ausgangspunkte der mittelafrikanischen Verkehrs- und Wirtschafterschließung, auf sie konzentriert sich immer stärker das Wirtschaftsleben, da sie nahezu Monopolstellungen für den modernen Verkehr ins industrielle Mittelafrika einnehmen.

Sind die mit englischem Kapital erbauten und arbeitenden Eisenbahnlinien von Beira und von Lobito auch tatsächlich die natürlichen Verkehrswege nach Katanga oder gibt es nicht auch noch andere Verkehrslinien, die nicht nur aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiter ausgebaut oder vervollkommen wurden? Das Problem wird sofort klar, wenn wir z. B. feststellen können, daß vor der Fertigstellung der Benguela-Linie am 1. Juli 1931 ein Teil der Kongo-Frachten über die Tanganyika-Bahn abfloß. Dieser Weg wird nun fast vollständig vernachlässigt, obwohl die Entfernung Elisabethville-Daressalam mit 2499 km geringer ist als die von Elisabethville nach Beira mit 2604 km. Es ist auch kein Einwand gegen den Frachtweg Kongo-Daressalam, wenn darauf hingewiesen wird, daß auf dieser Linie keine ununterbrochene Schienenverbindung besteht, da die Güter erst etwa 568 km den Kongo abwärts von Bukama nach Kabolo verfrachtet werden und dann mit der Bahn von Kabolo nach Albertville am Tanganyikasee gehen. Eine weitere Umleitung um die 150 km Seestrecke nach Kigoma, der Endstation der Tanganyika-Bahn, auf dem Ostufer zu bewältigen, erübrigt sich, wenn entsprechende Fährschiffe eingesetzt werden.

Belgien hatte sich im Versailler Vertrag die abgabenfreie Durchfahrt und eine Freihafenzone in Daressalam garantieren lassen und die von Major Church, der als Mitglied der Ormsby Gore-Kommission Ostafrika bereiste und kennenlernte, als die beste Bahn Zentralafrikas bezeichnete Ostafrikanische Zentralbahn schien ausersehen, eine wichtige Rolle als Zubringer, als Entwicklungsfaktor und Abflußkanal zu spielen. Diese Entwicklung wurde aber unterbrochen, ja man muß sagen: abgebrochen durch den Bau der Benguela- und der Kongo-Beira-Bahn.

Können Gründe gegen deren Bau vorgebracht werden? Gewiß nicht, solange sie wirtschaftlich und technisch mehr leisten als die Tanganyikaverbindung. Sicher ist dies der Fall für die Benguela-Bahn, die kürzer ist, bei gleichen Frachtsätzen also eine Verbilligung der Güter herbeiführt; dazu kommt noch, daß der Frachtweg nach Lobito auch den Weg nach Europa sehr verkürzt und verbilligt, in Folge Wegfalls des längeren und teureren Seeweges um das Kap herum oder durch den Suezkanal (Kanalgebühren!). Anders liegen die Verhältnisse aber in der Wettbewerbslage Beira-Bahn und Tanganyika-Bahn. Die Tanganyika-Bahn hat den kleinen Vorteil, daß ihr Schienenweg und der Weg vom Hafen Daressalam nach Europa etwas kürzer ist. Die Umladekosten von Kongo-Flußschiffen auf die Eisenbahn in Kabolo und die Transportkosten über den Tanganyikasee werden höchstwahrscheinlich durch die geringeren Transportkosten auf der Flußstrecke ausgeglichen. Man darf annehmen, daß unter Berücksichtigung all dieser Faktoren Daressalam und Beira zum mindesten gleich günstig für die Frachtbasis Katanga liegen.

Aber wirtschafts- und finanzpolitische Momente, die Einflußstärke des englischen Kapitals sicherten der Beira-Bahn eine Vorzugsbehandlung, die sich aufs stärkste gegen die Tanganyika-Bahn und den Hafen von Daressalam auswirkt. Die Kupfergesellschaften und die Beira-Bahn schlossen Verträge ab, welche den Ein- und Ausfuhrverkehr in das industrielle Kongo-Becken, soweit es nicht über die Benguela-Bahn läuft, ziemlich ausschließlich nach und über Beira lenkt. „The great copper producing company of the Katanga and the copper fields of Northern Rhodesia are under contract with the Rhodesian Railways and the Port of Beira.“<sup>1</sup>

Die Einwirkungen des Anschlusses des Katanga-Beckens an die Beira-Bahnlinie, die seit 1930/31 durchgebaut ist, lassen sich auch sehr anschaulich aus den Berichten des englischen Handelskommissars in Nairobi entnehmen, der alle zwei Jahre über die wirtschaftliche Entwicklung in Ostafrika (Kenya, Uganda, Tanganyika und Zanzibar) an das Department of Overseas Trade in London berichtet. Denn wir stellen hier fest, daß in den letzten Jahren der Durchfuhrverkehr, der in vorausgehenden Jahren immer ausdrücklich behandelt und ziffernmäßig dargestellt wird, nunmehr ganz verschwindet. Das hätte sich beim Report 1934 vielleicht noch damit entschuldigen lassen, daß in den Berichtsjahren 1932 und 1933 die Weltkrise den Durchgangsverkehr nach und vom Kongo zum Verschwinden gebracht hat. Für die folgenden Jahre ist dies aber nicht mehr stichhaltig. Denn der Durchfuhrverkehr ist jetzt durch die vertraglich geschützte und bevorzugte Beira-Linie zum Verschwinden gebracht.

Es betrug der Durchfuhrverkehr nach den Berechnungen der Agence Commerciale Belge in Daressalam<sup>2</sup>: (Tabelle siehe nächste Seite oben.)

Der Durchfuhrverkehr aus dem Kongo ist vollständig erledigt, derjenige nach dem Kongo ist

<sup>1</sup> The African World, Angola-Katanga Special Edition 1934, p. 94.

<sup>2</sup> Economic Conditions in East Africa, Department of Overseas Trade 1930, S. 45; 1932, S. 51; 1934, S. 76.

sehr stark dezimiert. Die starken anhaltenden Verluste der Tanganyika-Railway sind mit auf den Ausfall des Durchfahrtverkehrs in beiden Richtungen zurückzuführen. Der Report 1934, der die Ereignisse von April 1932 bis März 1934 behandelt, schreibt: „The revenue losses which have occurred in recent years have, of course, been largely caused by the almost complete cessation of transit traffic with the Belgian Congo . . . .

In regard to imports, the fall has largely been caused by a cessation of capital developments in the Congo territories. Exports, which formerly consisted very largely of copper traffic, have been diverted to alternative routes. The Railway Administration is endeavouring to recoup a proportion of the very heavy loss by the quotation since 1<sup>st</sup> June

1933, of specially attractive import and export transit rates, with the idea of attracting traffic back to the Eastern route and of encouraging productive efforts in the Eastern Congo and Belgian Mandated Territories“<sup>1</sup>.

Im Report 1936, der vom April 1934 bis März 1936 reicht, sind diese Hoffnungen auf eine Rückgewinnung des durch die Beira-Bahn nicht rein wirtschaftlich, sondern vertraglich-zwangsläufig abgelenkten Warenverkehrs, restlos begraben. Auch die Frachtsenkung nutzte naturgemäß gegen Vertragsbestimmungen nichts. Der Durchfuhrverkehr erscheint überhaupt nicht mehr in diesem Berichte.

Eine Fortsetzung der Verkehrs-Berichterstattung findet sich jedoch in dem jährlichen Bericht der Mandatsverwaltung an den Völkerbund. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Ziffern von den Amtsstellen der belgischen Freihafenzone in Daressalam und Kigoma, also von der schon oben genannten Agence Commerciale Belge, stammen. Sie lauten für den Durchfuhrverkehr<sup>2</sup>: und zeigen mit dieser Reihe an, daß auch nach diesen Quellen in den Jahren der anhaltenden Weltkonjunktur der Verkehr aus und zum Katangagebiet für die Ostafrikanische Zentralbahn nicht mehr zurückzugewinnen ist.

Was dieser Ausfall des Durchfuhrverkehrs von und zum Kongo für den Hafen Daressalam bedeutet, ersehen wir am besten aus folgenden Ziffern, welche die aus dem belgischen Gebiet und aus dem Mandatsgebiet umgeschlagenen Gütermengen im Hafen von Daressalam bringen<sup>3</sup>.

	Einfuhr t	Ausfuhr t		Einfuhr t	Ausfuhr t
1922	1 300	3 360	1928	33 106	35 227
1923	1 410	6 273	1929	35 772	28 487
1924	9 540	10 974	1930	17 939	28 602
1925	13 620	20 685	1931	6 337	16 446
1926	20 700	21 069	1932	5 826	1 571
1927	13 580	26 464	1933	16 580	366

	Einfuhr t	Ausfuhr t
1934	6205	1304
1935	5646	1134
1936	6454	1425
1937	5885	641

	Einfuhr			Ausfuhr		
	Mandats- t	belgische t	insgesamt t	Mandats- t	belgische t	insgesamt t
1927/28	88 034	13 107	101 141	39 333	29 790	69 123
1928/29	86 106	21 398	107 504	57 208	35 169	92 377
1929/30	129 496	27 860	157 356	58 360	22 826	81 186
1930/31	148 484	36 815	185 299	53 449	34 600	88 049
1933	45 053	3513	48 566	69 613	323	69 936
1934	63 676	4169	67 845	68 609	1513	70 122
1935	86 414	3875	90 289	94 343	1172	95 515
1936	95 320	3711	99 031	107 595	1395	108 990

Die Ziffern bedürfen in ihrer Bedeutung für den Hafenverkehr von Daressalam keines weiteren Kommentars.

Die Zentralbahn spielt wirtschaftlich als Verbindung in die mittelafrikanischen sehr rasch aufsteigenden, sehr krisenempfindlichen Industriezentren keine Rolle mehr. Der Report 1932 hatte den sehr starken Rückgang der Ein- und Ausfuhr im Durchgangsverkehr teils der Krise, teils den neuen Bahnlinien nach Lobito und Beira zugeschrieben<sup>4</sup>. Er glaubt auf einige hoffnungsvolle Anzeichen verweisen zu können: so sei eine „gewisse Menge“ von Zinnerz von Katanga über die Zentralbahn geleitet worden und mehr sei noch zu erwarten. Ferner dürfe man vermehrte Ladungen von landwirtschaftlichen Produkten, insbesondere von Kaffee vom Kivu-Distrikt im

<sup>1</sup> Report 1934, S. 76.

<sup>2</sup> Report on the Administration of the Tanganyika Territory for the year 1937, Colonial No. 148, London 938, S. 68.

<sup>3</sup> Report on the Administration of the Railways and Ports Services for the year ended 31<sup>st</sup> December 1936, 1937, p. 46 und vorausgehende Jahre.

<sup>4</sup> Report 1932, S. 51.

Kongo erwarten. Aber diese Hoffnungen erwiesen sich als unbegründet: Tanganika ist wirtschaftlich aus dem belgischen Kupfergebiet für die Durchfuhr, Einfuhr und Ausfuhr willentlich ausgeschaltet worden. Diese Drosselungspolitik brachte vor allem dem Hafen von Daressalam große Verluste und hemmte seinen Aufstieg, seine Weiterentwicklung. Daressalam ist von seinem innerafrikanischen Hinterland abgeschnitten worden. Die Folgen trägt mit den rückläufigen Einnahmen und den erhöhten Verlusten bei der Eisenbahn, den erhöhten Tarifsätzen, dem verminderten Güterumsatz im Hafen, den rückläufigen Zolleinnahmen, dem allgemein geminderten Handel usw. das ganze Land.

Leider lassen sich die prozentualen Anteilsziffern des Kongoverkehrs an dem Gesamtverkehr auf der Zentralbahn nicht berechnen, da die Verkehrsstatistik der Mandatsverwaltung uneinheitlich aufgebaut und verarbeitet ist. Es liegen folgende statistische Unebenheiten, die eine Vergleichsbasis ausschließen, vor: Ab 1924 beginnt die Mandatsverwaltung die Eisenbahnstatistik mit dem Rechnungsjahr ab 1. April, so daß die oben mitgeteilten Ziffern der Belgischen Handelsagentur in Daressalam, die sich auf das Kalenderjahr beziehen, nicht vergleichbar sind. Das ließe sich schließlich noch hinnehmen, wenn nicht ab Rechnungsjahr 1929/30 der Gesamtverkehr, der vorher nach Zentralbahn und nach Tangabahn getrennt war, nun summiert, also ohne Aufgliederung wie für die vorausgehenden Jahre, mitgeteilt würde. Die Eisenbahnstatistik teilt wohl die jeweiligen Kupferdurchfuhren mit, aber nicht den gesamten Kongoverkehr, der erst ab 1930/31 in der Bahnstatistik erscheint. Dann steht aber die Ziffer für die Zentralbahn gesondert nicht mehr zur Verfügung.

Läßt sich aus diesen Gründen die durchgängige Entwicklung auch nicht statistisch zeigen, so sind doch auch in den Tanganika Railways Reports einige interessante Ziffern enthalten, welche die allgemeine Entwicklung: Ausgliederung Tanganikas aus dem zentralafrikanischen Industrieverkehr, sehr gut kennzeichnen.

Die Durchfuhr von Kupfer begann 1923/24 mit 4434 t (= 6,9% von 64384 t Gesamtverkehr) und stieg 1928/29 auf 29997 t (= 17,2% von 173922 t Gesamtverkehr)<sup>1</sup>.

Noch viel deutlicher sehen wir die Wichtigkeit des „Congoleser traffic“ für die Zentralbahn, wenn wir nach dem Anteil des Kongoverkehrs (in beiden Richtungen) an den Einnahmen der Zentralbahn fragen. Man wird a priori sagen können, daß seine finanzielle Bedeutung die mengenmäßige noch überwiegt, da auch stark degressive Frachtsätze bei so großen Entfernungen ins Gewicht fallen. Folgende Ziffern<sup>2</sup> zeigen den Niedergang des Kongoverkehrs sehr deutlich an:

	1930/31	1931/32	1932- (neun Monate)
1. Durchgangsverkehr . . . . . t	77 415	22 842	5 206
2. Einnahmen hieraus . . . . . £	313 461	136 441	43 354
3. Gesamteinnahmen . . . . . £	640 070	34 7123	257 567
4. Anteil von 2 an 3 . . . . . %	48,97	39	16,9

Der Bericht für April bis Dezember 1932 weist noch auf die allgemeine Weltkrise als eine der Ursachen neben der belgischen Verkehrspolitik, welche die Katangafrachten von der Tanganika-

bahn abzieht, hin und berichtet, daß 1930/31 die Verfrachtung von 33329 t Kupfer von Kigoma nach Daressalam 90000 £ Frachteinnahmen brachte. Der Bericht für 1933 ist bereits abgeklärt und pessimistisch: "This copper traffic is not likely to return unless the price of copper were to go up so high that production could be very greatly increased and so allow a little for all systems. It cannot be counted on through, even in this case. On a return to normal times, I think there is little doubt that a large portion of Ruanda-Urundi and the Kivu Region of the Congo will fall back again on the Port of Daressalam for import and export . . . It is difficult to see how this country can produce enough agricultural produce to make the Railway pay. It has not the rich hinterland of the Kenya and Uganda Railway with its long haul traffic untapped by competition. It must therefore be a hope that mineral deposits will prove really valuable as the settlements they entail and the general wealth engendered would go far to put the Railway on its feet. This Railway has not even a large town inland to recate traffic<sup>3</sup>." Der Bericht für das Jahr 1934 meldet dann nur noch, daß der Kongoverkehr weiterhin darniederliegt und gibt die Durchfuhr für dieses Jahr mit 7733 t (6192 t im Vorjahr) an.

<sup>1</sup> Tanganika Railways. Annual Report for the year 1924/25, S. 25. Tanganika Railways and Marine-Annual Report for the year ended March 31st 1929, S. 7.

<sup>2</sup> Tanganika Railways and Ports Services Annual Report for the year ended 31st March 1932, S. 6. Report of the General Manager on the Administration of the Railways and Ports Services for the Nine Months ended 31st December 1932, 1933, S. 6.

Annual Report for the Year 1923, S. 4, berichtet, wie die Union Minière du Haut Katanga ab Mai 1923 die Ausfuhr von 50 t Kupfer monatlich vorschlug und wie man schon im Dezember des gleichen Jahres 210 t Kupfer wöchentlich, über 10 000 t im Jahr, und 60 t Zinnerz monatlich vorsah.

<sup>3</sup> Report for the year ended 31st December 1933, 1934, S. 6.

Das Kongoproblem ist zu einer ganz unbedeutenden statistischen Angabe im Tanganyika-handel geworden — und dabei wird es auch für die Zukunft bleiben.

Die Zentralbahn und damit der Hafen von Daressalam sind in der Gegenwart und in der Zukunft fast ausschließlich auf die wirtschaftlichen Kräfte und Schätze von Deutsch-Ostafrika selbst angewiesen.

Die Deutsch-Ostafrikanische Mittellandbahn, 1905 bis 1914 erbaut, 1252 km Betriebslänge, sollte, von Tabora abzweigend, einen Zubringer erhalten, um das fruchtbare und stark bevölkerte Gebiet zwischen Viktoriasee, Uganda und belgischer Grenze an die Verkehrsachse in der Mitte anzuschließen. Dieser Zubringer sollte nach den deutschen Plänen von Tabora nach dem Kageraknie gehen. 1914 waren von den 481 km dieser Strecke 60 km bereits fertig<sup>1</sup>. Dieser Bahnbau zum Kagera hätte sicherlich sehr rasch seine Fortsetzung über den Fluß hinüber gefunden und das heutige belgische Mandat Ruanda-Urundi, das zwar „nur“ 55 000 km<sup>2</sup> groß ist, aber 3,3 Millionen Einwohner zählt<sup>2</sup>, mithin auf die für afrikanische Kolonialgebiete seltene Ziffer von 60 Einwohnern pro qkm kommt, wäre verkehrstechnisch und wirtschaftspolitisch an die Mittellandbahn herangebracht, angeschlossen worden<sup>3</sup>. Ferner wären die wirtschaftlichen Ausstrahlungen und Anziehungskräfte dieser Bahnlinie zum und über den Kagera nach dem Südwesten Ugandas und dem Nordosten von Belgisch-Kongo gar nicht abzusehen gewesen.

Dieser deutsche Bauplan wurde von den Engländern, nachdem sie das Mandat übernommen hatten, zum Teil übernommen, und zwar wurde die Zubringerlinie von Tabora aus nach dem Norden, nach Muansa (261 km) am Viktoriasee gelegt. Gab es besondere wirtschaftliche Gründe, den Viktoriasee mit der Mittellandbahn zu verbinden? Sie sind nirgends zu finden. Seit wann wird denn auch eine Binnenhafenstadt, die kein Hinterland hat und deren Verkehr über den See hinweg politisch durch die Ugandagrenze durch den See erschwert ist, in der Verkehrserschließung vor anderen, reicheren Gegenden bevorzugt? Es müssen besondere Gründe sein. Sie sind aber leicht zu finden.

Sie liegen in diesem Falle nicht so sehr darin, daß die Engländer im Sinne ihrer Kap—Kairo-Linie im allgemeinen die Verkehrswege stärker von Norden nach dem Süden ausbauen als von Osten nach dem Westen, als darin, daß verkehrspolitische und allgemeine wirtschafts- und mandatspolitische Gründe dafür gesprochen haben, das von Deutsch-Ostafrika politisch losgerissene Ruanda-Urundi-Gebiet auch wirtschaftlich aus dem Mandatsgebiet Tanganyika auszugliedern und wirtschaftlich wie verkehrspolitisch mit dem belgischen Kongo zu verschmelzen. Daß dieses geographisch und wirtschaftlich zu Deutschost gehörende Gebiet durch die Einbeziehung in Belgisch-Kongo in seiner Entwicklungsfähigkeit sehr stark gehemmt ist, steht außer Frage. Denn Ruanda-Urundi tendiert wirtschaftlich stärker nach Tanganyika, nach dem Osten als nach Zentralafrika hinein.

Wie stark aber auch die englische Kolonialpolitik an dieser Zubringerlinie zur Mittellandbahn und damit auch zum Hafen von Daressalam interessiert ist, zeigt die nüchterne Tatsache, daß die Verkehrsboote auf dem Viktoriasee den Kenya- und Uganda Railways gehören und sie es in der Hand haben, von allen Küstenplätzen des Viktoriasees aus — Muansa ausgenommen — die Frachtsätze selbst von solchen Verkehrsplätzen wie Bukoba und Kagera-River, die am Viktoriasee in Tanganyika liegen und über Muansa, Tabora nach Daressalam handeln, höher zu schrauben, als die Frachtsätze für die nämlichen Güter, wenn sie nicht über die Mittellandbahn, sondern über die Kenya- und Ugandabahn nach Mombassa laufen. Die Frachtsätze für die Strecke Muansa—Daressalam sind gleich jenen auf der Strecke Muansa—Mombassa, obwohl die letztere 89 Meilen = 152 km länger ist als die erstere (848 gegen 759 Meilen)<sup>4</sup>.

Die Benachteiligung liegt vor allem darin, daß es von Daressalam aus keine Durchfrachten über Muansa hinaus gibt, daß infolgedessen für den Verkehr auf dem Viktoriasee ab Muansa die Frachtsätze der den englischen Eisenbahnkonkurrenten gehörenden Dampfschiffahrtslinien zu zahlen sind, während die Güter der Kenya- und Uganda-Bahn über den Viktoriasee Durchfrachten mit Staffeltarifen haben, d. h. billiger sind.

Auf diese Weise wird der Verkehr im Viktoriaseegebiet von seinem natürlichen Verkehrsweg zur Küste, nämlich über Tabora nach Daressalam, abgelenkt und dafür auf die Uganda- und Kenyabahn geleitet. Daressalam wird damit bewußt benachteiligt und Mombassa bewußt bevorzugt.

<sup>1</sup> Über die deutschen kolonialen Eisenbahnbauten, Pläne und die Entwicklung in den Mandaten unterrichtet ausgezeichnet Remy, Verkehrspolitik der „Treuen Hand“ in den deutschen Mandatsgebieten, Verkehrstechnische Woche 1937, S. 449—457.

<sup>2</sup> Arning, W.: Deutsch-Ostafrika gestern und heute, 1936, S. 369.

<sup>3</sup> Zu ergänzen ist, daß der südlichste Teil des Bezirkes in das Einzugsgebiet von Kigone fällt.

<sup>4</sup> Osborne Mance, H.: Report on Co-ordination of Transport in Kenya, Uganda and the Tanganyika Territory, Nairobi 1937, S. 50—55.

Angesichts dieser sehr hartnäckig und zielbewußt durchgeführten eisenbahnstrategischen und verkehrspolitischen Pläne der Engländer wäre es ein reines Wunder, wenn sie nicht auch schon auf den Gedanken gekommen wären, von der Tangalinie und vom Hafen von Tanga genau so den Verkehr abzuleiten, wie es bei der Zentralbahn und beim Hafen Daressalam erfolgreich gelang. Wirklich finden wir auch Pläne, welche darauf hinauslaufen, einen nicht unerheblichen Teil des Verkehrs vom Kilimandscharogebiet zur Küste von der Tangabahn und vom Hafen Tanga auf die Kenyalinie und den Hafen Mombassa zu lenken. Diese Pläne schienen aber selbst der Mandatsverwaltung zu durchsichtig, so daß man bis jetzt — und wohl auch für die Zukunft — davon Abstand nahm. Immerhin sind sie zu interessant für den kolonialpolitischen Willen der Engländer und ihre kolonialwirtschaftliche Technik, als daß man auch hier nicht auf sie aufmerksam machen sollte.

Die Linie von Tanga über Buiko—Kahe—Moschi nach Aruscha ist 273 Meilen lang. Bei Kahe (206 Meilen von Tanga) stößt sie auf die Verbindungsbahn, welche die Engländer von Voi an der Kenyalinie 1915 zur Erleichterung ihrer militärischen Operationen gegen Lettow-Vorbeck bauten. Damit ist eine Verbindung vom Kilimandscharogebiet über Voi nach Mombassa geschaffen, welche 12 Meilen kürzer ist als die Strecke nach Tanga<sup>1</sup> und es besteht nun der Anreiz, den Güterverkehr vom ganzen Kilimandscharogebiet zur Küste statt über die Tangastrecke zum Hafen Tanga über diese Verbindungslinie zur Kenyabahn dem Hafen Mombassa zuzuführen. Die Tangalinie arbeitete in nicht wenigen Jahren mit Verlust. Die Handelskammer in Daressalam empfahl, um die Verlustquelle zu mindern, wenn nicht gar ganz zu stopfen, daß diese Verbindungsbahn zwischen Voi und Kahe, die aus rein militärischen Gründen gebaut wurde, geschlossen würde und so der Verkehr zwangsläufig der Tangalinie und dem Hafen Tanga zugeleitet werde. Der Verfasser des in der Anmerkung schon genannten Gutachtens, Robert Gibb, befürwortet dagegen die Stilllegung der Tangalinie zwischen Buiko und Kahe, so daß der ganze Kilimandscharoverkehr zwangsläufig auf die Kenyalinie und zum Hafen Mombassa abfließen würde. Ein Interesse haben nach Gibb an einer solchen Regelung auch die Pflanzer im Kilimandscharogebiet, deren „Planters' Association“ den Hafen von Mombassa wegen seiner besseren Schiffsverbindungen bevorzuge und weil sie auf den Absatz ihrer Produkte in Kenya nicht verzichten könnten<sup>2</sup>. Gibb berechnet selbst, daß die Stilllegung der Tangalinie oberhalb von Bukoi bis Kahe und die zwangsweise Überleitung des Kilimandscharoverkehrs auf die Kenyalinie der Tangaeisenbahn 50% ihrer Einnahmen kosten würde. Zum Ausgleich schlägt er daher eine gewisse Poolung der zu erwartenden Mehreinnahmen der Kenyabahn mit der Tangabahn vor; ferner sollen die Hafengebühren und Verladekosten, die zur Zeit der Berichtsabfassung in Mombassa höher waren als im Hafen von Tanga, diesen angeglichen werden, nachdem die Frachtsätze der Tanga- und der Kenyabahn schon seit geraumer Zeit — zwecks Ausschaltung der Konkurrenz — gleich gemacht sind. Die Stilllegung der Strecke Buiko—Kahe glaubt Gibb mit guten Gründen empfehlen zu können, da eine Strecke von rund 100 Meilen von Buiko bis in die Nähe von Moschi durch unfruchtbares und dünn bevölkertes Land führt, bis wieder der Anschluß an Wirtschaftsgebiete mit dichter Bevölkerung gewonnen wird.

Wären diese Vorschläge von Gibb durchgeführt worden, so wäre die Tangalinie und der Hafen Tanga beschränkt worden auf den Verkehr mit den Sisalpflanzungen und Wäldern im Küstenland und in der Küstenzone. Der wertvolle Kaffeetransport vom Kilimandscharogebiet aber wäre ganz nach Kenya und Mombassa abgezweigt worden.

Die Mandatsverwaltung von Tanganyika lehnte diese Vorschläge ab und der englische Kolonialminister schloß sich ihrer Stellungnahme in einer Mitteilung vom 4. Dezember 1934 an<sup>3</sup>. Damit hat der Rechtsstandpunkt sich durchgesetzt. Es bedarf aber erhöhter Anstrengungen der Mandatsverwaltung, um die ihr anvertraute Tangaeisenbahn auch zu ihrer vollen Ausnutzung kommen zu lassen. Dazu gehört vor allem, daß die Kaffeepflanzer am Kilimandscharo, bei Moschi und Aruscha im Mandatsgebiet die nämlichen Erleichterungen und Einrichtungen für Kaffeereinigen, Kaffeefortieren, Kaffeeverkauf finden wie in Kenya. Die Errichtung einer „curing mill“ in Moschi mag nach Mance (p. 56) schon von selbst dazu führen, daß ein Teil des Kilimandscharokaffees nun über Tanga und nicht wie bisher über Mombassa auf den Weltmarkt gelangt.

Der Wettbewerb um Einfuhr und Ausfuhr zwischen den Häfen Mombassa und Tanga wird weit hinten im Hinterland ausgefochten. Mombassa, als wichtigster Hafen für Kenya und Uganda ist gegenüber dem kleineren Tanga im Vorsprung, da es einerseits gefördert wird durch die ganze Tarifpolitik der Kolonie und der Kenya und Uganda Railways, die bis zum Viktoriasee und zum Kili-

<sup>1</sup> Die Angaben nach Roger Gibb, Report on Railway Rates and Finance in Kenya, Uganda, and Tanganyika Territory. London 1933, p. 48.

<sup>2</sup> Report, p. 49.

<sup>3</sup> Osborne Mance, H.: Report on Co-Ordination of Transport in Kenya, Uganda and the Tanganyika Territory, Nairobi 1937, p. 56.

mandscharogebiet vorstößt, andererseits aber auch die besseren Handels- und Verarbeitungstechniken bietet, die im Mandatsgebiet vernachlässigt wurden.

Die englischen Handelskreise und auch die Verwaltungen bevorzugen ganz natürlicherweise ihre eigenen Kolonien vor dem Mandat. Die staatsrechtliche Zwischenstellung jedes Mandates führt dazu, daß sie sich auch in einer Wirtschafts- und Verkehrspolitik ohne Zug und Führung niederschlägt. Die tatsächliche Ausgliederung des Hafens von Daressalam aus dem großen aufsteigenden zentralafrikanischen Bergbaurevier und die propagierte Ausgliederung des Hafens von Tanga aus dem Verkehr mit dem reichen Kilimandscharogebiet sind die besten Beweise für das Gesagte.

Wäre Deutsch-Ostafrika deutsch geblieben, dann wäre Katanga nicht nur mit belgischem und englischem Kapital und englischen Ingenieuren sondern auch mit deutschem Kapital und deutschen Ingenieuren erschlossen und an den Weltmarkt angeschlossen worden; dann wären auch die technischen und organisatorischen Einrichtungen für die Kaffeepflanzer am Kilimandscharo in Deutsch-Ostafrika vorhanden, deren Fehlen heute einen Teil des am Kilimandscharo gebauten Kaffees in Kenyakafee verwandelt und über Nairobi und Mombassa auf den Weltmarkt bringt.

Der Hafen von Daressalam und der Hafen von Tanga zeigen die Verluste der Ausgliederungs- und Umgehungspolitik der britischen Verkehrsstrategen deutlich an.

### Kiautschau.

Wenn wir uns nun dem Fernen Osten zuwenden, so werden wir vom Anfang an festzustellen haben, daß Kiautschau, die flächenmäßig kleinste deutsche Besetzung an erster Stelle in unserem kolonialen Außenhandel stand, seit seine Handelsziffern überhaupt ausgewiesen werden. Folgende sehr interessante Statistik gibt über die Entwicklung des Handels (Einfuhr und Ausfuhr zusammen) der deutschen Schutzgebiete, zusammengefaßt nach Erdteilen, Aufschluß und beweist die geradezu überragende Bedeutung des Hafens von Tsingtau für die Stellung des deutschen Handels im Fernen Osten (s. nebenstehende Tabelle).

Diese aus dem Nichts geschaffene Marinestation wurde ein Zentralpunkt des ganzen Ostasienhandels. Nichts zeigt deutlicher die oben geschilderte Bohr- und Erschließungskraft eines modernen Hafens als die Verzehnfachung des Außenhandels vom Schutzgebiet Kiautschau innerhalb von zehn Jahren. Denn von Tsingtau aus wurde das Hinterland, die Provinz Schantung, wirtschaftlich angeregt und befruchtet,

wurde der Handel mit anderen chinesischen Handelsplätzen seewärts in größerem Umfange überhaupt erst ermöglicht; auch der japanische Handel zog großen Nutzen daraus — kurz: ein mit allen modernen Techniken ausgerüstetes Eingangs- und Ausgangstor vom und zum Weltmarkt in eine fruchtbare, mit unerschlossenen Bodenschätzen reich gesegnete chinesische Provinz stand vor allem aber auch deutscher Initiative, deutschen Kaufleuten, Industriellen, Ingenieuren offen.

Der Hafen von Tsingtau wurde Ausgangspunkt einer ganzen Reihe von deutschen Großunternehmungen und darin besteht seine Hauptbedeutung: er schuf der deutschen Wirtschaft ein zusätzliches Betätigungsfeld, zusätzliche Absatz- und Einkaufsmärkte, deutsche Kapitalien fanden lohnende Anlagen und die deutsche Schifffahrt fand einen beträchtlich erweiterten Aufgabenkreis.

Grundsätzlich geregelt wurden alle diese wirtschafts- und verkehrspolitischen Einzelheiten in Abteilung II und III des Pekingervertrages vom 6. März 1898<sup>2</sup>. Artikel 1, Abteilung II, sah den Bau von zwei Eisenbahnlinien vom Schutzgebiet westwärts bis zur Provinzgrenze von Schantung vor<sup>3</sup>; Artikel 2 regelt die Bildung einer deutsch-chinesischen Eisenbahngesellschaft und

<sup>1</sup> Das angegebene Jahr beginnt jeweils am 1. Oktober. Stat. Jb. Dtsch. Reich 1907, S. 365; 1912, S. 454; 1915, S. 463.

<sup>2</sup> Abgedruckt bei Ernst Wermann: Die Schantung-Frage, 1931, S. 83/4. Die Eisenbahn-Artikel des Pekingervertrages wurden durch den Notenaustausch zwischen der deutschen und chinesischen Regierung vom 31. Dezember 1913 neu geregelt und ergänzt; die Noten sind abgedruckt bei Wermann, S. 85/6. Siehe auch W. Schrameier: Kiautschou. Seine Entwicklung und Bedeutung 1915, S. 27—31.

<sup>3</sup> Gebaut waren 1902/03 263 km, 1903/04 402 km; 1904/05 war die Schantungsbahn mit rund 436 km ausgebaut. Befördert wurden:

	Personen	t Güter
1907	896 027	409 430
1913	1 317 438	946 610

	Gesamthandel (in 1000 Mk.) der Schutzgebiete			
	in Afrika	in der Südsee	Kiautschau <sup>1</sup>	zusammen
1900	50 908	7 923	—	58 831
1901	49 526	8 018	18 748	76 292
1902	55 366	9 656	34 554	99 576
1903	56 541	10 830	49 723	117 094
1904	61 494	9 719	64 853	136 066
1905	85 952	13 256	93 803	193 101
1906	139 040	14 022	116 599	269 661
1907	116 122	13 786	87 977	217 885
1908	121 990	16 317	116 385	254 692
1909	155 674	21 148	120 196	296 968
1910	202 043	27 640	129 936	359 619
1911	211 710	28 497	195 233	435 440
1912	232 226	31 333	200 894	464 453

Artikel 3 den Bahnbetrieb, während Artikel 4 die Bergwerkskonzessionen, 30 Li (= 15 km) auf jeder Bahnseite in die Breite, regelt. Abteilung III sichert deutschem Kapital, Industrie und Handel die unbedingte Bevorzugung bei Aufträgen und Arbeiten in der Provinz Schantung.

Diese für die deutsche Wirtschaft sehr günstigen Bestimmungen waren nur zu erzielen, weil das Schutzgebiet Kiautschau einen politischen Rückhalt und weil der modern ausgebaute Hafen von Tsingtau ein sehr geeignetes Sprungbrett für die wirtschaftliche Erschließung von Schantung abgab. Welch große Erfolge im Laufe von anderthalb Jahrzehnten hier erzielt wurden, zeigen die schon oben gegebenen Außenhandelsziffern des Schutzgebietes und zeigen die Ziffern über den Schiffsverkehr. Es liefen ein (ohne Dschunken):

	Zahl der Dampfer	NRT	deutsche Dampfer	NRT
1908/09	509	665 534	266	—
1909/10	568	806 759	—	—
1910/11	555	832 245	261	416 828
1912	785	1 209 154	256	514 066

Mit dem Hafen von Tsingtau war eine der wichtigsten Außenhandelsstationen Deutschlands in der Vorkriegszeit gewonnen worden.

An ihm, an seinen wirtschafts- und verkehrspolitischen Auswirkungen ersieht man am reinsten die große Rolle und Aufgabe kolonialer oder kolonialähnlicher Häfen: sie erzeugen zusätzlich Marktchancen, zusätzliche Nachfrage und zusätzlichen Absatz; sie stärken damit die ganze Volkswirtschaft des kolonisierenden Landes, in erster Linie seine Außenwirtschaft, seine in jenen Erdteilen schon arbeitenden Kaufleute, Unternehmer, Kapitalgesellschaften, Ingenieure; sie bringen der eigenen Schifffahrt zusätzliche Beschäftigungs- und Verlademöglichkeiten, neue Kurse und Linien ein. Vor allem aber schaffen sie der eigenen Flagge ein Stück souveränen Wirtschaftsboden, von dem aus die Umgebung, das Hinterland erschlossen werden kann.

# Die technische Entwicklung der deutschen Kolonialhäfen.

Von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. habil. **Edgar Schultze**, Dozent an der Technischen Hochschule Berlin, Geschäftsführer der Hafenbautechnischen Gesellschaft.

## A. Einleitung.

Bei der in den letzten Jahren sehr bereicherten Kolonialliteratur ist die ausführliche Behandlung technischer Fragen noch sehr im Rückstand geblieben, obwohl wir besondere Veranlassung haben, unsere eigenen Erfahrungen der Vorkriegszeit und diejenigen der Mandatsmächte zu sammeln, um eines Tages auch technisch soweit gerüstet zu sein, daß wir die dann vorliegenden Aufgaben ohne Verzögerung übernehmen können.

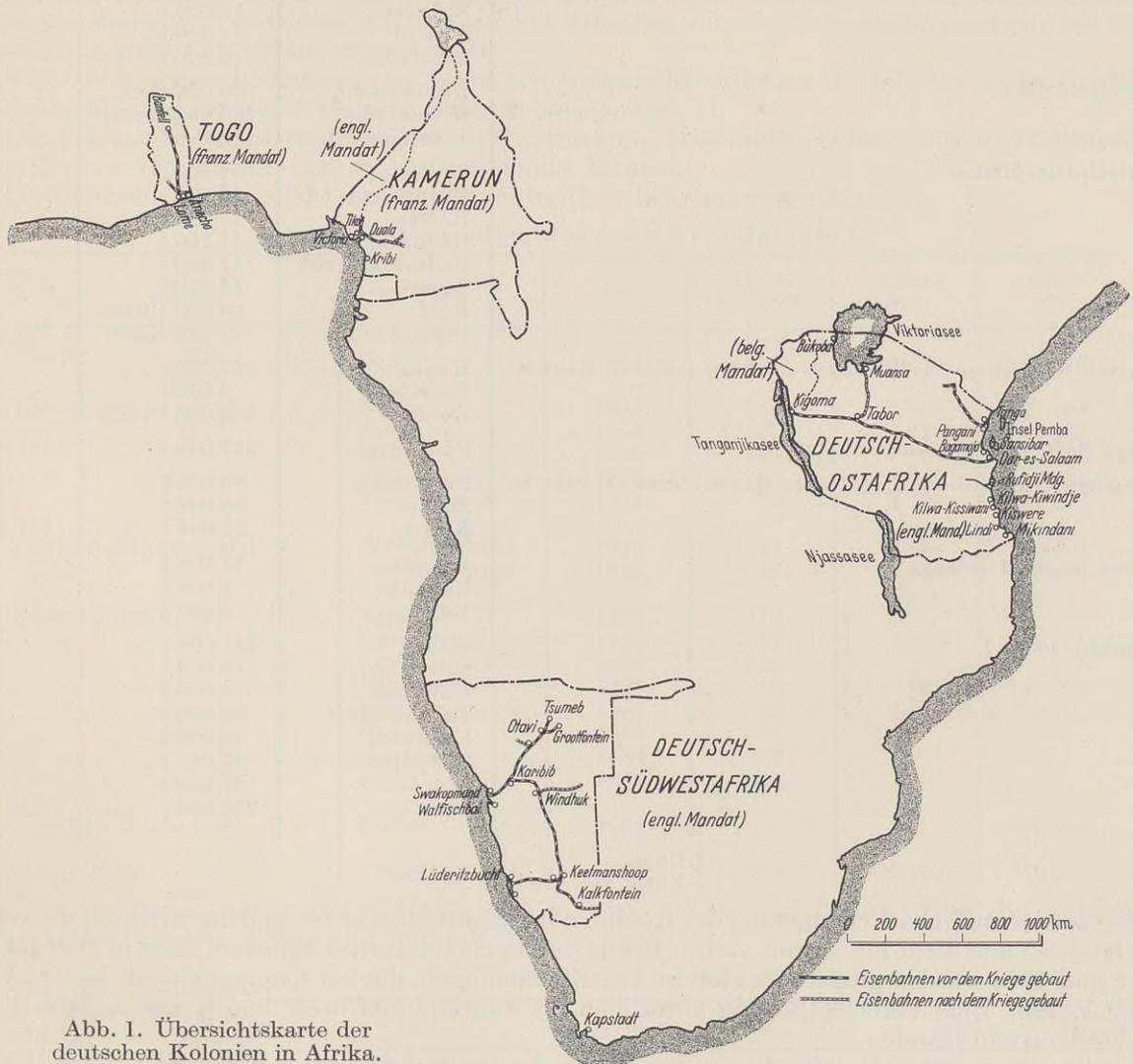


Abb. 1. Übersichtskarte der deutschen Kolonien in Afrika.

Gerade auf dem Gebiet des Hafenbaues ist dies vor allem wünschenswert, da die Schaffung ausreichender Landeplätze zu den ersten Dingen gehört, die vor der eigentlichen Erschließung einer Kolonie ausgeführt werden müssen. Erst dann verfügt man über die Vorbedingungen, um technisch in

das Innere vordringen zu können<sup>1</sup>. Da die gesamte Verbindung zum Mutterland bei überseeischen Besitzungen durch die Häfen läuft<sup>2</sup>, ist deren laufende Unterhaltung und Verbesserung mit der fortschreitenden Entwicklung des Gebiets eng verbunden.

Es ist daher zunächst eigentlich erstaunlich, daß über die Arbeiten Deutschlands an seinen Kolonialhäfen in der Vorkriegszeit so wenig Material veröffentlicht worden ist. Das liegt teilweise daran, daß bedauerlicherweise infolge der verständnislosen Haltung des Reichstages nur geringe

Tabelle 1. Ausfuhr der ehemaligen deutschen Kolonien im Jahre 1936.

Gebiet	Ware	Menge	Gesamt- ausfuhr t
Togo . . . . .	Palmkerne	20 000 t	60 000
	Kakao	17 000 t	
	Mais	8 000 t	
	Kopra	6 000 t	
	Palmöl	3 000 t	
	Sonstiges	6 000 t	
Kamerun . . . . .	Bananen	67 000 t	207 000
	Palmkerne	46 000 t	
	Holz	35 000 t	
	Kakao	30 000 t	
	Erdnüsse	12 000 t	
	Palmöl	11 000 t	
	Sonstiges	6 000 t	
Südwest-Afrika . . . . .	Karakulfelle	800 000 Stck.	
	Diamanten	180 000 Karat	
	Sonstiges	22 000 t	
Deutsch-Ost-Afrika . . . . .	Sisalhanf	82 000 t	185 000
	Erdnüsse	23 000 t	
	Kaffee	12 000 t	
	Baumwollsaat	11 000 t	
	Baumwolle, roh	11 000 t	
	Sonstiges	46 000 t	
	Gold	86 000 Unzen	
	Diamanten	2 700 Karat	
Deutsch-Neu-Guinea u. Bismarek-Archipel (austral. Mandat)	Kopra	67 000 t	70 000
	Sonstiges	3 000 t	
	Gold	300 000 Unzen	
Nauru (brit. austral. neus. Mandat) . . . . .	Phosphate	537 000 t	537 000
Karolinen, Marshallinseln, Marianen (japan. Mandat) 1934/35	Phosphate	70 000 t	127 000
	Zucker	45 000 t	
	Kopra	12 000 t	
Samoa (neus. Mandat) . . . . .	Kopra	13 000 t	19 000
	Bananen	5 000 t	
	Kakao	1 000 t	
Tsingtau 1934 . . . . .	Kohle	830 000 t	1 726 000
	Salz	220 000 t	
	Erdnüsse	220 000 t	
	Tabakblätter	80 000 t	
	Erdnußöl	50 000 t	
	Weizenkleie	43 000 t	
	Früchte	25 000 t	
	Sonstiges	258 000 t	

1 Unze = 31,1 g  
1 Karat = 0,2051 g

Mittel zur technischen Erschließung der Kolonien bereitgestellt wurden und die Arbeiten deswegen nur langsam und nicht immer mit vollem Erfolg durchgeführt werden konnten. Erst in den Jahren 1912 und 1913 wurden größere Bauten in Angriff genommen, die bei Kriegsausbruch nahezu vollendet waren. Eine Veröffentlichung unterblieb, da während und nach dem Kriege andere Dinge im Vordergrund standen.

Außer vereinzelten Veröffentlichungen in den Fachzeitschriften findet sich das Material über

<sup>1</sup> Über die Verkehrsverhältnisse in den deutschen Kolonien s. Verkehrstechnische Woche 32 (1938) Heft 24/25 S. 262ff, Heft 26 S. 309, Heft 47 S. 577. Technik und Kultur 29 (1938) S. 17ff.

<sup>2</sup> Bohlen, L.: Verbindungen zwischen Heimat und Kolonien (Schiffsverkehr mit den Kolonien). Verkehrstechn. Woche 32 (1938) S. 405.

den Ausbau der deutschen Kolonialhäfen heute verstreut in den Bauakten des Reichskolonialamtes, die im Reichsarchiv in Potsdam untergebracht sind, sowie in den Mitteilungen des seit den achtziger Jahren erschienenen amtlichen „Deutschen Kolonialblattes“. Für die Nachkriegszeit stehen die jährlichen Berichte der einzelnen Mandatsverwaltungen an den Völkerbund zur Verfügung, die je nach den herausgebenden Nationen mehr oder minder ausführlich auch über Hafengebauten berichten<sup>3</sup>.

Bei der Verteilung der Mandate interessiert in diesem Zusammenhang besonders das Schicksal der Häfen. Von der Kolonie Togo kamen die Küste mit Lome und sowie der überwiegende Teil des Hinterlandes unter französisches, der Rest des Hinterlandes unter englisches Mandat (Abb. 1). Der größte Teil von Kamerun mit den Häfen Duala und Kribi wird ebenfalls von Frankreich, der nördliche Küstenstreifen mit den Häfen Victoria, Tiko und Rio del Rey wird von England verwaltet. Deutsch-Südwest ist dem britischen Südafrika angegliedert. Es verfügte früher über die beiden Häfen Swakopmund und Lüderitzbucht. Von Deutsch-Ostafrika liegt das Gesamtgebiet mit Ausnahme des kleinen belgisch verwalteten Bezirks Ruanda und Urundi in englischen Händen. Die Haupthäfen sind Tanga und Daressalam. In Australien (Abb. 39 und 40) kamen Kaiser-Wilhelm-Land (Deutsch-Neu-Guinea) mit Friedrich-Wilhelm-Hafen, Eitape und Salamaua sowie das Bismarck-Archipel und die Inseln südlich des Äquators mit den Häfen Rabaul auf Neu-Pommern, Kieta auf Bougainville, Käwieng auf Neu-Mecklenburg sowie Peterhafen (Witu-Inseln) unter australisches, die Insel Nauru (Marshall-Inseln) unter britisch-australisch-neuseeländisches, Samoa mit dem Hafen Apia unter neuseeländisches und die Inseln nördlich des Äquators (Karolinen, Marshallinseln, Marianen) mit den Haupthäfen auf Saipan, Jaluit und auf den Palauinseln unter japanisches Mandat. Das Gebiet Kiautschau mit Tsingtau wurde China zurückgegeben und steht als einziges nicht unter Mandats Herrschaft.

Von der heutigen Bedeutung der deutschen Kolonialhäfen geben die folgenden abgerundeten Ausfuhrzahlen der einzelnen Gebiete einen Anhalt (s. Tab. 1).

Die Einfuhr besteht hauptsächlich aus Textilwaren, Maschinen, Lebensmitteln, Treibstoffen, Ölen, Lederwaren, Tabak, und in Australien auch Kohlen.

Über einzelne Häfen sind folgende Verkehrsziffern bekannt geworden:

Tabelle 2. Umschlag einzelner Kolonialhäfen.

Gebiet	Hafen	Jahr	Anzahl der Schiffe	Einfuhr in t	Ausfuhr in t
Togo . . . . .	Lome	1934	315	16 670	35 016
Kamerun . . . . .	Duala	1934	268	25 136	121 095
	Suellaba	1934	87	4 218	3 850
	Kribi	1934	155	59 794	83 522
	Victoria	1934	110	3 347	4 684
	Tiko	1934	77	2 703	24 871
Deutsch-Südwest-Afrika . .	Waldfischbucht	1932	125	33 651	60 751
	Lüderitzbucht	1932	76	6 438	5 210
Deutsch-Ost-Afrika . . . . .	Tanga	1934	415	155 064 (im Jahre 1928)	168 000
	Daressalam	1934	547		
	Lindi	1934	106		
	Mikindani	1934	49		
	Kilwa-Kissiwani	1934	29		
	Pangani	1934	63		
	Bagamoyo	1934	2		
Mafia	1934	24			
Marshall-Inseln . . . . .	Nauru	1934	—	—	420 000
Kiautschau . . . . .	Tsingtau	1934	2052	869 202	1 555 072

Über die übrigen australischen Häfen sind Angaben schwer zu erhalten. Über die Bedeutung dieser Häfen vor dem Kriege gibt folgende Tabelle Auskunft:

Tabelle 3. Verkehr in der Südsee 1908.

<sup>3</sup> Der Hafentechnischen Gesellschaft wurden freundlicherweise folgende Abbildungsunterlagen zur Verfügung gestellt: Von Herrn Geheimrat Fischer, Berlin die Abb. 3, 7, 27, 35, von der Firma Grün und Bilfinger Abb. 4, 5, 8, 10,

Insel	Hafen	Anzahl der Schiffe	BRT	durchschn. Rgt./Schiff
Neu-Pommern . . . . .	Rabaul	224	157 642	700
Neu-Pommern . . . . .	Herbertshöhe	245	242 853	990
Neu-Mecklenburg . . . . .	Käwieng	31	10 236	330
Neu-Mecklenburg . . . . .	Namatanai	27	6 417	240
Samoa . . . . .	Apia	114	—	—

Abgesehen von Tsingtau, das eine besondere Rolle spielt, sind sämtliche Häfen nach ihrem Umschlag gemessen für europäische Verhältnisse klein. Die Anlagen beschränken sich daher auf wenige Kais. In den meisten herrscht nicht unmittelbarer Umschlag zwischen Seeschiff und Kai, sondern wegen unzureichender Tiefe vor den Ufermauern oder Landungsbrücken Leichterverkehr. Die Gezeitenverhältnisse sind an den einzelnen Küsten sehr verschieden.

Tabelle 4. Mittlerer Spring-Tidenhub einzelner Häfen.

Küste	Kolonie	Hafen	Tidenhub in m
Westafrika	Togo	Lome	1,5
	Kamerun	Rio del Rey	2,1
		Victoria	2,0
		Duala	2,4
	Deutsch-Südwest-Afrika	Swakopmund	1,5
	Lüderitzbucht	1,7	
Ostafrika	Deutsch-Ost-Afrika	Tanga	3,7
		Pangani	4,5
		Daressalam	3,3
		Kilwa—Kissiwani	3,7
		Lindi	3,4
		Mikindani	3,7
Australien	Kaiser-Wilhelm-Land	Friedr.-Wilh.-Hafen	1,1
	Neu-Pommern	Rabaul	0,8
	Neu-Mecklenburg	Käwieng	1,0
	Bougainville	Kieta	1,3
	Karolinen	Ponape	1,3
	„	Jap (Tomilhafen)	1,4
	Marshall-Inseln	Jaluit	1,8
	Marianen	Saipan	0,8
Samoa	Apia	1,2	
Ostasien	Kiautschau	Tsingtau	3,8

Eingrößerer Tidenhub tritt also nur in Deutsch-Ost-Afrika und Tsingtau auf. Geschlossene Häfen sind jedoch nirgends angelegt worden.

Die Ansprüche, die heute an Häfen mit unmittelbarem Umschlag auf Seeschiffe gestellt werden müssen, belaufen sich in Afrika auf 6,7 bis 8,0 m Tiefgang. Die größten deutschen Dampfer sind heute die Windhuk und Pretoria mit 16 662 RBT (167 × 22,1 × 9,6 m), die nur im Schnelldienst fahren.

Die kombinierten Fahrgast- und Frachtdampfer der Afrika-Linien haben 8000 bis

9000 BRT (Usambara, Watussi usw.), die reinen Frachtdampfer 3000 bis 5000 BRT (Togo, Kamerun usw.), die Küstendampfer 600 und 1400 BRT (Askari, Rufidji). Der Aufenthalt der Fahrgastdampfer beträgt in allen Häfen ein, höchstens zwei Tage. Das Ladegeschirr der Dampfer kann bis zu 5 t, mit Schwerlastbäumen bis zu 40 t umschlagen.

## B. Westafrikanische Küste.

### 1. Allgemeines.

Die westafrikanische Küste<sup>4</sup>, an der die ehemaligen deutschen Kolonien Togo, Kamerun und Deutsch-Südwest-Afrika liegen, weist einen sehr einheitlichen Verlauf auf. Bei Togo herrscht eine von West nach Ost (Guineastrom), an den beiden andern Küsten eine von Süden nach Norden (Benguelastrom) gerichtete Küstenströmung von geringer Geschwindigkeit. Die Küste selbst ist einförmig, weist keine einschneidenden Meeresarme auf und wird kaum durch Flußmündungen unterbrochen. Nur wenige Punkte sind durch Riffe geschützt. Der Strand ist flach und besteht durchgehend aus Sand, der leicht beweglich ist. Die Höhenlage des Strandes wechselt infolgedessen im Brandungsgebiet bis zu 2 m innerhalb weniger Tage. Die Tiefenlinien verlaufen regelmäßig und parallel zur Küste. Der Festlandsockel endet 25—30 km vor der Küste. Dort beginnen die großen Tiefen. Häufig trifft man Lagunenbildungen, die ebenfalls sehr starken Veränderungen unterworfen sind und besonders in den Häfen Lagos und Abidja zu Schwierigkeiten geführt haben. Die Küstenumbildungen zeigen sich besonders auffällig in der regelmäßigen Entstehung von Lagunen an Vorsprüngen, die entweder zu einer Verdunstung des abgeschlossenen Wassers und zur Bildung von Salzpflanzen oder bei Zuflüssen aus dem Binnenlande zu Durchbrüchen und Neubildungen der Lagune führt. Die Sandbarren mindern an vielen Orten den Abfluß der Binnenflüsse in die See. Teilweise können die Ströme nur während der Regenzeit und bei Gezeiten-NW abfließen.

24, 25, 30, 31, 32, 33, von dem Deutschen Afrika-Linien, Hamburg Abb. 13, 36, 37, von der Reederei Laeisz, Hamburg Abb. 16, 17 und von der Westafrikanischen Pflanzungsgesellschaft Victoria, Berlin Abb. 19, 20.

<sup>4</sup> Hubert, Henry: Mission scientifique en Dahomey, Paris 1908. — Beneyton, A.: Hydrologie et hydrographie d'estuaire de L'Ouémé, La Géographie, 44 (1925) S. 457 Paris. — Kitson, A. E.: The Gold-Coast. Geograph. Journ., London 48 (1916) S. 369.

Die Winde wehen vorherrschend aus Südwesten, und zwar das ganze Jahr hindurch ziemlich gleichmäßig. Sie sind nicht besonders stark. Stürme gehören zu den Seltenheiten. Wenn trotzdem eine außergewöhnlich starke Brandung vorhanden ist, so liegt das daran, daß durch die Winde im Atlantischen Ozean in ziemlicher Entfernung eine Dünung erzeugt wird, die dauernd an die südwestafrikanische Küste herangetragen wird. Die starke Brandung erschwert ein unmittelbares Leichtern der Schiffe, da sie sich bis über 200 m vom Strande erstreckt und selbst die eigens hierfür gebauten Brandungsboote der Eingeborenen häufig zum Kentern bringt. Die Brandung verläuft sehr gleichmäßig. Die Außenbrecher sind besonders hoch. Es wurde bei einer Wassertiefe unter 3 m bereits eine hoch auflaufende Dünung, bei einer Tiefe unter 8 m eine Grundsee mit stark nach Land versetzender Kraft festgestellt.

Die gesamte Küste befindet sich trotz der fortgesetzten Änderung der Höhenlage des Strandes im Beharrungszustand, was aus dem gradlinigen Verlauf derselben, der gleichmäßig mit etwa 2—3% abfallenden Böschung und den gleichmäßigen Brandungswellen hervorgeht. Dieses Gleichgewicht kann aber sehr leicht durch Molen und andere Kunstbauten an der Küste gestört werden. So hat die Landungsbrücke in Lome trotz ihrer schmalen Pfahlstützen ein Hinausschieben der Tiefenlinien bewirkt.

Die Küste ist also für den Bau von Häfen denkbar ungeeignet. Der flache Strand und die 2—6 m hohe Brandung erschweren ein Herankommen großer und kleiner Schiffe, die 0,5—3 km vom Strand vor Anker gehen müssen. Die Küstenströmung und die Brandung arbeiten dauernd an dem beweglichen Strand und bringen für die Hafenanlagen eine starke Gefahr der Versandung, da die ganze Küste sich im Aufbau befindet und das Land gegen das Meer vorschreitet. Der Mangel an Buchten und Flußmündungen vermindert die Zahl der Stellen, die von der Natur begünstigt sind. Vor dem Kriege geschah daher der Umschlag nicht nur an Stellen mit ausgebauten Landungsanlagen, sondern unmittelbar längs der ganzen Küste an solchen Punkten, wo die Faktoreien eigene Schuppen errichtet hatten. Die Dampfer nahmen auf der Hinreise in Monrovia Kru-Neger an Bord, die mit ihren Kenterbooten den Umschlag besorgten. Auf der Hinreise wurde längs der Küste nur gelöscht, auf der Rückreise nur geladen.

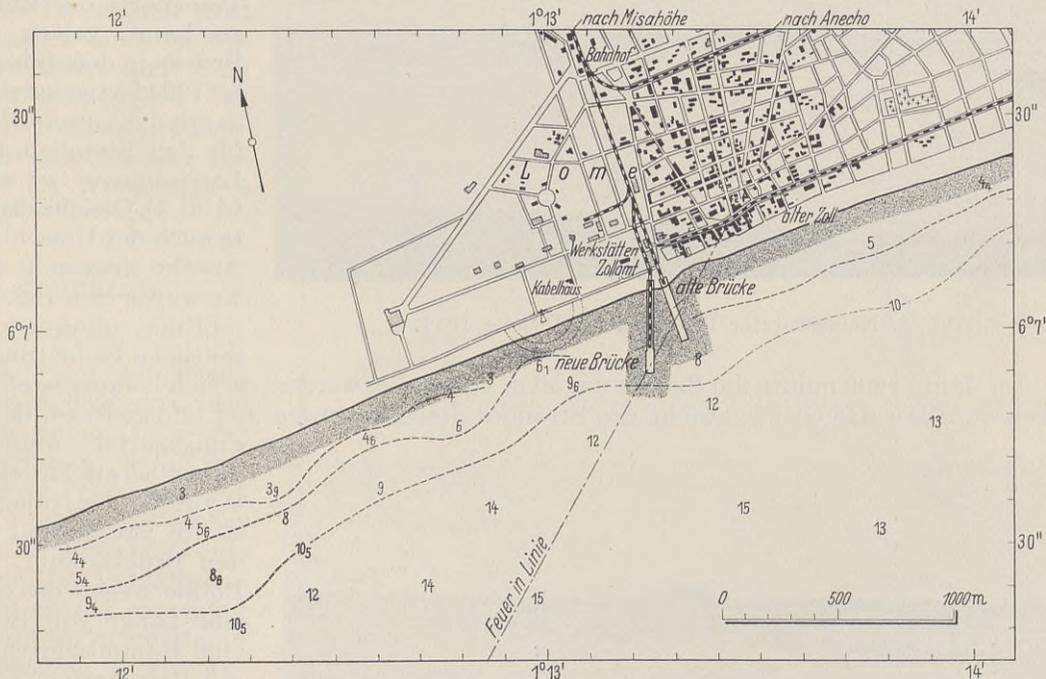


Abb. 2. Lageplan von Lome 1937.

## 2. Togo.

Togo wurde 1885 deutsches Schutzgebiet. Im Jahre 1897 wurde der Regierungssitz nach Lome gelegt und mit den Vorbereitungen für eine Anlegestelle begonnen. Die Dampfer liegen auch heute noch 600—1200 m vor der Küste in 12—14 m Wassertiefe. Die gefährliche Verladung von Gütern mit Hilfe von Brandungsbooten vorwiegend bei Lome und Anecho, bei der ein großer Prozentsatz der Waren die Küste nicht erreichte, ließ die Notwendigkeit einer Landungsanlage<sup>5</sup> bereits kurz

<sup>5</sup> Preis, K.: Die Landungsbrücke in Lome, ZdVDI. 1904, S. 1803. — Engels, H.: Handb. d. Wasser-

darauf als dringend erscheinen (Abb. 2). Bei der Gestalt der Küste und den Brandungsverhältnissen kam zunächst nur eine Landungsbrücke in Frage, deren Länge dadurch bestimmt war, daß sie durch den Brechergürtel hindurch in ruhiges Wasser führen mußte. Es war von vornherein



Abb. 3. Ansicht der Brücke in Lome.

nicht beabsichtigt, die Dampfer unmittelbar an dieser Brücke anlegen zu lassen, sondern man wollte lediglich den Leichterverkehr zu einem sicheren Umschlagsmittel machen und die Leichterfahrzeuge, die bisher 3—5 t betrug, vergrößern. Die Länge der Brücke wurde daher auf 304 m festgelegt. Die Wassertiefe am Kopf betrug 3 m. Sie erhielt zwei Gleise und am Ende ein drittes Gleis zum Rangieren unter den Hebezeugen. Um den Wellenwiderstand der Pfeiler möglichst gering zu halten, verzichtete man, wie dies auch in den benachbarten Orten geschehen und heute noch üblich ist, auf massive Pfeiler. Bei dem leicht beweglichen Sand ist die Gefahr großer Auskolkungen schwer zu vermeiden. Von der ortsüblichen Verwendung von Schraubpfählen wurde abgesehen, da der Entwurf der MAN schräg

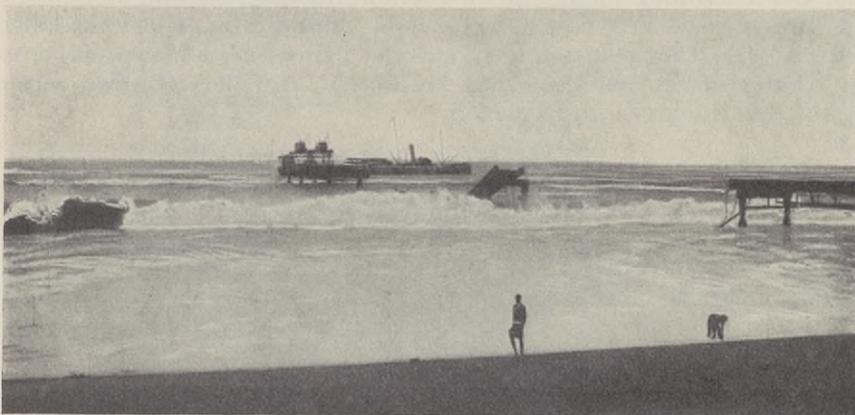


Abb. 4. Eingestürzter Teil der alten Brücke 1911.

unter 3,5:1 gestellte Ramppfähle vorsah, die die Horizontalkräfte wirksamer als bei den früheren Ausführungen aufnehmen sollten. Die Brücke wurde mit Hilfe eines Gerüsts aus Stahl hergestellt, das über die bereits fertigen Öffnungen vorkragte und am Ende eine Ramme trug. Trotz der Schwierigkeiten des gefährlichen Transports der Einzelteile an Land, gelang es, die Brücke in den Jahren 1901 bis 1904 fertigzustellen und damit die Voraussetzungen für den Eisenbahnbau ins Landesinnere zu schaffen (Abb. 3). Gleichzeitig konnte auch der Umschlag über Anecho eingestellt werden. Er wurde erst 1922 wieder eröffnet, ohne jedoch wesentliche Bedeutung zu erlangen. Im Jahre 1909 mußte die Brücke um 50 m verlängert werden, da sich herausgestellt hatte, daß durch den Bau das Gleichgewicht des Strandes gestört worden und infolgedessen der Brandungsgürtel weiter



Abb. 5. Wiederherstellung der alten Brücke 1912.

seewärts herausgerückt war. Während der früher hergestellte Brückenteil bis auf den Brückenkopf, wo die Pfeile wegen des Schluffs eine Länge von 19 m und eine Rammtiefe von 10 m erhalten hatten, nur 5 m im Boden stand, wurde der Verlängerung eine Rammtiefe von 14—16 m gegeben. Durch den starken Sandschliff wurden nach einigen Jahren die äußeren Schutz-

teile der Stahlpfähle zerstört. Darauf wurden die Joche durch eine Betonverkleidung und durch

baues Bd. 2 (1923) S. 1503, Leipzig. — Godard in Das Schiff 30 (1909), S. 330 u. 405, Berlin. — Koppel, Arthur Vorarbeiten für einen Pier in Lome, Berlin 1900. — Mandatsberichte über Togo ab 1921 jährlich. Full, A.: Fünfzig Jahre Togo. S. 191. Berlin 1935.

Steinschüttungen geschützt, boten dadurch aber den Wellen mehr Widerstand. Bei dem Bau der Brücke war, wie sich später herausgestellt hat, die Rammtiefe im älteren Teil der Brücke zu gering gewählt worden, um der Kolkwirkung der Brandung, die bis zu 3,70 m betrug, auf die Dauer Widerstand zu leisten, so daß dort Senkungen der Pfähle eintraten. Außerdem lag die Unterkante der Konstruktion mit 4,60 m über MThw zu tief. Bei einer starken Dünung im Jahre 1911, wo das Wasser statt auf + 5,70 m auf + 13 m stieg, wurden sieben Joche des Mittelteils der Brücke (175 m) hochgehoben, weggetragen und damit die Landeanlage für längere Zeit unbrauchbar gemacht (Abb. 4). Kurz vor dem Kriege, im Jahre 1912, wurde ein neuer Mittelteil mit kurzen Jochabständen fertiggestellt (Abb. 5).

Während der englischen Besatzungszeit, die bis zum Jahre 1921 dauerte, wurde das Bauwerk sich selbst überlassen, so daß im Jahre 1921 umfangreiche Ausbesserungsarbeiten vorgenommen werden mußten. Die gesamte Brücke wurde entrostet, die Träger und Abdeckungen ausgewechselt, die Zahl der Joche unter den Hauptbalken um fünf vermehrt und die Krane repariert. Es wurde untersucht, ob die landseitigen Pfeiler der Brücke ausgewechselt und ein erhöhter Schutz gegen Hochwasserwellen durch Gitterstützen erzielt werden könnte. Die Verstärkung des Brückenfußes wurde jedoch später nicht ausgeführt, da sich herausstellte, daß ein Neubau der gesamten Landungsbrücke die beste Lösung darstellte. Mit dem Bau der neuen Brücke, die im Gegensatz zur bisherigen auf Schraubpfählen gegründet worden ist, wurde im Jahre 1925 begonnen. Im Jahre 1928 konnte die Brücke in Betrieb genommen werden. Wegen der Küstenströmung wird nur an der Ostseite entladen. Es werden jetzt beim Löschen eines Dampfers etwa 500 t und beim Laden 700 t täglich bei günstiger Witterung umgeschlagen. Löschen und Laden sind bis Windstärke 5 möglich.

### 3. Kamerun.

#### a) Duala.

Duala<sup>6</sup>, mit der Reede von Suellaba, liegt etwa 20 m hoch am linken Ufer des Kamerunflusses, 30 km von der offenen See entfernt (Abb. 6). Es bildet daher als Hafen in Westafrika eine Ausnahme. Die Verhältnisse sind wohl an der gesamten Küste dort für einen Hafen am günstigsten. Infolgedessen ist der Ausbau von Duala bereits vor dem Kriege tatkräftig in Angriff genommen worden. Frankreich als Mandatsmacht hat nach dem Kriege den Hafen zu dem besten an der ganzen Küste gemacht. Nach 1892 entstanden in Duala einige private Landungsbrücken der Faktoreien, eine 60 m lange Regierungsbrücke auf Schraubpfählen (Abb. 7), die am Kopf über 6 m Wassertiefe aufwies, sowie ein 200 m langer Kai mit befestigten Böschungen, ein Dock (Abb. 8) für 1200 t-Schiffe (62 × 13 m mit 4 m Tiefgang) sowie ein Bohlwerk aus Stahl von 650 m

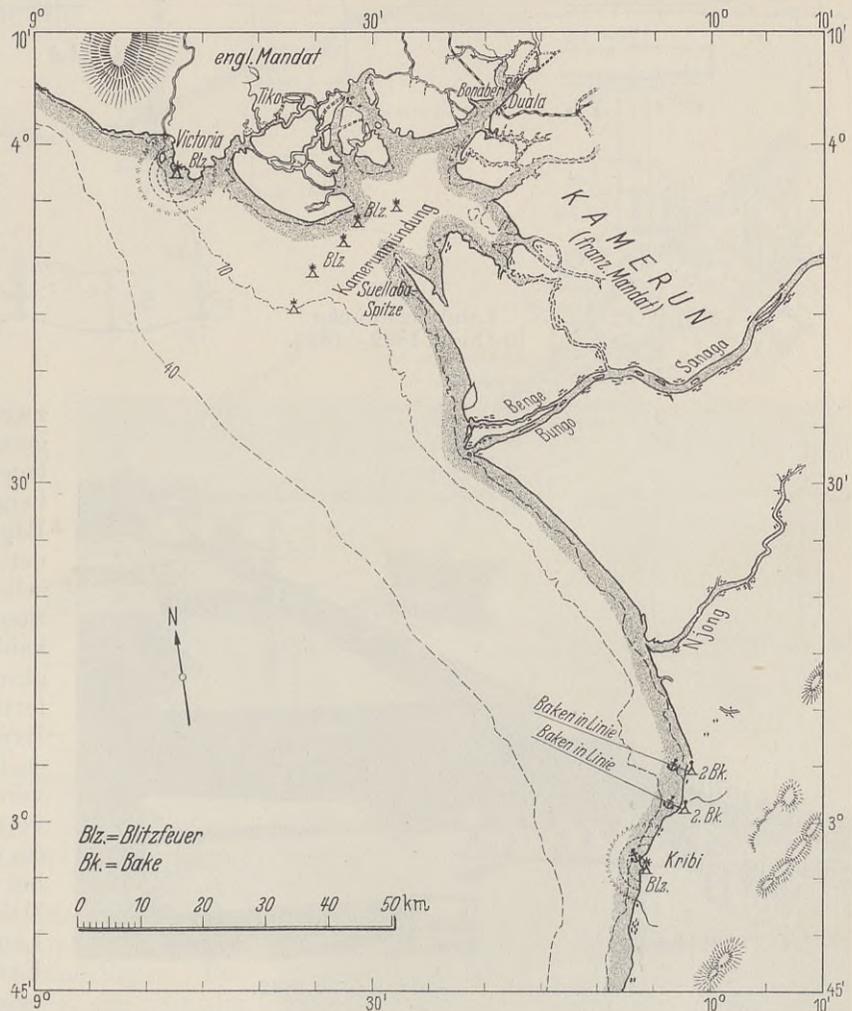


Abb. 6. Kamerun-Bucht 1937.

<sup>6</sup> Böhmler: Jb. hafenbautechn. Ges. 3 (1920) S. 189. — Deichmann: Bautechn. 1 (1923) S. 203. — Rapport annuel du gouvernement français sur l'administration sous mandats des territoires du Cameroun ab 1922 jährlich.

Länge für Leichter. 1912 entstand eine Landungsbrücke für Seeschiffe von 35 m Länge aus Stahlpfählen. Der Hafen war für die regelmäßig an der dortigen Küste verkehrenden Schiffe bis auf zwei

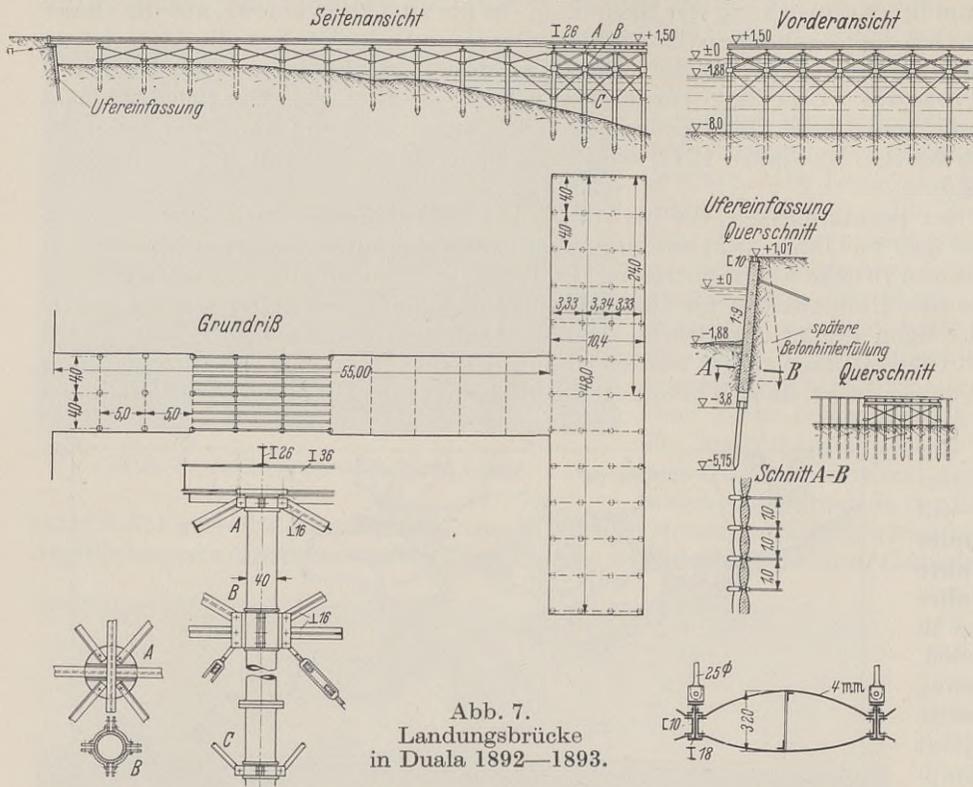


Abb. 7. Landungsbrücke in Duala 1892—1893.

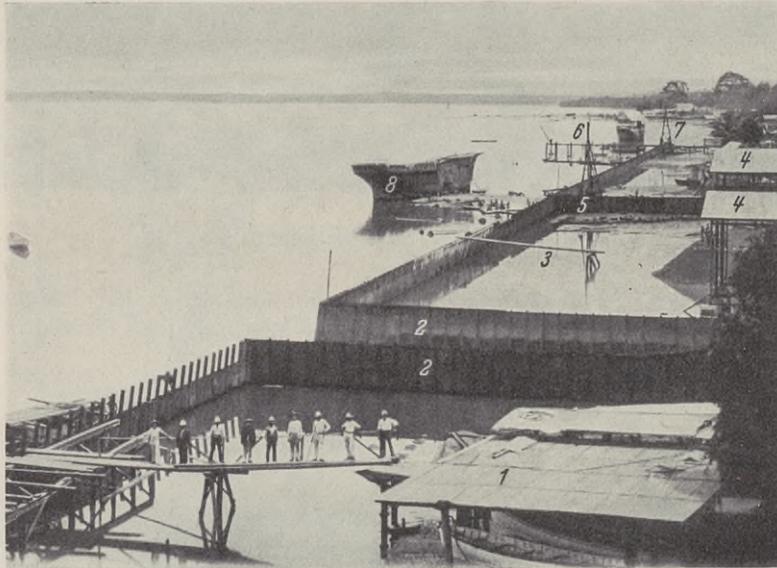


Abb. 8. Duala, Gesamtansicht 1892.

1 Altes Bootshaus, 2 Slipwände, 3 Laufbrücke, 4 Reparaturwerkstatt, 5 Uferwand, hinter der ein Kriek in den Fluß mündet, 6 u. 7 Dampfrahmen, 8 Schiffswrack.

Barren, von denen sich die eine etwa 2—3 km und die andere etwas weiter unterhalb der Stadt befanden, zugänglich (Abb. 9). Die Außenbarre war leicht passierbar, weil sie bei einer Wassertiefe von 4—6 m aus weichem Schlick bestand. Das unmittelbare Anlegen der Dampfer in Duala erforderte daher zunächst die Durchbaggerung der sandigen, 3 bis 5 m unter Wasser liegenden Innenbarre. Man entschloß sich im Jahre 1912 zu einem

Fahrwasser-Querschnitt von  $30 \times 7,5$  m. Das Baggergut sollte zur Auffüllung des knappen Hafengeländes benutzt werden. Gleichzeitig mit den Baggerarbeiten sollten

zwei Leichterfermauern von insgesamt 200 m Länge am Tonnenlagerplatz und am Beesekebach hergestellt werden (Abb. 10). Die Baggerarbeiten waren 1914 beendet, so daß damals der erste deutsche Dampfer unmittelbar an die Stadt herankommen konnte. Die beiden Ufermauern waren bei Beginn des Krieges ebenfalls nahezu fertiggestellt. Gleichzeitig mit den Bauarbeiten wurden Bodenuntersuchungen und Proberammungen von Holz- und Eisenbetonpfählen vorgenommen, um die Vorarbeiten für den endgültigen Hafenausbau, bei dem ein Seeschiffkai mit bei MW 8 m Wassertiefe von 450 m Länge geplant war, zu erledigen. Es war damals die Errichtung einer besonderen Woermann-Landungsbrücke, eines Schuppens, eines Kanuhafens und eine Verlegung der Eingeborenenstadt vorgese-

hen. An Ausrüstung erhielt der Hafen Portalkrane für Stückgut, während der Umschlag des Massenguts auf die Wagen durch das Schiffsladegeschirr erfolgte, ein Schwimmdock und einen Slip.

Unter der französischen Verwaltung wurde der deutsche Entwurf für die Verbesserung des Hafens von Duala fast ohne Änderung durchgeführt. Man begann im Jahre 1925 mit der Wiederherstellung der alten Regierungsbrücke und baute einen Zollschuppen. Die Verbesserungsvorschläge erstreckten sich außer auf den bereits geschilderten Kai entwurf auf die Schaffung eines zentralen Hafenbahnhofs mit genügenden Schuppen. Zwischen dem Hauptbahnhof, der An-

legebrücke und den verschiedenen Faktoreien und Lagerhäusern längs des Flusses sollte ein Bahnnetz geschaffen werden. Der Platz, der für die Anlage des Haupthafenbahnhofes gewählt wurde, liegt sehr günstig für die Schaffung eines großen Handelsgeländes, das zum Flusse die bereits erwähnte Front von 450 m hat. In den Jahren 1926—1931 wurde die Fahrrinne neu ausgebaggert, und zwar die auf 5 m Wassertiefe wieder aufgefüllte Sandbank auf 6 m und die Schlammbarre auf 4,50 m unter KN, so daß die Barre zur Zeit von zwei Stunden vor

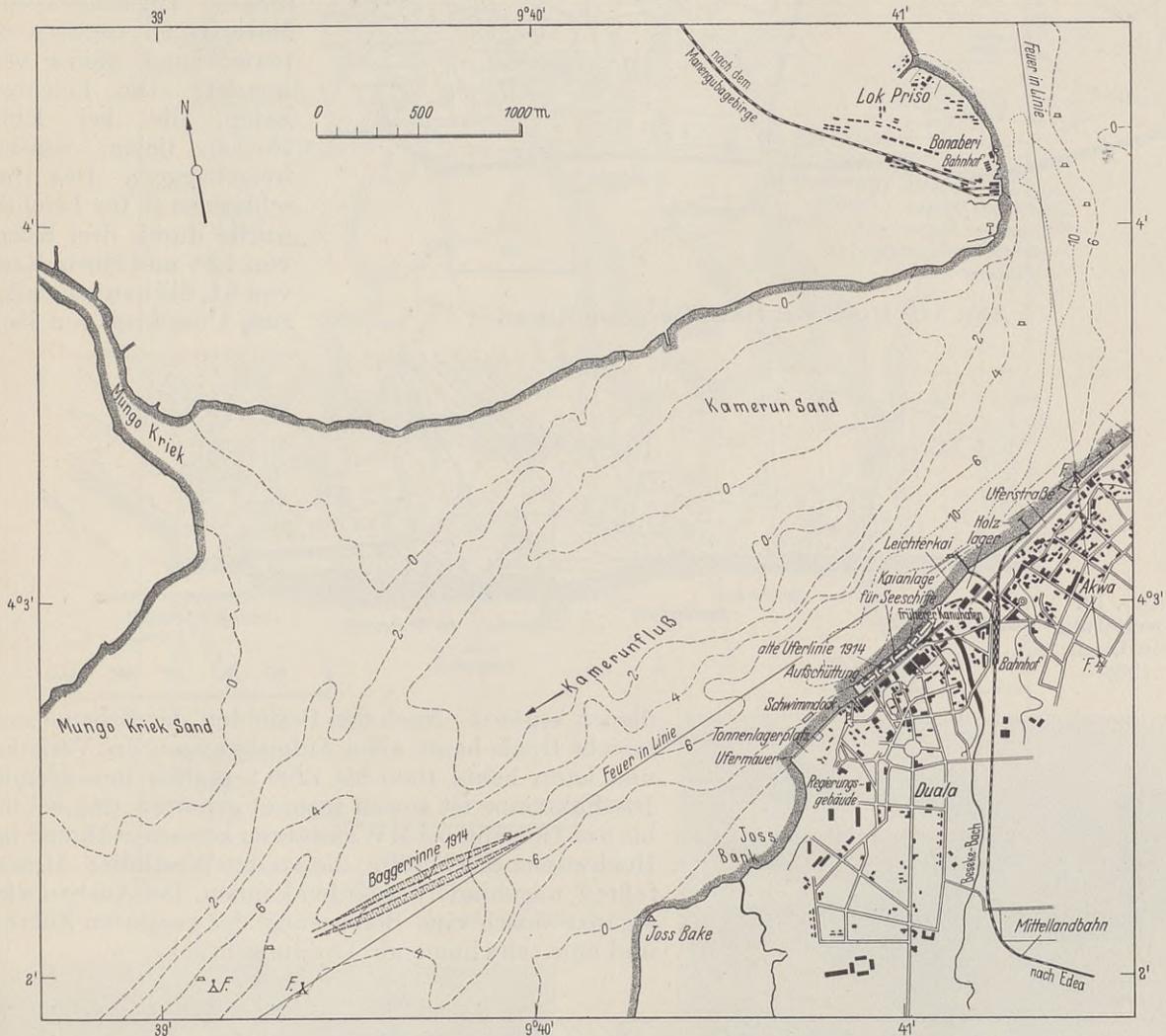


Abb. 9. Lageplan der Innenbarre und des Flußufers bei Duala 1937.

HW bis zwei Stunden nach HW passierbar ist. Ferner wurden 550 m Seeschiffkaje mit Tiefen von 6—9,50 m gebaut, die für die gleichzeitige Abfertigung von drei Dampfern ausreichen (Abb. 11). Jedoch sollen Dampfer mit über 6,50 m Tiefgang bei NW auf Grund liegen. Dazu kamen rd. 190 m Leichterkaie, die mit der andern Kaje durch eine schmale Brücke von 30 m Länge verbunden ist. Das Gelände hinter den Kajen wurde künstlich aufgehöhht (Abb. 12). Die frühere Beesekebachmauer liegt jetzt in der Auffüllung. Die von Deutschland benutzte Bauweise mit I-Trägern wurde wegen ihrer guten Bewährung für die Einfassung des Handelsgeländes wieder verwendet. Die Warenhäuser auf dem Anschlußgelände sind als Fachwerkschuppen mit Metalldecken errichtet und sollen eine Stapelung von 5—6000 t Waren gestatten. Zur Verbindung der Handelshäuser wurde eine 1500 m lange Seeuferstraße in Beton gebaut, die



Abb. 10. Bau der Ufermauern am Beesekebach 1913.

Zur Verbindung der Handelshäuser wurde eine 1500 m lange Seeuferstraße in Beton gebaut, die

ebenfalls Bahnanschluß hat (Abb. 13). Jedoch geschieht der Umschlag meist in Lastkraftwagen mit dem Schiffsgeschirr, die die Waren zu den nicht am Kai gelegenen Schuppen bringen. 1937

wurden vier neue Schuppen gebaut. Bei der Ausbaggerung der Fahrinne wurde das von den Deutschen zurückgelassene Material an Geräten repariert und wieder verwendet. Die Leichterkajen, die bei Ebbe trocken fielen, wurden freigebaggert. Das Umschlagsgerät für Leichter wurde durch drei Kräne von 12 t und einem Kran von 9 t, die hauptsächlich zum Umschlag von Holz

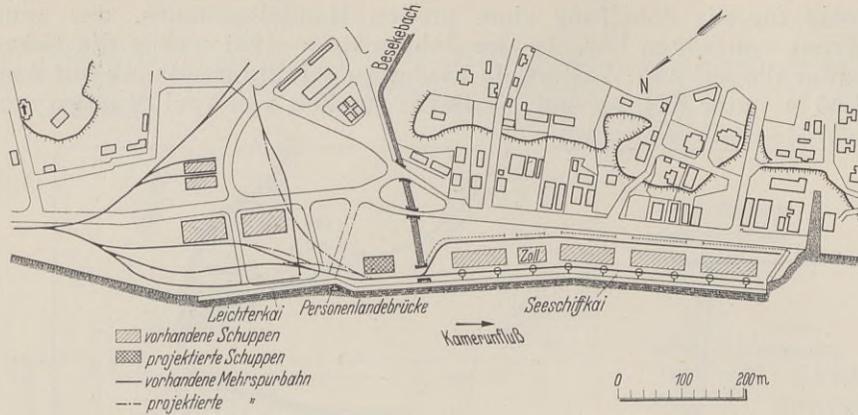


Abb. 11. Hafen von Duala nach dem Kriege.



Abb. 12. Erweiterung von Duala 1936.



dienen, ergänzt. Nach den Berichten der Erbauer entspricht Duala heute allen Anforderungen des Verkehrs und kann heute 1000 bis 1200 t täglich umschlagen. Die Fahrinne ist soweit instand gehalten, daß Schiffe bis 6 m Tiefgang bei MW einfahren können, während bei Hochwasser alle Schiffe, die an der Westküste Afrikas fahren, ungehindert anlaufen können. Der Ausbau wird ergänzt durch eine Befeuernng der gesamten Zufahrt und eine schwimmende Landungsbrücke.

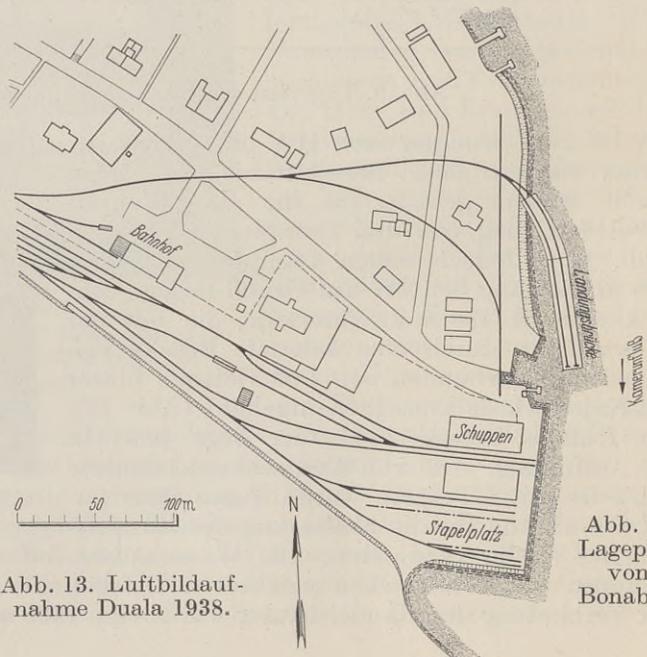


Abb. 13. Luftbildaufnahme Duala 1938.

Abb. 14. Lageplan von Bonaberi.

**b) Bonaberi.**

Gegenüber von Duala liegt der Ort Bonaberi (Abb. 9), dessen Bedeutung darin liegt, daß er die Endstation der Maneguba-Bahn ist. Hier wurde im Jahre 1934 eine 74 m lange hölzerne Landungsbrücke von 15 m Breite gebaut, an der Schiffe bis 6,50 m Tiefgang anlegen können. Die Brücke hat

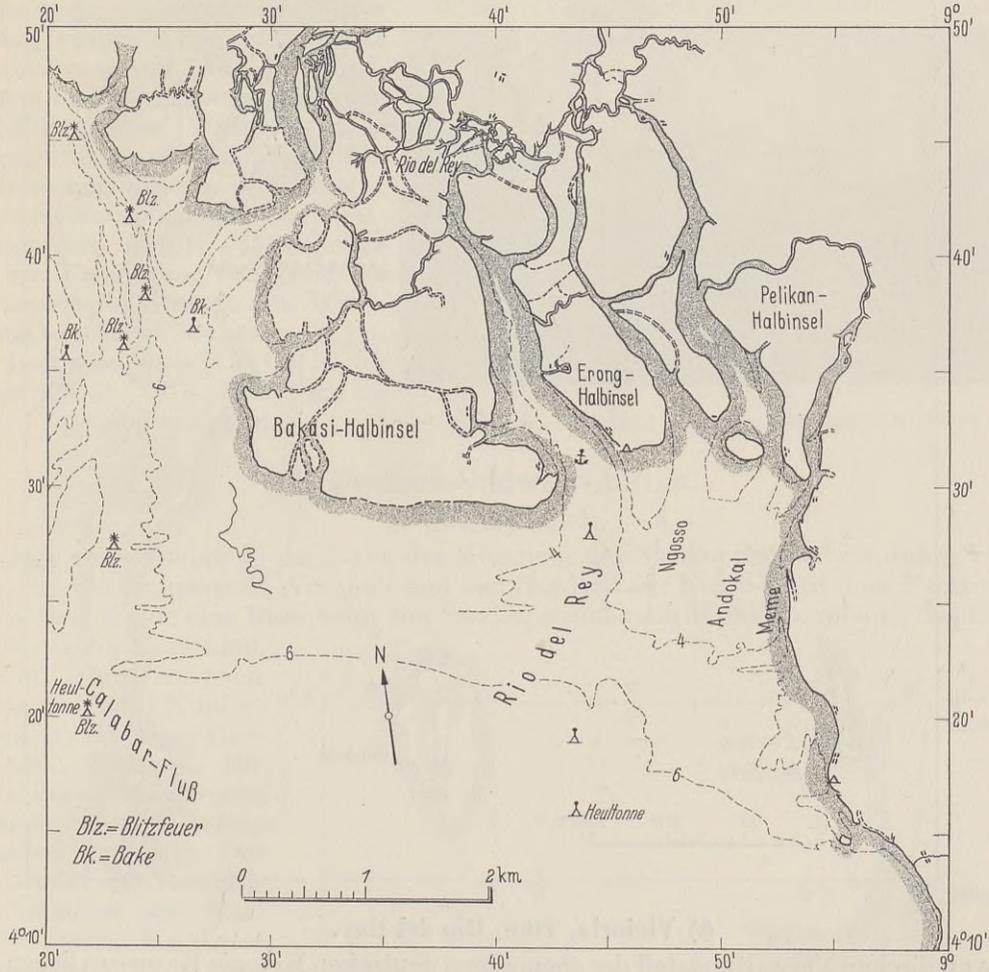


Abb. 15. Rio del Rey 1937.

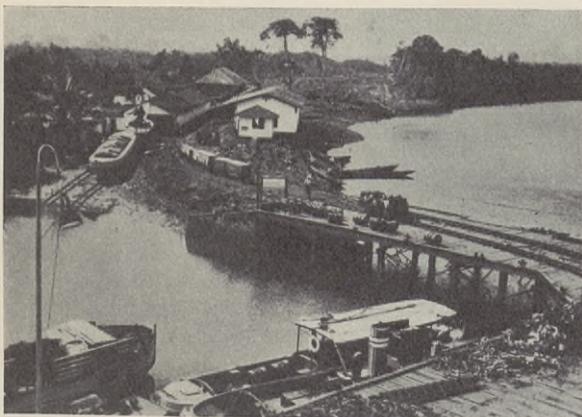


Abb. 16. Landungsbrücke in Tiko.

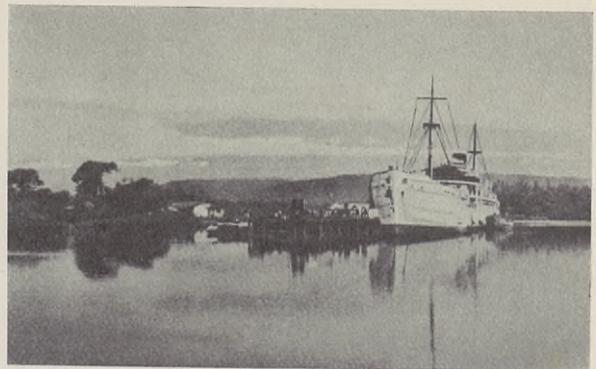


Abb. 17. Deutscher Bananendampfer in Tiko.

Bahnanschluß und ist vorwiegend für den Bananentransport eingerichtet (Abb. 14). Umgeschlagen wird mit dem Schiffsgeschirr.

**c) Kribi.**

Außer dem Hafen von Bonaberi haben die Franzosen im Hafen von Kribi (Abb. 6) südlich von Duala einige Verbesserungen durchgeführt. Es handelt sich im wesentlichen um Reparaturen der

Stahlteile, die unter dem Klima gelitten haben. Geankert wird auf der Reede. Der Umschlag erfolgt durch Brandungsboote über die Barre im Fluß. Die Leistungen betragen 150—200 t pro Tag.

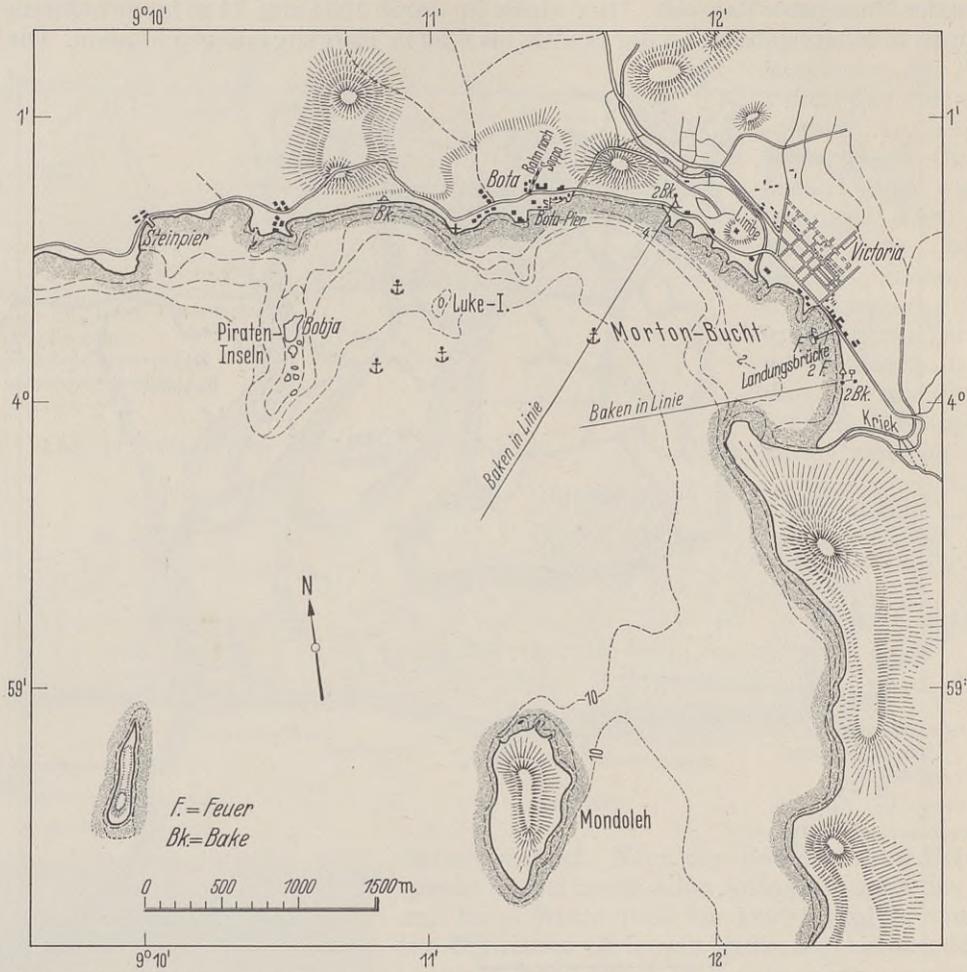


Abb. 18.  
Victoria  
1937.

d) Victoria, Tiko, Rio del Rey.

In dem englischen Verwaltungsteil der ehemaligen deutschen Kolonie Kamerun liegen die Häfen Victoria, Tiko und Rio del Rey<sup>7</sup>. Der letztere ist ein guter natürlicher Hafen, aber seit der deutschen Zeit selten von Ozeandampfern besucht worden (Abb. 15). Tiko liegt an der Mündung des Mungoflusses und war ursprünglich als Hafen für die Schiffe der Afrika-Fruchtkompanie gebaut worden (Abb. 6). Es besaß eine Landungsbrücke mit 6 m Wassertiefe bei NW, die auch während des Krieges gut instand gehalten worden war. Die Brücke wurde im Jahre 1925 abgebrochen und nach Victoria transportiert. Dafür wurde in Tiko 1926 eine neue Landungsbrücke gebaut (Abb.



Abb. 19. Ansicht der Landungsanlagen in Victoria.

16). Durch den 1924 erfolgten Rückkauf der im englischen Mandatsgebiet gelegenen deutschen Besitzungen ist die Bananenausfuhr deutscher Pflanzler von Tiko aus sehr stark. Die Reederei Laeisz läßt eine Flotte von sieben Schiffen mit wöchentlichem Dienst nach Tiko fahren (Abb. 17). Der Um-

16). Durch den 1924 erfolgten Rückkauf der im englischen Mandatsgebiet gelegenen deutschen Besitzungen ist die Bananenausfuhr deutscher Pflanzler von Tiko aus sehr stark. Die Reederei Laeisz läßt eine Flotte von sieben Schiffen mit wöchentlichem Dienst nach Tiko fahren (Abb. 17). Der Um-

<sup>7</sup> Britische Mandatsberichte über Kamerun ab 1921.

schlag ist für den verhältnismäßig kleinen Hafen mit 55 000 t Ausfuhr im Jahre 1936 immerhin erheblich und verspricht eine weitere Steigerung.

In Victoria (Abb. 18) wurde im Jahre 1905 eine Landungsbrücke auf Schraubpfählen von 180 m Länge und mit 1,60 m Tiefe bei Tnw gebaut. In den letzten Jahren hat die Westafrikanische Pflanzungsgesellschaft aus eigenen Mitteln einen größeren Landungspier in Blockbauweise errichtet (Abb. 19 u. 20). Der Pier dient dem Bananentransport der deutschen Pflanzungen. Daneben wurde eine Reparaturanlage für Boote geschaffen. Der Hafen liegt in einem alten Krater nahe am tiefen Wasser, ist aber den Westwinden ausgesetzt. Es wird auf der Reede in etwa 1 Sm Entfernung von Land bei 8—9 m Wassertiefe geankert. Bis Windstärke 5 aus westlicher Richtung ist Löschen und Laden möglich. Die Größe der Leichter beträgt 50—80 t. Es werden bis zu 400 t pro Tag umgeschlagen.

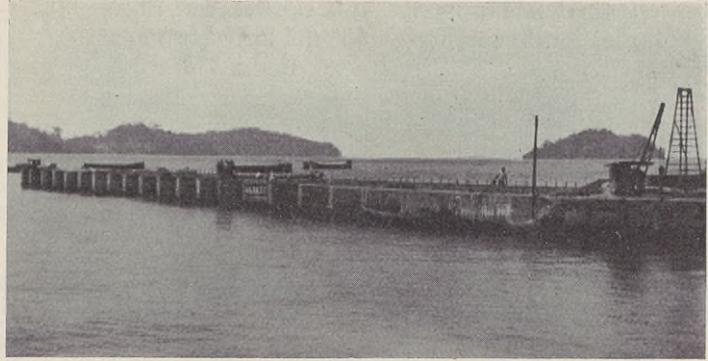


Abb. 20. Blick auf die neue Landungsbrücke in Victoria.

#### 4. Deutsch-Südwest-Afrika.

##### a) Swakopmund.

Die Anlage eines Hafens in der Nähe der Mündung des Swakopflusses<sup>8</sup> im Jahre 1892 wurde notwendig, um die Hauptstadt Windhuk und den Nordteil der Kolonie mit dem Meere zu verbinden. 1897—1902 wurde eine Eisenbahn von Swakopmund nach Windhuk gebaut, die das Binnenhochland der Kolonie erschloß. Dazu kam im Jahre 1903 nach Entdeckung der Otavi-Kupfervorkommen der Bau einer Grubenbahn nach Tsumeb. Die natürlichen Verhältnisse waren für die Anlage eines Hafens ganz besonders ungünstig. Der gegebene Ort für die Erschließung des Gebietes war Walfischbucht. Jedoch lag dieser Hafen bereits seit 1878 in einer britischen Enklave und kam deswegen für den Handel des deutschen Schutzgebietes nicht in Betracht. Die Bedeutung von Walfischbucht, das Swakopmund gegenüber den Vor-

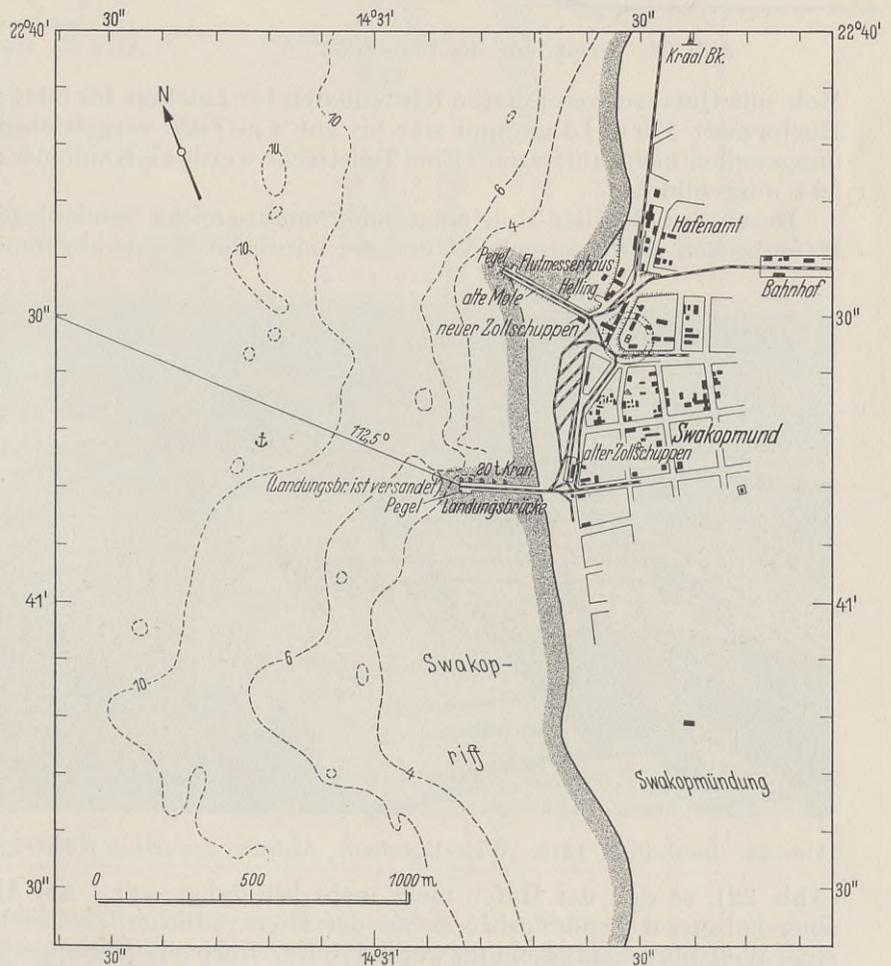


Abb. 21. Reede von Swakopmund.

<sup>8</sup> Zbl. Bauverw. 1900, S. 2. — Ortloff: Z. Bauw. 54 (1904), S. 346, 670. — Schwabe: Deutsch. Bauztg. 39 (1905) S. 63; — Zbl. Bauverw. 25 (1905) S. 545; — Das Schiff 30 (1909) S. 406. — Engels: Marine-Rdsch. 18 (1907), Oktober, Marine-Rdsch. 19 (1908) Juni, Dezember, Marine-Rdsch. 20 (1909) S. 322; — Horn: Ann. Hydr. 37 (1909) S. 508. — Connemann: Ann. Hydr. 38 (1910) S. 304, 691. — Engels: Handb. d. Wasserbaues Leipzig 1923 Bd. 2 S. 1506. — Obst: Grundzüge einer Geographie der südafrikanischen Seehäfen, Hannover 1935. — Wellmann: Rdsch. dtshr. Techn. 18 (1938) Nr. 3 S. 3. — Obst: Die südafrikanischen Seehäfen, Jb. hafengeb. techn. Ges. 16 (1937) S. 67.

teil einer vorgelagerten Halbinsel und damit einer besseren Ableitung der Sandwanderung vom Hafen besitzt, war vor dem Kriege gering, da das nötige Hinterland fehlte.

Gezwungenermaßen mußte das Reich daran gehen, in Swakopmund eine Landungsgelegenheit zu schaffen (Abb. 21). Im Gegensatz zu den Orten Lome und Duala herrschen in Swakopmund häufiger stürmische Winde und dichte Nebel. Anfangs erfolgte der Umschlag mit Brandungsbooten, die jedoch den Transport von schwereren Einzelteilen nicht zuließen und sehr viel Zeit brauchten. Im Südhafen wurde bereits zu Beginn des Jahrhunderts eine hölzerne Landebrücke erbaut, über die der Leichterverkehr lief. Trotz der guten Erfahrungen, die man an der westafrikanischen Küste mit Landungsbrücken gemacht hat, ging man in den Jahren 1899—1902 daran, einen durch eine

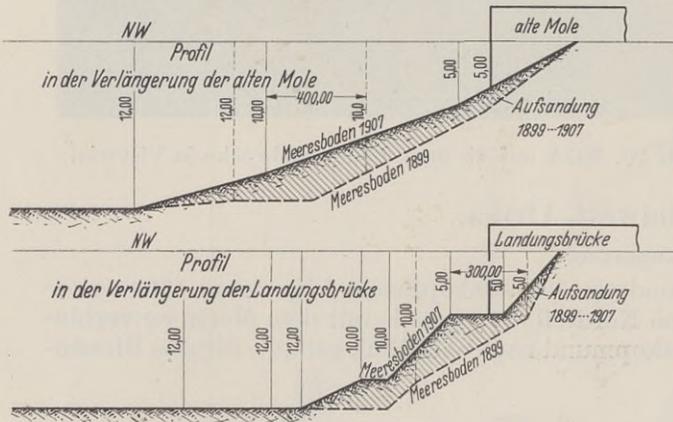


Abb. 22. Versandung der Bauwerke.

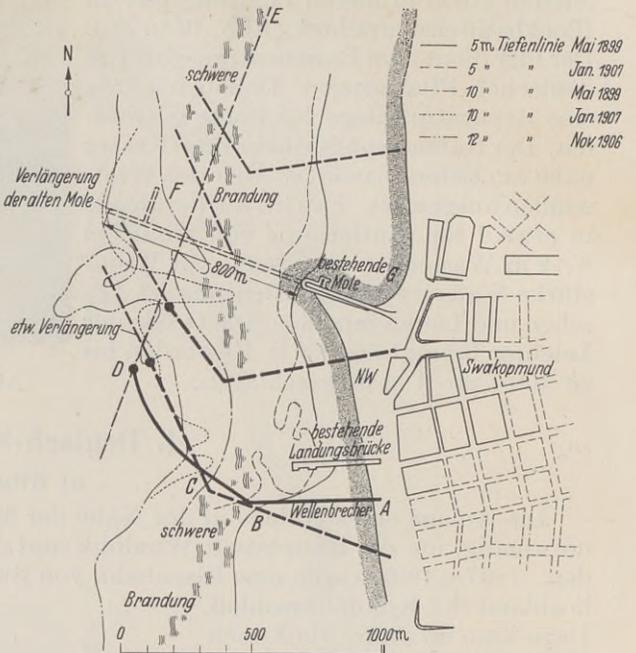


Abb. 23. Hafentwürfe und Versandung 1907.

Mole mit Querarm geschützten Küstenhafen für Leichter bis 500 t zu erbauen. Die Mole hatte bei Hochwasser 370 m Länge und war bis zur 4 m-Tiefe vorgetrieben worden, weil dort keine Brandungswellen mehr auftraten. Eine Teilstrecke wurde als Kaimauer zum Anlegen von fünf Leichtern 30 t ausgebildet.

Durch den Bau der Mole entstanden umfangreiche Sandanlagerungen an ihrer Südseite. Das Hafenbecken wurde ausgekolkt und der nördliche Strand abgebrochen. Man errichtete daher ein

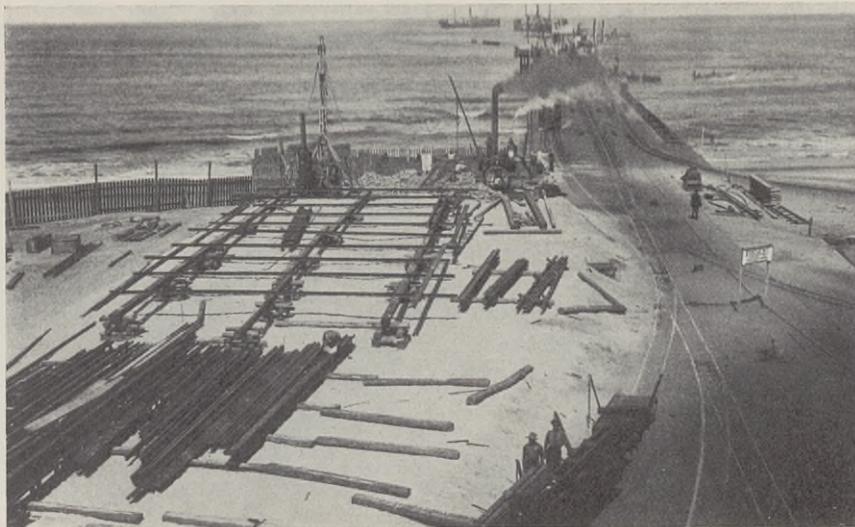


Abb. 24. Baubeginn 1912. Widerlagerbau. Abladen der ersten Rüstträger.

Parallelwerk aus Zementfässern mit Steinfüllung als Ufersicherung. Gleichzeitig wurden parallel zur Mole eine bis 15 m breite Aufschleppe gebaut, die unter Wasser mit Schüt beton bzw. als Stampfbeton in Holzkästen hergestellt wurde. Die Hafenanlage wurde ergänzt durch einen Zollschuppen und einen Leuchtturm.

Bereits zu Beginn des Jahres 1904 wurde nach einem Abfließen des sonst Jahre hindurch trocken liegenden Swakopflusses infolge einer Regenperiode eine starke Versandung der Bauwerke festgestellt

(Abb. 22), so daß der Hafen nicht mehr benutzbar war. Als Abhilfe sah man die Errichtung einer hölzernen Landungsbrücke an der alten südlichen Ladestelle vor, die durch Anschüttung eines Wellenbrechers geschützt werden sollte. Auch eine Verlängerung des Querarmes der Mole und eine Sprengung der Riffe wurde vorgeschlagen. Wegen der Notwendigkeit, Truppen zu landen

wurde die Ausführung im Jahre 1904 Pionieren übertragen, die unter erheblichen Schwierigkeiten, die das Arbeiten in der Brandung mit sich brachte, eine hölzerne Pfahlbrücke errichteten. Das Bauwerk bot eine Anlegemöglichkeit für 7—10t-Boote. Bereits im Jahre 1909 war die Brücke vom Bohrwurm angefressen. Die Mole war unterdes völlig versandet, so daß man eine neue, endgültige Lösung der Hafenfrage lebhaft erwog, zumal da der Umschlag auf 170 000 t gestiegen war.

Für den Ausbau des Hafens wurden Vorschläge von verschiedenen Seiten erörtert (Abb. 23). Es wurde erkannt, daß sämtliche Bauwerke innerhalb des Brandungsbereiches zwangsmäßig versanden. Unter den verschiedenen Vorschlägen befand sich u. a. die Schaffung eines brandungsfreien Gebietes durch Wellenbrecher (Abb. 23 ABD) und der Bau zweier Molen,



Abb. 25. Bau der Landungsbrücke 1911—1914.

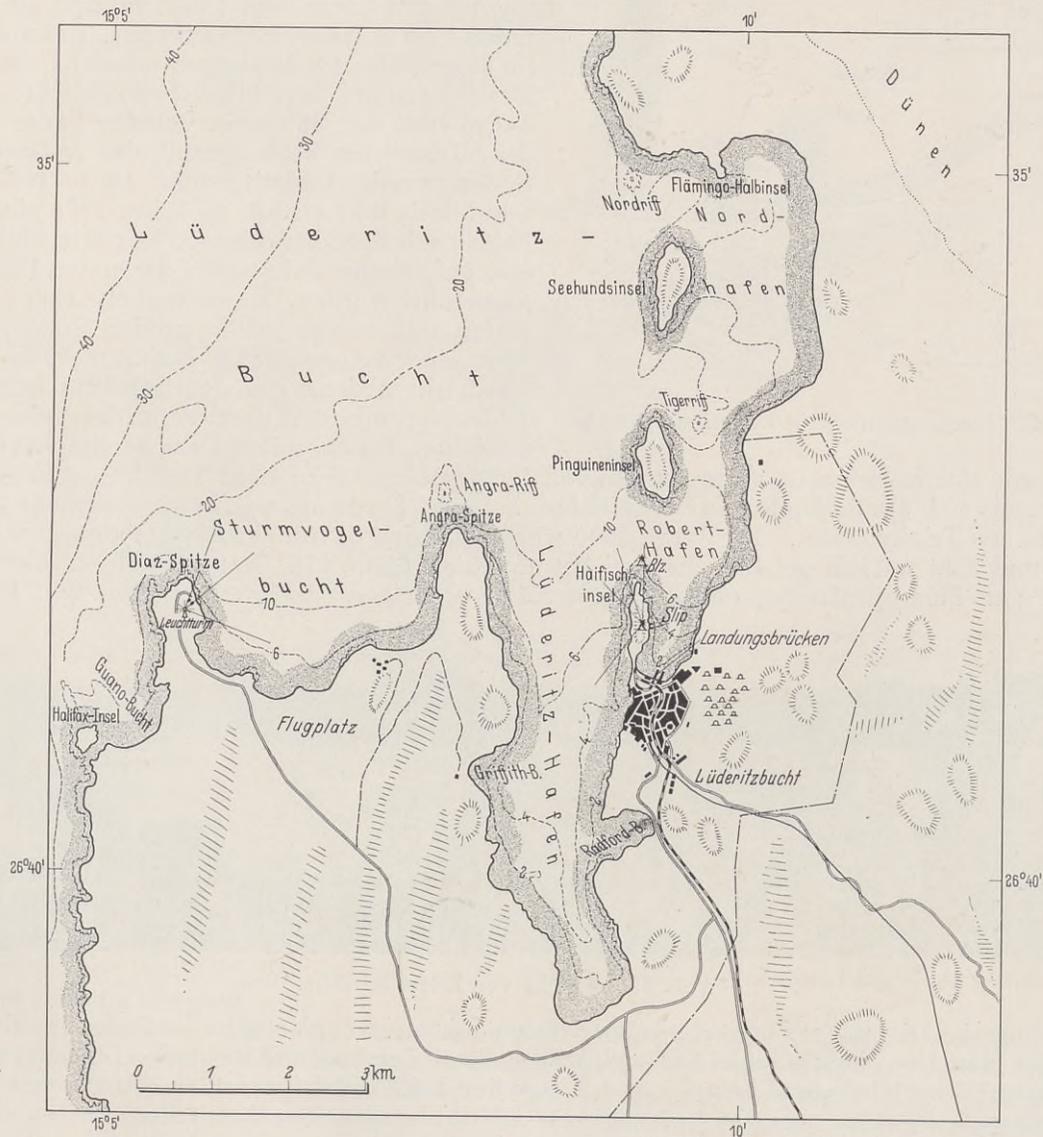


Abb. 26. Hafen von Lüderitzbucht.

die sich dem Verlauf der Küstenströmung mehr anpassen sollten. Die Entwürfe waren jedoch durch ein erneutes Abkommen des Swakopflusses bedroht, denn sie lagen sämtlich zu sehr im Wirkungsbereich seiner Mündung. Die Versuche, den bestehenden Hafen freizubaggern, mußten aufgegeben werden. Zur Ausführung gelangte schließlich im Jahre 1911 eine 640 m lange Landungs-

brücke aus Stahl, von der bei Kriegsausbruch 240 m fertiggestellt waren (Abb. 24 u. 25). Der Bau wurde dann unterbrochen und nicht wieder aufgenommen.

Nach dem Kriege hatte infolge der Mandatsübernahme durch England der Hafen Swakopmund seine Daseinsberechtigung verloren. Das bedeutend günstiger gelegene Walfischbucht verfügte nunmehr über das erforderliche Hinterland und konnte sich ungehindert entwickeln. Durch den Bau einer 38 km langen Bahn wurde Swakopmund mit Walfischbucht verbunden und damit der Anschluß an die Nordbahn nach Windhuk hergestellt.

Der Hafen Walfischbucht<sup>9</sup> wurde 1923—1926 ausgebaut, während Swakopmund sich selbst überlassen blieb. Heute geht der gesamte Umschlag ausschließlich über Walfischbucht, während Swakopmund als Badeort benutzt wird.

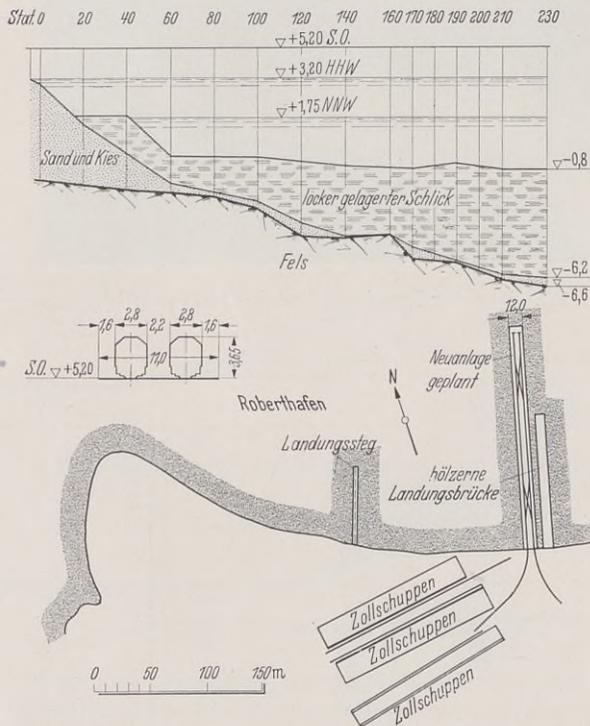


Abb. 27. Landungsanlage in Lüderitzbucht 1906.

tärbehörde eine hölzerne Landungsbrücke von 170 m Länge bis zu einer Tiefe von 3,20 m geführt worden, die sich am Südenende des Roberthafens befand. Sie diente dem Leichterverkehr und dem Pumpen des Trinkwassers. Im Jahre 1909 wurde westlich davon ein Eisenbetonpier von 150 m Länge und 3,20 m Tiefe gebaut, der drei Krane erhielt (Abb. 27). Heute verfügt Lüderitzbucht über 970 m<sup>2</sup> Schuppenfläche, einige Freiladeplätze und einen Slip für 500 t (Abb. 28). Durch die

### b) Lüderitzbucht.

Für den südlichen Teil der Kolonie wurde bei dem früheren portugiesischen Angra-Pequena im Jahre 1883 ein Ausfahrhafen geschaffen<sup>10</sup>, der in einer gegen Nord- und Ostwinde geschützten Bucht mit felsigen Ufern liegt (Abb. 26) und im Roberthafen 7,50 m Wassertiefe aufweist. Süßwasser war im Gegensatz zu Swakopmund nicht zu finden. Das Hinterland liegt klimatisch schlecht. Bis zum Jahre 1904 war daher ein Verkehr kaum vorhanden. Durch die Verlängerung des Aufstandes im Süden wurde Lüderitzbucht 1904—1907 Nachschubbasis und erhielt im Jahre 1908 eine Eisenbahn nach Keetmanshoop. Der Ort blühte aber erst auf, als im Jahre 1908 die ersten Diamanten ausgeführt wurden. Er entwickelte sich zu einem Hafen mit mengenmäßig großer Einfuhr gegenüber einer mengenmäßig geringen Ausfuhr (Diamanten). Anfang des Jahrhunderts begann der Hafenbau mit der Sprengung der Felsen in der Einfahrt. Im Jahre 1904 war bereits von der Mili-



Abb. 28. Ansicht von Lüderitzbucht.

Drosselung der Diamantenförderung in den letzten Jahren ist der Verkehr des Hafens stark zurückgegangen. Der Umschlag geschieht aus schließlich durch Leichter und weist eine Leistung von 400 t am Tag auf. Das Hinterland ist nach dem Kriege durch die südafrikanischen Häfen angezapft worden, indem die im Süden von Deutsch-Südwest-Afrika angesiedelten Buren ihren Post- und Warenverkehr auf dem Landwege nach dem Kapland leiten.

<sup>9</sup> Dock and Harbour 16 (1935/36), S. 321.

<sup>10</sup> Z. Bauwes. 54 (1904), S. 351; — Das Schiff 30 (1909) S. 406; — Dock and Harbour 16 (1935/36), Obst: a. a. O. S. 322. —

Von den übrigen Küstenplätzen war lediglich Sandfischhafen eine Zeitlang durch einen deutschen Fischereihafen in Anspruch genommen, bis er um 1890 völlig versandete. Bei Kreuz-Kap befand sich früher die Landungsstelle einer englischen Guano-Gesellschaft, die wahrscheinlich schon aus Wassermangel einging.

## C. Ostafrikanische Küste.

### 1. Allgemeines.

Die Ostafrikanische Küste<sup>11</sup> fällt steil ab und unterscheidet sich dadurch bereits wesentlich von dem leicht geneigten Strand Westafrikas. Auf dieser Seite des Kontinents tritt außerdem die Tätigkeit der Korallen in Erscheinung, die der Küste Riffe vorlagert. In unmittelbarer Nähe der Küste

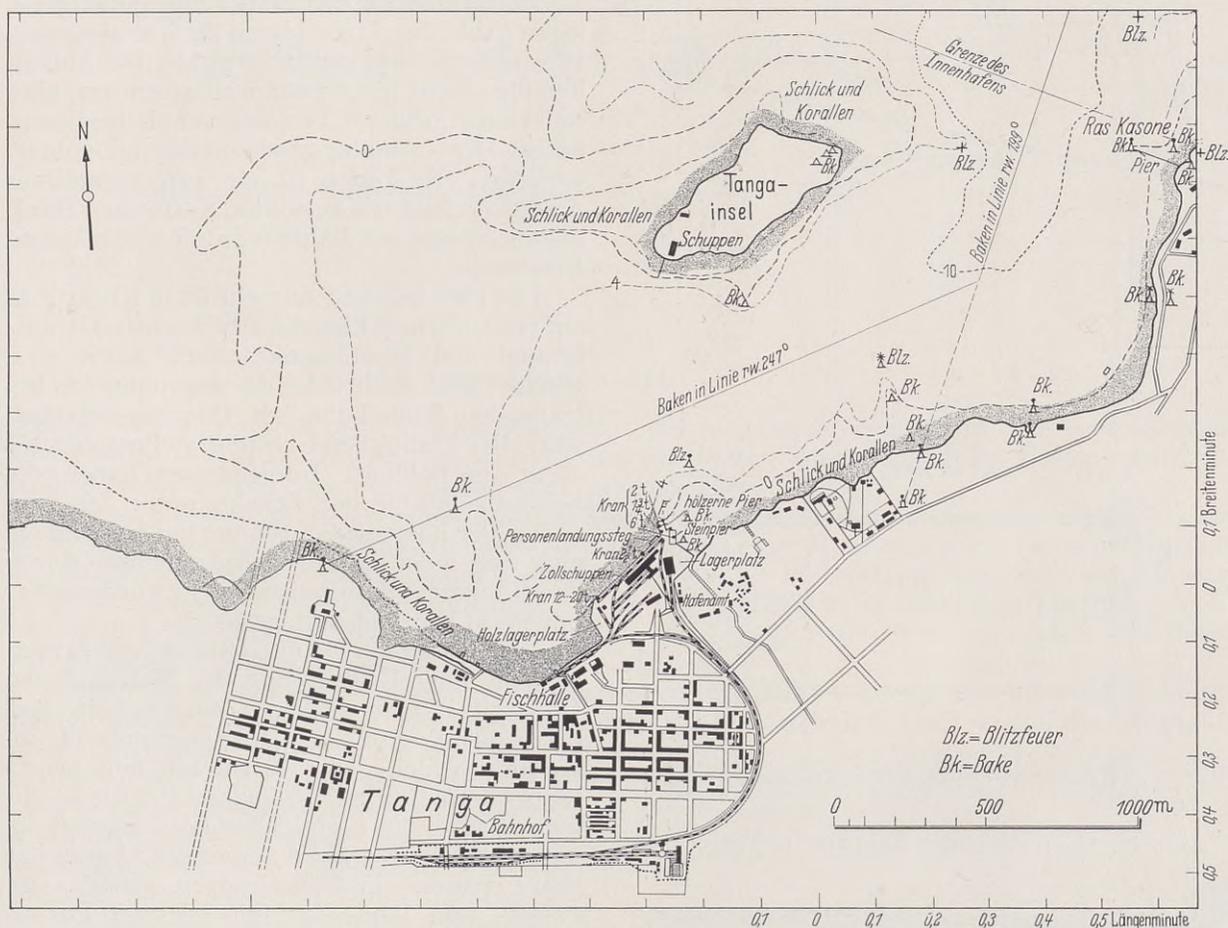


Abb. 29. Hafen von Tanga 1937.

ist ein Schwemmland vorhanden, das durch wiederholtes Ansteigen und Sinken des Meeresspiegels entstanden ist. Durch das Ansteigen des Meeresspiegels sind jetzt die zahlreicher als in Westafrika vorhandenen Flüsse angestaut und bilden ertrunkene Täler, die sich gut für die Anlage von Häfen eignen. Auch die Korallentätigkeit ist durch die Niveauänderung des Meeres erleichtert worden. Da günstige Lebensbedingungen für die Korallen nur bis 30 m Wassertiefe vorhanden sind, hat sich ihr Lebensbereich durch das Schwanken des Wasserspiegels erweitert. Man findet längs der Küste Saum- und Wallriffe, die zwar den Zugang zum Festland erschweren, aber einen guten Schutz gegen die Dünung abgeben.

Die Windverhältnisse sind nicht so einheitlich wie in Westafrika. Im Norden weht je nach der Jahreszeit der NO oder SW-Monsun und im Süden Deutsch-Ost-Afrikas der SO-Passat. Der letztere folgt der Küste. Tags weht der Wind von See, nachts zeigt sich regelmäßig kühlerer Landwind. Schwere Stürme sind selten. Der Küstenstrom fließt nordwärts (Ostafrikanischer Küstenstrom). Seine Geschwindigkeit wird durch die Winde beeinflusst. In den Häfen laufen teilweise starke Gezeitenströme.

<sup>11</sup> Seehandb. f. d. Ostküste Afrikas, Berlin 1931. — Methner: Die Häfen Deutsch-Ost-Afrikas, Berlin 1927. Sammlung Meereskunde, Heft 170.

## 2. Deutsch-Ost-Afrika.

### a) Tanga.

Tanga<sup>12</sup> ist einer der beiden in größerem Umfang ausgebauten Häfen des ehemaligen deutschen Schutzgebietes und lag lange Zeit in starkem Wettbewerb mit Daressalam, bis man sich entschloß, endgültig Daressalam zu dem ersten und Tanga zu dem zweiten Hafen der Kolonie zu machen. Dieser Entschluß wurde bereits vor dem Kriege in Deutschland gefaßt und ist nach dem Kriege von England als Mandatsmacht des heutigen Tanganyikagebiets bestätigt.

Der Hafen ist von Natur aus günstig gelegen (Abb. 29). Das bis zu 20 m ansteigende Ufer bietet Schutz gegen Seewinde. Der Außenhafen ist zwar nicht ganz windgeschützt, aber weist einen größeren Tiefgang auf als der Innenhafen. Der Umschlag geschieht durch Leichter-verkehr. Der Hafen ist ein ausgesprochener Ausfuhrhafen für Kautschuk, Kaffee und Hanfballen. Tanga hat Bahnanschluß an die Usambarabahn.

Um 1900 bestand nur ein 50 m langer Pier auf Schraubenpfählen mit zwei leichten Dampfkranen und Eisenbahnanschluß, sowie eine leichte Landungsbrücke, die wegen des 4 m betragenden Tidenhubs mit Pontons versehen war. Der Untergrund besteht stellenweise bis 50 m aus Schlick. Infolgedessen gaben die Schraubenpfähle der Brücke unter der Last nach. Der hölzerne Ponton der Fahrgastanlage ging wegen der ständigen Anfressungen durch den Bohrwurm dauernd unter. Er wurde später mit Stahl benagelt und verputzt.

In den Jahren 1912 und 1913 entschloß man sich zu einer Erweiterung der Hafenanlagen (Abb. 29) in bescheidenen Grenzen, nach dem ein größeres Projekt als zu weitgehend abgelehnt worden war. Es wurden eine 190 m lange Ufermauer mit Bahnanschluß für Leichter von 100—200 t, eine neue Landungsbrücke und ein fester 20 t-Kran hergestellt. Längs der Mauer wurde ein Zollschuppen gebaut, der wasser- und landseitig mit leichten Portalcranen ausgerüstet war. An der Ufermauer waren bei nw 2 m Wassertiefe vorhanden. Man verwandte als Stützbauwerk eine Eisenbetonspundwand, die aus I-Profilen mit dazwischen liegenden Platten bestand, die nicht ganz so tief gerammt wurden (Abb. 30). Die Verankerung wurde ebenfalls in Eisenbeton hergestellt. Die Ankerplatten sind liegend ausgeführt worden. An der Baustelle hörte der Schlick teilweise schon bei  $-7$  auf und man traf auf Korallenfelsen, in die die I-Profile noch etwa 3 m hineingerammt wurden. An andern Stellen schwankte die Höhenlage des Korallenfelsens bis zu 50 m Tiefe. Die

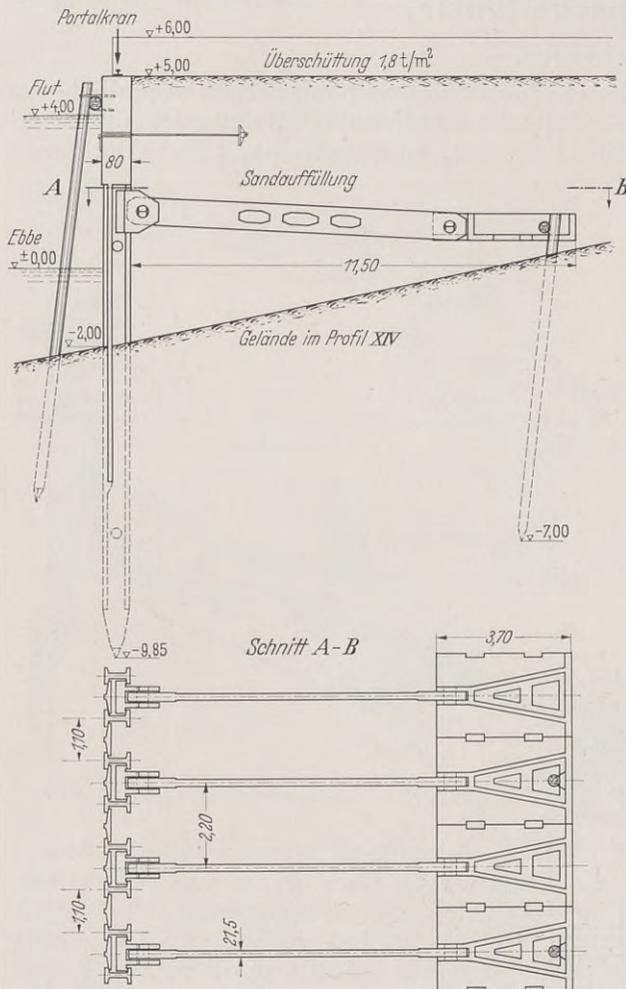


Abb. 30. Querschnitt der Kaimauer in Tanga 1913.



Abb. 31. Landungsbrücke und Ponton.

Haftung des Eisenbetons im Schlick reichte aber nicht aus, um den Pfählen eine genügende Tragfähigkeit zu geben, wenn der felsige Untergrund nicht erreicht wurde. Daher setzte sich ein

<sup>12</sup> Kröger: Jb. hafentechn. Ges. 9 (1926) S. 226. — Keller: Bauing. 12 (1931), S. 811.

Teil des Bohlwerks erheblich (Abb. 31). Die ausschließliche Verwendung des Eisenbetons erklärt sich aus den Nachteilen der Baustoffe Holz und Stahl in den Tropen. Die Einzelteile wurden bis auf den Holm, der an Ort und Stelle betoniert werden mußte, in Deutschland hergestellt. Die Beschaffung des Betonkieses machte große Schwierigkeiten, da infolge des Charakters der Küste in der näheren Umgebung überhaupt kein Kies vorhanden war. Man mußte mit der Bahn aus der

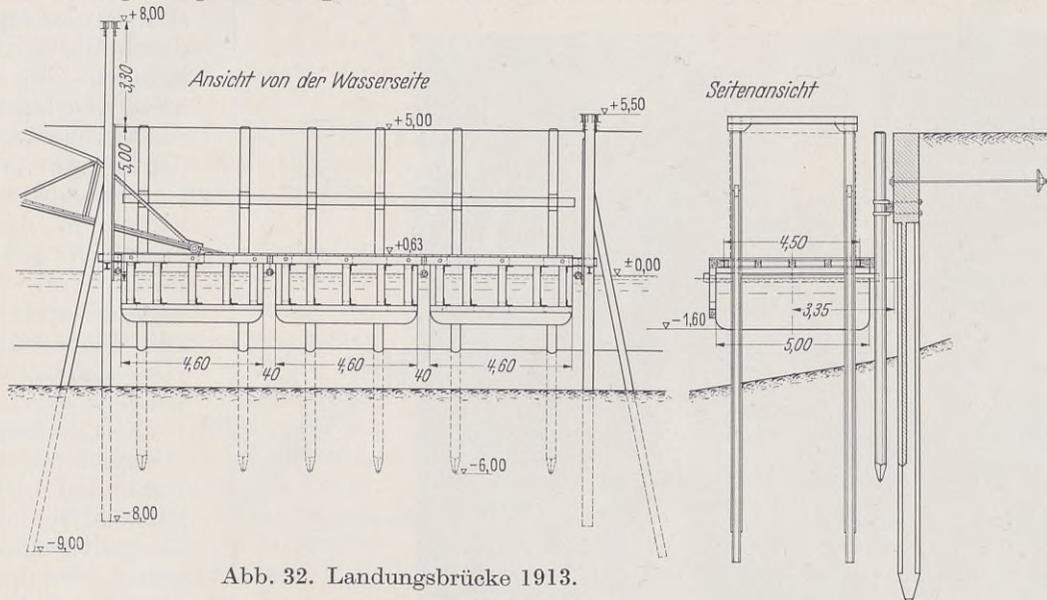


Abb. 32. Landungsbrücke 1913.

Steppe bei Tanga schwarzen Sand herbeischaffen, der in einzelnen Nestern in dem sonst überall anstehenden gelben Lehm gefunden wurde. Der mit diesem Sand hergestellte Beton befriedigte jedoch in Anbetracht der Verhältnisse noch einigermaßen.

Die neue Landungsbrücke wurde aus drei Eisenbeton-Pontons zusammengesetzt (Abb. 32), die an der Baustelle mit einer Grundfläche von  $5 \times 4,6$  m und einer Höhe von 1,9 m betoniert wurden. Sie wurden von einer schiefen Ebene, die aus dem Gleis der Pfahlramme hergestellt worden war, zu Wasser gelassen. Eine Fachwerkbrücke verband sie mit dem Ufer (Abb. 33). Das Fundament für den 20 t-Kran bestand aus 30 Eisenbetonpfählen und einem Betonklotz von etwa 3,50 m Höhe. Die Erdarbeiten waren wegen des Bodens schwierig.

Wegen des Klimas konnten fast nur Negerarbeiter verwendet werden. Die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur an der ostafrikanischen Küste ist ziemlich hoch, so daß die Arbeitsbedingungen für die Europäer auf die Dauer nicht zuträglich sind. Es wohnen heute etwa 240 Europäer in Tanga. Der Hafen wurde vor dem Kriege und wird auch heute wieder regelmäßig von den Woermann-Dampfern angelaufen. Die Bahnverbindung reicht jetzt von Tanga bis Moschi.

Während des Krieges konnte der Hafen Tanga im Gegensatz zu Daressalam nicht gesperrt werden. Im Jahre 1925 wurde nach der Übernahme des Schutzgebietes durch England der Pier in Tanga repariert und die Leuchtfeuer wieder in Betrieb gebracht. Im Jahre 1929 wurden Vermessungs- und Bohrungsarbeiten vorgenommen, um einen geeigneten Platz für die Erweiterung des Hafens zu finden. Die Entwürfe hierfür wurden aufgestellt und die ersten Mittel im Betrage von 125 000 Pfund bewilligt. Die Vorarbeiten dehnten sich bis zum Jahre 1931 aus, ohne daß von einem endgültigen Ausbau des Hafens bisher etwas verlautet ist. Es wurde lediglich in den Jahren 1934 und 1935 die Kaimauer ausgebessert, gebaggert und die Landungsbrücke etwas ausgebaut und vergrößert. Durch die Befeuerng kann Tanga jetzt auch nachts angelaufen werden. Die Umschlagmenge beträgt etwa 500—800 t pro Tag.



Abb. 33. Kai und alte Schraubpfahlbrücke.

#### b) Daressalam.

Trotz der gewundenen Einfahrt mit starker Strömung bietet die Bucht von Daressalam<sup>13</sup> einen ausgezeichneten Hafen für Leichter mit einer Tiefe von 6,4 m bei Tnw in einem ertrunkenen Fluß-

<sup>13</sup> Dock and Harbour 9 (1928/29,) S. 40, Bautechn. 8 (1930), S. 497. — Keller: a. a. O. — Tanganjika Terri-

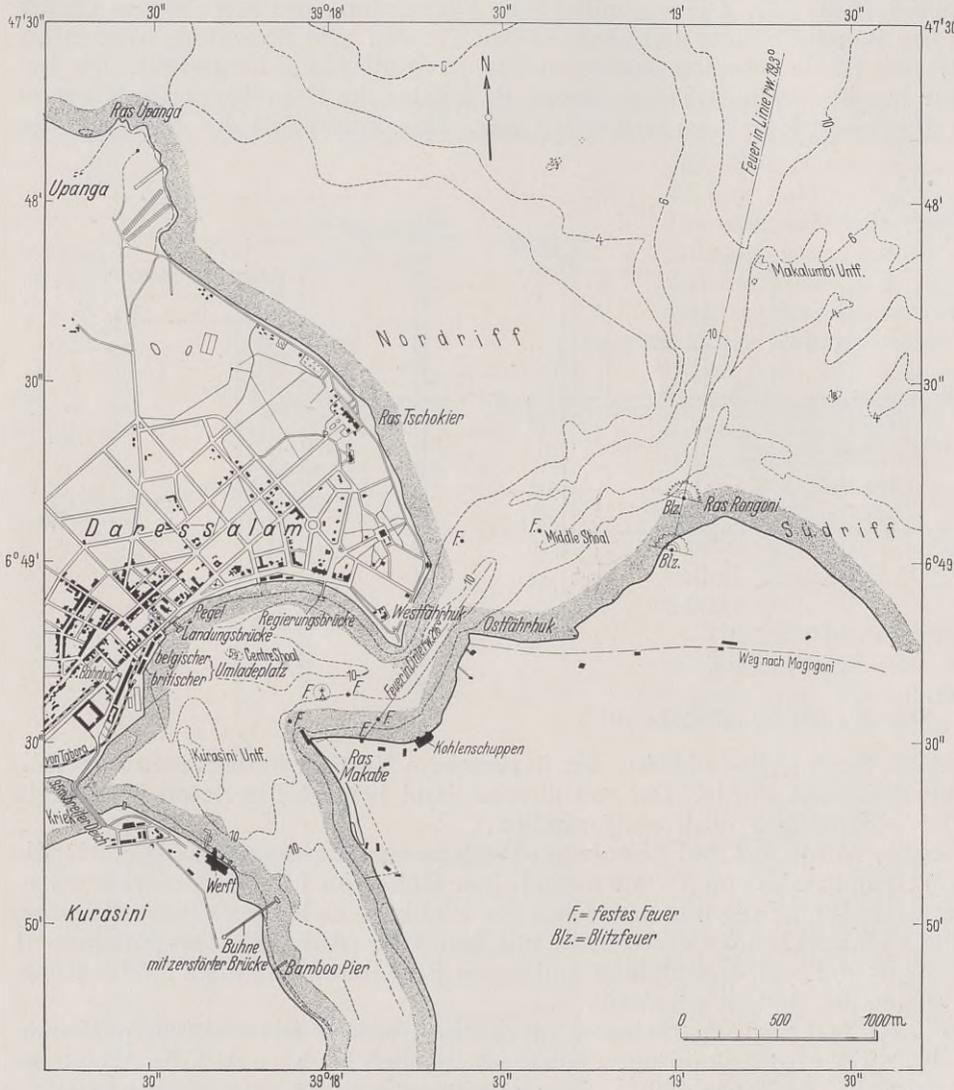


Abb. 34. Hafen von Daressalam 1937.



Abb. 35. Ansicht von Daressalam 1906.  
1. Dock, 2. Werft, 3. Anschlußgleis zum Bahnhof.

Einen Aufschwung erhielt die Stadt im Jahre 1905 durch den Bau der Mittellandbahn, die gleich-  
 tory Reports ab 1920. — Annual Reports of the Tanganjika Railways and Marine. Marine Superintendents  
 Annual Report ab 1925/26.

<sup>14</sup> Die Ausbaupläne für Kilwa-Kissiwani siehe Butzer, H. Jb. hafenbautechn. Ges. 17 (1938). S. 227.

tal (Abb. 36). Die Ein-  
 fahrtsrinne ist aller-  
 dings für Ozeandamp-  
 fer nur bei höheren  
 Wasserständen pas-  
 sierbar. Da außerdem  
 durch die Wirbelströ-  
 mungen im Hafen  
 Land abgelagert wird,  
 ist neuerdings von  
 deutscher Seite die An-  
 lage eines späteren See-  
 hafens in der 6 km  
 nördlich gelegenen  
 Bucht von Msasani  
 vorgeschlagen worden.  
 Die Bedeutung von  
 Daressalam erklärt  
 sich aus der Lage der  
 Eisenbahnen in  
 Deutsch-Ost-Afrika.  
 Durch den Ausbau der  
 Mittellandbahn zum  
 Tanganyika-See (Ki-  
 goma), von der später  
 noch bei Tabora eine  
 Zweigstrecke nach Mu-  
 ansa am Viktoriasee  
 gebaut wurde, hat  
 Daressalam den ge-  
 samten Verkehr des  
 Innenlandes an sich  
 gezogen. Die Hafen-  
 frage in Deutsch-Ost-  
 Afrika mußte wegen  
 der Möglichkeit, an  
 verschiedenen Stellen  
 gute Häfen anzulegen,  
 vom Gesichtspunkt der  
 Verbindung mit dem Hinterlande aus ent-  
 schieden werden. Die Lage der Häfen hing  
 also von der Planung der Eisenbahnlinien  
 ab. Der von Natur aus vielleicht beste Ha-  
 fen des Schutzgebietes Kilwa-Kissiwani<sup>14</sup>  
 erhielt beispielsweise in der Vorkriegszeit  
 keine Verbindung nach dem Njassa-See  
 und wurde damit seines eigentlichen Hin-  
 terlandes beraubt.  
 Trotzdem Daressalam 1890 Sitz des  
 Gouverneurs wurde und von den Woer-  
 mann Dampfern angelaufen wurde, hatte  
 es zunächst sehr stark mit dem Wettbewerb  
 von Sansibar zu kämpfen, das damals noch  
 von den deutschen Firmen bevorzugt  
 wurde. Man errichtete zwischen 1891 und  
 1893 eine 300 m lange Landungsbrücke und  
 eine Kaianlage vor dem Zollschuppen.

zeitig das Ende des Hafens Bagamoyo bedeutete, da der Gesamtverkehr nunmehr nach Daressalam lief. Leider wurde durch die Sparsamkeit des Reichstages der Hafen bei weitem nicht in dem vorgesehenen Maße ausgebaut. Es entstanden 1900—1906 ein Schuppen aus Eisenbeton und Gleise zum Bahnhof (Abb. 35), ein Schwimmdock von  $65 \times 22$  m für Schiffe bis 6 m Tiefgang, 280 m massive Kaimauern bzw. befestigte Böschungen für Leichter mit Laufkatzen als Umschlagsgeräten und ein Personenlandesteg. Im Jahre 1913 entstand ein großer Ausbauplan für mehrere Millionen Mark, der die Zuschüttung des Kurasini-Kriek, die Verlegung einer Hafenbahn und die Schaffung eines großen Kais für acht Dampfer auf dem jenseitigen Ufer vorsah.

Im Jahre 1914 wurde das Fahrwasser durch Versenken des Schwimmdocks und des Dampfers „König“ gesperrt. Der vorhandene Landungssteg für Passagiere wurde im Laufe des Krieges zerstört und die Laufkatzen gesprengt. Im Jahre 1920 begann der Wiederaufbau des Hafens mit Errichtung eines Landungsstegs für Passagiere, der 1926 durch einen neuen, 45 m langen Steg mit 15 m breiten Pontons ersetzt wurde, der beim Zollhaus in 3 m tiefem Wasser liegt, und einer Mole zwischen dem europäischen Hospital und dem Seeblick. Das Schwimmdock und der Dampfer „König“ wurden im Jahre 1921 wieder gehoben, so daß man im Jahre 1923 die Hände frei hatte und an die

Vorarbeiten für die Hafenerweiterung gehen konnte. In den Jahren 1924—1928 wurden im ganzen 200 m Kajemauern auf 12—13,5 m langen Eisenbetonpfählen im englischen Teil und 85 m Kajen im belgischen Freihafen-Teil hergestellt (Abb. 34), auf den die belgische Regierung im Versailler Vertrag ein Anrecht erhielt, um Kupfer aus Belgisch-Kongo über Daressalam ausführen zu können. Dazu kamen ein- und zweistöckige Schuppen und Landgewinnungsarbeiten (Abdämmung des Kurasini-Kriek) (Abb. 37). Im britischen Teil wurden dazu rund  $6700 \text{ m}^2$  Schuppen gebaut. In den Jahren 1930 und 1931 wurde die Kaimauer um 200 m mit 3 Schuppen, Straßen und Gleisen erweitert.

Die neue Mauer besteht aus Betonblöcken (Abb. 38). Die Blöcke wurden im Gewicht von etwa 20 t durch einen Dampfkrane versetzt. Durch verspätetes Eintreffen der Geräte wurden die Arbeiten erheblich aufgehalten und konnten erst Mitte 1933 beendet werden. Bei Ost- und West-Fähr-Huk wurden 1932 Rampen und Molen für die Mahagony-Fähre fertiggestellt. Insgesamt wurden von britischer Seite 284 000 Pfund für

den Ausbau des Hafens ausgegeben. Im wesentlichen wurden bei den Entwürfen die alten deutschen Pläne der Vorkriegszeit benutzt. Daressalam ist jetzt ein modern eingerichteter Hafen mit einer Aufschlepp-Helling, neuzeitlicher Werft und Landungsbrücken für den Fahrgastverkehr und die Regierungsbeamten. Seit der Hafenerweiterung ist der Ort malariafrei. Von den 25 000 Einwohnern sind 6000 Europäer.



Abb. 36. Luftbildaufnahme Daressalam 1938.



Abb. 37. Ansicht von Daressalam 1938.

### c) Kleinere Häfen.

Die übrigen Häfen Deutsch-Ost-Afrikas (Abb. 1) werden nur vom Küstenverkehr angelaufen. Pangani liegt in einer flachen Bucht, die durch Sandbarren aus Flußsinkstoffen abgeriegelt ist, so daß nur kleinere Dampfer bei Hochwasser Einfahrt haben. Auf der Außenreede herrscht schwere Dünung. Auf beiden Seiten des Flusses bestehen Schutzdämme und Laderampen. Bei Kilimanwido oberhalb von Pangani ist eine Verladebrücke für Küstenfahrzeuge und ein Sisalschuppen vorhanden. Das Gleiche ist bei Bustirihof der Fall. Bagamoyo verfügt kaum noch über Verkehr und läßt die Boote auf den Sandstrand laufen. Im Rufidji-Delta befindet sich bei Sa Njemsatti ein neuer Schuppen für Rindenverladung. Das Delta ist durch Seezeichen und Feuer ausreichend gekennzeichnet. Kilwa-Kivindsche ist ein Ankerplatz, der durch Riffe geschützt ist. Es herrscht dort Malaria, wie an fast allen Orten der Küste. In Kilwa-Kissiwani<sup>15</sup> war ursprünglich ein Damm aus Steinen und Pfählen aufgeworfen worden. Jetzt befinden sich drei Anlegebrücken bei Kikone,



Abb. 38. Blockgründung der neuen Kajen 1930.

deren Zustand im Jahre 1924 als sehr schlecht bezeichnet wurde. Im Jahre 1925 fand eine Vermessung für den Bau einer neuen Brücke statt, ohne daß etwas über die Ausführung verlautet ist. Der Hafen ist durch Riffe gegen Dünung geschützt. Er hat eine Tiefe von 16 bis 17 m mit Sandgrund. Nur im inneren Hafen liegt zäher Schlick. Europäer wohnen wegen der Malaria dort nicht. Seinem Umschlag nach weist noch der Hafen Lindi im Süden des Gebiets, der an einer 30 km langen Bucht liegt, eine Bedeutung auf. Die Hafeneinfahrt ist allerdings durch eine Barre verschlossen, die 3—4 m Tiefe bei Tnw hat. Die Ankerplätze haben aber 16 m Wassertiefe. Wegen seines Hinterlandes mit eigener Produktion hat der Hafen Aussicht auf selbständige Entwicklung. Zur Zeit ist nur ein hölzerner Pier mit einem 2 t-Kran und 0,6 m

Wassertiefe sowie eine Zollbrücke vorhanden. Im Jahre 1920 wurden Arbeiten an einer Mole begonnen und Entwürfe für Piers in tiefem Wasser aufgestellt. Über eine Ausführung wurde bisher nichts berichtet. Das gleiche gilt für den Hafen Mikindani, der ebenfalls erweitert werden sollte. Die beiden dort vorhandenen Landungsbrücken sind nur bei Hochwasser benutzbar. Außerdem existiert ein Steinverladepier bei der Pflanzung Pemba-Mwita, an dessen Kopf die Küstendampfer laden können. 1925 wurden einige Reparaturarbeiten ausgeführt. Brücken befinden sich außerdem noch in Arabhouse fünf Seemeilen oberhalb von Lindi, Mtwara und Mwanza (1925 neu gebaut). In Mingoyo wurde 1934 ein alter Leichterpier erneuert und ein neuer gebaut. Schließlich seien noch die beiden Binnenhäfen Kigoma am Tanganjika-See und Bukoba am Victoria-See erwähnt, von denen Bukoba 1910 eine Mole aus Steinschüttung mit Anlegestelle und Kigoma 1906 eine Kaimauer erhielt<sup>15</sup>. An beiden Orten wurden im Jahre 1932 neue Molen aus Stahl gebaut.

## D. Südsee.

### 1. Allgemeines.

Das ehemalige deutsche Schutzgebiet in der Südsee<sup>16</sup> umfaßt außer den größeren Inseln Neu-Guinea, Neu-Pommern, Neu-Mecklenburg eine Unzahl von mittleren und kleineren Inseln vulkanischen Ursprungs oder aus Korallengestein (Abb. 39). An fast sämtlichen Küsten ist die Wassertiefe ungewöhnlich groß. Die Ufer der Inseln und Atolle fallen entsprechend ihrer Entstehung sehr steil ab, so daß meist schon in unmittelbarer Nähe der Küste keine Ankermöglichkeit mehr für Schiffe besteht. Die Inseln sind dafür aber sehr buchtenreich und weisen vielfach eine sehr zerrissene Gestalt auf, die bei den vorhandenen ausreichenden Wassertiefen eine Menge von Naturhäfen ergibt, die vielfach ohne besondere technische Ausgestaltung als geschützte Liegeplätze von Schiffen benutzt werden können. Die Zufahrt zu diesen Naturhäfen ist häufig durch unterseeische Riffe blockiert, so daß eine sehr genaue Kenntnis des Fahrwassers zu ihrer Benutzung

<sup>15</sup> siehe auch Butzer: a. a. O.

<sup>16</sup> Seehandb. f. d. Südsee. I. Teil: Samoa, Berlin 1911. II. Teil: Bismarck-Archipel, Berlin 1912. III. Teil: Kaiser-Wilhelm-Land, Berlin 1913. IV. bis VI. Teil: Karolinen, Marshall-Inseln, Marianen, Berlin 1913. — Sammlung Meereskunde, Heft 66, 94 u. 121. — Deutsche Seewarte, Dampferhandbuch für den Stillen Ozean. Hamburg 1922.—

gehört. Überwiegend sandige Küsten sind eigentlich nur in Neu-Guinea vorhanden. Wegen der Gestalt der Ufer sind ausgebaute Hafenanlagen in dem Gesamtgebiet selten. Man hat sich damit begnügt, einfache Landungsbrücken für Leichter oder für die Dampfer selbst anzulegen. Jedoch ist auch dieses nur an verhältnismäßig wenig Stellen geschehen, da der Verkehr in dem großen Inselgebiet sehr gering ist. Die meisten Inseln sind ohne technische Eingriffe mit kleineren Booten anlaufbar, so daß bereits von jeher zwischen den Eingeborenen ein durch die natürlichen Verhältnisse erzwungener Schiffsverkehr vorhanden gewesen ist. Vor dem Kriege berührte außerdem die Groß-Schiffahrtsstraße des Norddeutschen Lloyd folgende Orte (Abb. 40): Singapur, Batavia, Makassar (Celebes), Amboina (Molukken), Banda-Insel, in Kaiser Wilhelm-Land: Eitape, Potsdam-Hafen, Friedrich-Wilhelms-Hafen, Erima-Hafen, Finsch-Hafen — nach Bedarf Alexis-Hafen und Peterhafen (Witu-Inseln) —, und Rabaul (Neu-Pommern). Von Rabaulaus bestand eine Verbindung nach Käwieng (Neu-Mecklenburg), Nuguria-Inseln, Nissan, Neu-Hannover, Tanu-, Admiralitäts-, Buka-, Bougainville-, Tingwon-, Kilinailau- und Tabarinseln im Bismarck-Archipel. Die Hauptlinie wurde achtwöchentlich betrieben. Außerdem bestand eine vierwöchentliche Verbindung von Hongkong

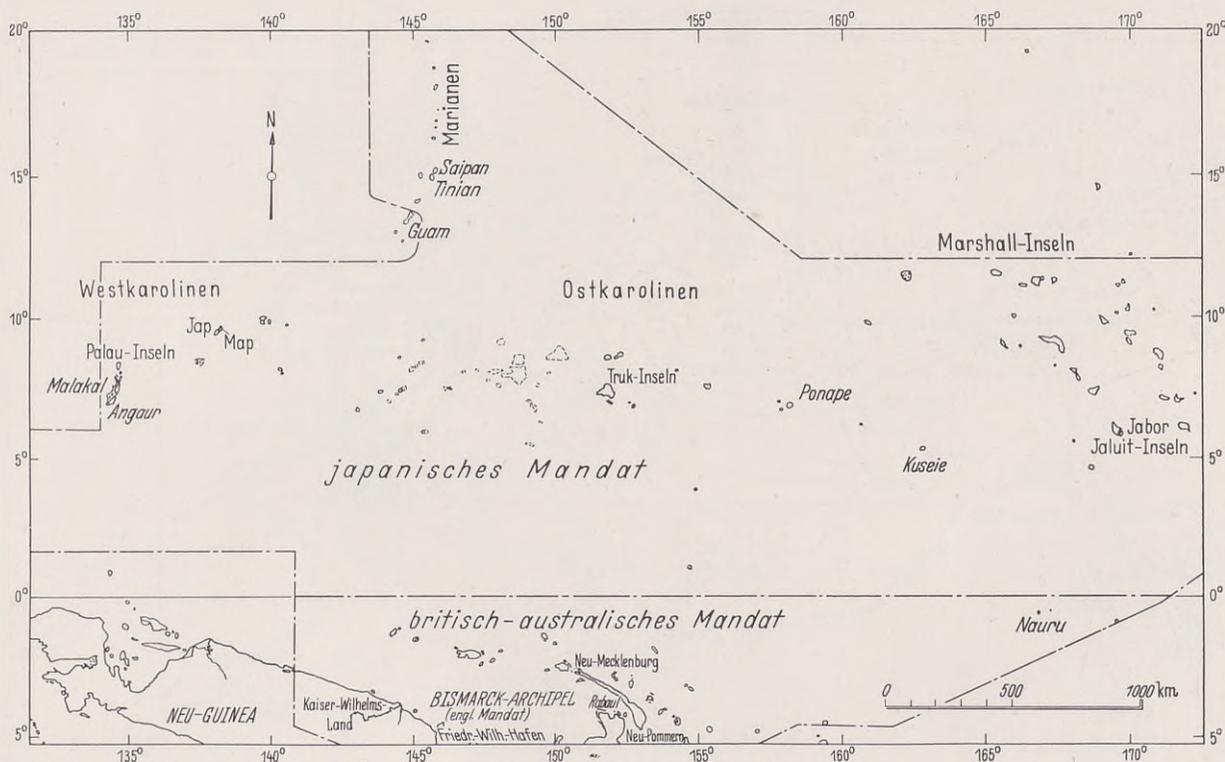


Abb. 39. Übersichtskarte der Südsee-Kolonien: Marshall-Inseln, Marianen, Karolinen und Bismarck-Archipel. 1937.

über Manila, die Westkarolinen, Angaur (achtwöchentlich), Jap, Maron (Hermit-Inseln, Bismarck-Archipel, achtwöchentlich) und Friedrich-Wilhelms-Hafen, Rabaul nach Brisbane und Sydney. Die Haupthäfen, die vom Norddeutschen Lloyd angelaufen wurden, waren bei diesen Linien Friedrich-Wilhelms-Hafen (Kaiser Wilhelm-Land), Rabaul (Neu-Pommern) und Käwieng (Neu-Mecklenburg). Außerdem waren vor dem Kriege zu Auslandshäfen bestimmt: Kieta (Deutsche Salomon-Inseln), Morobe, Eitape (Kaiser Wilhelm-Land), Angaur, Malakal (West-Karolinen, Palau-Inseln), Jap, Ponape (Ost-Karolinen), Saipan (Marianen) und Nauru, Jaluit (Marshallinseln). Die Inselhäfen wurden von der Jaluitgesellschaft angelaufen. Außerdem fuhr eine australische Reederei zu den Salomon- und Marshallinseln. Dazu kamen die Phosphatdampfer. An den meisten übrigen Stellen handelte es sich lediglich um das Anlegen in der Nähe von Plantagen und die Übernahme der Erzeugnisse durch Leichter. Nach dem Kriege hat der Norddeutsche Lloyd einen Dienst zwischen Hongkong und dem Mandatsgebiet eingerichtet, der außer Rabaul noch zahlreiche andere Häfen anlauft, jedoch nach den Verträgen unter englischer Flagge durchgeführt wird. Von ausländischen Linien ist ein dreiwöchentlicher Dienst von Sydney nach Neu-Guinea eingerichtet worden. Die Eastern and Australian Steam-Ship Co. läuft bei ihren Reisen zwischen Australien und Asien regelmäßig Rabaul an. Das gleiche tut eine Holländische Reederei. Im japanischen Mandats-

gebiet fährt die Nippon-Yusen-Kaisha von Yokohama nach Jaluit, Saipan (Marianen), Truk, Jap und Palau (West-Karolinen), Ponape und Kuseie (Ost-Karolinen), Marshallinseln und die Südsee-Handelsgesellschaft (Nanyo-Boyeki-Kaisha) zu den nördlichen und südlichen Marianen, den Karolinen und Marshall-Inseln. Die erste Reederei unternimmt etwa 20 Reisen im Jahr. Seit 1936 sind im englisch-australischen Mandatsgebiet nur folgende Häfen für den Auslandsverkehr geöffnet: Rabaul, Käwieng, Madang, Kieta und Salamaua.

Die Gezeiten sind in dem gesamten Schutzgebiet unbedeutend. Der Tidenhub beträgt durchschnittlich 1 m. Das Hochwasser tritt an den meisten Stellen täglich zur gleichen Stunde auf, da die Sonnentiden überwiegen. Die Winde wehen im Bismarck-Archipel von Mai bis September als Südost-Monsune in mäßiger Stärke, von November ab als Nordwest-Monsune unregelmäßig. Bei den Karolinen, Marshallinseln und Marianen weht von März bis Oktober ein regelmäßiger und steifer NO-Passat, von November bis März herrschen Windstille und sehr veränderliche westliche Winde. Im August und September treten schwere Regenböen auf. Ferner entstehen häufig Wirbel-

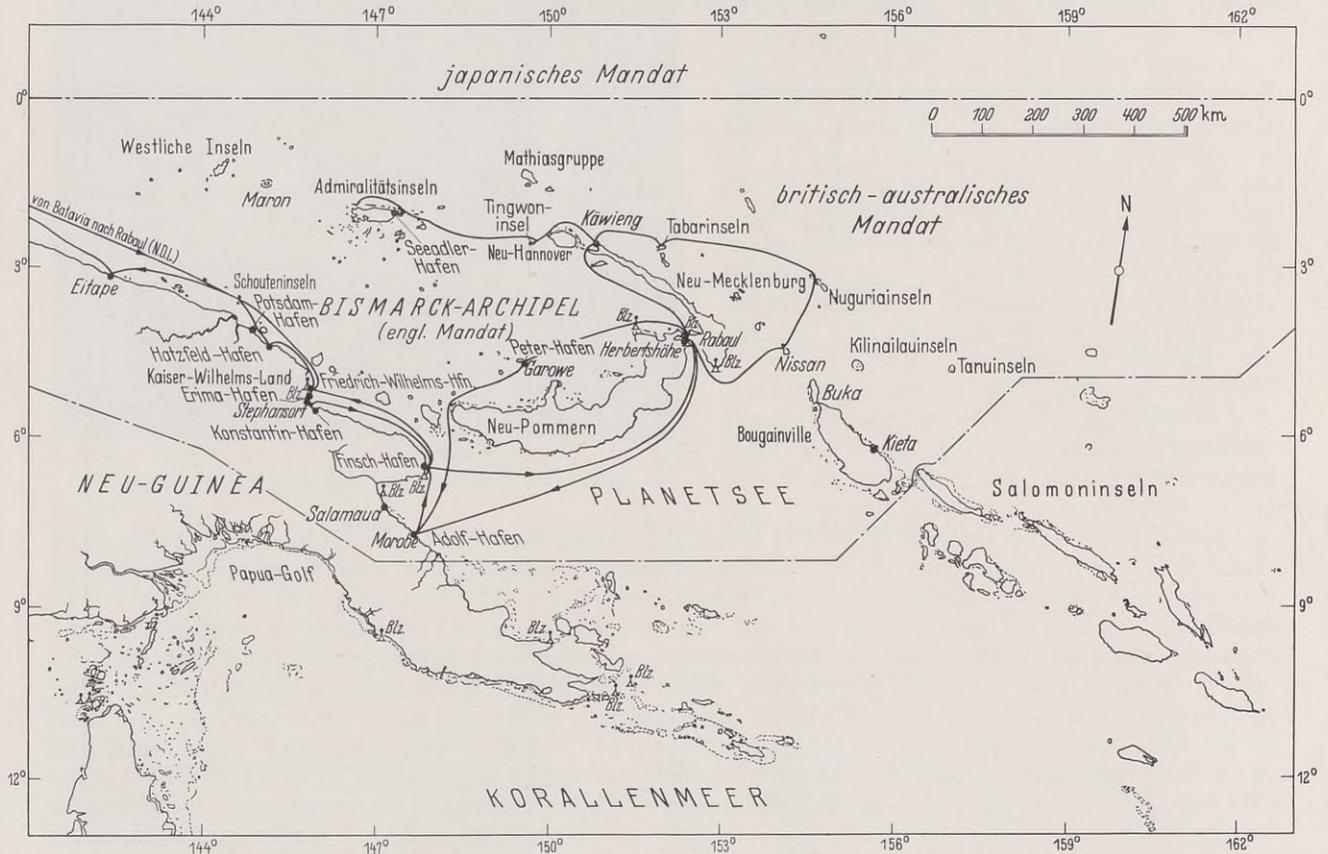


Abb. 40. Übersichtskarte von Kaiser-Wilhelm-Land und Bismarck-Archipel mit Dampferlinien 1937.

stürme, die schon erhebliche Zerstörungen auf den Inseln angerichtet haben. Die Meeresströmung läuft in Richtung des Windes und ist an den meisten Stellen schwach. Außer den Taifunen wird das Gebiet durch Erdbeben, Wasserhosen und Flutwellen heimgesucht. Seegang und Dünung sind je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden. In Neu-Guinea und im Bismarck-Archipel sind sie meist nicht nachhaltig. Bei den Karolinen, den Marshallinseln und Marianen muß man mit plötzlichen Wetteränderungen und damit auch mit plötzlichem Auftreten von Dünung rechnen.

## 2. Kaiser-Wilhelm-Land (Neu-Guinea)<sup>17</sup>.

### a) Friedrich-Wilhelm-Hafen (Madang).

Dieser Haupthafen von Neu-Guinea, deren NO-Teil 1885 deutsch wurde, liegt in einer geschützten Bucht und verfügte im Jahre 1900 über eine Pontonbrücke für kleinere Dampfer (Abb.41). 1901 wurde mit einem Pierbau begonnen. Die Brücke war 25—30 m lang und hatte einen Kopf von

<sup>17</sup> Tim m, E. E.: Deutsch-Neuguinea: Geschichte, Kolonisierung und Zukunftsmöglichkeiten. Wirtsch.-Dienst 23 (1938) S. 158.

12 × 5 m Grundriß. Sie wurde aus Holz hergestellt und trug ein Gleis. Die Oberkante lag 1 m über HW. Die Holzpfähle waren unter Wasser gekupfert. 1908 wurde die Brücke erneuert und Pfähle aus dem einheimischen Rambutanholz verwendet, die gehärtet und ebenfalls mit Kupferblech beschlagen waren (Abb. 42). Im gleichen Jahre wurde die ziemlich zerstörte Ufermauer neu hergestellt. Von 100 m Länge entfielen 62 m auf die bisherige Löschkaje, 38 m auf eine spätere Verlängerung. Man wählte eine Massivmauer aus Beton mit trapezförmigem Querschnitt von 3 m Höhe. Die Ladebrücke reichte noch 1913 für Schiffe jeder Größe aus. An den Pontons waren 9 m Wassertiefe vorhanden. Außerdem wurden einige Lagerhäuser erbaut. Die Küste ist

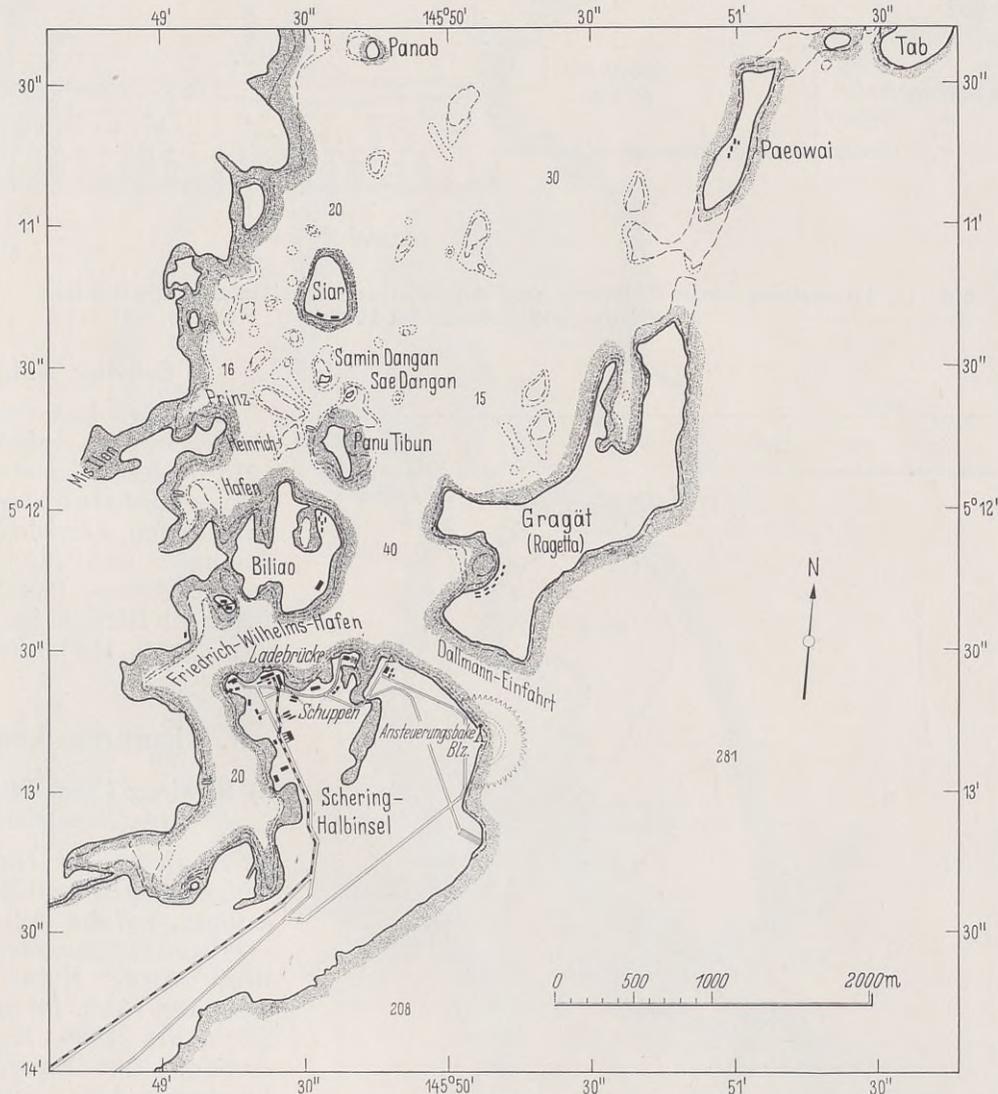


Abb. 41. Friedrich-Wilhelm-Hafen 1937.

ziemlich rifffrei und die Strömung schwach, so daß Schwierigkeiten nicht auftraten. Die Brücke wurde 1923 wieder in Ordnung gebracht und 1932 nochmals einer größeren Reparatur unterzogen.

#### b) Salamaua.

Von den übrigen Häfen Neu-Guineas ist lediglich Salamaua (Samoa-Hafen) im Hüon-Golf in der Nachkriegszeit weiter ausgebaut worden. Der Hafen ist nur an der Nordseite offen und nach dorthin durch die Nordküste des Hüon-Golfs geschützt. Die im Jahre 1931 festgestellten Zerstörungen im Hafen führten zur Einholung eines Gutachtens, auf das hin als erste Maßnahme Uferdeckwerke und Bühnen gebaut wurden. Die Arbeiten wurden noch im Jahre 1935 und 1936 fortgesetzt, nachdem man im Jahre 1934 eine kleine Mole gebaut hatte, um das Umladen von Frachtgütern zu erleichtern. Salamaua ist das Einfallstor von See aus zu den Goldfeldern im

Morobe-Distrikt, die 50 km entfernt liegen. Infolge Fehlens von Wegen wird der Transport vom und zum Hafen fast ausschließlich durch Flugzeuge vorgenommen.

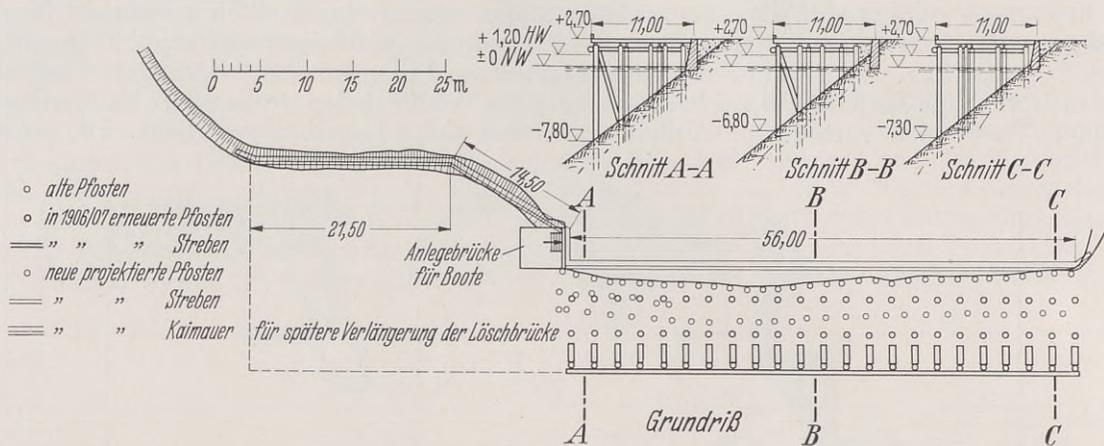


Abb. 42. Herstellung einer Kaimauer und Ausbesserungsarbeiten der Löschbrücke zu Friedrich-Wilhelmshafen 1908.

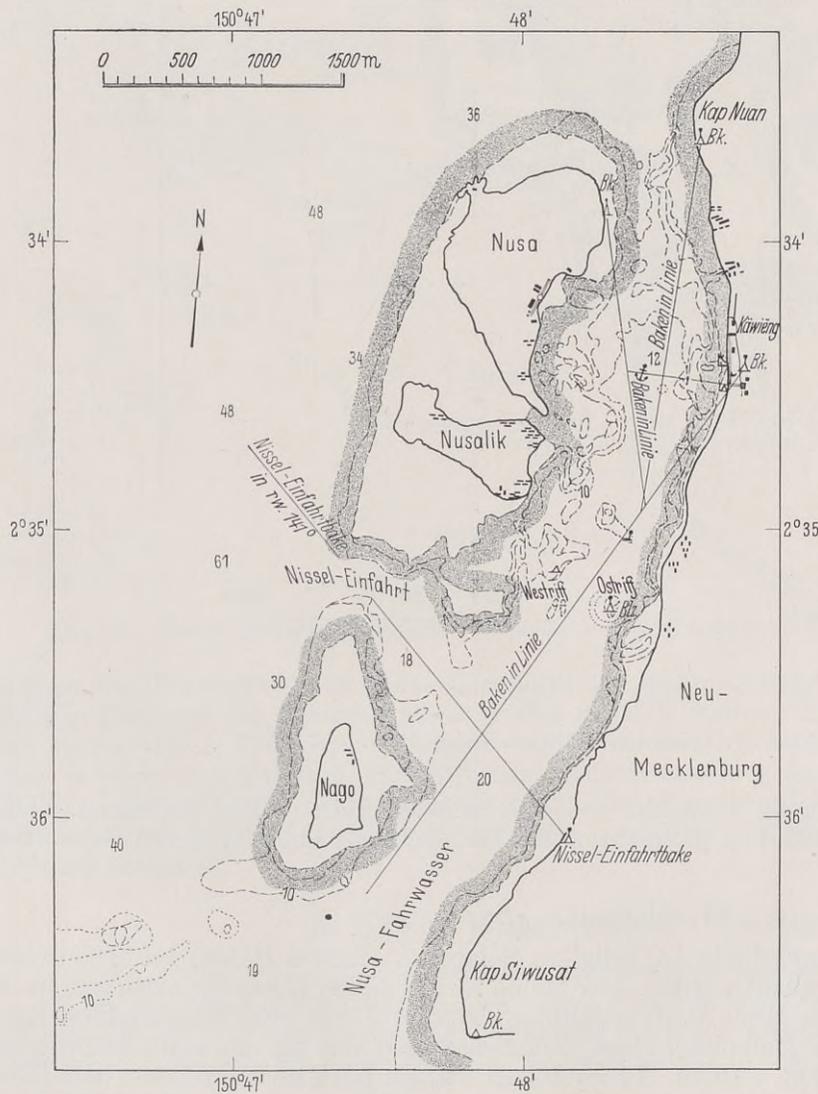


Abb. 43. Hafen von Kawieng. 1937.

**e) Sonstige Anlagen.**

Landebrücken mit oder ohne Schuppen befanden sich 1913 noch in folgenden Orten: Konstantinhafen, Stephansort, Erimahafen, Alexishafen, Potsdamhafen und wahrscheinlich auch in Eitape (Sepik). Eine Brücke in Berlinhafen bei Selêo war bereits 1913 zerstört.

**3. Bismarck-Archipel.**

**a) Kawieng (Neu-Mecklenburg bzw. Neu-Irland).**

Kawieng, der Haupthafen der gebirgigen Insel Neu-Mecklenburg, auf der sich eine Anzahl von Plantagen befindet, liegt von der Natur aus sehr geschützt (Abb. 43) und wurde im Jahre 1900 Regierungsstation. Der Entwurf einer Landungsanlage aus einem Steindamm von 70 m Länge, der bis zu einer Untiefe führte und 8 m breit war, und einer 44 m langen Brücke von 8 m Breite wurde 1913 nicht genehmigt. Die Brücke sollte auf Pfählen, die 3,5 m im Boden standen und 1,50 m über Thw reichten, ruhen. Der Norddeutsche Lloyd besaß aber einen Landungspier, an dem im Jahre 1923 Reparaturarbeiten ausgeführt wurden. Eine gründliche Wiederherstellung der

Hauptbrücke fand im Jahre 1930 statt, in dem gleichzeitig eine neue Leichterbrücke gebaut wurde. Die Brücken wurden in den Jahren 1934—1936 überholt.

### b) Rabaul (Neu-Pommern bzw. New-Britain).

Rabaul liegt in einer windgeschützten Bucht der vulkanreichen Insel Neu-Pommern (Abb. 44) und verfügt bei 18 m Tiefe über einen guten Ankerplatz auf Schlick (Abb. 45). Seit 1905 war eine hölzerne Anlegebrücke des Norddeutschen Lloyd von 94 m (Abb. 46), später von rund 250 m Länge und 12 bzw. 20 m Breite vorhanden, die im Jahre 1923 verbrannt ist (Abb. 47). Sie wurde

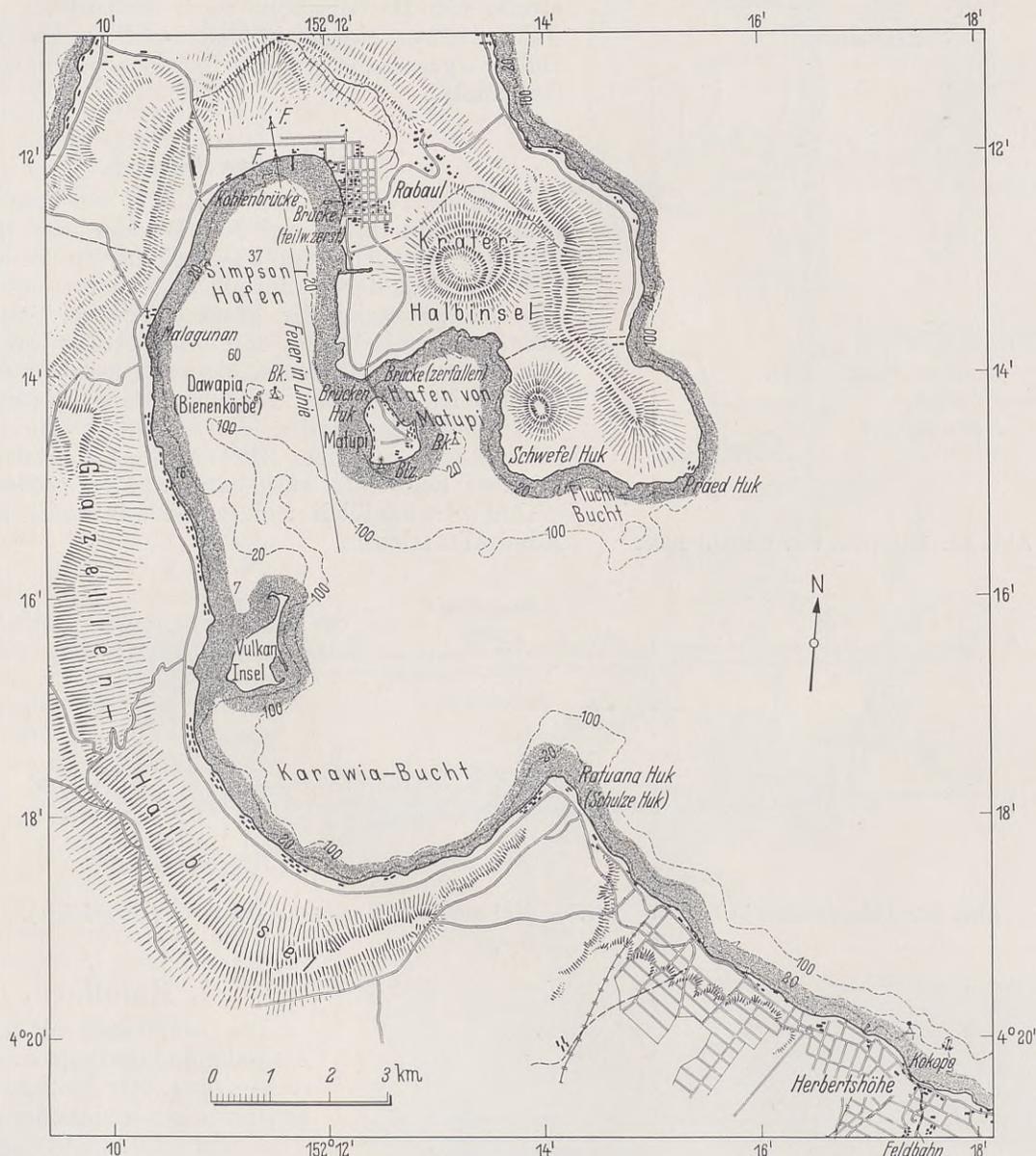


Abb. 44. Hafen von Rabaul, Matupi und Herbertshöhe 1937.

im Jahre 1930 wieder errichtet und mit einem neuen Frachtschuppen versehen. 1932 wurde ein Wellenbrecher an der Nordküstenstraße erbaut. Außerdem verfügte Rabaul vor dem Kriege über eine kleine Aufschlepp-Helling und eine Bootsbauwerft. In unmittelbarer Nähe von Rabaul liegt das Kohlenlager Matupi, das vor dem Kriege eine Landebrücke für Waren und Kohlen mit 5 m Wassertiefe besaß. Die Holzbrücke, die Matupi mit dem Festlande verband, ist heute verfallen. Dagegen wurde die Kohlenbrücke auf der Strecke zwischen Malagunan und Rabaul 1923 verlängert und Entwürfe für eine neue Brücke aufgestellt. Der Hafen Rabaul wird seit 1937 wegen starker vulkanischer Tätigkeit nur noch als Warenumsschlagplatz benutzt. Die Hauptstadt ist verlegt worden.

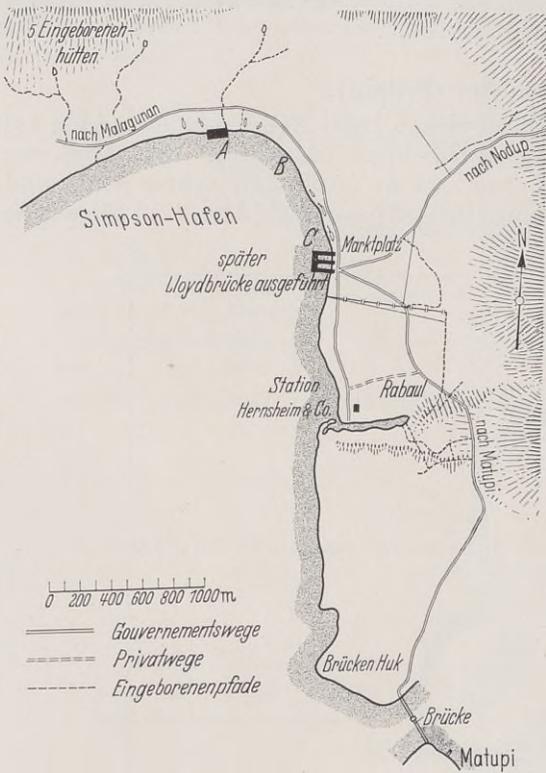


Abb. 45. Lageplan von Rabaul 1903.

**c) Herbertshöhe.**

Herbertshöhe verfügte vor dem Kriege über eine Station der Neu-Guinea-Kompagnie. Es besaß eine offene Reede. Eine Landungsbrücke wurde 1894 von der See fortgerissen und durch eine neue ersetzt. Bei Kokopo befand sich eine Landungsbrücke mit leichtem Bahngleise, die heute aber nicht mehr vorhanden ist. Die Mandatsverwaltung legte eine Autostraße von Herbertshöhe nach Rabaul an, die im Jahre 1932 an einigen Stellen durch Deckwerke und Buhnen gegen die Angriffe der See geschützt werden mußte.

**d) Sonstige Anlagen.**

Kleinere Anlagen befanden sich vor dem Kriege noch in Namatanai auf Neu-Mecklenburg (Brücke über die Bucht), dem ausgezeichneten Peterhafen (Vitu-Inseln), der monatlich angelaufen wurde und eine Anlegebrücke für größere Schiffe besaß und Maron (Hermit-Inseln) mit einer Anlegebrücke für Dampf- und Ruderboote, die auch heute noch vorhanden ist (Abb. 40). Kieta auf Bougainville besaß drei Bootsanlegestellen, die seinerzeit durch Aufschüttungen auf dem Riff zu einer Kaianlage für mittlere Seeschiffe ausgebaut werden sollten. Erwähnt sei schließlich noch der Seeadlerhafen auf den Admiralitätsinseln.

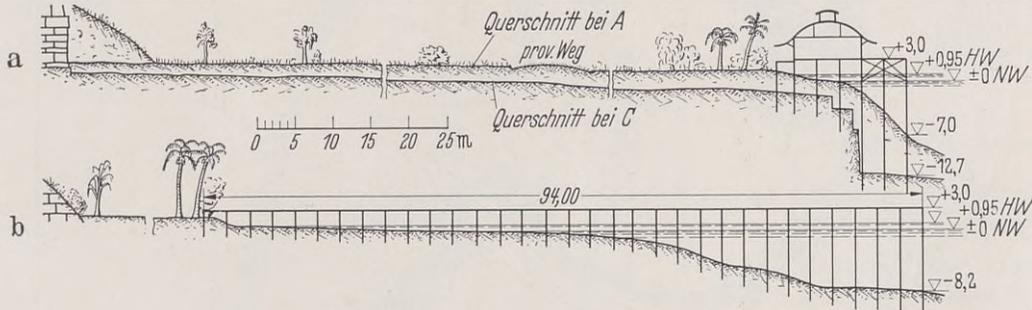


Abb. 46. Anlegestellen in Rabaul 1903. a) Kai am Ufer, b) Landungsbrücke (ausgeführt).



Abb. 47. Landungsbrücke Rabaul.

**4. Karolinen.**

Die Inseln sind mit wenigen Ausnahmen korallinisch. Sie bestehen aus 600 Atollen, deren Entfernung voneinander durchschnittlich 230 km beträgt.

**a) Palauinseln.**

Die Palauinseln (Abb. 48) bestehen aus gehobenem Korallenkalk; innerhalb liegt vulkanisches Land. Malakalhafen wird von vier Inseln und einem Riff gebildet. Im Jahre 1903 wurde mit Hilfe eingeborener Arbeiter ein Pier gebaut, der über das Riff zum tiefen Wasser führte. Im Jahre 1913 waren für die

Ein- und Ausfuhr, die hauptsächlich nach Japan ging, drei Handelsstationen vorhanden, ohne daß Näheres über den Umschlag erwähnt wird. In den Jahren 1926 bis 1930 wurden von japanischer Seite aus die gesamten Umschlagsverhältnisse grundlegend verbessert für den Betrag von ungefähr 115 000 Yen<sup>18</sup>.

1927 wurde die Dampferdurchfahrt verbessert; 1931 bis 1934 wurde für 85 000 Yen ein neuer Pier (200 m langer Steindamm) unter Benutzung einer kleinen Bucht vor der neu eröffneten Fahrwinne gebaut. Die Ein- und Ausfuhr darf nur durch die Malakal-Rinne erfolgen. Die Fahrwinne wurde 1935 verbreitert, genügt aber noch nicht. 1936 wurde mit der Erweiterung des Hafens begonnen, die auf 2,6 Millionen Yen veranschlagt ist.

In Koror bestand vor dem Kriege ein 280 m langer Steindamm als Bootsanlegestelle. 1929 wurde eine Reparatur am Kai ausgeführt. Auf Angaur, das über ein größeres Phosphatlager verfügt, war vor dem Kriege eine Landungsbrücke an der Südseite und weitere Landungsplätze (Sandbänke) im Westen und Nordosten vorhanden. Infolge des unbeständigen Wetters mußten die Dampfer bei Angaur stets Dampf behalten, damit sie in einer halben Stunde seefertig sein konnten. Bei gutem Wetter konnten in zehn Stunden 150—200 t Ladung eingenommen werden. Die Phosphatausbeute beträgt heute rund 70 000 t.

#### b) Truk-Inseln.

Die drei Basalt-Atolle sind reich an Kokospalmen und an Arbeitskräften. An dem bereits vor dem Kriege in Etenhafen vorhandenen kleinen Pier für Dampfboote wurden 1927 Baggerungen vorgenommen. Als Zufahrt dient die NO-Rinne.

#### c) Sonstige Anlagen.

In Ponape (Langarhafen), der vor dem Kriege der Einklarierungshafen für die Ost-Karolinen war, befand sich eine Anlegestelle für Dampfbarkassen bei Hochwasser. Auf den Jap-Inseln (Tomil-Hafen) gab es mehrere Anlegestellen aus Stein für Boote, die bei NW etwa 1 m Tief-

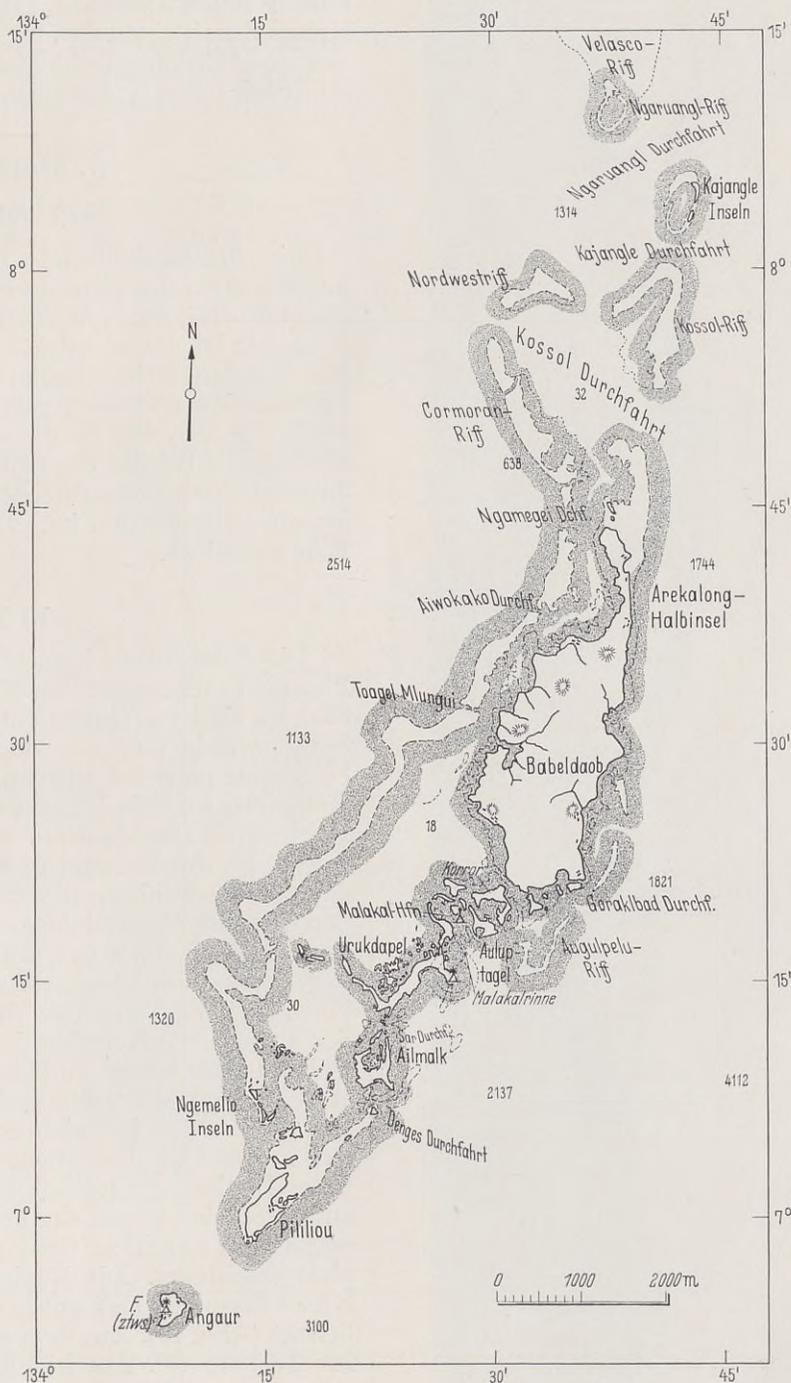


Abb. 48. Palau-Inseln 1937.

<sup>18</sup> 1 Yen = 2,09 RM (Goldkurs) = 0,72 RM (Tageskurs).

gang aufwies. Außerdem waren die Buchten und Meeresarme zwischen den Inselteilen durch Steindämme überquert worden. So wurde z. B. zwischen Map und Rumung ein 230 m langer, unten 4 m breiter Damm gebaut, der durch neun Brücken unterbrochen war. Die Brücken waren beweglich, um Boote durchlassen zu können. Die Dampfer wurden vor dem Kriege durch einen Tender des Lloyd bedient. Heute ist ein seeschifftiefes Kohlenlager und anscheinend ein seeschifftiefer Pier vorhanden.

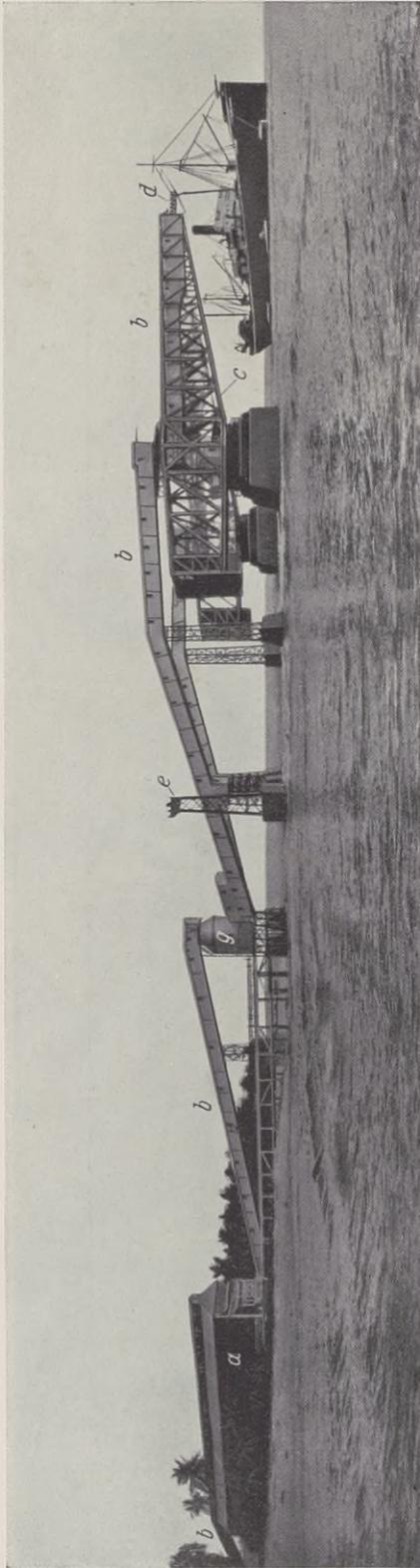


Abb. 49. Phosphatverladeanlage in Nauru.

## 5. Marshallinseln.

### a) Jaluit-Inseln.

Die 60 Marshallinseln sind sehr niedrige Korallenbildungen mit schmalem, gewundenem Fahrwasser. In den Durchfahrten herrscht starker Gezeitenstrom.

Jabor ist die wichtigste der Jaluit-Inseln (Abb. 39) und war vor dem Kriege Regierungsstation. 1907 wurde eine Brücke mit 6 m Tiefgang gebaut, die im Jahre 1913 durch eine zweite Brücke für Boote ergänzt wurde. Bei SW-Wind mußten die Schiffe die Brücke verlassen. 1927 haben die Japaner einen Wellenbrecher errichtet, der im Jahre 1931 fertiggestellt worden ist. Der Hafen wird durch die SO-Rinne erreicht.

### b) Nauru.

Die Insel Nauru<sup>19</sup> enthält wahrscheinlich das reichste Phosphatvorkommen der Erde. Die Phosphatlager in der Sidssee sind aus Guano entstanden, das unter Druck verfestigt wurde und von denen die Phosphate durch das Seewasser getrennt wurden. Hierfür waren abwechselnde Hebungen und Senkungen der Inseln Voraussetzung. Die Insel wurde 1888 deutsch. 1906 begann man mit der Ausbeute. Es wurden zwei Ladebrücken in 600 m Abstand an der Westküste bis an die Riffkanten gebaut. An den Treppen war eine Wassertiefe von 6—8 m vorhanden. Über einer Wassertiefe von 300 m wurden noch zwei Festmachtetonnen angebracht. Im übrigen waren wegen der steil abfallenden Küste keine Ankerplätze vorhanden. Während ursprünglich von kurzen Holzpiers in Leichter geladen worden war, bedeutete die Anlage von breiten Stahlkranpiers im tieferen Wasser eine bedeutende Verbesserung. Jedoch mußte auch von diesen noch in Leichter geladen werden, die mit Barkassen geschleppt wurden. Nauru kam nach dem Kriege unter Britisch-Australisch-Neuseeländisches Mandat. Man entschloß sich wegen der großen Werte, die auf der Insel vorhanden waren, zu einer großzügigen Lösung des Phosphatumschlages. Die Entfernung zu dem 120 m vor der Küste liegenden Riff wurde durch eine Verladeanlage überbrückt (Abb. 49). Aus dem am Ufer befindlichen Lagerhaus für 12 000 t (a), das kürzlich durch einen neuen Lager-schuppen aus Eisenbeton für 70 000 t ergänzt wurde, wird das Gut durch einen Bandförderer (b) in einen Zwischenbehälter für 250 t (g) verfrachtet und gelangt über zwei weitere Bandförderer (b) zu Auslegern mit Förderbändern (c), die das Gut durch einen Schütt-Trichter (d) ins Schiff verladen. Die Schiffe liegen wegen plötzlicher Stürme draußen vor Anker. Die Leistungsfähigkeit betrug ursprünglich 550 t

in der Stunde und ist durch den letzten Ausbau auf 1000 t in der Stunde gesteigert worden. Die

<sup>19</sup> Bauing. 15 (1934), S. 248. — Dock and Harbour 17 (1936/37), S. 345. — WRH. 19 (1938), S. 7.

Bodenverhältnisse waren für die Gründung der Pfeiler günstig, da Sandstein und Korallengestein anstand, das etwa 30 cm mit Sand bedeckt war.

## 6. Marianen.

Die 14 vulkanischen Marianeninseln wurden im Jahre 1899 mit Ausnahme von Guam, das in amerikanischem Besitz blieb, von Deutschland gekauft. 1908 lebten dort 24 Deutsche. Es bestand eine viermalige Schiffsverbindung der Jaluit-Gesellschaft. Die Ausfuhr war 1913 noch gering.

### a) Saipan.

Auf der Insel Saipan, deren Länge etwa 23 km und deren Breite 8 km beträgt, befand sich eine Regierungsstation (Garapan). Im Gegensatz zur Ostseite ist die westliche Küste größtenteils riffrei (Abb. 50). 1913 lebten dort rund 2000 Eingeborene. Eine Straßenverbindung bestand zwischen Garapan, Tanapag und dem fruchtbaren NO der Insel. Garapan besaß schon vor dem Kriege eine Landungsbrücke für Boote. Die Garapan-Reede bietet während des Nordostpassats von Mitte Oktober bis Mai Ankergelegenheit, ist aber bei westlichem Monsun zum Ankern nicht geeignet (Abb. 50). Demgegenüber bot der Tanapag-Hafen, 5 km nördlich von Garapan kleineren Schiffen bis 5 m Tiefgang Schutz vor allen Winden. Der Hafen sollte kurz vor dem Kriege ausgebakt und nach einzelnen Steinen abgesucht werden, um ihn für Schiffe

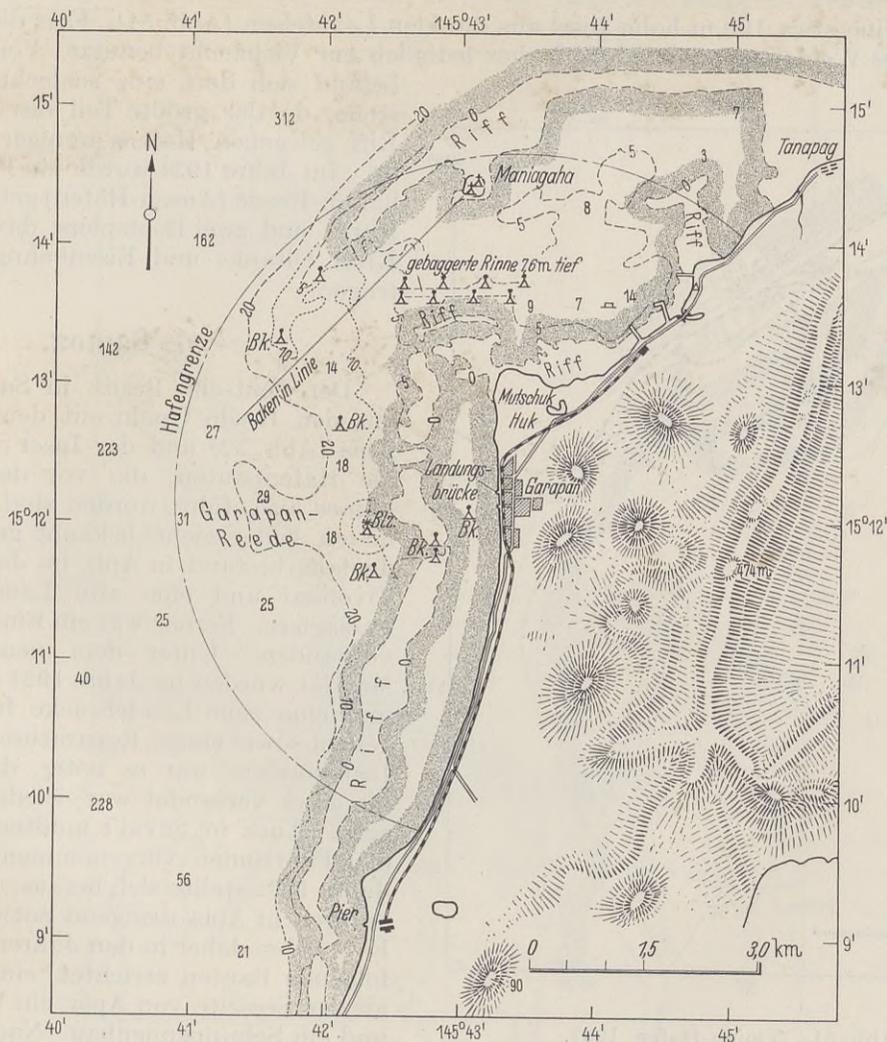


Abb. 50. Saipan-Hafen (Tanapag) 1937.

teils riffrei (Abb. 50). 1913 lebten dort rund 2000 Eingeborene. Eine Straßenverbindung bestand zwischen Garapan, Tanapag und dem fruchtbaren NO der Insel. Garapan besaß schon vor dem Kriege eine Landungsbrücke für Boote. Die Garapan-Reede bietet während des Nordostpassats von Mitte Oktober bis Mai Ankergelegenheit, ist aber bei westlichem Monsun zum Ankern nicht geeignet (Abb. 50). Demgegenüber bot der Tanapag-Hafen, 5 km nördlich von Garapan kleineren Schiffen bis 5 m Tiefgang Schutz vor allen Winden. Der Hafen sollte kurz vor dem Kriege ausgebakt und nach einzelnen Steinen abgesucht werden, um ihn für Schiffe

von 6 m Tiefgang zugänglich zu machen. Im Jahre 1926 wurde für den Betrag von 870000 Yen der Ausbau des Hafens von Tanapag in Angriff genommen mit dem Ziel, daß Schiffe von 3000 t bei Tageslicht jederzeit einlaufen sollten. 1927 waren 182000 Yen für Baggerung der Zufahrtstrinne auf 7,6 m Tiefe ausgegeben. Die Gesamtkosten beliefen sich 1930 bereits auf über 1000000 Yen. In den Jahren 1933—1935 wurde ein Pier für 3000 t-Schiffe gebaut. Insgesamt sind heute zwei Piers vorhanden, die bis zur 6 m-Linie reichen. Vor dem Kriege wurde auf Saipan viel Reis und Mais gepflanzt. Die Bedeutung der Insel liegt nach japanischer Ansicht auf industriellem Gebiet (Zuckeranbau und -verwertung). Die Kosten, die für den Hafenausbau ausgegeben worden sind, fielen jedoch der Mandatskommission des Völkerbundes auf, so daß im Jahre 1934 der japanische Vertreter aufgefordert wurde, Näheres über die Hafenarbeiten zu sagen, da die Ausgaben in keinem Verhältnis zu den wirtschaftlichen Verhältnissen stehen. Eine Antwort hierauf ist nicht bekannt geworden.

### b) Tinian.

Tinian ist eine etwa 100 m hohe Insel aus dunklen Lavafelsen (Abb. 51). Fast die ganze Insel ist wasserarmes Weideland und wurde früher lediglich zur Viehzucht benutzt. Vor dem Kriege befand sich dort eine schlechte Landungsstelle, da der größte Teil des hinter einem Riff gelegenen Hafens weniger als 6 m tief ist. Im Jahre 1931 wurde ein Pier bei Songhalum-Reede (Anson-Hafen) gebaut. Auf der Karte sind zwei Bootspiers, davon einer mit Kran, Öltanks und Eisenbahngleisen eingetragen.

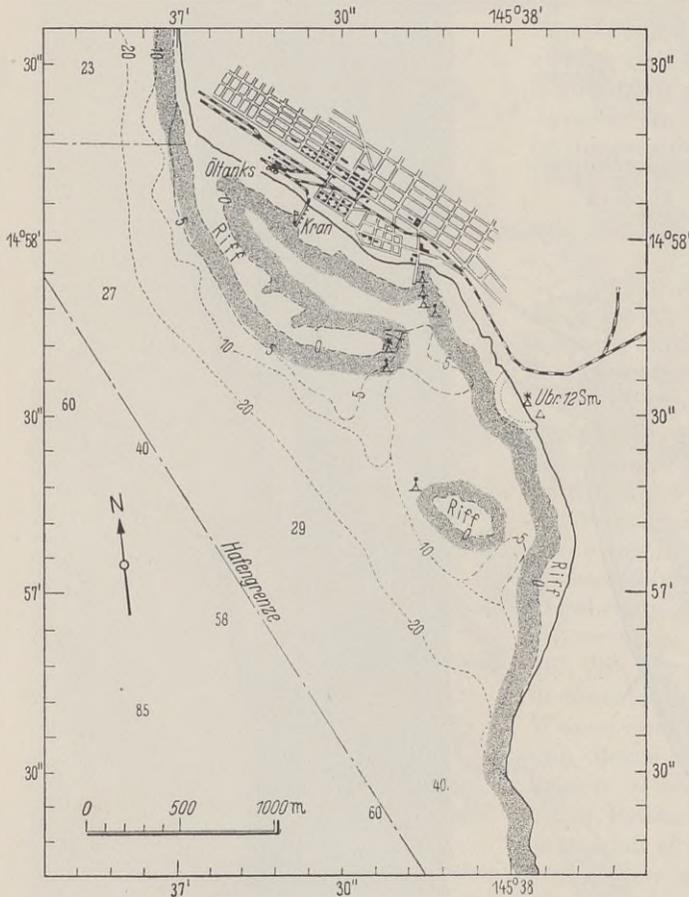


Abb. 51. Tinian-Hafen 1937.

worden war, entschloß man sich, im Jahre 1925 ihn zu verlegen und neu zu bauen. Diese Arbeiten waren im Jahre 1926 beendet. Der Kai wurde in Hartholz hergestellt. Gleichzeitig wurde mit dem Bau eines neuen Kais am Zollhaus begonnen, wo zunächst Schwierigkeiten wegen schlechten Bodens auftraten. Am Zollkai können jetzt sechs Küstenboote zugleich abgefertigt werden. Er ist ebenfalls aus australischem Hartholz hergestellt, wobei alle Pfähle durch Eisenbetonrohre geschützt sind. Im Jahre 1934 wurde auf dem Zollkai ein Bananenschuppen gebaut.

Da alle Wellen, die über ein weggesprengtes Riff in die Nähe des Tivolikais kommen, ihren einzigen Ausweg am Tivolikai haben, mußten Buhnen gebaut werden, um die Strömung von zwölf Knoten zu vermindern. Als Baustoff wurde Eisenbeton benutzt. Die Länge betrug 10 m.

### 7. Samoa.

Der deutsche Besitz in Samoa bestand aus den Inseln Upolu mit dem Haupthafen Apia (Abb. 52) und der Insel Savai'i. Über die Hafenbauten, die vor dem Kriege in Samoa ausgeführt worden sind, sind Einzelheiten leider nicht bekannt geworden. Jedenfalls bestand in Apia im Jahre 1920 der Tivolikai und eine alte Landebrücke für Passagiere. Ferner war ein Einfuhrschuppen vorhanden. Unter dem neuseeländischen Mandat wurden im Jahre 1921 ein Kühlhaus und eine neue Landebrücke für Passagiere gebaut sowie einige Reparaturen ausgeführt. Insbesondere war es nötig, die Fahrrinne, die stark versandet war, wieder frei zu baggern. Auch in Savai'i mußten Arbeiten an den Fahrrinnen vorgenommen werden. Im Jahre 1922 stellte sich heraus, daß neue Kaianlagen in Apia dringend notwendig waren. Es wurden daher in den Jahren 1924—1935 folgende Bauten errichtet: eine Stützmauer an der Seeseite von Apia, ein Wellenbrecher und ein Schuppenneubau. Nachdem der Tivolikai im Jahre 1924 noch einmal repariert

Zum Schutz des Hafens wurde ferner in den Jahren 1925—1927 ein Wellenbrecher gebaut, der eine Länge von etwa 300 m erhielt. Das Bauwerk wurde im Jahre 1935 um 100 m und 1936 um 140 m verlängert.

## E. Ost-Asien.

### 1. Allgemeines.

Der deutsche Besitz in Ostasien<sup>20</sup> erstreckte sich lediglich auf die Kiautschau-Bucht und zwar auf die nordöstliche Halbinsel an deren Einfahrt. Der Hafen Tsingtau ist von der Natur in ganz besonders starkem Maße begünstigt und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß er seinerzeit von den deutschen Hafenbaufachleuten für die Anlage eines ostasiatischen Stützpunktes ausgewählt wurde. Die Kiautschau-Bucht verengt sich gegenüber von Tsingtau zu einer 3 km breiten Einfahrt. Da der mittlere Tidenhub 2,60 m beträgt und die Oberfläche der Kiautschau-Bucht eine ziemlich erhebliche Ausdehnung besitzt, bildet die Bucht ein ausgezeichnetes Spülbecken für

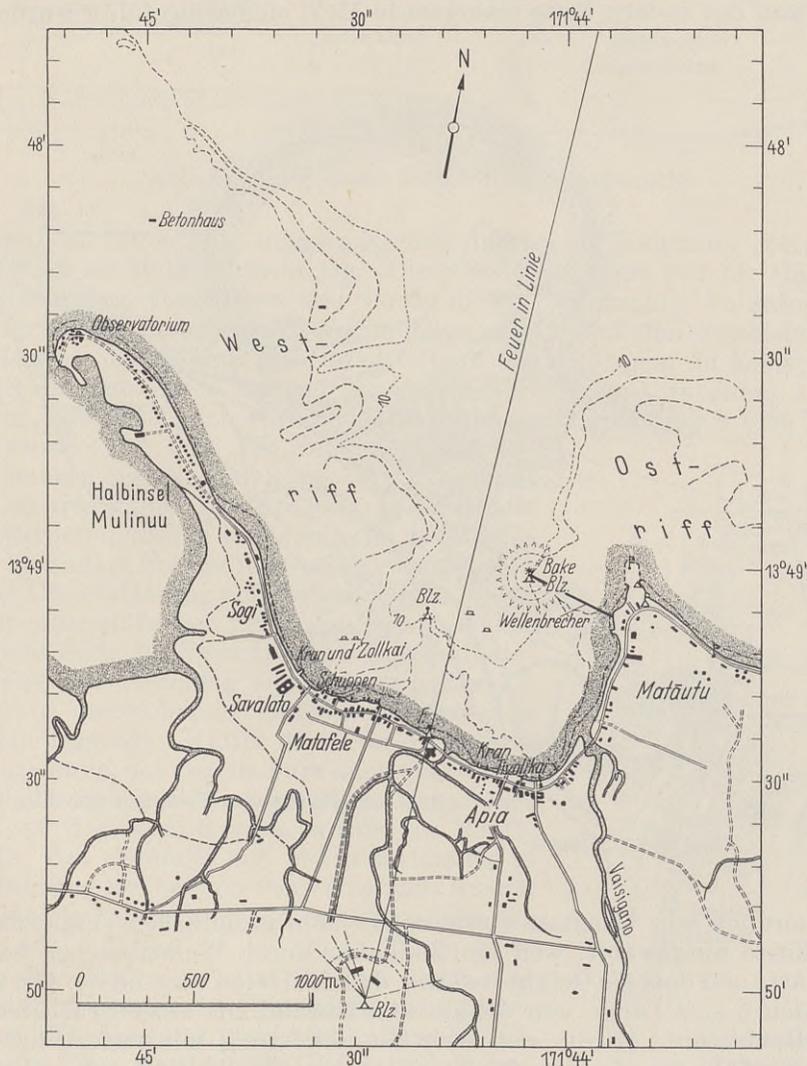


Abb. 52. Apia-Hafen 1937.

den Hafen. Der Tidestrom, der durch das Vorhandensein einer Rinne am Ostufer der Bucht besonders am Hafen Tsingtau vorbeigeführt wird, läßt keinerlei Versandung an dieser Stelle auftreten, während der nördliche und westliche Teil der Bucht aus flachem Watt besteht, das von den einzelnen Flußläufen mit Sinkstoffen aufgefüllt wird.

Die Winde wehen mit gleicher Häufigkeit im Winter von Norden und im Sommer von Süden. Andere Windrichtungen sind selten. Die durch die Winde hervorgerufene Dünung ist weniger

<sup>20</sup> Seehandb. f. d. Ostchinesische Meer, 1. Aufl., Berlin 1909, 2. Aufl., Berlin 1930, Nachtrag 1937.

gefährlich als die unmittelbare Wirkung der Winde auf den Schiffskörper. Die Einfahrt zur Bucht ist durch einige davor gelagerte Inseln geschützt. Der Untergrund besteht in 10—20 m Tiefe aus Fels, über dem Sand, Ton und Schlick gelagert sind. Der Fels wechselt in seiner Höhenlage. Der Ankergrund liegt meist in 10—20 m Tiefe und ist flächenmäßig unbegrenzt. Der Hafen hat durch die Shantung-Bahn Verbindung mit dem chinesischen Bahnnetz nach dem Norden und Süden.

## 2. Tsingtau.

Das Gebiet um Tsingtau<sup>21</sup> an der Einfahrt zur Kiautschau-Bucht wurde im Jahre 1897 von Deutschland in Besitz genommen. Es fand sich damals nur eine eiserne Landungsbrücke auf Schraubpfählen vor, die später von den deutschen Truppen verlängert wurde und noch im Jahre 1914 in Benutzung war. Ein eigentlicher Hafenverkehr bestand damals noch nicht. Zu Anfang des Jahrhunderts wurden die Ausbauarbeiten für den Hafen in Angriff genommen. Zunächst begann man, eine 240 ha große Fläche nördlich von Tsingtau durch eine halbkreisförmige Mole abzugrenzen, der von der andern Seite eine gerade Mole entgegengeführt wurde (Abb. 53). Die

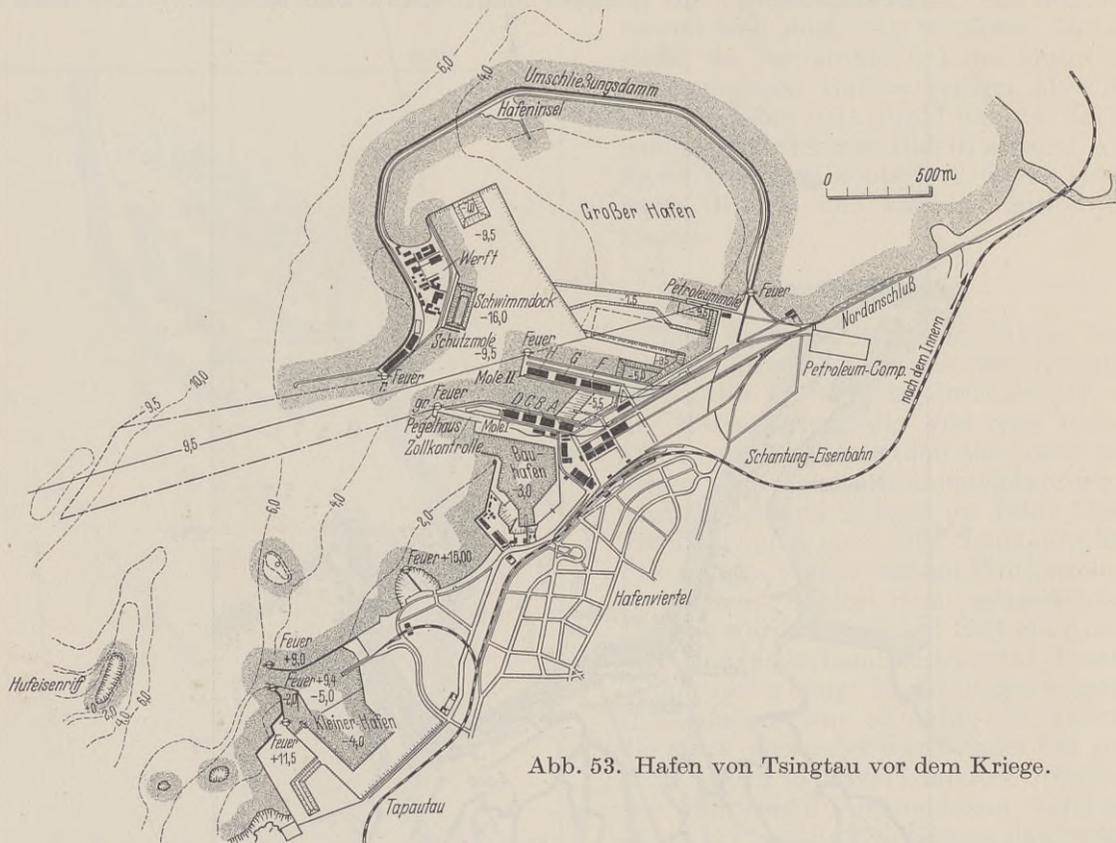


Abb. 53. Hafen von Tsingtau vor dem Kriege.

Lage des Hafens nördlich von Tsingtau wurde nach einem gründlichen Vergleich mit einem Entwurf für die Südküste ausgewählt, weil ein Südhafen durch Wellenbrecher bedeutend höhere Kosten erfordert hätte und dort die Gefahr bestand, daß der Hafen versandete. Der nördliche Hafendamm erhielt zunächst eine Länge von 5,4 km und bestand aus einer Bruchsteinschüttung mit Pflasterung zur Bucht hin, an die sich eine Sandschüttung mit natürlicher Böschung zum Hafen hin anschloß (Abb. 54). In der gleichen Weise wurde der 1,1 km lange Süddamm hergestellt. Die Einfahrtsöffnung lag gegen Südwesten, weil damals mangels genügender Windbeobachtungen die Ansicht herrschte, daß im Winter durch Westwinde in der Kiautschau-Bucht erhebliche Wellen erzeugt wurden. Auch die Lage der ersten Piers wurde auf westliche Winde abgestellt, was später zu Schwierigkeiten bei der Abfertigung der Dampfer geführt hat. Erst der im Jahre 1936 aufgestellte Ausbauplan für den Hafen trägt der vorherrschenden Nordsüdrichtung der Winde Rechnung, ohne daß der einmal begangene Fehler einer südwestlichen Einfahrt völlig

<sup>21</sup> The Engineer (London) 1913, S. 378. — Bökemann: Z. d. V. D. Arch. u. Ing.-Vereine 3 (1914) S. 192, 197, 209. — Penck: Sammlg. Meereskunde, Heft 12 u. 60, Berlin 1911 bzw. 1919. — Insbesondere Böttcher: Jb. hafentechn. Ges. 16 (1937) S. 191, wo eine ausführliche Beschreibung des Hafens zu finden ist.

auszumerzen gewesen wäre. Es stellte sich bereits nach einigen Jahren heraus, daß der nördliche Damm nicht ausreichte, um die dahinter liegenden Hafenbecken völlig zu schützen. Er wurde daher im Jahre 1914 um 400 m verlängert.

Der Hafen selbst wurde vor dem Kriege auf eine Tiefe von 9,50 m unter NNW ausgebaut, so daß Schiffe mit 8 m Tiefgang jederzeit am Kai festlegen konnten. Im Gegensatz zu den andern Kolonialhäfen war hier von vornherein kein Leichterverkehr vorgesehen. Für die Lage der Piers maßgebend war der Verlauf der Oberfläche des Felsbodens, da es zu kostspielig gewesen wäre, innerhalb des Hafens größere Sprengarbeiten vorzunehmen. Lediglich die Zufahrt zum Hafen ist gebaggert worden, bis der Anschluß an das Tsangkauer-Tief gefunden wurde. Man brauchte mit diesen Baggerungen nur Sand und Schlick zu entfernen. Die Piers erhielten ihre in Abb. 53 eingezeichnete Lage nach Nordwesten, und zwar wurden vor dem Kriege Pier I und II her-

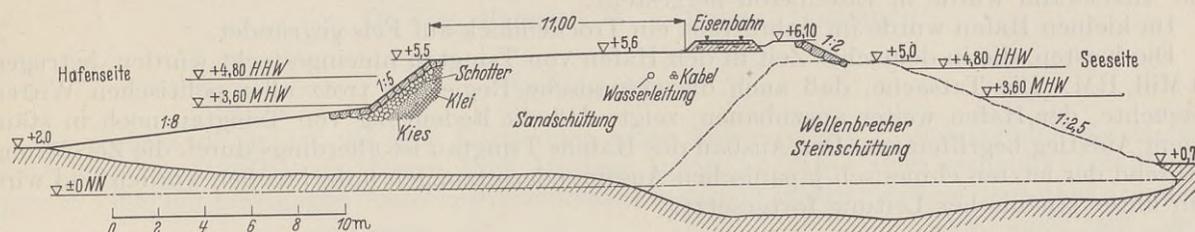


Abb. 54. Querschnitt der nördlichen Hafenmole.

gestellt. Der Pier I ist 720 m lang und im Norden durch eine Kaimauer gestützt, während die Südseite ursprünglich als Mole gebösch lag. Diese Seite des Piers war für eine spätere Abfertigung von Schnelldampfern vorgesehen und wurde dieser Bestimmung im Jahre 1936 zugeführt.

Die Stützmauern wurden nur in Ausnahmefällen massiv auf den Felsboden gegründet, weil meistens die Tiefenlage des Felsens eine unmittelbare Herabführung zu kostspielig werden ließ. Man wählte daher bei den ersten Bauten vor dem Kriege (Pier I) im Jahre 1905 eine hölzerne Pfahlrostgründung, die gegen den starken Bohrwurmangriff vorn durch eine Eisenbetonspundwand geschützt wurde (Abb. 55). Ein Nachteil in der Gestaltung der Kaimauern lag darin, daß wegen der vorderen 1 : 4 geneigten Schrägpfähle die Spundwand ebenfalls schräg gerammt werden mußte. Für das Anlegen der Schiffe wurden deshalb besondere Fender notwendig. Der Pier II erhielt die gleiche Uferbefestigung auf beiden Seiten. Beide Piers wurden mit einer einfachen Reihe von Schuppen besetzt. Die nördliche Seite des Piers II wurde mit Freiladegleisen belegt. Für den Umschlag von Öl wurde Pier IV mit 166 m Länge in ausreichender Entfernung von dem bestehenden Hafen angelegt. Hinter dem Pier IV befand sich das Industriegelände, das bereits kurz nach dem ersten Ausbau einen erheblichen Aufschwung nahm. Gegenüber den Piers am Kopf des Norddammes wurde ein Werftgelände aufgefüllt, das ebenfalls mit 960 m Kaimauer in der gleichen Ausführung wie bei den Piers eingefaßt wurde. Vor dem Werftgelände befand sich ein Schwimmdock für 16 000 t-Schiffe aus 5 Teilen zu je 125 m Länge. Die Dockgrube hatte eine Tiefe von 16 m und war durch eine massive Quermauer, die unter der Taucherglocke gegründet wurde, gegen den Seegang geschützt. Sowohl die Werft wie auch die Piers wurden mit Gleisanschluß versehen. Von der Shantung-Eisenbahn zweigte eine besondere Hafenbahn ab. Die Verteilung der Wagen geschah auf einem Hafenbahnhof im Osten. Außer dem großen Hafen wurde für die Bedürfnisse der Chinesenstadt ein kleiner Hafen von viereckigem Grundriß ausgebaut, der eine Wasserfläche von 26 ha umfaßte. Für die Herstellung der Hafenbauten entstand südlich von Pier I ein Bauhafen mit Bauhof, Tonnenhof und einer Landungsbrücke mit Kran.

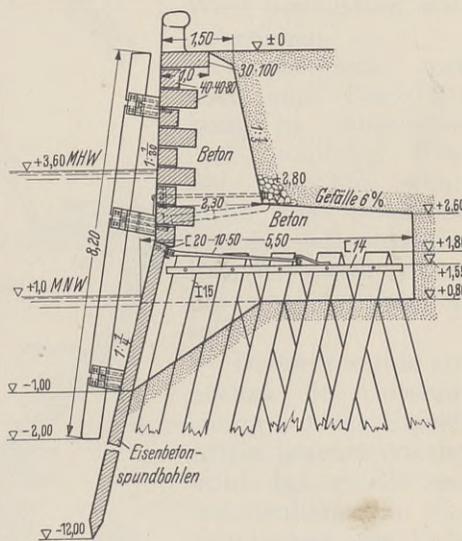


Abb. 55. Querschnitt der Pfahlrostkaimauer.

Während des Krieges wurde das Schwimmdock von den Japanern weggebracht. Die japanische Verwaltung dauerte von 1914 bis 1922. Aus jener Zeit stammen einige Hafenprojekte südlich der Stadt, die jedoch aus den bereits genannten Gründen nicht zur Ausführung gelangten. Die chinesische Regierung beschloß nach der Eingliederung Tsingtaus in China den Hafen vorwiegend

für Fahrgäste und Kohle weiter auszubauen, da die Verkehrsentwicklung sich außerordentlich günstig gestaltete und die Stadt sehr schnell aufblühte. Es wurde daher in den Jahren 1932 bis 1936 der Pier III gebaut<sup>22</sup>. Nachdem man sich im Jahre 1934 einen deutschen Hafenfachmann als Berater hatte kommen lassen, wurden die Entwürfe für die Zukunft so gestaltet, daß die Piers eine Nordsüd-Richtung erhalten sollen. Mit dem Ausbau dieser Piers ist jedoch vorläufig noch nicht begonnen worden. Das Gelände der ehemaligen deutschen Werft dient heute dem Kohlen- und Salzsäureschlag, der in Tsingtau eine große Rolle spielt.

Bei den Kaimauern für den Pier III konnte wegen günstigerer Lage des Felsens als bei den früheren Bauten eine Blockgründung verwendet werden. Bei der 1936 begonnenen Kaimauer am Pier I lag der Fels streckenweise zu tief, so daß nur teilweise eine Blockgründung ausgeführt werden konnte. Man rammte an dieser Stelle eine Stahlspundwand Profil V in Resista-Stahl. Die Ankerwand wurde in Eisenbeton hergestellt.

Im kleinen Hafen wurde im Jahre 1934 ein Trockendock auf Fels gegründet.

Die Kosten, die in deutscher Zeit in den Hafen von Tsingtau hineingesteckt wurden, betragen 30 Mill. R.M. Die Tatsache, daß auch die chinesische Regierung trotz aller politischen Wirren versuchte, den Hafen weiter auszubauen, zeigt, daß die Bedeutung von Tsingtau noch in ständigem Aufstieg begriffen ist. Der Ausbau des Hafens Tsingtau ist allerdings durch die Zerstörung während der letzten chinesisch-japanischen Auseinandersetzungen unterbrochen worden und wird nun unter japanischer Leitung fortgesetzt.

<sup>22</sup> Siehe auch Böttcher: a. a. O.

# Über die Gestaltung von Hafenbauwerken in Kolonialhäfen an der West- und Ostküste Afrikas.

Von Dr.-Ing. Heinrich W. V. Butzer, Dortmund.

## A. Vorwort.

Die vorliegende Arbeit, die ihre Entstehung einer Anregung des I. Vorsitzenden der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Herrn Prof. Dr.-Ing. Agatz, im Jahre 1936 verdankt, befaßt sich in erster Linie mit Leistungen deutscher Wasserbauer in den 30 Jahren einstiger deutscher Kolonial-

betätigung auf dem Gebiete des kolonialen Hafenbaues. Es erschien aber lehrreich, auch bemerkenswerte Ausführungen fremder Mächte, die über ältere Kolonialerfahrungen verfügen und die bei der Lösung ihrer Aufgaben zum Teil andere Wege beschritten, einzubeziehen.

Andererseits war aber eine Beschränkung in räumlicher und sachlicher Hinsicht geboten, wenn nicht die Übersicht verloren gehen und der Rahmen dieser Arbeit überschritten werden sollte.

Deshalb wurde zunächst die Untersuchung auf den Erdteil Afrika beschränkt, der wohl das größte zusammenhängende Kolonialgebiet der Erde darstellt und außerdem die wichtigsten deutschen Kolonialgebiete umfaßt. Es wurde außerdem die ganze Mittelmeerküste des afrikanischen Erdteils ausgeschlossen, da für sie andere geographische, physikalische und verkehrstechnische Voraussetzungen gel-

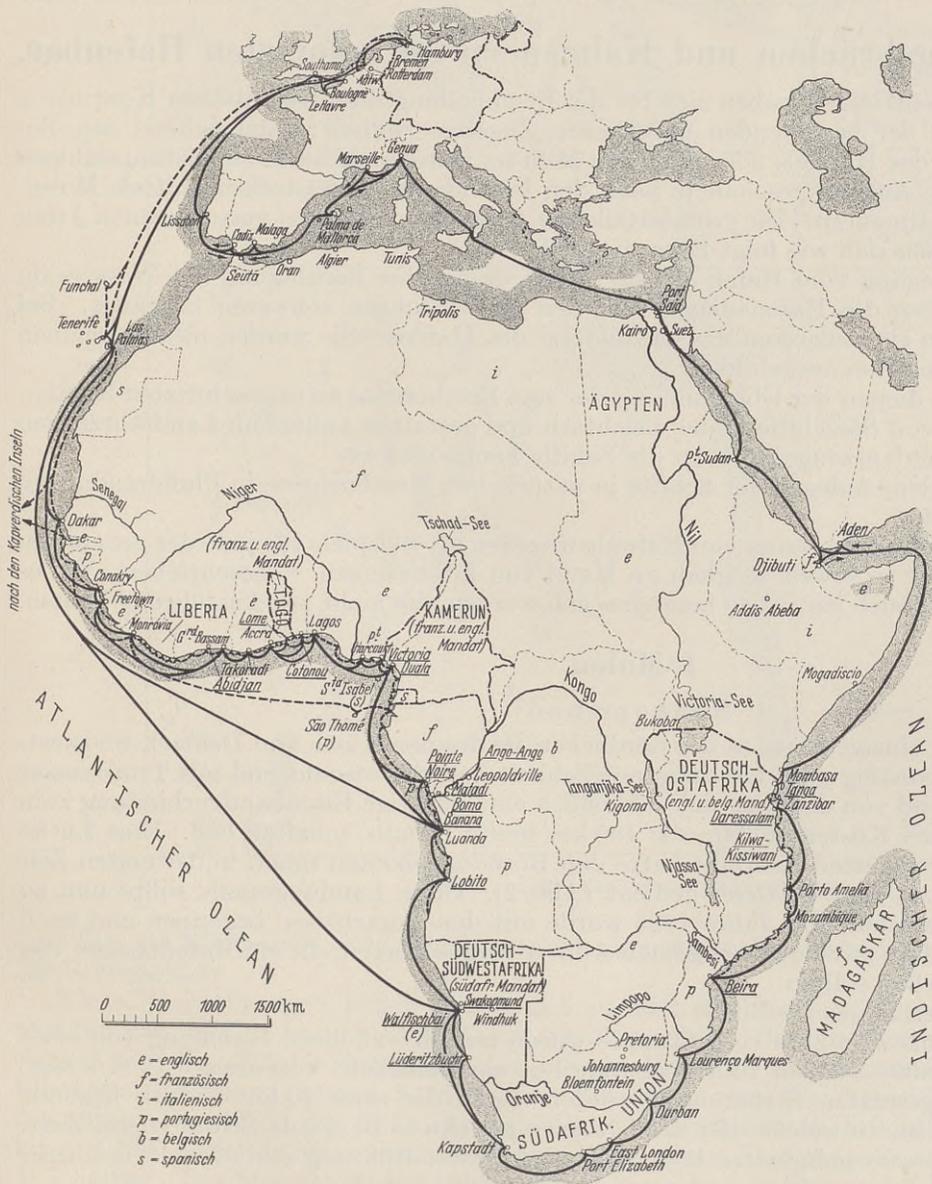


Abb. 1. Karte von Afrika.

ten. Schließlich blieb die Küste der Südafrikanischen Union außer Betracht, da dieser Staat nicht mehr den Charakter einer eigentlichen Kolonie trägt, was sich auch in seinen großzügigen Hafengebäuden ausdrückt.

In sachlicher Hinsicht beschränkte ich mich auf die wichtigsten Gruppen der Hafengebäuden, nämlich auf Molen, Landungsbrücken und Kaimauern.

So umfaßt die Arbeit also die wichtigsten Molen, Landungsbrücken und Kaimauern in den deutschen Kolonien Togo, Kamerun, Deutsch-Südwest-Afrika und Deutsch-Ost-Afrika und solche in englischen, französischen, italienischen, belgischen und portugiesischen Häfen an der West- und Ostküste Afrikas.

An dieser Stelle möchte ich nicht verfehlen, Herrn Prof. Dr.-Ing. Agatz und seinem ersten Assistenten, Herrn Dozenten Reg.-Baumeister a. D. Dr.-Ing. habil. E. Schultze meinen herzlichsten Dank für ihre wertvollen Anregungen sowie für die Unterstützung bei der Beschaffung der Unterlagen auszusprechen, zugleich auch für die große Freundlichkeit, diesen Beitrag im „Jahrbuch der Hafengebäutechnischen Gesellschaft“ zu veröffentlichen. Ferner danke ich dem Auswärtigen Amt, Abt. Pol. X, das mir gestattete, das gesamte umfangreiche Aktenmaterial der Kolonialbauabteilung, das im Reichsarchiv zu Potsdam aufbewahrt wird, einer Durchsicht zu unterziehen, und schließlich den deutschen Bauunternehmungen, die in unseren ehemaligen Kolonien gebaut haben, für ihre Bereitwilligkeit, mir die noch in ihren Archiven befindlichen Zeichnungen und Berichte zur Verfügung zu stellen.

## B. Molen, Landungsbrücken und Kaimauern im kolonialen Hafengebäudebau.

Die europäischen Kolonisatoren haben sich für die Erschließung des afrikanischen Kontinents im allgemeinen zunächst der bestehenden natürlichen Zugänge bedient; entsprechend den Bedürfnissen des Verkehrs, des Handels oder auch des Militärs wurden sie dann zu leistungsfähigen Häfen ausgebaut. Dieser Ausbau geschah je nach den besonderen Verhältnissen mittels Molen, Landungsbrücken oder Kaimauern. Die grundsätzlichen Aufgaben dieser drei verschiedenen Arten von Hafengebäuden lassen sich wie folgt kennzeichnen:

Molen halten den Seegang vom Hafen ab; sie führen damit eine Beruhigung des Wassers im Hafen herbei und schützen die Hafenanlagen vor den Einwirkungen schweren Seegangs. Bei richtiger Anlage verhüten sie außerdem die Versandung des Hafens. Sie werden im allgemeinen auch zum Anlegen von Schiffen ausgebildet.

Landungsbrücken dienen der Überwindung der sog. Brecherzone an ungeschützten Küsten. Sie dienen dem Anlegen von Seeschiffen oder Leichtern und gestatten außerdem Landfahrzeugen (Eisenbahnen oder Straßenfahrzeugen) bis an die Schiffe heranzufahren.

Kaimauern dienen dem Anlegen der Schiffe in natürlichen Meerbuchten, in Flußmündungen oder in geschützten Häfen.

Im folgenden werden nun eine Reihe von Hafengebäuden als Beispiele für jede der genannten drei Gruppen im einzelnen — soweit möglich an Hand von Zeichnungen — beschrieben. Wo es zweckmäßig erschien, sind auch Entwürfe herangezogen worden, die nicht zur Ausführung kamen.

### I. Molen.

#### 1. Swakopmund<sup>1</sup>.

Swakopmund war der einzige Platz in der nördlichen Hälfte der Küste von Deutsch-Südwest-Afrika, der eine verhältnismäßig gute Landungsmöglichkeit bot, der ausreichend mit Trinkwasser versorgt werden konnte und von dem aus sich schließlich eine günstige Eisenbahnverbindung zum Hinterland durch den öden Küstenstreifen, die 100 km breite Namib, schaffen ließ. Eine Lücke in der dem Festland vorgelagerten Riffreihe hatte den Brandungsbooten schon in der ersten Zeit der Besiedelung als Zugang zum Festland gedient (Abb. 2). Diese Landungsstelle sollte nun zu einem Hafen ausgebaut werden. Im Jahre 1895 wurde mit den Vorarbeiten begonnen und nach eingehenden Studien der Bau zweier Molen gemäß Abb. 3 vorgeschlagen, die ein Hafenbecken von etwa 1 ha Größe umschließen sollten.

Die Vorstudien ergaben folgendes Bild:

In einer Entfernung bis zu 500 m vom Strande wurde nur eine südliche Strömung von etwa 0,10—0,17 m/s und von 500—1000 m vom Festlande nur eine nördliche von etwa 0,19 m/s festgestellt. Diese entgegengesetzten Strömungen werden durch die etwa 20 km südlich liegende Pelikanspitze hervorgerufen, an welcher der nach Norden gerichtete Benguela-Strom vorbeifließt. Die geringen Strömungsgeschwindigkeiten ließen auf geringe Sandführung schließen. Unsicherer

<sup>1</sup> Vgl. Prof. Dr. Obst: Die südafrikanischen Seehäfen. Jb. hafengebäutechn. Ges., 16. Band, 1937, S. 67.

waren die Massen abzuschätzen, die der Swakop zur Regenzeit voraussichtlich dem Meere zuführen würde. Der Swakop, der etwa 1,5 km südlich des Hafengeländes ins Meer mündet, führt nur etwa 14 Tage im Jahre während der Regenzeit Wasser, sonst ist er trocken. In der Sprache der Deutsch-Südwest-Afrikaner bezeichnet man diese zeitlich so eng begrenzte Wasserführung als das „Abkommen“ des Flusses. Nach Aussagen und Beobachtungen waren die bei dem Abkommen angespülten Sandmassen nie so groß gewesen, daß eine Verlagerung des Strandes seewärts festgestellt worden wäre. Weiter wurde beobachtet, daß die Dünung stets aus südwestlicher Richtung kam

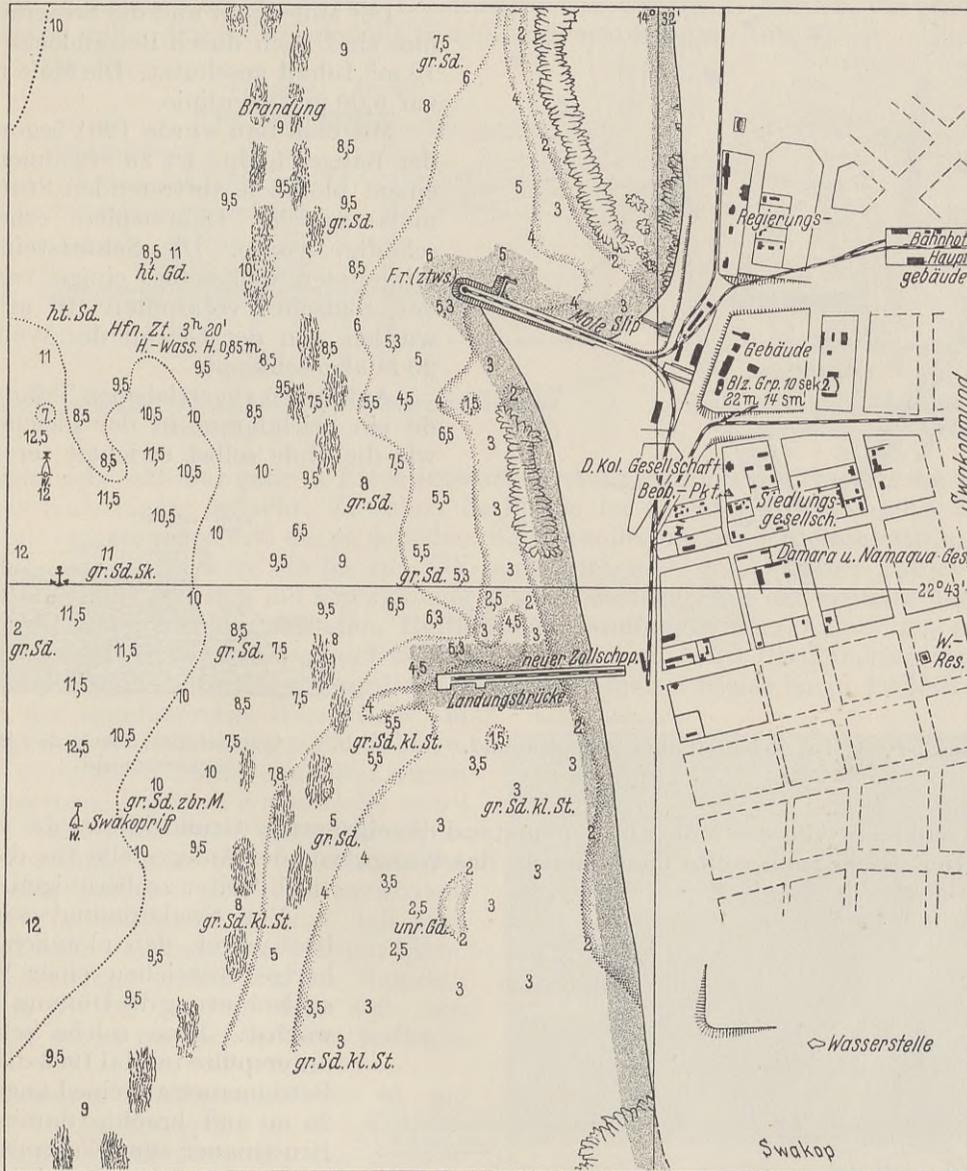


Abb. 2. Lageplan von Swakopmund.

und daß die Winde aus Nord und West fast nie größere Geschwindigkeiten als 5 der Beaufort-Skala erreichten.

Diese Beobachtungen ließen den Schluß zu, daß eine Mole an dieser Stelle einen geeigneten und für längere Zeit brauchbaren Hafen schaffen würde. So entschloß man sich dazu, zunächst einmal nur die südliche Mole zu bauen, obwohl Molen an ungeschützter Küste mit einer sandführenden Strömung immer einen starken Eingriff in den Gleichgewichtszustand des Strandes bedeuten. Da sich in der Nähe ein ergiebiger Granitsteinbruch befand, wurde der Molenkörper bis zur NW-Linie als Steinschüttung ausgebildet, deren Böschung seeseitig 1: 1,5 und landseitig 1: 1 betrug. Die Steinschüttung ruht auf dem gewachsenen Felsen des Untergrundes. Oberhalb der NW-Linie wurde seeseitig eine senkrechte Mauer aufgesetzt, an welcher die Kraft der Wellen

gebrochen und so ein heftiges Überschlagen verhindert werden sollte. Dem letzteren Zwecke diente außerdem eine auf der Seeseite errichtete Brustmauer aus Bruchsteinmauerwerk von 1,70 m Höhe und 1,50 m Stärke. Die Dammkrone auf 3,30 m über NW ist mit etwa 0,50 m großen Bruchsteinen in Zementmörtel abgeplästert.

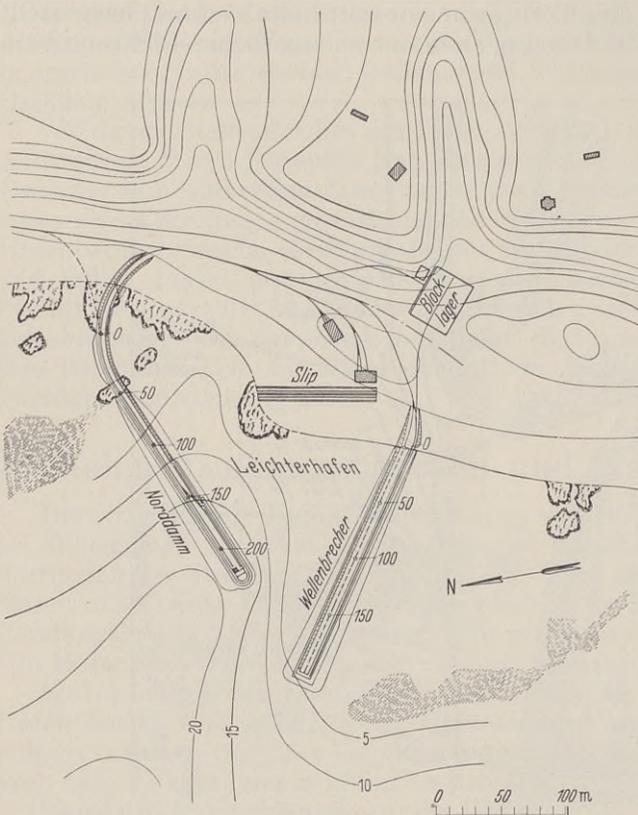


Abb. 3. Entwurf für den Leichterhafen Swakopmund.

Die Abb. 4 stellt einen Querschnitt durch den als Anlegestelle mit senkrechter hafenseitiger Wand ausgebildeten Teil der Mole dar.

Der Molenkopf und die Seeseite des Dammes sind noch durch Betonblöcke von etwa  $10 \text{ m}^3$  Inhalt geschützt. Die Mole reichte bis zur 6,00 m-Tiefenlinie.

Mit dem Bau wurde 1901 begonnen. Aus der Baugeschichte ist zu erwähnen, daß bei einem plötzlich auftretenden Sturm die damals erreichte Dammspitze erheblich beschädigt wurde. Die Schüttsteine wurden mitgerissen und selbst einige von den auf der Südseite verkippten  $10 \text{ m}^3$  Blöcken wurden von der Gewalt der Wellen bis zu 20 m abgeschleppt.

Auf diesen abgetriebenen Trümmern wurde ein Stichdamm in der gleichen Bauart wie die Mole selbst errichtet; er zweigt bei

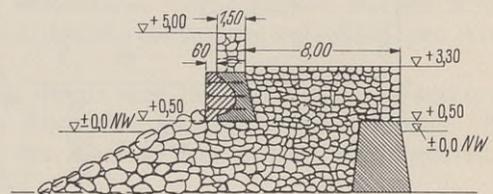


Abb. 4. Querschnitt durch die Mole in Swakopmund.

Punkt 300 senkrecht von der Mole ab. So entstand die eigenartige Grundrißform des Bauwerkes (Abb. 5). Der Stichdamm sollte dazu dienen, das Wasser vor der Anlegestelle für die Leichter noch weiter zu beruhigen.

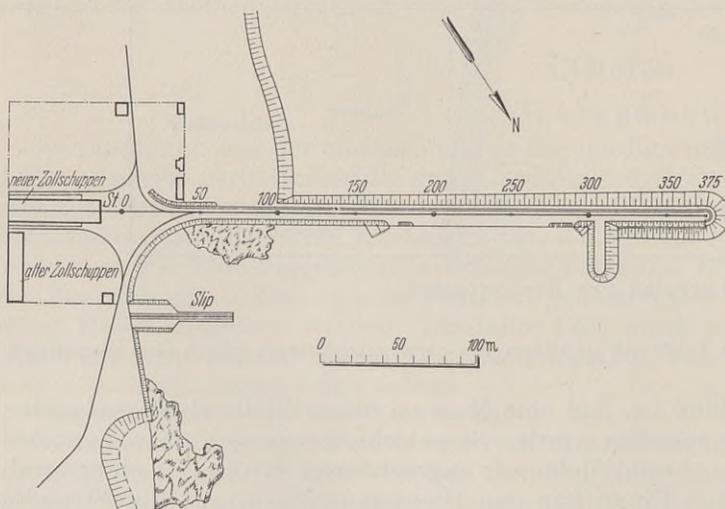


Abb. 5. Grundriß der fertigen Mole Swakopmund

Vor Swakopmund wird häufig beobachtet, daß plötzlich ohne vorherige Anzeichen einer Wetterverschlechterung die Dünung bedenklich wächst. Eine solche schwere See unterspülte im Mai 1903 die seeseitige Betonmauer auf eine Länge von etwa 25 m und brachte damit auch die Brustmauer zum Einsturz.

In den folgenden Jahren stellte sich heraus, daß doch eine beträchtliche Versandung der Mole stattfand. In Erscheinung trat sie zum ersten Male nach einem ungewöhnlich starken Abkommen des Swakop im Winter 1903—1904. Vom Molenkopf legte sich eine Barre zum Ufer nördlich der Mole und erhob sich bis knapp unter den Wasserspiegel, so daß das Hafenbecken bei NW fast unzugänglich wurde.

Die fortschreitende Versandung des Hafens machte eine durchgreifende Verbesserung notwendig. Hierfür wurden verschiedene Vorschläge ausgearbeitet; die meisten sahen eine

Verlängerung der Mole vor, und zwar mindestens bis zur 9 m-Tiefenlinie. Dabei ging man von der Annahme aus, daß bei dieser Wassertiefe vor dem Molenkopf der mitgeführte Sand nach dem tieferen Wasser abwandern werde. Es wurde vorgeschlagen, die Bauweise der alten Mole grundsätzlich beizubehalten, jedoch die nutzbare Kronenbreite um 3 m auf 11 m zu vergrößern.

Nach den Erfahrungen an der ersten Mole sollte die an der Seeseite aufgesetzte senkrechte Mauer wegfallen und die Böschung 1: 2 bis zur Dammkrone durchgeführt werden; die Böschung sollte außerdem durch Betonblöcke von 10 m<sup>3</sup> Inhalt abgedeckt werden.

Eine von dieser Konstruktion wesentlich verschiedene Lösung schlug Oberbaudirektor Kummer vor. Danach sollte die Mole durch eine Landungsbrücke verlängert werden, die jedoch so ausgebildet werden sollte, daß sie zugleich als Sandfang dienen konnte (Abb. 6).

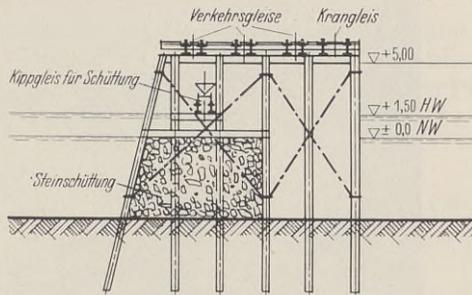


Abb. 6. Querschnitt durch die sandfangende Brücke. Vorschlag Kummer.



Abb. 7. NW-Linie vor und nach Verlängerung der Mole.

Die Landungsbrücke war ganz in Eisen entworfen. Auf geramten I-Trägern war ein eiserner Überbau aus Walzträgern gedacht. Zwischen die Pfähle der 1. und 4. Reihe von der Seeseite her sollten Wände eingeschoben und der so gebildete Kasten sollte mit einer Steinschüttung ausgefüllt werden. Auf diese Weise wäre ein bis zur NW-Linie reichender geschlossener Damm geschaffen worden. Kummer dachte sich die Entwicklung folgendermaßen: Auf der Seeseite und am Kopf der Landungsbrücke würde unter dem Einfluß des Sandfanges eine Anlandung stattfinden. Sobald die Wassertiefe am Brückenkopf nur noch 5 m betrage, sollte die Landungsbrücke in der gleichen Bauart seewärts verlängert werden. Dieses Verfahren sollte so lange wiederholt werden, bis infolge der zunehmenden Wassertiefe am Brückenkopf dort schließlich keine Sandablagerung mehr eintrete. Kummer erwartete diesen Beharrungszustand bei 20 m Wassertiefe, wobei sich die NW-Linie nach Abb. 7 einstellen würde.

Dieser Vorschlag hätte den unbestreitbaren Vorzug gehabt, daß man sich schrittweise dem endgültigen Zustand genähert und daß man aus der laufenden Beobachtung erfahren hätte, bis zu welcher Tiefe schließlich das Bauwerk vorgetrieben werden mußte, ohne daß man diesen Punkt schon im voraus hätte festlegen müssen.

Den jährlichen Baukostenaufwand für die schrittweise Verlängerung der Landungsbrücke schätzte Kummer auf 50 000 M, die gesamte Bauzeit auf zehn Jahre.

Diese lange Bauzeit scheint die maßgebenden Stellen im Reichskolonialamt trotz der geringen jährlichen Baukosten davon abgehalten zu haben, den Vorschlag Kummer durchzuführen. Aber auch keiner der anderen Vorschläge wurde in die Tat umgesetzt. Die Mole und der Hafen versandeten, so daß schließlich unter dem Druck der unabwendbaren Bedürfnisse infolge der Eingeborenenaufrstände die auf S. 207 beschriebene hölzerne Landungsbrücke 500 m südlich errichtet wurde.

Fragt man nun nach den Gründen für das Mißlingen des ersten Molenbaus in Swakopmund, so sind zwei wichtige Punkte festgehalten:

Zunächst hatte man die Sandmengen unterschätzt, die längs der Küste fortbewegt werden. Bekanntlich werden die Sandkörner durch eine schräg auf den Strand auflaufende Welle in der Wellenrichtung strandaufwärts getragen, rollen dann senkrecht zum Strand wieder ab und dann beginnt das Spiel von vorne. So entsteht eine sägezahnförmige Wanderung des Sandes längs der



Abb. 8. Verfüllung der Mole in Victoria.

Küste, die sich vor Swakopmund von Süden nach Norden vollzog, bis der Sand sich an der Mole abgelagerte. Man hatte wohl seinerzeit Wasserproben entnommen; da man darin nur Spuren von Sand fand, hatte man daraus geschlossen, daß die Sandführung nur eine geringfügige sei. Durch diesen Versuch werden eben die Sandmengen nicht erfaßt, die in der eben beschriebenen Weise längs des Strandes wandern.

Die zweite Unsicherheit in der Beurteilung der Versandungsgefahr lag in der Abschätzung jener Mengen, die bei einem Abkommen des Swakop dem Meere zugeführt werden. Vor der

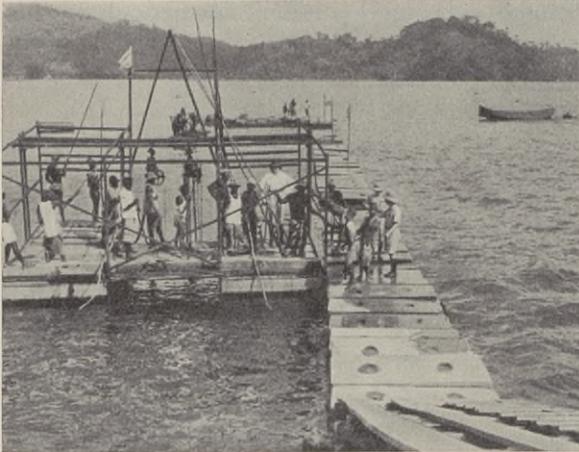


Abb. 9. Schwimmgerüst zum Versetzen der Blöcke.

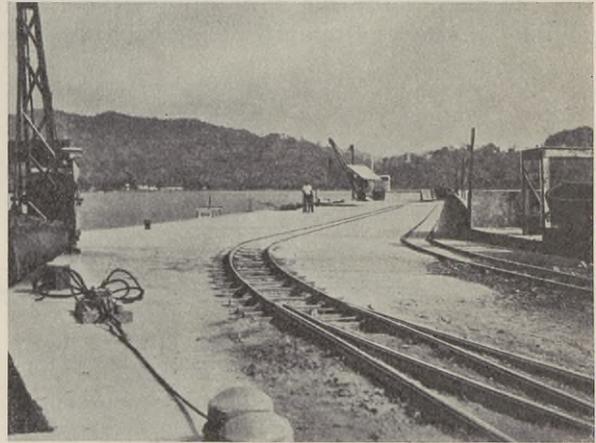


Abb. 10. Betriebsgleis auf der Mole.

Mündung des Swakop liegt in der Trockenzeit eine Barre von etwa 120 m Länge und 50 m Breite. Sie ragt etwa 5 m über NW und enthält somit etwa 15000 m<sup>3</sup> Massen. Diese Barre entsteht dadurch, daß am Ende der Regenzeit beim allmählichen Versiegen des Flusses seine Schleppkraft abnimmt, so daß sich die zuletzt mitgeführten Bodenmassen unmittelbar vor der Mündung ablagern. Beim nächsten Abkommen des Flusses prallt dann die plötzlich auftretende Flutwelle, die Geschwindigkeiten von 3—4 m/s erreicht, auf diese Barre und reißt sie mit sich ins Meer. Dazu kommen dann jene Bodenmassen, die der Fluß während der Zeit seines Abkommens aus dem Inland heranträgt.

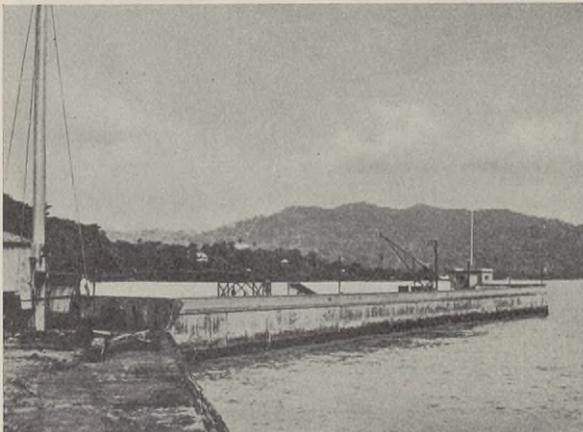


Abb. 11. Fertige Mole.

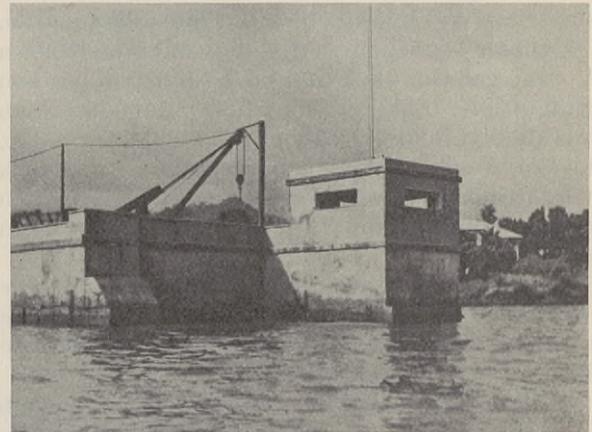


Abb. 12. Molenkopf.

Jedenfalls waren diese Massen im Verein mit der stetigen Sandbewegung längs der Küste so groß, daß die 375 m lange Mole innerhalb von sieben Jahren vollkommen zugespült war, d. h. daß sich der Strand bis zum Molenkopf vorgeschoben hatte.

## 2. Victoria.

In den Jahren 1934—36 wurde in Victoria, im britischen Mandatsteil von Kamerun, eine Anlegemole errichtet, die zwar nur knapp 100 m lang ist und nur Leichtern das Anlegen gestattet. Sie ist aber bemerkenswert, weil sie mit einfachen Mitteln hergestellt wurde.

Zeichnungen dieses Bauwerkes sind leider nicht vorhanden. Wie aber die Lichtbilder zeigen, handelt es sich um eine Mauer mit senkrechten Wänden.

Aus einzelnen Betonblöcken von etwa  $1 \text{ m}^3$  Inhalt sind die Außenwände und eine Reihe von Querwänden errichtet (Abb. 8). Die so entstandenen Zellen wurden dann mit Gestein ausgefüllt und das Ganze durch eine massive Betonplatte abgedeckt.

Die Blöcke wurden am Strand mittels eines 150 l-Jägermischers betoniert, nach dem Erhärten mittels durchgesteckter Achsen mit Rädern zum Wasser gerollt, dort mittels zwei Flaschenzügen auf einem einfachen schwimmenden Krangerüst aufgehängt und an der Einbaustelle wieder abgelassen (Abb. 9).

Abb. 10 zeigt die Betriebsgleise auf der Mole, Abb. 11 das fertige Bauwerk und Abb. 12 den Molenkopf.

Die Mole ist nach den Entwürfen des örtlichen Ingenieurs der Westafrikanischen Pflanzungsgesellschaft „Victoria“, Bota, und seines Maschinenmeisters Eckle mit den primitivsten Mitteln erbaut worden und kostete nach Mitteilungen der Pflanzungsgesellschaft nur rund 80 000 M. Außer dem Zement stammten alle Baustoffe aus der Nähe der Baustelle. Die Arbeit wurde ausschließlich mit Schwarzen, die sich bewährten, erstellt.

### 3. Pointe-Noire.

Als Beispiel einer neueren Mole sei die in Pointe-Noire in Französisch-Äquatorial-Afrika von 1931 bis 1934 erbaute beschrieben.

Pointe-Noire besaß bereits eine Landungsbrücke in einer geschützten Bucht. Westlich davon sollte ein durch Molen geschützter Seehafen im tiefen Wasser angelegt werden.

Sorgfältige Beobachtungen während fast zwei Jahrzehnten hatten gelehrt, daß der Sand an der Südküste entlang bis zur Landspitze (Pointe-Noire) wanderte, dort unter dem Einfluß der Dünung nach Osten umschwenkte und sich in der Bucht absetzte, in der die genannte Landungsbrücke lag.

Es war nun beabsichtigt, die Landungsbrücke durch eine bis zur Tiefe  $-4 \text{ m}$  reichende Mole gegen Versandung zu schützen und zugleich zwischen ihr und der Landungsbrücke einen Schutzhafen für die beim Bau des eigentlichen Hafens benötigten schwimmenden Bau-

geräte zu schaffen (Abb. 13). Da die beobachtete Sandmenge ziemlich gering war, hoffte man, keine empfindlichen Veränderungen am Strande herbeizuführen, wenn man sechs Monate vor dem Baubeginn der großen Mole die kleine Schutzmole zu bauen begann. Nach sechs Monaten sollte dann die große Mole sich allmählich von der Pointe-Noire nach dem tiefen Wasser vorschieben und damit den Sand in größere Tiefen ablenken.

Im Oktober 1931 wurde mit dem Bau der Schutzmole begonnen; aber aus den sechs Monaten, nach denen die große Mole folgen sollte, wurden nahezu drei Jahre, während welcher die kurze Schutzmole allein den Sandwanderungen ein Hindernis in den Weg legte. Zunächst lagerte sich der Sand an der Westseite der Mole ab, erreichte aber nach etwa einem Jahre die Bauspitze und nun hielt das Fortschreiten der Ablagerungen Schritt mit dem täglichen Baufortschritt, obwohl täglich  $2,5\text{--}3 \text{ m}$  Mole vorgebaut wurden. Die Sandmassen drohten auch in den Hafen einzudringen und ihn damit außer Benutzung zu setzen. Messungen im zweiten Baujahr wiesen täglich Ablagerungen von  $500\text{--}600 \text{ m}^3$  Sand im Hafen nach. Zunächst versuchte man der drohenden Versandung des Schutzhafens dadurch zu begegnen, daß man die im Bau befindliche Mole wieder um  $50 \text{ m}$  verkürzte. Man hoffte, daß sich dadurch eine Gleichgewichtsfläche herausbilden würde, auf welcher ebensoviel Sand abwanderte als zuwanderte. Das Ergebnis der Kürzung war aber, daß sich diese Gleichgewichtsfläche vor dem Kopf der alten Landungsbrücke zu bilden schien. Um die Landungsbrücke während der Bauzeit des großen Hafens zugänglich zu erhalten, mußte man sich 1934 zu dem äußersten Mittel entschließen, dauernd einen Schwimmbagger mit  $3000 \text{ m}^3$  Tagesleistung einzusetzen.

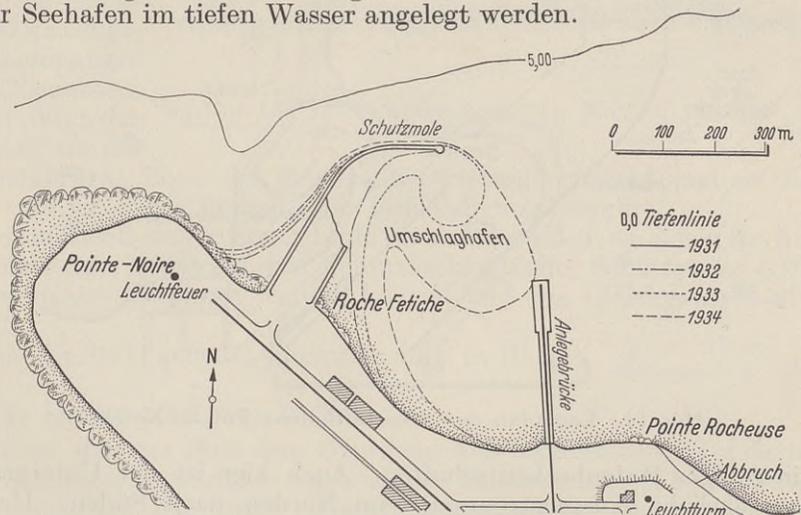


Abb. 13. Lageplan des Umschlaghafens Pointe Noire.

Inzwischen sind nun auch die Bauten für den großen Hafen begonnen worden (Abb. 14) und soviel sich bis jetzt sagen läßt, scheint die Versandung des Schutzhafens mit dem Vordringen der neuen Mole in tieferes Wasser nachzulassen.

Sowohl die kleine Mole am Schutzhafen als auch die Molen für den Seehafen sind als geböschte Steindämme ausgebildet. Auch bei der endgültigen Mole hielt man die größte Wassertiefe von 13 m nicht für ausreichend, um bei der festgestellten Wellenhöhe von 4 m mit Erfolg eine senkrechte Mauer anwenden zu können.

Über die Zweckmäßigkeit der gewählten Bauart sowie der Anordnung der Molen liegt noch kein Urteil vor; es ist jedoch anzunehmen, daß die Erwartungen auch nicht getäuscht werden, da die Vorbereitungen mit großer Sorgfalt getroffen worden waren.

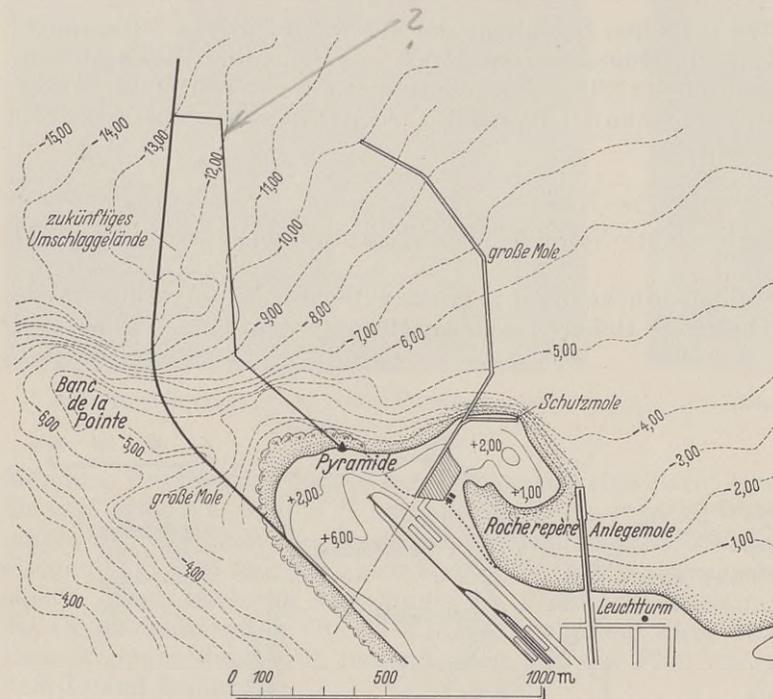


Abb. 14. Lageplan des Seeschiffhafens Pointe Noire.

Im übrigen ist diese Anlage noch insofern besonders interessant, als die Verhältnisse des kleinen Schutzhafens von Pointe Noire im kleinen Maßstab als Modell in der Wasserbauversuchsanstalt von Delft (Holland) genau nachgebildet wurden, um daran Vorversuche für den Ausbau des französischen Kolonialhafens Abidjan anzustellen. Hierüber ist in dem Bericht des XVI. Internationalen Schifffahrtkongresses Brüssel 1935 (zur 1. Frage der 2. Abteilung Seeschifffahrt) eingehender berichtet.

#### 4. Mogadiscio.

Die nachstehend beschriebene Mole, die von italienischen Ingenieuren 1930—35 in Italienisch-Somaliland gebaut wurde, unterscheidet sich wesentlich von den bisher genannten Molen. Diese Mole von 1350 m Länge soll an der gegen den Nordostmonsun ungeschützten Küste

ein ruhiges Hafenbecken schaffen. Auch hier ist der Untergrund sandig und es herrscht eine beträchtliche Küstenströmung von Norden nach Süden. Um diese sandführende Strömung nicht zu stören, sind die ersten 350 m als Jochbrücke mit je 7,00 m Spannweite und einem Überbau aus Walzprofilen, die mit Beton umkleidet sind, ausgebildet. Jedes Joch besteht aus zwei Eisenbetonzylindern von 1,03 m Dmr., die 8,00 m Achsabstand haben und durch einen Eisenbetonbalken miteinander verbunden sind. An diese Brücke schließt sich der zweite Teil von 400 m Länge an, der eine durchbrochene Mole darstellt. Sie besteht ebenfalls aus Eisenbetonzylindern, die durch einen Eisenbetonüberbau miteinander verbunden sind. Zwischen diesen Pfeilern sind nur Lücken von 27 cm lichter Weite offengelassen, so daß das Wasser zwar ungehindert in das Hafenbecken eintreten kann, aber die Wasserfläche nicht mehr beunruhigt. Nur der letzte Teil der Mole seewärts mit 600 m Länge ist eine geschlossene Mauer. Sie besteht aus Schwimmkästen von  $7,40 \times 4,00 \times 4,00$  m, die auf einen Unterbau aus versenkten Betonsäcken abgesetzt und mit Beton ausgefüllt wurden.

Leider stehen keine Zeichnungen über diese interessante Ausführung zur Verfügung. Auch liegen noch keine Berichte darüber vor, wie sich die gewählte Konstruktion der teilweise aufgelösten Mole bewährt hat und ob Veränderungen in der Sandbewegung beobachtet wurden.

#### 5. Bukoba.

Schließlich sei hier noch eine Mole erwähnt, die allerdings nicht an einer der afrikanischen Meerküsten, sondern an einem der großen Binnenseen, dem Victoriasee, errichtet ist, die aber doch, wie die Abb. 15 zeigt, große Ähnlichkeit mit den Molen der Seehäfen hat.

Bukoba liegt am Westufer des Victoriasees in dem ehemaligen Deutsch-Ost-Afrika. Um zu vermeiden, daß der ganze Warenverkehr aus dem deutschen Hinterland des Sees nach der englischen Uganda-Bahn gezogen würde, wurde in Bukoba eine leistungsfähige Umschlagstelle für

die Schifffahrt des Victoriasees gebaut. Auf dem See, der etwa 350 km im Geviert mißt, können schon derartige Wellen auftreten, daß der Bau einer Hafenmole mit Anlegestelle auf der geschützten Seite geboten erschien. Die Mole besteht aus einem 190 m langen Steindamm, dessen hafenseitige Böschung eine Neigung 1:1,5 und dessen seeseitige eine solche von 1:2 hat. Zum Anlegen der Seedampfer dient eine 48 m lange Brücke, die seeseitig auf drei Reihen eiserner Pfähle von 20 cm Dmr. ruht, während das im Damm befindliche Fundament für Brückenaufleger und Schuppen auf vier Reihen eiserner Pfähle steht. Die Brücke ist mit einem einfachen Überbau aus Normalprofilen und Bohlenbelag versehen.

## II. Landungsbrücken.

Schon in der Frühzeit der Kolonisation an der Westküste Afrikas wurde die Landungsbrücke zum bevorzugten Mittler des Verkehrs vom Leichter zum Festland. In der Regel spielte sich der Umschlag ankommender Güter vom Seeschiff zum Festland mit Hilfe von Leichtern ab. Selbst wenn die Wassertiefe am Kopf der Landungsbrücke für größere Seeschiffe ausreichend ist, so bleiben sie doch auf der offenen Reede liegen, da die Landungsbrücken zu leicht gebaut sind, um schweren Schiffskörpern standzuhalten und da umgekehrt das Schiff bei starkem Seegang durch die Landungsbrücke gefährdet werden könnte. Deshalb werden die Güter zunächst vom Seeschiff auf die Leichter umgeschlagen, die sie bis an die Landungsbrücke bringen. Hier findet ein nochmaliger Umschlag auf die Landfahrzeuge (Eisenbahn oder Straßenfahrzeuge) statt. Der Wert der Landungsbrücke besteht darin, daß sie die für Wasserfahrzeuge besonders gefährliche Zone des Brandungsgürtels überbrückt und so die Güter auf dem Wege vom Schiff zum Land vor Verlust oder Beschädigung bewahrt.

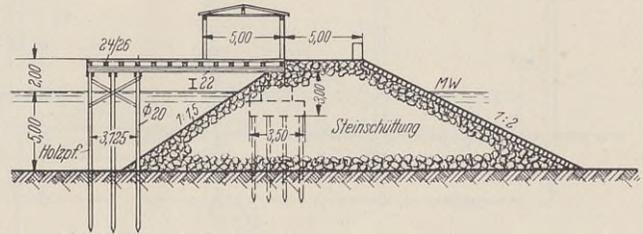


Abb. 15. Querschnitt durch die Mole in Bukoba.

Der Bau einer Landungsbrücke empfiehlt sich in erster Linie für Anlegestellen, an denen die für eine Mole in großen Mengen erforderlichen Baustoffe, wie Betonzuschlagstoffe, Schüttsteine oder Bruchsteine nicht in unmittelbarer Nähe gewonnen werden können und das Gleichgewicht des Strandes nicht gestört werden soll.

Die Landungsbrücken sind meist in Stahl gebaut, vereinzelt auch in Holz.

### a) Landungsbrücken in Holz.

Infolge des geringen Widerstandes, den das Holz dem Seewasser und insbesondere dem darin lebenden Bohrwurm entgegenzusetzen vermag, wurde es sonst nur als Hilfsbaustoff, d. h. bei Bauwerken benutzt, denen von vornherein nur eine kurze Lebensdauer zugemessen war. Von den Angriffen, denen das Holz in tropischen Gewässern ausgesetzt ist, kann man sich am besten einen Begriff machen, wenn man erfährt, daß ein hölzerner Steg, der 1900 in Lome etwa 120 m ins Meer vorgebaut worden war, um von ihm aus Bodenuntersuchungen und Peilungen für eine neue Brücke vorzunehmen, innerhalb eines halben Jahres durch den Bohrwurm zerstört wurde. Die Zerstörung war so vollständig, daß man nur noch kleine Reste des Holzes für Untersuchungszwecke retten konnte.

Der Bohrwurm, der allerdings nicht nur in den tropischen Gewässern vorkommt, bevorzugt strömendes Wasser und weicht, wenn das Wasser dauernd verunreinigt ist. Er befällt das Holz etwa einen halben Meter unter der Mittelwasserlinie, indem er sich hier als mikroskopisch kleine Larve festsetzt. Wachsend bohrt er sich hinein, frißt im Innern Gänge nach oben und unten und höhlt den Pfahl so vollständig aus, daß er schließlich unter dem Anprall der Wellen zusammenbricht. Unter den afrikanischen Hölzern sind nur einige, die eine bemerkenswerte natürliche Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Bohrwurm besitzen. Am besten eignen sich die Palmenarten und unter ihnen wieder die Königspalme, da sie eine sehr feste und dichte Rinde besitzen, in die der Bohrwurm nicht eindringen kann. Auch bestimmte Mangrovenarten liefern ein ziemlich bohrwurmsicheres Holz.

Die einzige bedeutendere Landungsbrücke, die ganz aus Holz gebaut war, befand sich in Swakopmund. Die Mole in Swakopmund war, wie auf S. 203 beschrieben, bald der Versandung zum Opfer gefallen. Die in Deutsch-Südwest-Afrika ausgebrochenen Eingeborenenaufstände erforderten schnellstens eine sichere Umladestelle für die gesteigerte Heranschaffung von Truppen und Kriegsmaterial, wenn man sich nicht der Gefahr aussetzen wollte, Menschenleben und wichtige Güter durch den Verkehr mit Brandungsbooten zu verlieren. Es wurde deshalb ein Eisenbahn-

bataillon aus Deutschland nach Swakopmund geschickt mit dem Auftrag, eine behelfsmäßige hölzerne Landungsbrücke von etwa 300 m Länge zu bauen. Im Oktober 1904 kam das Bataillon an und schon im April 1905 war die Brücke fertig und konnte in Betrieb genommen werden.

Die Brücke, die von Anfang an nur als ein Notbehelf gedacht war, bestand aus Kiefernholz, das in fertig geschnittenen Längen aus Deutschland angeliefert wurde. Die Brücke begann 75 m seewärts der NW-Strandlinie, die Verbindung mit dem Festland bildete ein Steindamm. Um den Verkehr unabhängig vom Seegang zu machen, sollte die Brückentafel über den höchsten Wellen bei HW liegen. Die Unterkante der Querholme wurde auf +3,30 m über NW verlegt und liegt damit 1,80 m über HW und 0,30 m über den höchsten bei HW auftretenden Wellen.

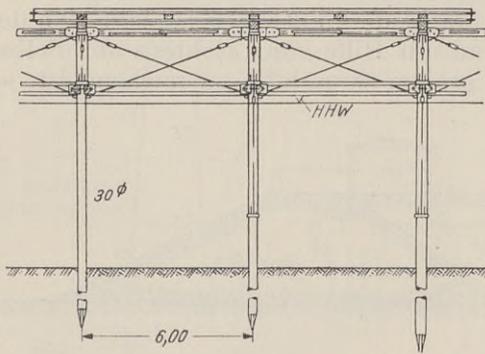


Abb. 16. Längenschnitt durch die hölzerne Landungsbrücke Swakopmund.

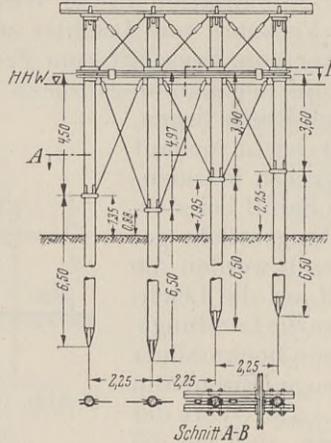


Abb. 17. Querschnitt durch die hölzerne Landungsbrücke.

Jochbrücke mit 6 m Jochabstand vorgesehen; jedes Joch bestand aus vier Ramppfählen (Abb. 16 und 17).

Diese waren untereinander durch Zangen und eiserne Zuganker verspannt. Der Längs- und Windverband der Joche bestand aus Winkeleisen, die unter der Fahrbahn angeordnet waren. Der Fahrbahnbelag ruhte auf neun hölzernen Längsbalken; unter den Kranleisen lagen 6 I-Träger. Das Maß von 6 m für den Jochabstand konnte aber nur solange beibehalten werden, als es möglich

war, in Tidearbeit vom Lande aus zu rammen. Von der NW-Linie ab wurde der Jochabstand auf 4 m verringert, da die Ramme nur diese Ausladung hatte.

Beim Bau ergaben sich Schwierigkeiten aus der wachsenden Stärke der überlagernden Sandschicht über dem felsigen Untergrund. Infolgedessen schwankte die Eindringungstiefe der Pfähle zwischen 4 m und 1,50 m. Stellenweise stand sogar der nackte Fels an; hier wurden etwa 50 cm tiefe Löcher gebohrt, in denen die Pfähle unter Beihilfe von Tauchern aufgestellt wurden.

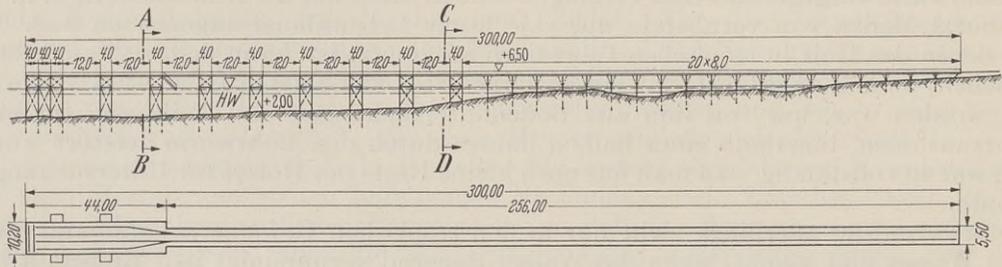


Abb. 18. Grund- und Aufriß der Landungsbrücke, Entwurf Koppel.

Diese hölzerne Landungsbrücke mußte infolge der auf Seite 203 geschilderten zunehmenden Versandung der Mole schließlich den gesamten Verkehr in Swakopmund aufnehmen. Allerdings konnte das Kiefernholz, aus dem sie gebaut war, den Angriffen des Bohrwurmes nur begrenzte Zeit standhalten. Nach etwa sechs Jahren mußte die Brücke außer Betrieb gesetzt werden. Ob das verwendete Kiefernholz imprägniert war, konnte nicht festgestellt werden.

Kiefernholz, das nach neuzeitlichem Verfahren vollkommen durchtränkt ist, dürfte auch unter Swakopmunder Verhältnissen voraussichtlich die doppelte Lebensdauer erreichen.

Es wird später noch geschildert werden, wie vor dem Weltkrieg noch der Bau einer endgültigen Landungsbrücke in Eisen begonnen wurde, der jedoch nicht mehr zum Abschluß gebracht werden konnte.

*Alte für Baum-  
bauweise  
zu gebrauchen.*

### b) Landungsbrücken in Stahl.

#### 1. Die Landungsbrücke Cotonou.

Wohl die erste Landungsbrücke, die an der afrikanischen Westküste im offenen Meere erbaut wurde, ist die von Cotonou in der französischen Kolonie Dahomey. Hier liegen annähernd dieselben Untergrund- und Meeresverhältnisse wie an der Togoküste vor, also ein langsam abfallender Strand, der in 100—200 m Entfernung vom Lande etwa 9—10 m Tiefe erreicht. In dieser Zone brechen die auflaufenden Wellen zum erstenmal. Da die Brecher eine beträchtliche Höhe und Stärke erreichen, gingen die Leichter, die den Umschlag besorgten, in der Brandung häufig verloren. Deshalb bauten die Franzosen in den Jahren 1892 bis 1894 in Cotonou eine eiserne Landungsbrücke.

Von der Gesamtlänge von 280 m entfallen auf die Verbindungsbrücke 236 m und auf den Brückenkopf, der als eigentliche Löschbrücke dient, 44 m (Abb. 18)<sup>2</sup>. Die Brücke ruht auf Schraubensäulen, deren Schaft aus Thomasstahl, deren Schraubensäulenfüße und

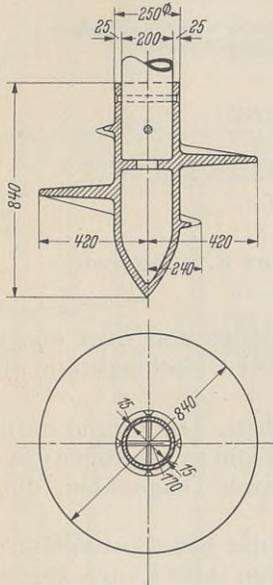


Abb. 19. Schraubensäulenfuß.

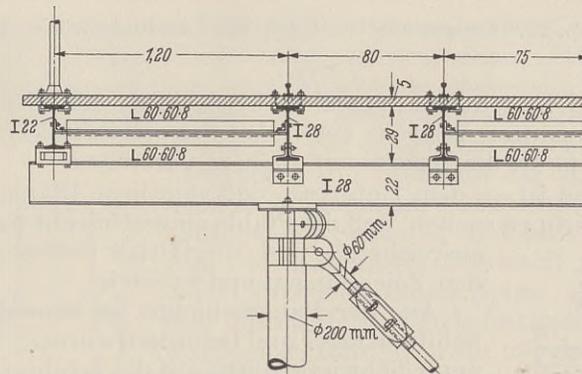


Abb. 20. Kopfstück.

Entwurf Koppel (entspr. d. Brücke Cotonou).

Kopfstücke dagegen aus Gußeisen hergestellt waren (Abb. 19 und 20). Auf den Kopfstücken sind die Querträger aufgeschraubt, auf diesen wiederum die Längsträger, zwischen denen ein horizontaler Windverband angeordnet ist. Die Stahlpfähle sind massive Wellen von 140 mm Dmr. und haben Längen zwischen 7 und 22 m. Die Verbindungsbrücke trägt zwei Gleise von 800 mm Spurweite und hat eine nutzbare Breite zwischen den Geländern von 5,30 m. Hinsichtlich des Unterbaues zerfällt sie in zwei Teile: Einen landseitigen bis zu 4,50 m Wassertiefe und einen seeseitigen, an dessen Ende die Wassertiefe 8,50 m erreicht. Der landseitige Abschnitt ruht auf zweipfähligen Jochen, die zur Erzielung einer Längssteifigkeit mit Kopfstreben an den Überbau angeschlossen sind, während die Quersteifigkeit durch mit Schwellen angeschlossene schlaaffe Diagonalen erreicht wird (Abb. 21). Im seeseitigen Abschnitt dagegen sind je zwei zweipfählige Joche zu einem Pfeiler zusammengefaßt; zwischen zwei

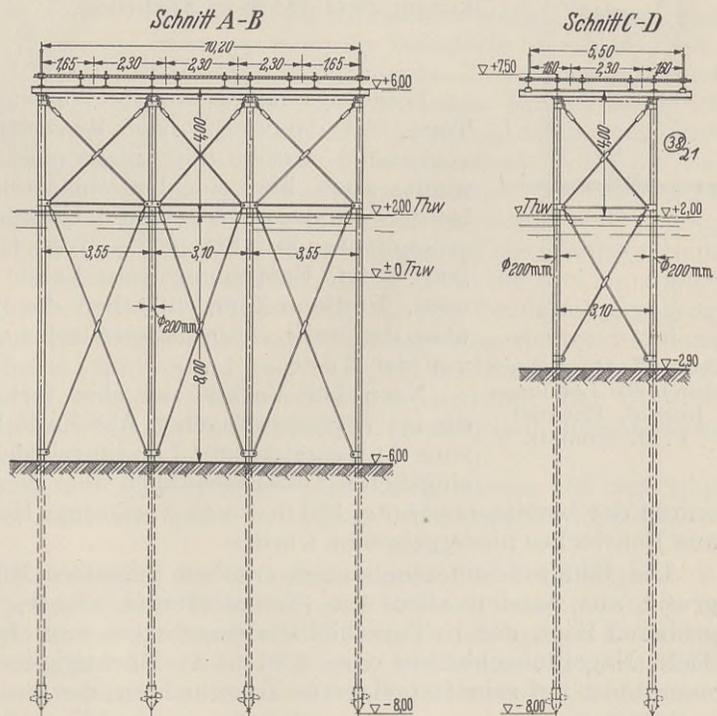


Abb. 21. Querschnitt durch die Landungsbrücke.  
Entwurf Koppel (entspr. d. Brücke Cotonou).

<sup>2</sup> Abb. 18—21 nach Entwurfszeichnungen einer Firma für die Landungsbrücke in Lome. Sie stimmen bis auf die Längenmaße mit der oben beschriebenen Brücke in Cotonou überein.

Pfeilern liegt ein lichter Abstand von 12 m, während die einzelnen Joche im landseitigen Abschnitt nur 8 m Abstand haben.

Auf dem Brückenkopf werden die Gleisanlagen für den Umschlagverkehr auf vier Gleise erweitert, die am wasserseitigen Ende von einer Schiebebühne bestrichen werden, so daß die Wagen beliebig umgestellt werden können. Die nutzbare Breite des Brückenkopfes beträgt 10,50 m. Dem-

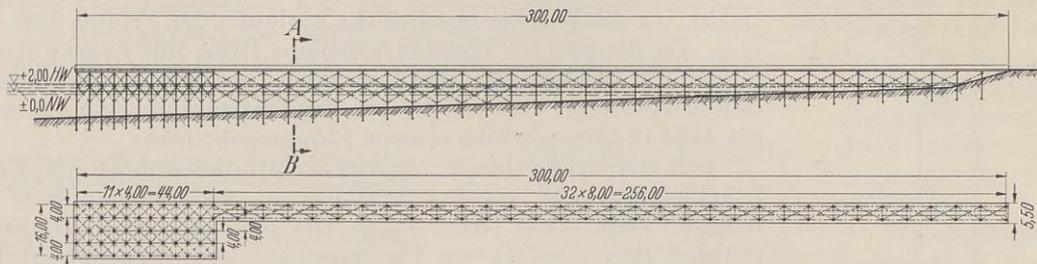


Abb. 22. Längenschnitt durch die Landungsbrücke in Lome, Entwurf F. H. Schmidt.

entsprechend besteht der Unterbau aus Jochen mit vier Pfählen, die längs und quer ausgiebig durch Spannzangen versteift sind. Auf dem Brückenkopf sind auch zwei Umschlagkräne aufgestellt; hierfür ist die Brücke auf 15,30 m verbreitert.

Auffallend ist an dem Unterbau, daß sämtliche Pfähle senkrecht stehen. Der Grund dafür ist zweifellos darin zu suchen, daß die Pfähle eingeschraubt werden mußten. Um so wichtiger war eine ausreichende und sorgfältige innere Aussteifung durch Diagonalen, die aus den Zeichnungen ersichtlich ist.

Aus der Baugeschichte ist bemerkenswert, wie die Brückenbauteile vom Schiff an das Land befördert wurden. Die Pfähle waren ihrer Länge wegen nur unter Schwierigkeiten auf die Leichter umzuladen und gefährdeten diese während der Fahrt, da sie leicht rollten. Man baute deshalb Schwimm tanks, durch welche die Pfähle hindurchgesteckt werden konnten, so daß sie durch die Wellen an das Land getrieben wurden. Die Träger dagegen wurden auf Flöße verladen, die mit Hilfe eines endlosen Seiles an Land geholt wurden. Die Bauzeit erstreckte sich vom 15. Januar 1892 bis zum 1. Januar 1894, nahm also knapp zwei Jahre in Anspruch.

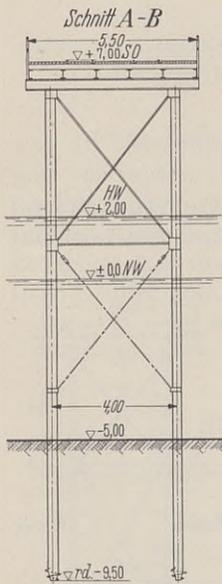


Abb. 23. Querschnitt durch die Landungsbrücke, Entwurf F. H. Schmidt.

## 2. Die alte und die neue Landungsbrücke in Lome.

Lome war der wichtigste Küstenplatz der ehemaligen deutschen Kolonie Togo. An der von O nach W verlaufenden Küste Togos war keine Bucht vorhanden, welche die Anlage eines natürlichen Hafens gestattet hätte. So mußte auch hier eine Umschlagstelle geschaffen werden, die der aufstrebenden Kolonie den sicheren Umschlag der aus- und einzuführenden Güter ermöglichte. Der Strand von Togo fällt nur langsam ab, so daß erst in etwa 200—300 m Entfernung vom Lande eine Wassertiefe von etwa 6 m erreicht wird. In dieser Zone entstehen die Brecher. Da die Winde meist aus Süden über die weite freie Wasserfläche wehen, steht meist eine hohe Dünung vor der Küste.

Nach dem Vorbild der eben fertiggestellten Landungsbrücke in Cotonou, die im vorausgegangenen Abschnitt beschrieben ist, sollte eine über Brecherzone hinausreichende Landungsbrücke errichtet werden. Zunächst wurden eingehende Untersuchungen über den Untergrund angestellt. Zu diesem Zweck wurde der bereits erwähnte 120 m lange vorläufige Holzsteg ins Meer hinausgebaut, von dem aus Bohrlöcher niedergebracht wurden.

Die Baugrunduntersuchungen ergaben folgendes Bild: Im allgemeinen besteht der Untergrund aus Sanden aller Art (Feinsand und grober, scharfer Sand). Man fand aber auch groberen Kies, der in Tonschichten eingebettet war. In der Nähe des Landes wurden in 5—6 m Tiefe Nagelfluhschichten von 0,60—1 m Mächtigkeit angetroffen. In 17—18 m Tiefe stieß man meist auf sehr festgelagerte Tonschichten, die ein weiteres Abteufen der Bohrlöcher nicht gestatteten.

Ende 1900 waren die Vorarbeiten soweit gediehen, daß eine Reihe Firmen zur Aufstellung von Entwürfen und Angeboten aufgefordert werden konnten. Die eingereichten Entwürfe sahen durch-

weg Pfahljochbrücken vor, deren Spannweiten zwischen 5 und 30 m lagen. Für die Gründung wurden senkrechte Joche aus massiven Rundeisenpfählen oder hohlen Stahlrohren, auch Bündel von Schrägpfählen vorgeschlagen, für den Überbau dagegen Balken auf zwei Stützen, durchlaufende Träger und Gerberträger und zwar sowohl vollwandige als auch Fachwerk-Konstruktionen sowie einfache Walzträger.

Den von der Firma F. H. Schmidt eingereichten Entwurf zeigen die Abb. 22 und 23. Hier war die Grundform der Brücke in Cotonou beibehalten worden und zwar Joche aus Rundeisenpfählen in Abständen von 8 m auf der 256 m langen Zufahrtbrücke und von 4 m auf der 44 m langen Löschbrücke.

Zur Ausführung kam der Entwurf der M.A.N.: Gerbersche Vollwandträger von 24—28 m Spannweite, die mit stählernen Pendelrahmen auf einem Unterbau aus Pfahlbündeln ruhten (Abb. 24). Die Pfahlbündel — von der M.A.N. als Pfahlpyramiden bezeichnet — bestanden aus drei Pfählen, die im Grundriß Winkel von 120° gegeneinander bildeten und eine Neigung von 1:3,5 hatten.

Die eigenartige Bauart der Stahlpfähle veranschaulicht die Abb. 25. Jeder Pfahl besteht aus einem Doppelrohr, nämlich einem „Hüllrohr“ von 48 cm äußerem Durchmesser und 6 mm Wandstärke und einem „Kernrohr“ von 27 cm Dmr. und 12 mm Wandstärke. Das Kernrohr allein bildet den Tragpfahl, der die Auflast in den Untergrund übertragen soll, während das Hüllrohr dem nach dem Rammen einzubringenden Beton zunächst als Schalung und dann als Schutz gegen das Meerwasser dienen soll. Beide Rohre haben eine gemeinsame Spitze, die am Hüllrohr mittels Heftnieten befestigt ist. Zunächst wurde das Hüllrohr allein mit der Spitze bis etwa 2 m in den Untergrund eingerammt; dann wurde das Kernrohr in die Pfahlschulter eingesetzt und weiter gerammt. Dabei platzten schon durch den ersten Schlag die Heftniete zwischen Spitze und Hüllrohr ab und das Kernrohr glitt samt der Pfahlschulter durch das Hüllrohr. Zwischen beiden Rohren war eine am Hüllrohr befestigte besondere Dichtung angebracht, die das Eintreten von Wasser und Sand in das äußere Rohr verhindern sollte. Hatte der Kernpfahl seine endgültige Tiefe erreicht, so wurden beide Rohre mit Beton im Mischungsverhältnis 1:1 ausgefüllt,

nachdem der Zwischenraum zwischen beiden Pfählen von dem trotz Dichtung noch eingedrungenen Wasser leerpumpt war. Der Kopf der Pfahlpyramide bestand aus einer besonderen Eisenkonstruktion, die in die drei Kernrohre eingeführt wurde und oben die Auflagerplatte für den Pendelrahmen trug. Er wurde genau auf die vorgeschriebene Höhenlage eingerichtet und dann einbetoniert. Auf diesen Pfahlpyramiden ruhte der Überbau, der aus Pendelrahmenstützen und Gerberschen Vollwandträgern bestand. Der Überbau war so hoch angeordnet, daß die Wellen bei Hochwasser den Querriegel des Pendelrahmens nicht erreichen konnten.

Die Brücke hatte eine Gesamtlänge von 304 m, wovon auf den 10 m breiten Kopf 54 m und auf die 6 m breite Verbindungsbrücke 250 m entfielen.

Der statischen Berechnung der Gründung wurde eine Tragfähigkeit der Pfähle von 25 kg je cm<sup>2</sup> Grundfläche und eine Reibung von 1500 kg je m<sup>2</sup> Mantelfläche des im Boden steckenden Pfahles zugrunde gelegt. Der Überbau wurde für 750 kg/cm<sup>2</sup> Eisenbeanspruchung bemessen; auf diese Weise boten die Konstruktionsteile eine ausreichende Sicherheit bei Abrostern unter dem Einfluß von Meerwasser und Tropenluft.

Der Bau wurde Anfang 1902 begonnen und die Brücke am 27. Januar 1904 eingeweiht. Aus der Baugeschichte seien einige Schwierigkeiten besonders erwähnt. Beim Bau des Landwiderlagers

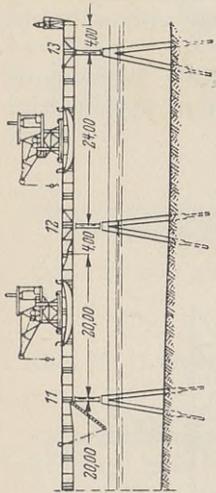


Abb. 24. Längenschnitt durch die ausgeführte Landungsbrücke nach dem Entwurf der M.A.N.

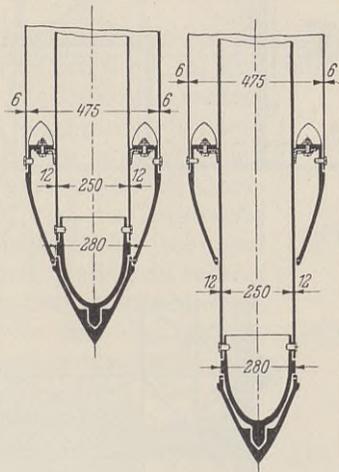
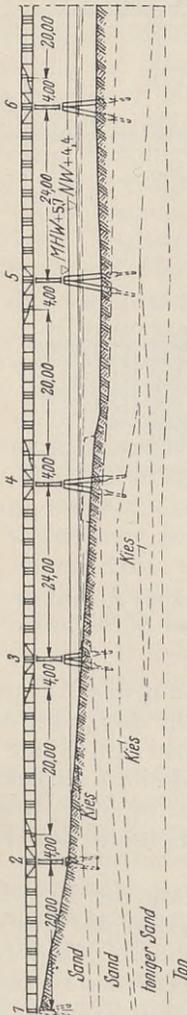


Abb. 25. Pfahlspitzen. M.A.N. Gustavsburg.

stieß man auf eine Nagelfluhschicht, die so mächtig war, daß sie nicht durchrammt werden konnte. Diese Schicht lag aber glücklicherweise so hoch, daß man ein massives Widerlager in offener Baugrube darauf gründen konnte. Auch bei dem ersten Joch scheiterte die Pfahlrammung; hier ging man zu einer Gründung auf Betonbrunnen von 1,50 mal 1,50 m Grundfläche über. Diese Arbeiten dauerten bis in den Dezember 1902, so daß erst zu diesem Zeitpunkt der Rüstträger, von dem aus die Pfähle gerammt und der Überbau vorgebaut wurde, um eine Feldlänge vorgeschoben werden konnte.

Beim Ausbetonieren der Hüllrohre ergaben sich Schwierigkeiten, da vielfach die Dichtungen nicht wirksam waren, so daß das eindringende Wasser mit den verfügbaren Pumpen nicht bewältigt werden konnte. Man half sich, indem man unter Wasser etwas Beton in das Rohr schüttete und nach Abbinden des Pfropfens das Rohr leer pumpte. Im Bereiche der Brecher beschädigte der Seegang wiederholt die Schalung der Pyramidenköpfe, so daß der noch frische Beton mit Seewasser in Berührung kam.

Zwei Jahre nach der Fertigstellung der Landungsbrücke wurden an einzelnen Pfahlpyramiden Untersuchungen angestellt, um festzustellen, inwieweit die Pfahlköpfe durch Sandschliff und Rost schon angegriffen wären.

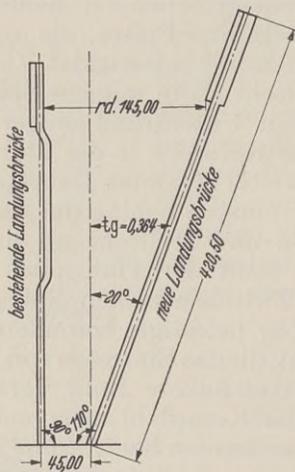


Abb. 26. Lageplan der beiden Landungsbrücken in Lome. Franz. Mandatsregierung (Daydé).

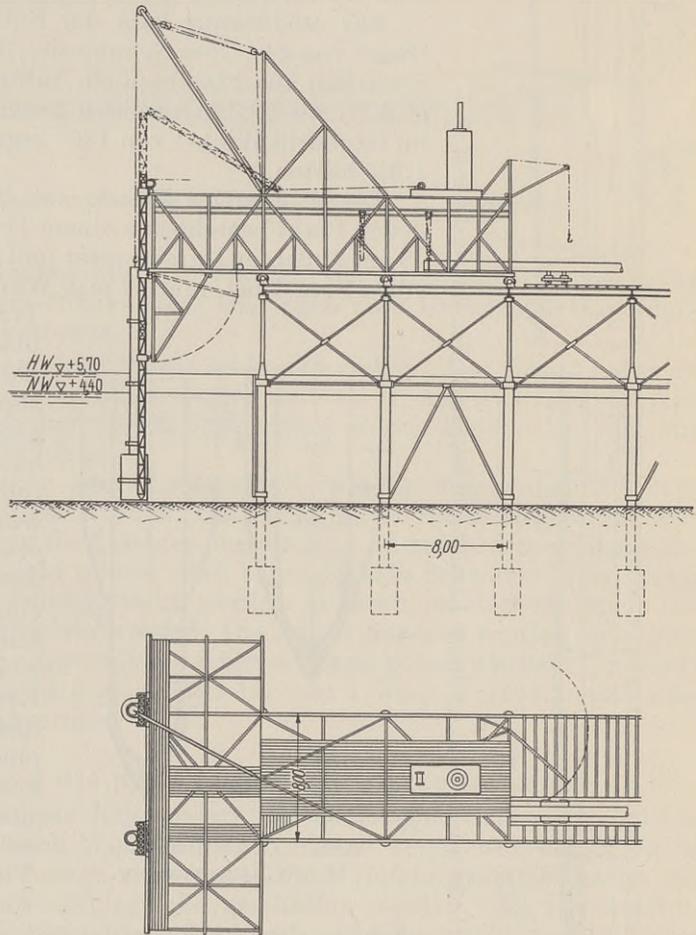


Abb. 27. Vorschlag für eine Vorrichtung zum Absenken von Pfählen. M. A. N., Fleuder und Grün & Bilfinger.

Am dritten Joch wurde etwa in Höhe von NNW ein Stück des Pfahles bis auf das Kernrohr herausgestemmt und dabei festgestellt, daß das ursprünglich 6 mm starke Hüllrohr nach zwei Jahren nur noch 3 mm stark war. In dem Bericht heißt es, die 3 mm seien dem Rost zum Opfer gefallen; wahrscheinlicher ist aber, daß der größere Teil der Zerstörung auf Sandschliff zurückzuführen ist. Der Beton zeigte kein gleichmäßiges Gefüge: an den Eisenteilen war er zementreich, im Innern dagegen mager. Unter diesen Umständen ist zu verstehen, daß die Innenseite des Hüllrohres und die Außenseite des Kernrohres keine Rostspuren zeigten.

Bis 1907 genügte diese Landungsbrücke den Anforderungen des Verkehrs. Mit der Entwicklung der Verkehrswege aber, insbesondere seit Eröffnung der „Inlandbahn“, nahm die Ausfuhr einen solchen Aufschwung, daß die Brücke den Verkehr nicht mehr bewältigen konnte. Sie wurde daher seewärts um 50,40 m verlängert. Die Verlängerung stellte ein in sich geschlossenes Bauwerk mit 15 m Breite dar. Die Konstruktion war grundsätzlich dieselbe, wie bei der alten Brücke. Auf Grund der beobachteten raschen Zerstörung der Pfahlmängel wurden die Wände beider Rohre auf 15 mm verstärkt und die Rohrdurchmesser entsprechend der größeren Wassertiefe vergrößert. Die Kernrohre bestanden demnach aus geschweißten Stahlrohren mit 400 mm Außendurchmesser, die Mantelrohre erhielten 630 mm Dmr. Auf die besonderen Dichtungen verzichtete man, da sie sich

beim Bau der alten Brücke nicht bewährt hatten. In jedem Rohr wurde unter Wasser ein Pfropfen einbetoniert, nach dessen Erhärtung es leergepumpt und mit Beton im Mischungsverhältnis 1:1 ausgefüllt wurde.

Für die Bemessung der Gründung wurde, wohl entsprechend der tieferen Lage des Baugrundes, ein zulässiger Spitzendruck von 32 kg/cm<sup>2</sup> Pfahlgrundfläche zugelassen. Für den Überbau wurde die zulässige Eisenspannung auf 700 kg/cm<sup>2</sup> herabgesetzt, um eine ausreichende Sicherheit bei Abrosten zu erhalten. Infolge konstruktiver Maßnahmen rückte in dem Verlängerungsbauwerk die Konstruktionsunterkante 44 cm tiefer als im ersten Ausbau. Trotzdem war der Überbau dem Anprall der Wellen auch hier nicht ausgesetzt, da sich das Bauwerk außerhalb der Brecherzone befand.

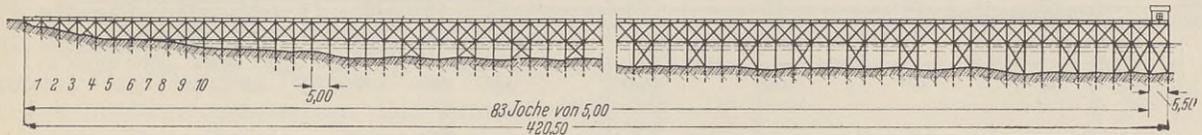


Abb. 28. Längenschnitt durch die neue Landungsbrücke in Lome. Franz. Mandatsregierung (Daydé).

Die Umschlagstelle war mit sechs Kränen von je 3 t Tragfähigkeit ausgerüstet. Sie setzten ihre Lasten auf eine 0,85 m über SO liegende Ladebühne ab, von wo sie dann in die Wagen der Inlandbahn verladen wurden.

Im Mai 1911 stürzte bei hoher Dünung plötzlich ein Teil der Landungsbrücke ein. Die Einsturzstelle lag zwischen den Pfeilern 6 bis 11, das heißt im Brandungsgürtel, in dem die größte Wellenhöhe und die stärksten Wellenkräfte auftreten. Aus dieser Tatsache kann man schließen, daß wahrscheinlich bei dem ungewöhnlich schweren Seegang die Wellen gegen die Querriegel der Pendelrahmen und die Unterseite der geschlossenen Fahrbahntafel schlugen und den Überbau an einer Stelle von seinem Auflager auf den Pfahlpyramiden abhoben. In diesem Zustand dürfte sich die Gerberträger-Konstruktion insofern ungünstig ausgewirkt haben, als die Überbauten über mehrere Felder hinweg einer nach dem anderen aus dem Gleichgewichtszustand gerieten und in das Meer fielen.

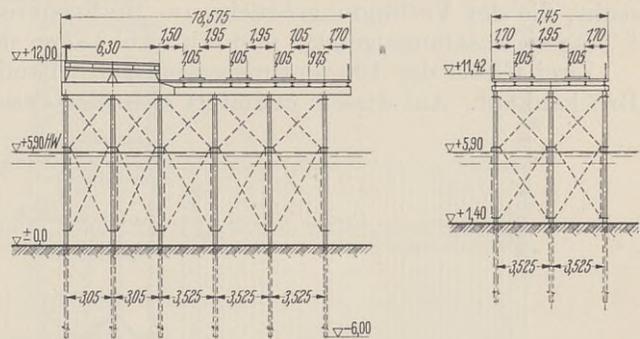


Abb. 29. Querschnitt durch die Landungsbrücke in Lome. Franz. Mandatsregierung (Daydé).

Sehr interessant ist in diesem Zusammenhange ein Entwurf, der mit der Wiederherstellung der Brücke beauftragten Firmen, der eine Pfahlgründung mit Druckluft vorsah. Die stählernen Hohlrohre, die an ihrem unteren Ende mit einer Arbeitskammer versehen waren, sollten von einem Rüstträger aus in Führungen abgesenkt werden (Abb. 27). Das Absenken sollte mit Hilfe von Druckwasser vor sich gehen. Im Falle, daß das Rohr auf Bodenarten stoßen würde, die sich mit Wasser nicht lösen ließen, würde eine Druckluftschleuse aufgesetzt werden und der Boden im Innern durch Sprengen gelöst und dann durch Kübel heraufbefördert werden. Unter Druckluft sollte auch der Beton in die Arbeitskammer eingebracht werden. Das obere Stück könnte dann unter Wasserabpumpen ohne Druckluft hochbetoniert werden. Dieser Entwurf kam aber wegen der befürchteten Ausführungsschwierigkeiten nicht zur Ausführung, sondern die wiederholt bewährte Grundform eines Walzträgerüberbaues mit 5 m Spannweite auf eisernen Schraubepfählen. Da aber die eingestürzte Eisenkonstruktion im Zuge der alten Landungsbrücke im Wasser lag und offenbar mit den verfügbaren Hilfsmitteln nicht beseitigt werden konnte, wurde die Ersatzbrücke um Brückenbreite seitlich verschoben. Davon rührt die auf den ersten Blick unverständliche Grundrißform der Landungsbrücke in Abb. 26 her.

Während des Weltkrieges war für die Unterhaltung der Brücke so gut wie nichts getan worden. Nach der Übertragung des Mandats über Togo an die Franzosen schätzten sie die Kosten für die Instandsetzungsarbeiten so hoch, daß sie sich im Jahre 1924 dazu entschlossen, eine neue Landebrücke in unmittelbarer Nähe zu bauen. Die Wurzel dieser Brücke liegt nur 45 m westlich der bestehenden, während die Brückenköpfe einen Abstand von rd. 150 m haben (Abb. 26), denn die neue Brücke wurde genau in die Richtung der auflaufenden Brandungswellen gelegt, um ihnen einen

möglichst geringen Widerstand entgegenzustellen. Eine solche Lösung ist hier möglich, da die Brandungswellen eine von der Windrichtung unabhängige, nahezu unveränderliche Richtung haben.

Von der Gesamtlänge der Brücke von 420 m entfallen 90 m auf die eigentliche Löschbrücke mit der stattlichen Breite von 18,57 m und 330 m auf die Verbindungsbrücke zum Land, die 7,45 m breit ist.

Im Gegensatz zu der ersten, von den Deutschen erbauten Landungsbrücke mit großen Spannweiten griffen die Franzosen auf ihre in Cotonou seit Jahrzehnten bewährte Grundform der eisernen Brücke mit Spannweiten von 5 m zurück (Abb. 28).

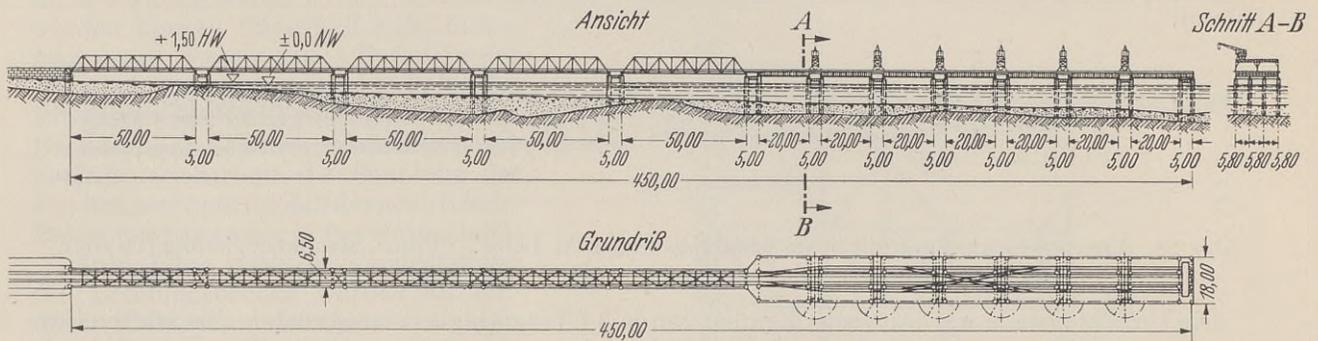


Abb. 30. Längenschnitt durch die Landungsbrücke für Swakopmund. (Entw. Reichskolonialamt, Bauabtlg.)

Die Brücke ruht auf eingeschraubten Eisenpfählen. Die Joche der Löschbrücke bestehen aus sechs, die der Verbindungsbrücke aus drei senkrechten Pfählen (Abb. 29). Der Überbau ist aus I-Trägern zusammengesetzt und mit zwei Lagen sich kreuzender Eichendielen abgedeckt.

Zwei Gleise der 100 zentimeterspurigen Inlandbahn führen über die Verbindungsbrücke zum Brückenkopf. Auf diesem erweitert sich die Gleisanlage auf drei Gleise, die am seeseitigen Ende

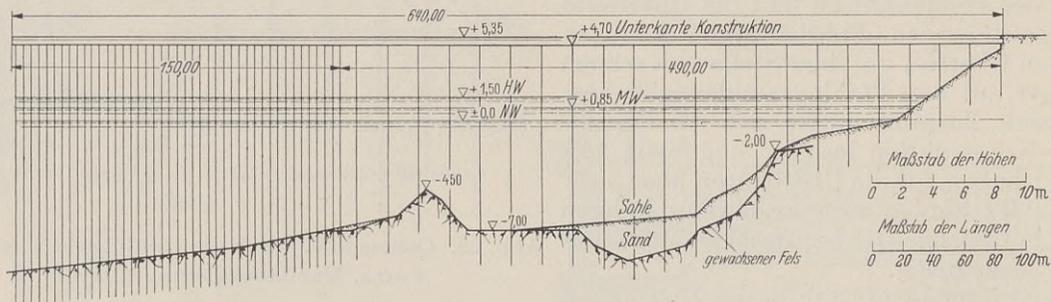


Abb. 31. Längen- und Höhenplan der Brücke. (Grün & Bilfinger und Flender.)

wieder durch eine Schiebebühne verbunden sind. Zur Bewältigung des erheblichen Güterumschlags zwischen Bahn und Leichtern sind auf dem Brückenkopf zwei Volltorkräne mit 10 t Tragfähigkeit und vier Kräne mit je 3 t Tragkraft aufgestellt. Auf der Löschbrücke ist eine einseitige erhöhte Laderampe mit 6 m nutzbarer Breite angeordnet, die für eine Nutzlast von 2000 kg/m<sup>2</sup> berechnet ist, während der übrige Teil der Löschbrücke außerhalb der Gleise noch mit 1000 kg/m<sup>2</sup> belastet werden kann.

Aus der Baugeschichte ist lediglich erwähnenswert, daß man beim 53. Joch vom Land her auf eine mächtige Schlammschicht stieß, durch welche die Pfähle allein unter dem Einfluß ihres Eigengewichts 10—11 m einsanken.

Die Pfähle erreichten hier eine größte Länge von 23 m.

Die Brücke war nach dreijähriger Bauzeit Mitte 1928 fertiggestellt.

### 3. Die Landungsbrücke in Swakopmund.

Swakopmund besaß seit den Hottentotten- und Hereroaufständen, nachdem die Mole versandet war, nur noch eine hölzerne Landungsbrücke, die indessen, wie auf S. 207 ausgeführt, nur eine engbegrenzte Lebensdauer haben konnte. Darum mußte sich das Reichskolonialamt im Jahre 1908 dazu entschließen, als Ersatz für sie den Bau einer neuen eisernen Landungsbrücke auszuschreiben. Abb. 30 zeigt den hierfür vom Reichskolonialamt aufgestellten Vorentwurf.

Die Hauptschwierigkeit für die Gründung bestand darin, daß an der Baustelle unter einer ge-

ringen Sandüberlagerung Granit ansteht, so daß Ramppfähle ausschieden. In der Ausschreibung war außerdem verlangt, daß die Konstruktionsunterkante des Überbaues mindestens 4,50 m über Niedrigwasser liegen sollte, damit die Fahrbahn auch bei schwerstem Seegang nicht von den Wellen getroffen würde. An dem Wettbewerb beteiligten sich die namhaftesten deutschen Tiefbau- und Brückenbaufirmen mit elf Entwürfen, die zum Teil interessante Wege zur Lösung vorschlugen.

Die eigenartigste Lösung stellt wohl der Vorschlag dar, vom Festland einen etwa 750 m langen Tunnel durch den Felsen ins Meer vorzutreiben. Der Tunnel sollte in einen Trog von 33 m lichter Breite und 100 m lichter Länge ausmünden, der nach oben offen, nach allen vier Seiten aber gegen das Meer durch massive Mauern abgeschlossen werden sollte. An der einen Trogseite sollten die Schiffe im Schutze eines Wellenbrechers anlegen. Mittels Kränen auf der Trogmauer sollte der Umschlag zwischen den Schiffen und den innerhalb des Troges auf der Tunnelsohle stehenden Eisenbahnwagen stattfinden.

Unter den übrigen Entwürfen sah einer eine Landungsbrücke mit massiven Pfeilern vor, die auf Druckluftsenkkästen gegründet werden sollten.

Alle anderen Brückenentwürfe schlugen Pfahlgründungen vor. Mit Rücksicht auf den felsigen Untergrund konnten die Pfähle nur in vorgebohrte oder vorgemeißelte Löcher gestellt werden. Die Pfähle sollten meist aus einem eisernen Mantelrohr und einem darin einbetonierten eisernen Tragpfahl zusammengesetzt sein, wobei der Tragpfahl selbst aus einem einfachen Differdinger Träger oder aus vier Quadrant-Eisen bestehen sollte. Es lagen sowohl Vorschläge vor, nach denen das Einbetonieren des Tragpfahles in das Mantelrohr am Lande geschehen sollte, als auch solche, die den Träger erst an Ort und Stelle einbetonieren wollten.

Für den Überbau der Landungsbrücke wurden fast alle im Eisen- und Eisenbetonbrückenbau üblichen Konstruktionsformen vorgeschlagen: eiserne Fachwerke und Vollwandträger, Eisenbetonplattenbalken und massive Gewölbe.

Alle Eisenbetonkonstruktionen wurden vom Reichskolonialamt grundsätzlich abgelehnt, da nach seiner Ansicht „kein Schutz gegen Rosten besteht, weil in den Verbindungsstellen durch die Erschütterungen Risse entstehen können, in die Wasser eindringen kann“.

*Ein Eisenbahnbrücken wählt man auch heute noch keinen Eisenbeton.*

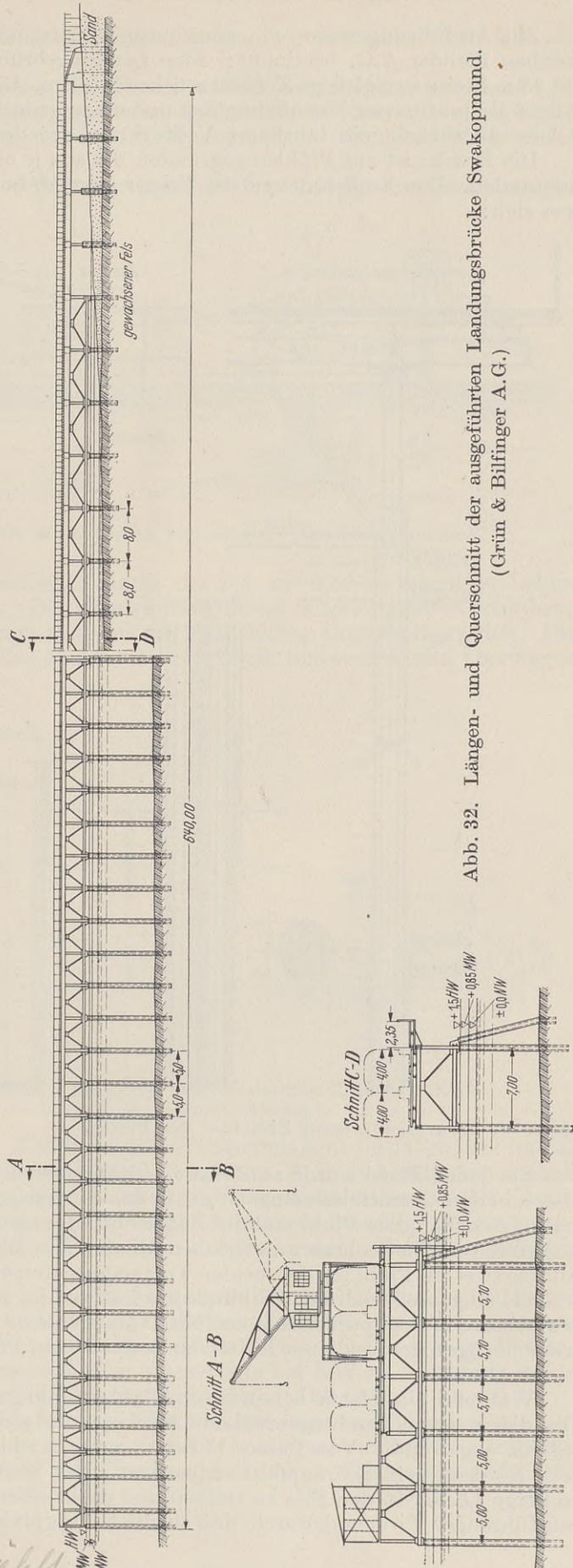


Abb. 32. Längen- und Querschnitt der ausgeführten Landungsbrücke Swakopmund. (Grün & Bifinger A.G.)

Zur Ausführung wurde ein gemeinsamer Entwurf der Grün & Bilfinger A.G. und der Brückenbau Flender A.G. bestimmt: Eine Landungsbrücke von 640 m Länge, wovon 490 m auf die 10,35 m breite zweigleisige Zufahrtbrücke entfallen. Die eigentliche Löschbrücke ist 20 m breit und bietet Raum für vier Eisenbahngleise und einen gedeckten Güterschuppen. Die beiden nördlichen Gleise überbrückt ein fahrbarer Volltorkran, der drei Gleise bedienen kann (Abb. 31 und 32).

Die Brücke ist auf Pfählen gegründet, die aus je einem Stahlrohr mit einbetoniertem I-Träger bestanden. Das Einbetonieren der Träger geschah am Lande. Der Bau der Joche ging wie folgt vor sich:

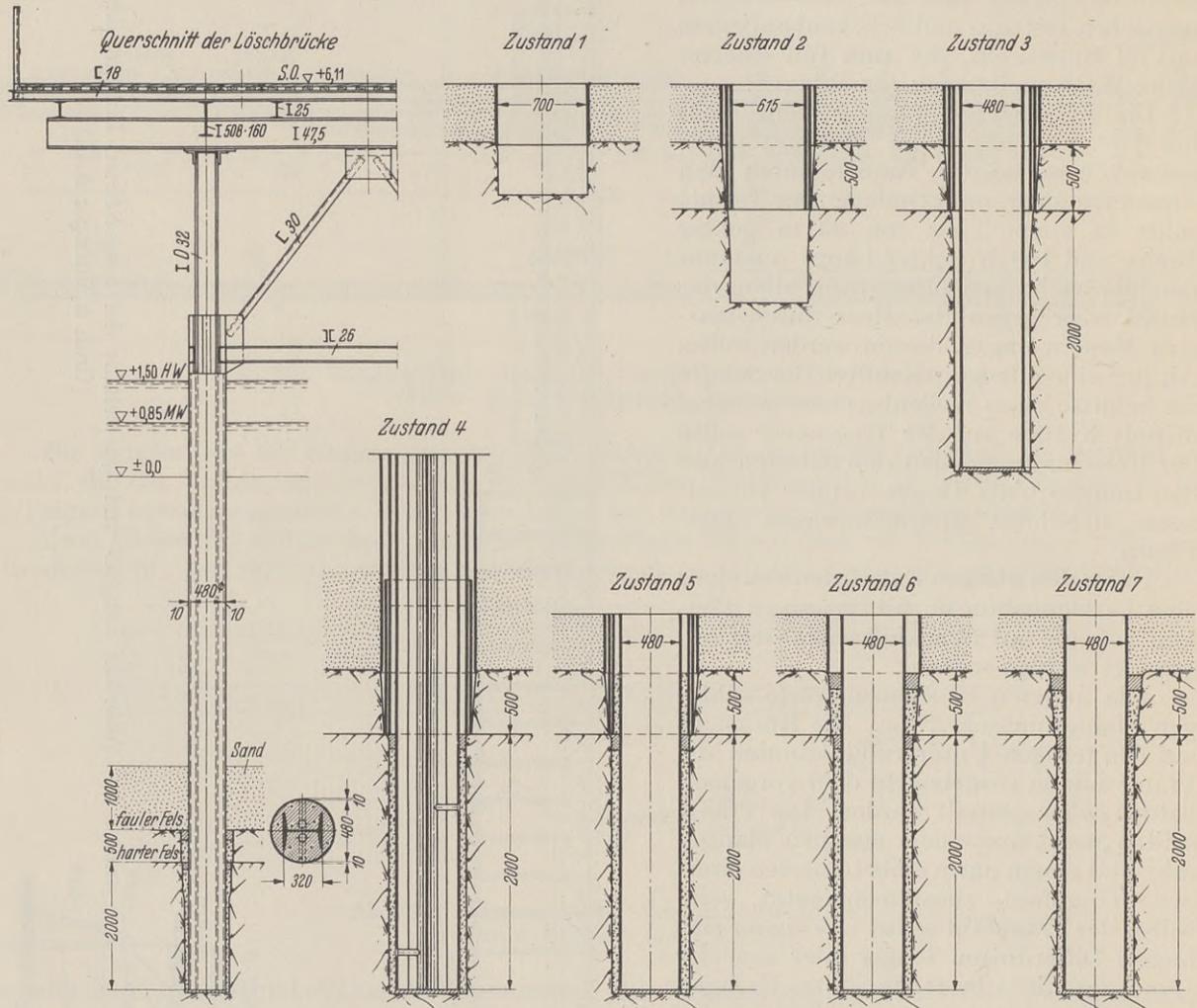


Abb. 33. Bauvorgang beim Einsetzen der Pfähle.

(Reichskolonialamt.)

Für jeden Pfahl wurde zunächst im Schutze eines weiteren Stahlrohres ein etwa 2,50 m tiefes Loch in den Granitfelsen eingebohrt, in das der fertige Tragpfahl eingesetzt wurde. Der Zwischenraum zwischen dem Pfahl und der Bohrlochwandung wurde mit sog. „Lochputzen“, den beim Ausstanzen von Nietlöchern aus Blechen abfallenden Blechscheibchen, ausgefüllt. Über dies wurde durch zwei im Pfahl an den beiden Trägerstegseiten anliegende einbetonierte enge Rohre Zementmörtel eingepreßt, der am Pfahlfuß austrat und im Bohrloch wieder hochsteigend die Hohlräume zwischen den Lochputzen satt ausfüllte. Hatte dieser Beton dann abge bunden, so wurde das Hilfsrohr hochgezogen und zum Einsetzen des nächsten Pfahles verwandt. Die einzelnen Bauzustände zeigt Abb. 33.

Während alle bisher behandelten Pfahlgründungen nur senkrechte Pfähle aufwiesen, wurden bei dieser neuen Landungsbrücke in Swakopmund zum ersten Male in größerem Umfange Schrägpfähle angewandt. Von Punkt 150 ab — vom Land her gemessen — ist in jedem Brückenjoch auf der Nordseite ein Schrägpfahl angeordnet. Der Schwierigkeit, in der oben beschriebenen Weise schräge Löcher in den Fels zu treiben und darin einen schrägen Pfahl einzusetzen, begegneten die ausführenden Firmen dadurch, daß sie die Schrägpfähle in Höhe des Meeresgrundes mit Fußgelen-

ken ausrüstete; das untere Pfahlende konnte also senkrecht stehen und unterschied sich nicht von den senkrechten Pfählen.

Über HW ragten die I-Träger der Pfähle aus dem Beton- und Rohrmantel frei heraus und gestatteten die aus U- und Winkeleisen zusammengesetzten Querverbände innerhalb eines Pfahljochs und der Längsverbände zwischen den einzelnen Brückenjochen in einfacher Weise anzuschließen.

Der Überbau bestand aus einer einfachen Walzträgerkonstruktion. Die Spannweiten betragen im landseitigen Teil 8 m, während sie im Bereiche des tieferen Wassers auf 5 m verringert wurden.

Bemerkenswert ist noch, daß alle Eisenteile der Brücke, die mit der Luft und dem Seewasser in Berührung kamen, zur Erhöhung ihrer Lebensdauer verzinkt wurden.

Erst im Jahre 1912 konnte mit dem Bau begonnen werden, der zunächst auch zufriedenstellend fortschritt. Zwischen den Jochen 24 und 30 stieß man aber überraschend auf eine 1—2 m starke Nagelfluhschicht, unter der bis zu 2,50 m mächtige Lehm- und Sandschichten den Granit überlagerten. Die Überwindung dieser Schwierigkeiten erforderte ein volles Jahr. Darüber brach der Weltkrieg aus und der Bau mußte eingestellt werden. Die Regierung der Südafrikanischen Union, der das Mandat über Deutsch-Südwest-Afrika übertragen wurde, führte den Bau nicht zu Ende und das Rumpfstück dient heute den Bewohnern von Wal-fischbai nur noch als Seepromenade. Wenn man unterstellt, daß infolgedessen für die Unterhaltung der alten Landungsbrücke keine großen Unterhaltungskosten aufgewendet werden, so darf man annehmen, daß sich das Verzinken der Eisenteile bewährt hat.

#### 4. Landungsbrücke in Duala.

Duala, der Haupthafen der deutschen Kolonie Kamerun, liegt nicht unmittelbar am Meer, sondern in der Mündung des Kamerunflusses. Hier ließ das Reichskolonialamt im Jahre 1912 im Zusammenhang mit den umfangreichen Hafenbauten durch die Firma F. H. Schmidt eine eiserne Landungsbrücke für Seeschiffe errichten. Bei den beschränkten Raumverhältnissen — der Kamerunfluß hat an dieser Stelle eine Breite von etwa 1 km — erschien es zweckmäßig, die Landungsstelle so auszugestalten, daß die Seeschiffe parallel zum Ufer anlegen konnten. Daraus ergab sich ein T-förmiger Grundriß (Abb. 34).

Der erste Entwurf sah eine Anlegebrücke von 50 m Länge parallel zum Ufer und 10 m Breite vor, die durch eine 55 m lange Zufahrtbrücke mit dem Ufer vor dem Zollschuppen verbunden war. Auf Grund genauer Peilungen im Flusse wurde aber festgestellt, daß schon eine 25 m lange Verbindungsbrücke genügte, um vor der Anlegebrücke 6,50 m Wassertiefe bei NW zu erreichen, wobei alle damals in der Linienfahrt verkehrenden Schiffe anlegen konnten (Abb. 35).

Die Brücke selbst war auf drei Reihen Stahlrohrpfählen von 400 mm Außendurchmesser gegründet, die in Längs- und Querrichtung einen Abstand von 5 m hatten und untereinander durch Zugeisen und Spannschlösser verbunden waren. Der Überbau bestand aus Walzträgern und hatte eine hölzerne Fahrbahntafel (Abb. 36).

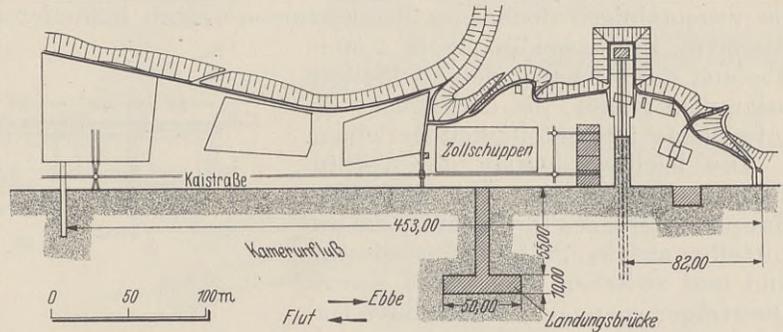


Abb. 34. Lageplan von Duala. (Reichskolonialamt.)

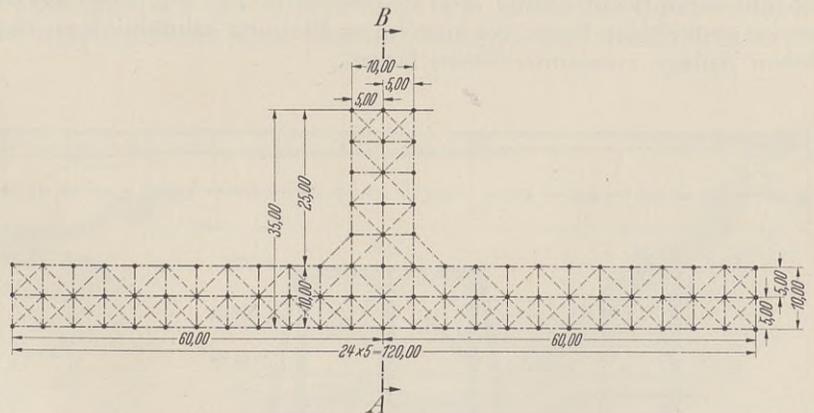


Abb. 35. Grundriß der Landungsbrücke in Duala. (F. H. Schmidt, Altona.)

### 5. Landungsbrücke in Victoria.

In Victoria, westlich der Mündung des Kamerun-Flusses, ließ die Woermann-Linie durch die Firma H. C. E. Eggers, Hamburg, eine Landungsbrücke bauen, die dem Umschlag der Erzeugnisse ihrer zwischen Victoria und Buea gelegenen Plantagen dienen sollte.

Die Brücke ist nur zum Anlegen für Leichter bestimmt; man begnügte sich daher mit 1,50 m Wassertiefe bei NW am Brückenkopf und kam mit einer Länge von 180 m aus. Da die Anschlußbahn nur 60 cm Spur besitzt, konnte die Brücke auch entsprechend leicht gebaut werden. Für die Gründung sind Schraubenpfähle aus Stahl verwendet. Charakteristisch für diese Brücke ist, daß die zweifähligen Joche aus Pendelstützen keinen besonderen Längsverband haben. Nur etwa alle 50 m sind zwei Joche in 2,50 m Abstand durch Diagonalen zu Pfeilern zusammen gefaßt, die der Brücke die notwendige Längssteifigkeit verleihen.

Der leichte Überbau der Verbindungsbrücke besteht nur aus zwei Hauptlängsträgern (I-Trägern), die unmittelbar auf den Pfahlköpfen befestigt sind und zwischen denen sich eiserne Querträger spannen. Die letzteren tragen fünf hölzerne Längsträger und die Abdeckung nebst zwei Gleisen der 60 cm-Spurbahn (Abb. 37).

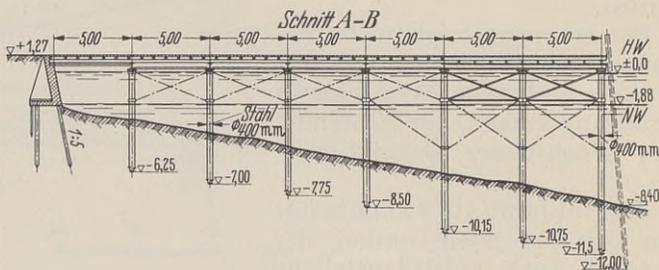


Abb. 36. Querschnitt der Landungsbrücke Duala. (F. H. Schmidt, Altona.)

### 6. Landungsbrücken in Matadi.

Matadi liegt am Unterlauf des Kongoflusses im belgischen Kongo, etwa 20 km oberhalb seiner Mündung. Die hier in der Zeit von 1890—1925 ausgeführten Hafenanbauten verdienen deswegen eine eingehendere Besprechung, weil sie besonders deutlich erkennen lassen, wie sich einzelne Hafenanwerke einfachster Form bei sinnvoller Planung allmählich zu einer sehr leistungsfähigen einheitlichen Anlage zusammenfassen lassen.

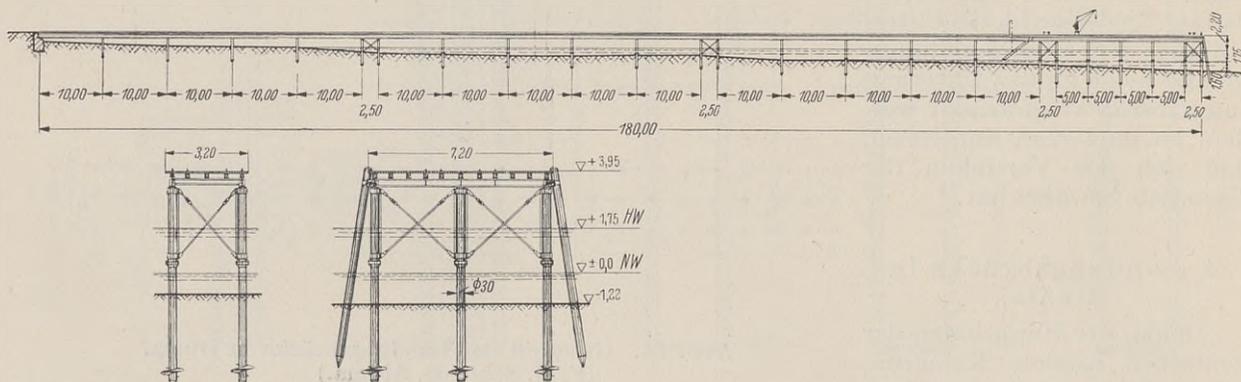


Abb. 37. Längen- und Querschnitt der Landungsbrücke Victoria. (H. C. E. Eggers, Hamburg.)

Im Jahre 1890 wurde zunächst eine 32 m lange Anlegebrücke senkrecht zum Flußufer vorgebaut. Die Brücke ruhte auf massiven Stahlpfählen von 12 bzw. 18 cm Dmr., die man nachträglich mit einer Steinschüttung umgab, um ihre Knicklänge zu verkürzen und die Sicherheit zu erhöhen. Nach wenigen Jahren wurde die Brücke um 23 m verlängert. 1897 war der Verkehr bereits so stark, daß in etwa 200 m Abstand eine zweite Anlegebrücke in der gleichen Bauart parallel vorgebaut wurde. In der Konstruktion unterschied sie sich von ihrem Vorbild nur dadurch, daß anstatt der massiven Stahlpfähle Rohrpfähle verwendet wurden, die aus vier Quadrateisen zusammengenietet waren und einen Außendurchmesser von 32 cm hatten. Diese Pfahlform wurde seitdem in Matadi beibehalten.

Da aber die Brücken nur 7 m breit waren und die Schiffe vor Kopf an der Schmalseite anlegen mußten, war das Festmachen der Schiffe schwierig und unsicher. Um diesen Mängeln abzuwehren und die Leistungsfähigkeit des Hafens zu steigern, entschloß man sich, vor jeder dieser beiden Brücken eine 100 m lange Anlegebrücke parallel zum Ufer zu errichten, für welche nunmehr die

ursprünglichen Anlegebrücken nurmehr als Verbindungsbrücken zum Land hin dienten. Mit diesen beiden Anlegestellen war Matadi im Jahre 1907 der bestausgerüstete Hafen an der ganzen Westküste Afrikas, der einen unmittelbaren Umschlag zwischen Seeschiffen und Landfahrzeugen ohne Zwischenschaltung von Leichtern gestattete (Abb. 38).

1911 wurde eine weitere entscheidende Ausbaumaßnahme in Angriff genommen. Die beiden vorhandenen Anlegebrücken wurden durch eine gleichartige Konstruktion miteinander verbunden und an ihren freien Enden um je 100 m verlängert, wodurch eine zusammenhängende geradlinige Anlegebrücke von 500 m Länge entstand. Außerdem wurde noch eine dritte Verbindung dieser Anlegestelle mit dem Ufer geschaffen und stromaufwärts noch eine Anlegestelle für kleinere Flußschiffe angebaut. Als diese Pläne 1925 zum Abschluß gebracht waren, verfügte Matadi über 650 m Liegeplätze (Abb. 39).

In der Folgezeit erfuhr diese Anlegestelle eine grundlegende Wandlung dadurch, daß das ursprüngliche Flußufer bis an die Anlegestelle vorgeschoben wurde. Unmittelbar hinter der Anlegebrücke wurde ein Steindamm bis auf NW-Höhe geschüttet, auf dessen Krone eine massive Abschlußmauer aus fertigen Betonblöcken bis zur Höhe der Anlegebrücke aufgeführt wurde. Die Blöcke sind einheitlich 1,50 m hoch und abwechselnd 2 bzw. 2,40 m lang. Die Breite der Quader der einzelnen Schichten wechselt, damit die fertige Mauer einen statisch günstigen Querschnitt erhält. Die

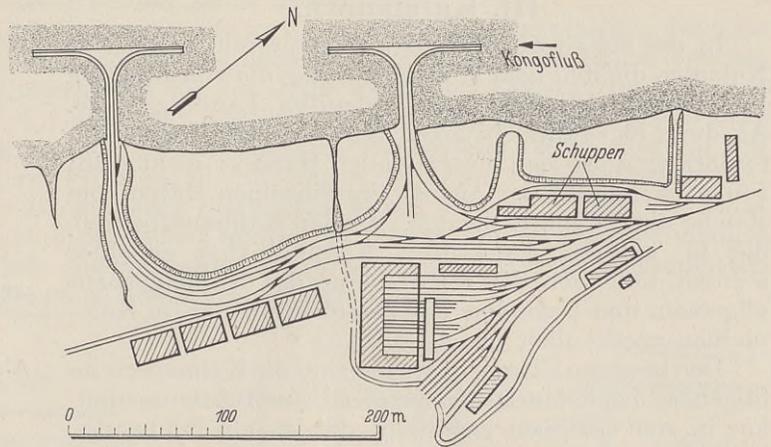


Abb. 38. Lageplan von Matadi 1907.

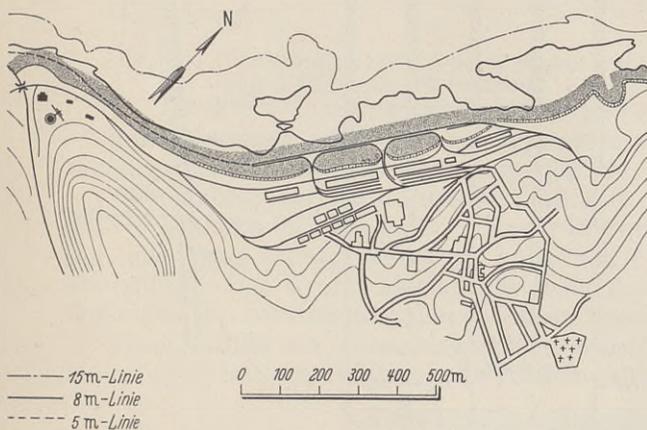


Abb. 39. Lageplan von Matadi 1926.

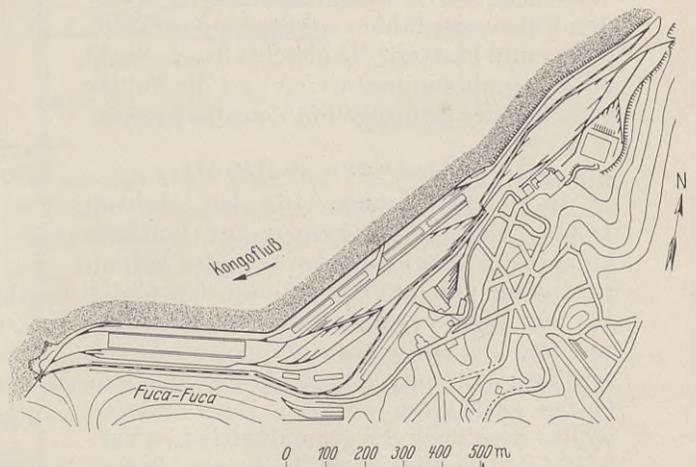


Abb. 40. Lageplan von Matadi 1938.

Blockschichten greifen mit Nuten und Federn ineinander und sind dadurch gegen waagerechte Verschiebungen gesichert. Der Länge nach ist die Mauer in Blöcke von 12 m Länge getrennt (5 mal 2,40 m bzw. 6 × 2 m), die 2 m hohe Mauerkrone ist an Ort und Stelle betoniert und faßt die einzelnen Mauerblöcke zusammen. Die Wasserfläche zwischen dieser Mauer und dem bisherigen Ufer wurde alsdann aufgespült, so daß die ehemalige Landungsbrücke heute zur Kaimauer geworden ist (Abb. 40).

Wie der Querschnitt Abb. 41 zeigt, wurde im Rahmen dieses Ausbaues vor die ursprüngliche 7 m breite Anlegebrücke eine genau gleiche vorgebaut, die damit bis an den Fuß des Steindammes reichte, so daß die Schiffe auch bei NW noch eine Wassertiefe von 8 m vorfinden.

Die Abschlußmauer auf dem Steindamm setzte sich naturgemäß während des Baues. Da aber bei der Herstellung schon eine entsprechende Überhöhung berücksichtigt war, ergab sich schließlich eine ebene Kaifläche.

Im Jahre 1938 war in Matadi außerdem noch eine weitere Anlegestelle in Stahlkonstruktion in der Vorstadt Fuca-Fuca im Bau, die 423 m Länge und 14 m Breite erhält.

Diese Darstellung der Entwicklungsgeschichte der baulichen Anlagen läßt zugleich erkennen, welche Bedeutung Matadi als Umschlagplatz für das ganze Kongo-Gebiet zukommt. Sie stellt aber zugleich einen natürlichen Übergang zu der dritten Form der Hafenanlagen, zu den Kaimauern, dar.

### III. Kaimauern.

In der ersten Zeit nach der Besitzergreifung unserer Kolonien dienten dem Warenumsatz die von privaten Handelsgesellschaften selbst erbauten Landungsstege. Als diese Privatlandebrücken aber den gesteigerten Anforderungen des sich ausweitenden Handels nicht mehr genügten, mußte der Ausbau der einzelnen Häfen vom Reiche übernommen werden. An den Kaimauerbauten, die in unseren ehemaligen Kolonialhäfen errichtet wurden, läßt sich die Entwicklung des Kaimauerbaus allgemein und besonders des Eisenbetonbaues im Kolonialbau anschaulich verfolgen.

Der besseren Übersicht wegen sind die Kaimauern im folgenden nach dem bestimmenden Konstruktionsgedanken in vier Gruppen unterteilt, die ich als Bohlwerke, Pfahlbauwerke, Pfeilerbauwerke und als Schwergewichtsmauern bezeichnen werde.

#### a) Bohlwerke.

In Böden, die zur Aufnahme großer senkrechter Lasten nicht geeignet sind, hat man von den ersten Anfängen der kolonialen Bautätigkeit an häufig und mit Erfolg Bohlwerke angewendet. Allerdings waren das keine Spundwände im heutigen Sinne, bei denen lauter gleiche Einzelbohlen aneinandergereiht werden, von denen jede in die beiden benachbarten eingreift. Die Wände waren vielmehr aus wenigstens zwei verschiedenen Bauteilen zusammengesetzt, den Führungspfählen aus Stahl oder Eisenbeton und Platten, die gleichfalls aus Stahl oder Eisenbeton bestanden und die Felder zwischen den Führungspfählen abschlossen.

#### 1. Kaimauern in Duala.

In Duala wurde in den Jahren 1892—1893 eine Kaimauer für Leichter von etwa 650 m Länge am Ufer des Kamerunflusses gebaut, die von der Jossplatte bis zur Woermann-Faktorei in Akwadorf reichte. Sie sollte einen doppelten Zweck erfüllen: Einmal sollten Anlegemöglichkeiten geschaffen werden. Zum anderen wollte man auch die gesundheitlichen Verhältnisse an dieser Stelle heben, indem man die Kaimauer bis vor die NW-Linie vorschob und das dahinter liegende Gelände auffüllte, das sonst bei Ebbe trocken fiel und durch die fauligen Ablagerungen des Kamerunflusses die Luft verpestete. Die Kaimauer, die von der Firma F. H. Schmidt, Altona, gebaut wurde,

war eine verankerte Bohlwand aus gerammten I-Trägern NP 18, zwischen die 1 m breite, gewölbte sog. „Stahlcaissons“<sup>1</sup> (stählerne Formkästen von 4 mm Blechstärke) eingerammt und dann mit Beton ausgefüllt wurden (Abb. 42). Die Wand-Oberkante lag 3 m über NW und damit 1 m über HW. Die Rammträger waren durch eiserne Zuganker an Eisenbeton-Ankerplatten verankert. Da die „Caissons“ und die Pfähle nicht fest miteinander verbunden werden konnten, befürchtete man ein Undichtwerden der Mauer und ein Ausspülen der Hinterfüllung durch die beträchtlichen Regengängen, die während der Regenzeit in Duala fallen. Deshalb wurden die Stoßstellen zwischen den

<sup>1</sup> Als „Caisson“ ist hier entsprechend den Akten die in Abb. 42 gezeigte Form der Stahlkonstruktion bezeichnet.

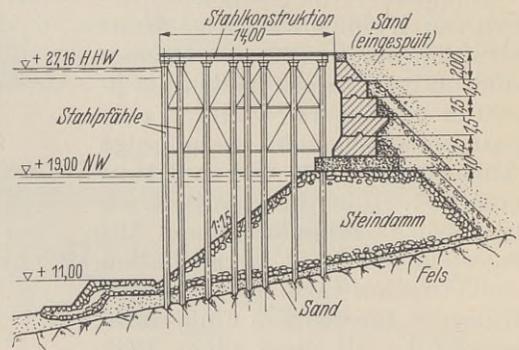


Abb. 41. Querschnitt der Landungsanlage Matadi 1931—32.

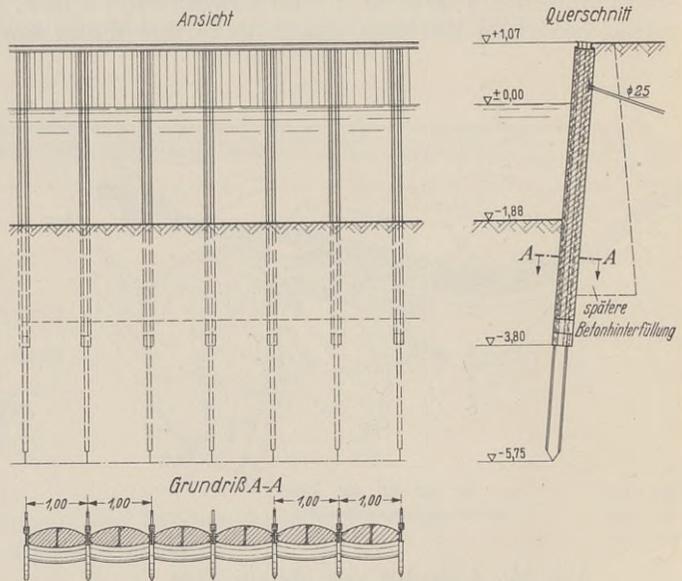


Abb. 42. Kaimauer in Duala, erbaut von F. H. Schmidt, Altona.

Pfählen und Stahlkästen wasserseitig noch durch vorgerammte, gebogene Eisenbleche gedeckt, die Zwischenräume leergepumpt und mit Beton ausgefüllt. Aber auch dieses schien den leitenden Beamten noch keine genügende Sicherheit zu bieten und so setzte man hinter die Spundwand noch eine Betonmauer von durchschnittlich 50 cm Stärke, um so eine wirklich dichte Mauer zu haben. Das Gelände von etwa 15 m Breite — das ist eben der Streifen, der bei Ebbe trocken fiel — wurde durch Abgraben des Steilufers und durch Baggern vor der Kaimauer aufgefüllt, denn die Leichter sollten auch bei NW noch etwa 2 m Wasser vor der Mauer haben.

Mit dem wachsenden Aufschwung der Kolonie mußte im Jahre 1910 einer Erweiterung der Kaimauern nähergetreten werden und der Auftrag für eine neue etwa 100 m lange Kaimauer von der Mündung des Besekebachs in den Kamerunfluß bis zur John Holtschen Faktorei flußaufwärts wurde der Firma Grün & Bilfinger A. G., Mannheim, erteilt. Die Konstruktion dieser Mauer ging von dem gleichen Grundgedanken wie die eben beschriebene aus. Sie bestand aus im Abstand von 1 m eingerammten Differdinger Trägern, Profil 24, die mit einem hölzernen Pfahlschuh versehen waren (Abb. 43). Dazwischen wurden 10 cm starke Eisenbetonplatten bis 0,50 m unter die Flußsohle eingetrieben. Den oberen Abschluß der Wand bildete ein 0,40 m breiter Eisenbetonholm, in dem die Ankerstangen befestigt waren. Am landseitigen Ende waren die Anker mit Ankerplatten aus Eisenbeton von 1,30 m Höhe und 1,90 m Breite verbunden.

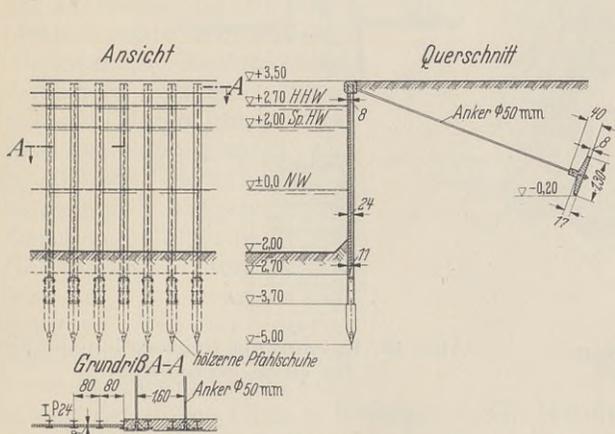


Abb. 43. Besekebachmauer, Duala, erbaut von Grün & Bilfinger, Mannheim.

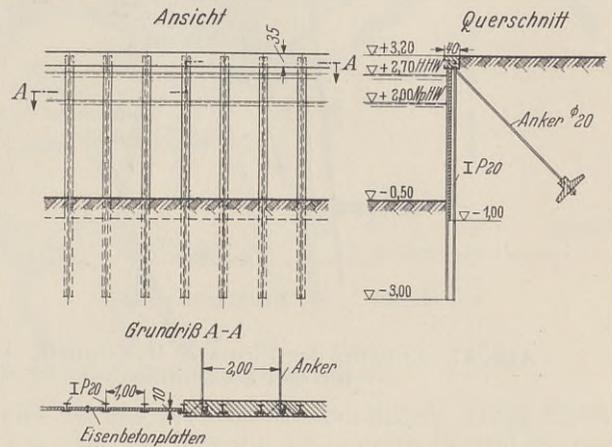


Abb. 44. Tonnenlagerplatzmauer, erbaut von Grün & Bilfinger, Mannheim.

Beim Rammen der Wand durchquerte man offenbar ein altes Bett des Besekebachs, das mit weichem Schlick und Schlamm ausgefüllt war. Die Pfähle drangen allein durch ihr Eigengewicht ein und mußten verlängert werden. Als mit der Hinterfüllung begonnen werden sollte, geriet in diesem Schlammloch ein Teil der Mauer in Bewegung. Die Anker gaben nach; infolgedessen stellte sich die Wand schräg, wobei die hölzernen Pfahlschuhspitzen gerade am unteren Trägerende stumpf abbrechen. Der Grund hierfür war wohl der, daß das Holz durch die dort auftretende starke Querschnittsverminderung den erhöhten Beanspruchungen nicht mehr gewachsen war.

Flußabwärts, am Tonnenlagerplatz, wurde von derselben Firma eine ähnliche, aber leichtere Mauer ohne hölzerne Pfahlschuhe gebaut (Abb. 44).

## 2. Kaimauern in Tanga.

Nach dem gleichen Grundsatz entworfen und ebenfalls von Grün & Bilfinger A.G. gebaut, war die Kaimauer in Tanga in Deutsch-Ostafrika. Sie stellt eine ganz einheitliche Eisenbetonkonstruktion dar. An Stelle der Differdinger-Träger traten I-förmige Eisenbetonpfähle, die nach hinten durch Eisenbetonträger an Ankerplatten verankert waren. Auf Einzelheiten dieses Bauwerkes näher einzugehen, erübrigt sich, da es im „Jahrbuch der Hafentechnischen Gesellschaft“, IX. Band, 1926, ausführlich beschrieben ist.

Die einzelnen Bauelemente wurden auf dem Bauhof der Firma in Mannheim fabrikmäßig hergestellt und als Fertigteile nach Tanga geschickt. Zwei Gründe waren für diese Arbeitsweise maßgebend: weil auf der Baustelle die Zuschlagsstoffe nicht in ausreichender Menge und Güte zur Verfügung standen und weil man mit möglichst wenigen weißen Facharbeitern auskommen mußte.

### b) Pfahlbauwerke.

Wo die örtlichen Verhältnisse dazu zwingen, eine Kaimauer an einer Stelle zu errichten, an der die tragfähigen Bodenschichten erst in größerer Tiefe anstehen, erweist sich die Gründung auf einem

Pfahlrost als die zweckmäßigste. Für diese Pfahlbauwerke haben sich verschiedene Grundformen ausgebildet, aus deren Fülle nachstehend einige Beispiele aufgeführt werden.

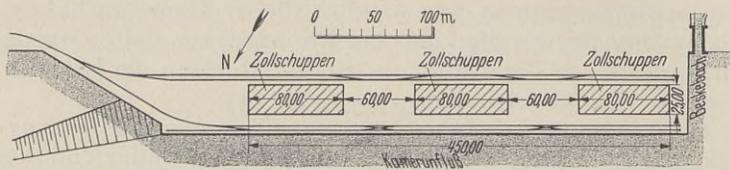


Abb. 45. Lageplan der geplanten Kaimauer für Seeschiffe. (Reichskolonialamt.)

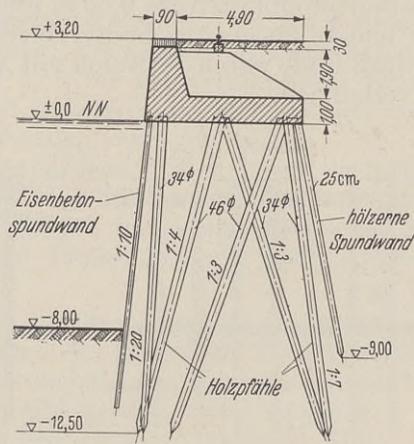


Abb. 47. Entwurf der Firma F. H. Schmidt, Altona, für den Seeschiffkai.

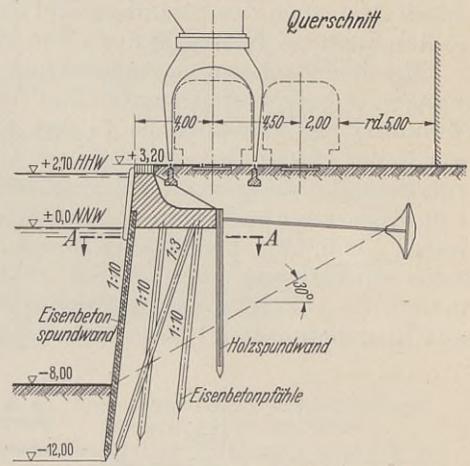


Abb. 46. Entwurf des Reichskolonialamtes für einen Seeschiffkai.

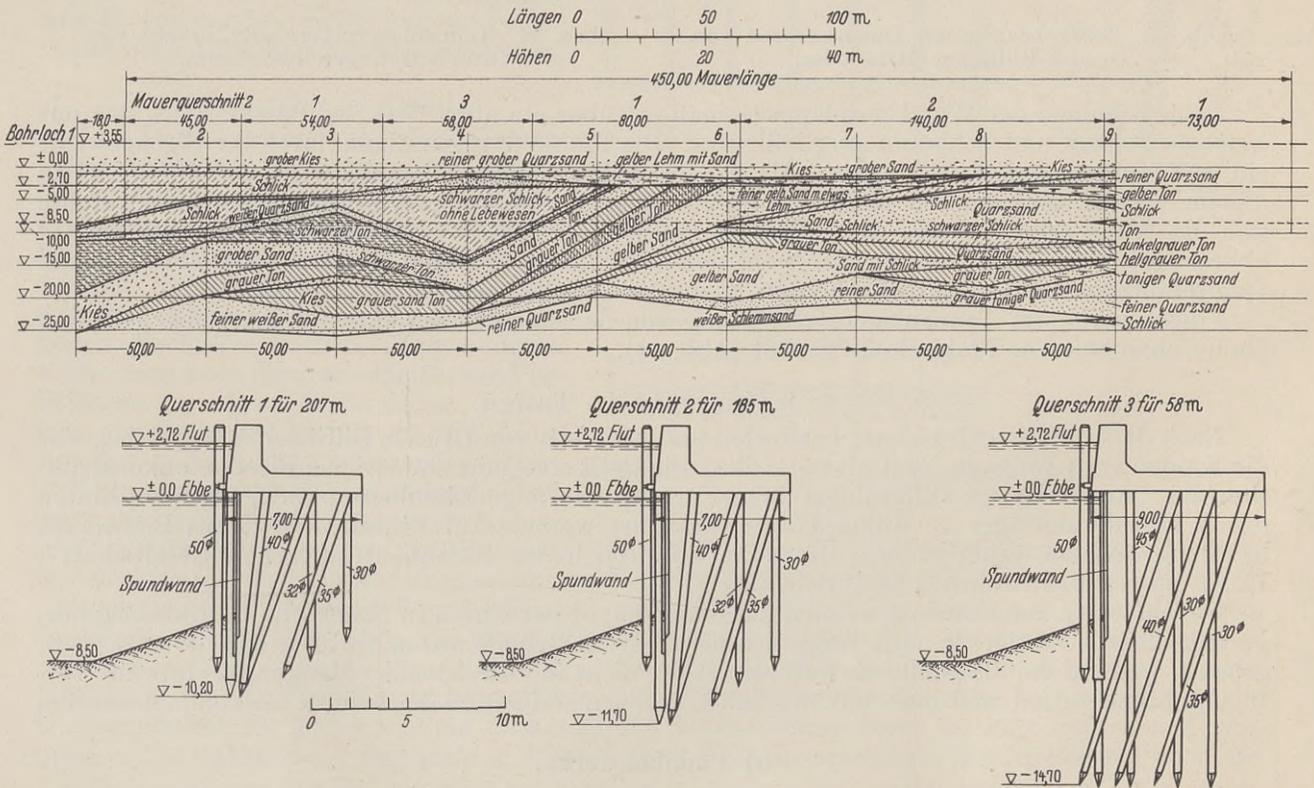
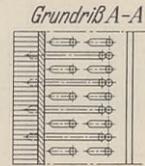


Abb. 48. Bodenschnitt und Querschnitte der geplanten Kaimauer. (Grün & Bilfinger.)

### 1. Kaimauern in Duala.

Gleichzeitig mit dem Bau der Besekebachmauer (vgl. S. 221) wurde der Entwurf einer Kaimauer für Seeschiffe in Angriff genommen, die Schiffen bis zu 7 m Tiefgang auch bei NW das Anlegen gestatten sollte. Geplant war diese Mauer oberhalb der Besekebachmündung in einer Länge von 450 m (Abb. 45).

Der Ausschreibungsentwurf des Reichskolonialamtes sah eine Winkelstützmauer auf hohem Eisenbetonpfahlrost vor mit einer wasserseitigen Eisenbetonspundwand und einem hinteren Abschluß durch eine hölzerne Spundwand (Abb. 46). Um standsicher zu sein, mußte die Mauer außerdem noch an Ankerplatten im gewachsenen Boden verankert werden. Ein Gegenvorschlag der Firma F. H. Schmidt (Abb. 47) behielt den Grundgedanken einer Winkelstützmauer auf hohem Pfahlrost zwar bei. Infolge der Anordnung von Pfahlböcken (drei Reihen hölzerner Druck- und zwei Reihen Zugpfähle) und der Verbreiterung der Rostplatte konnte aber auf eine rückwärtige Verankerung verzichtet werden. Vorne war die Mauer durch eine Eisenbetonspundwand abgeschlossen, die neben ihrer statischen Aufgabe den Zweck zu erfüllen hatte, die Holzpfähle vor den Angriffen des Bohrwurmes zu schützen. Für den hinteren Abschluß genügte eine hölzerne Spundwand. Ein Vorschlag der Firma Grün & Bilfinger A. G., Mannheim, ist aus der Abb. 48 ersichtlich. Diese Abbildung zeigt einen Bodenschnitt für die gesamte in Aussicht genommene Ausbaustrecke und die von der genannten Firma vorgeschlagenen Mauerquerschnitte für die einzelnen Strecken mit verschiedenen Bodenverhältnissen.

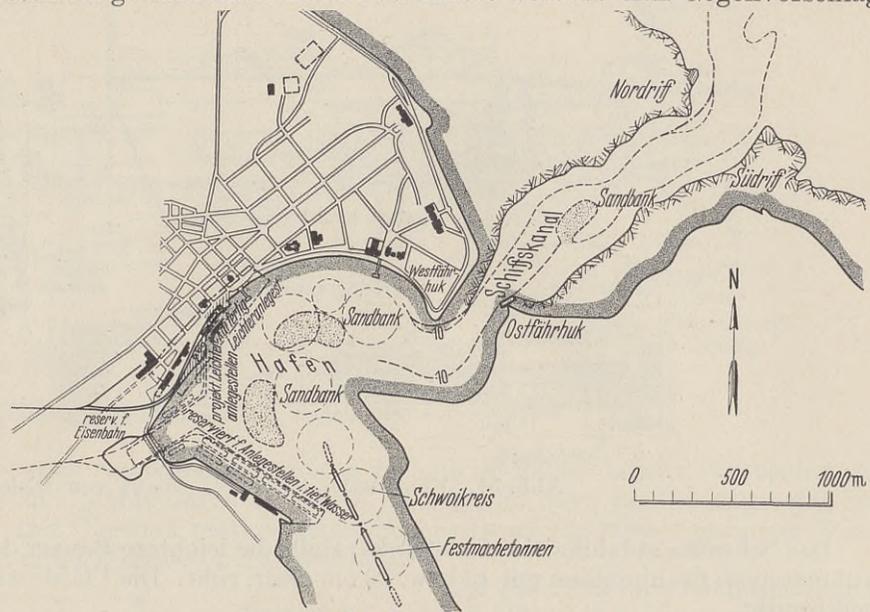


Abb. 49. Lageplan von Daressalam.

Zu einer Auftragserteilung kam es aber wegen des Kriegsausbruches nicht mehr.

### 2. Die neuen Kaimauern in Daressalam.

Nach dem Weltkrieg ging der Handel der ehemals deutschen Kolonialhäfen größtenteils an benachbarte Häfen fremder Kolonien über, z. B. der Handel Tangas an den englischen Hafen Mombassa. Nur Daressalam konnte seine Stellung als wichtigster Hafen des ehemaligen Deutsch-Ost-Afrika behaupten. Dies verdankte es dem Umstande, daß es etwa in der Mitte der Küsten Deutsch-Ost-Afrikas liegt und Endpunkt der schon um die Jahrhundertwende entstandenen Mittellandbahn ist. Die Mittellandbahn aber verbindet den Tanganjikasee mit dem Indischen Ozean und dient den Belgiern dazu, einen großen Teil ihrer im Katangabecken gewonnenen Erze zur Küste zu befördern, um sie von Daressalam nach Europa zu verschiffen. Diese steigende Bedeutung des Hafens veranlaßte die Engländer als Mandats Herren von Deutsch-Ost-Afrika in den Jahren 1920—1924, die Umschlagsmöglichkeiten zu erweitern. Abb. 49 gibt eine Übersicht über den gesamten Hafen. Abb. 50 zeigt die englischen Erweiterungsbauten. Es wurden insgesamt 283 m Kai neu geschaffen und zwar westlich der Fahrgastlandbrücke, die noch in der deutschen Zeit von der Firma Bleichert gebaut worden war (Abb. 51).

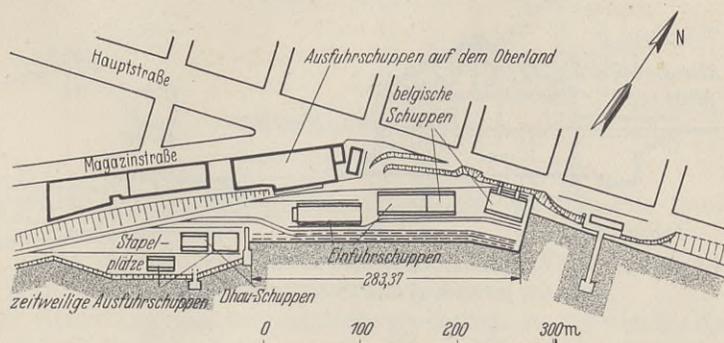


Abb. 50. Lageplan der Erweiterungsbauten.

Die Mauer ist als reine Eisenbetonkonstruktion ausgebildet (Abb. 52). Auf senkrechten Eisenbetonpfählen ruht eine Eisenbetonplatte, unterstützt durch Eisenbetonfachwerke, deren Unter-

kante etwas über dem NW-Spiegel liegt. Auf der Landseite ist die eigentliche Kaimauer durch eine leichte Eisenbetonspundwand abgeschlossen, die zu beiden Seiten mit Bruchsteinen umpackt wurde. Die Mauer ist soweit in das Hafenbecken vorgerückt, daß Leichter auch bei Niedrigwasser an ihr anlegen können.

### 3. Kaimauern in Beira.

Ebenfalls von englischen Firmen und mit englischem Kapital wurden in Beira in Portugiesisch-Ost-Afrika zwei neue Kaimauern gebaut (Abb. 53).

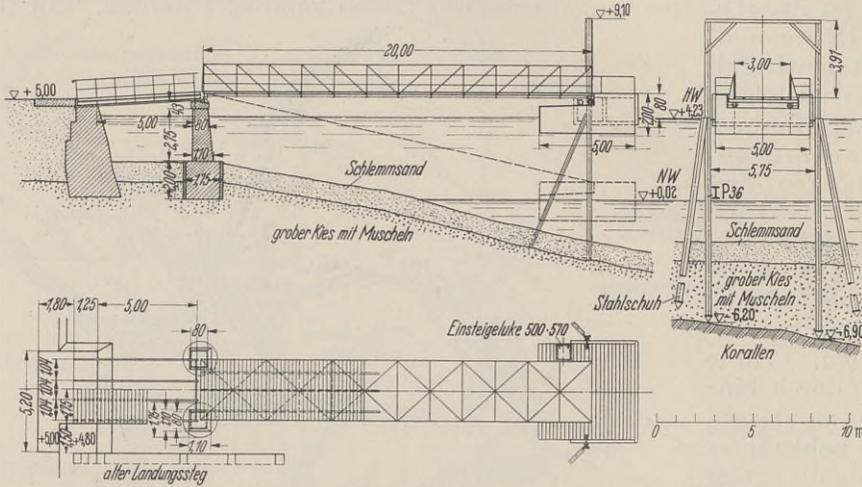


Abb. 51. Fahrgastlandebrücke, erbaut von Bleichert.

Der Schraubenpfahlkai (Abb. 53 links) stellt die leichtere Bauart dar, bei welcher die Kaifläche auf massiven Stahlpfählen mit 15 bzw. 20 cm Dmr. ruht. Die Pfähle werden in den Untergrund eingeschraubt.

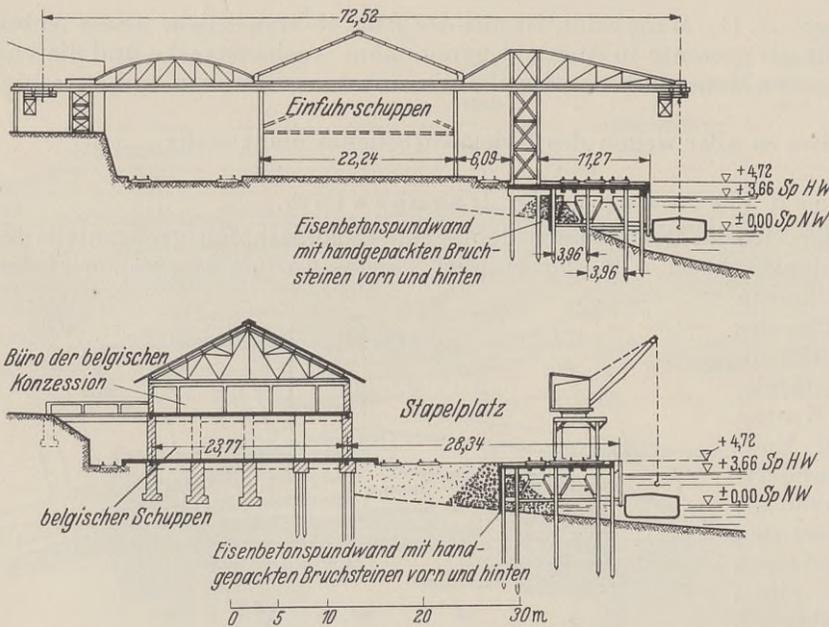


Abb. 52. Querschnitt durch die neuen Kaimauern.

Im wasserseitigen Teile sind sie wegen ihrer großen Höhe in zwei Stockwerken durch eiserne Traversen und schlaflige Diagonalen zu einem räumlichen Tragwerk verbunden. Die Länge dieses Kais, der für das Anlegen von Leichtern bestimmt ist, beträgt 170 m.

Die schwerere, von Umschlagkränen befahrene Bauart ist auf Flußeisenhohlzylinder von 90 cm Dmr. mit Schraubentellern von 2,10 m Dmr. gegründet. Die Hohlpfähle wurden nach dem Einbohren ausbetoniert. Den Überbau im Bereiche des wechselnden Wasserstandes bildet ein stählernes Fachwerk, das mit Buckelblechen und Betonaußfüllung abgedeckt ist. Diese Bauweise ist auf eine Strecke von 500 m

ausgeführt worden. Landeinwärts schließt sich an die Kaimauer der sog. Durchgangsschuppen, der ebenfalls auf Pfählen steht, an. Hierbei kam eine ungewöhnliche Konstruktion zur Anwendung. Soweit die Pfähle dauernd im Wasser stecken, d. h. also etwa bis zur NW-Höhe, wurde dafür Holz der Oregon-Fichte verwendet. Darauf sind Eisenbetonpfosten aufgepropft. An der Abb. 53 rechts fällt auf, daß für die Schuppengründung nahezu vollständig auf eine Querversteifung verzichtet wurde.

#### 4. Kaimauer in Ango-Ango.

1928 sollte in Ango-Ango, unterhalb von Matadi am Kongofluß eine 200 m lange und 20 m breite Kaimauer gemäß Abb. 54 gebaut werden. Auch an diesem Mauerquerschnitt fällt der Verzicht auf jeden Schrägpfehl auf. Er ist durch die Bauausführung bedingt. Die Gründungspfähle — 6 mm starke Stahlzylinder von 78 cm Dmr. — sollten nämlich in den von 8—10 m Feinsand

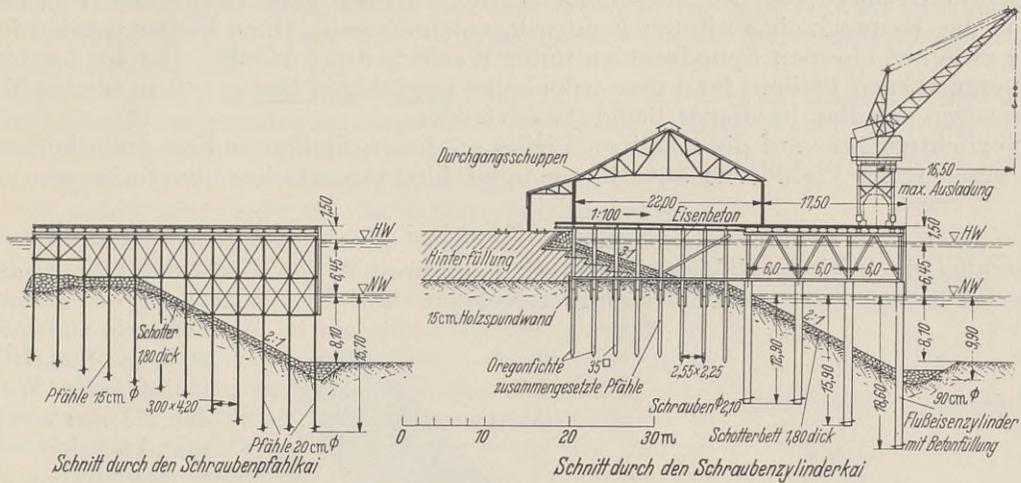


Abb. 53. Querschnitt der neuen Mauern in Beira.

überlagerten Felsuntergrund noch eingreifen. Es sollten deshalb im Felsen Löcher vorgebohrt und die Gründungspfähle durch Hohlpfähle durch den Sand hindurch in diese Löcher eingesetzt und dann ausbetoniert werden. Der Überbau bestand nach dem Entwurf aus etwa 5 m hohen Eisenbeton-Fachwerkträgern und einer Eisenbeton-Brückentafel.

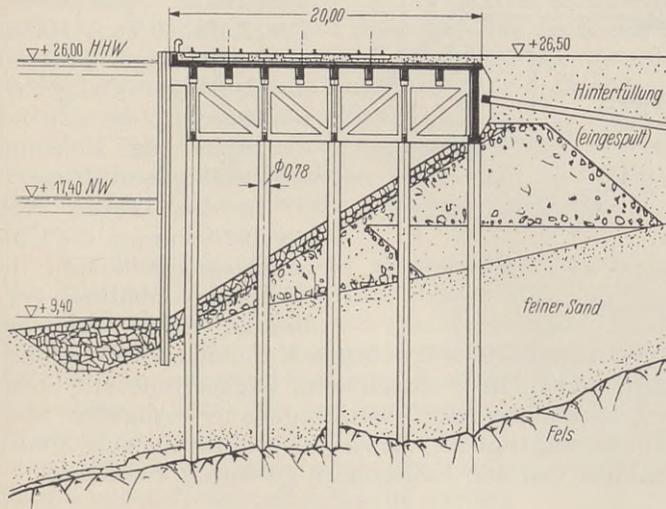


Abb. 54. Querschnitt der geplanten Mauer in Ango-Ango.

Auf die Höhe des Fachwerkträgers war auf der Landseite der Mauer eine geschlossene Eisenbetonwand vorgesehen; der hierauf treffende Erddruck mußte durch eine Verankerung aufgenommen werden. Der Erddruck aus den

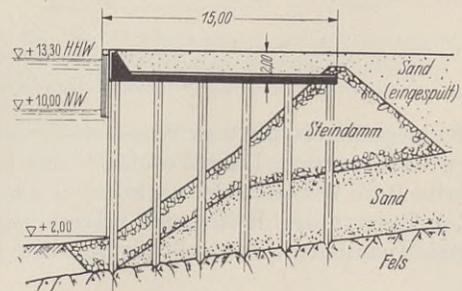


Abb. 55. Querschnitt der Mauer in Boma.

tieferliegenden Hinterfüllungsschichten sollte in der schon mehrfach genannten Weise durch eine kräftige Steinschüttung unterhalb der Kaifläche in den Baugrund übergeleitet werden.

Das beabsichtigte Niederbringen der Gründungspfähle gestaltete sich aber so schwierig, daß die belgische Regierung sich später entschloß, die Bauarbeiten unter Hinzuziehung der deutschen Bauunternehmung Grün & Bilfinger A.G. in eigener Regie fortzuführen. Da auch dieser Weg nicht zum erhofften Ziele führte, wurde der Entwurf schließlich aufgegeben und ein stählerner Pier von 120 m Länge und 12 m Breite nach dem Vorbild von Matadi (vgl. Abb. 41) gebaut.

#### 5. Kaimauer in Boma.

Die in den Jahren 1929—1932 in Boma am Unterlauf des Kongo gebaute Kaimauer ist deswegen bemerkenswert, weil sie teils auf Pfählen und teils auf massiven Pfeilern gegründet ist. Sie ist etwa 250 m lang und bietet Seeschiffen bis 7500 BRT noch bei NW Anlegemöglichkeit.

Der Regelquerschnitt der Kaimauer ist in Abb. 55 dargestellt: eine nur 2 m hohe Winkelstützmauer in Eisenbeton mit 15 m breiter Rostplatte ruht auf sechs Reihen senkrechter Pfähle. Die landseitige Sandaufspülung ist durch einen Steindamm gegen das Wasser abgeschlossen, der im wesentlichen den Erddruck der Hinterfüllung aufzunehmen hat. In 35,20 m Abständen sind auf die gesamte Kaimauer acht massive Betonpfeiler verteilt, um die waagerechten Kräfte, also in erster Linie den Pollerbezug der anlegenden Schiffe, daneben aber auch einen trotz des Steindammes in das Bauwerk eingeleiteten Erddruck, aufzunehmen. Diese Pfeiler wurden in offener Baugrube zwischen eisernen Spundwänden unter Wasserhaltung erstellt. Bei den letzten stromabwärts vorgesehene Pfeilern fand man jedoch den tragfähigen Boden erst in solcher Tiefe, daß Bedenken gegen den Bau in offener Baugrube bestanden.

Man verzichtete ganz auf die massiven Pfeiler an diesen Stellen und ersetzte sie durch landeinwärts geschlagene Pfahlböcke aus Eisenbetonpfählen, an welchen die Kaimauer verankert wurde.

#### 6. Walfischbai.

Walfischbai, die britische Enklave im deutschen Südwest-Afrika, besaß den besten natürlichen Hafen im nördlichen Küstenabschnitt unserer Kolonie. Mit der Übertragung des Mandats über Deutsch-Südwest-Afrika an die Südafrikanische Union zog Walfischbai den Handel von Swakopmund an sich.

Der Hafen von Walfischbai ist auf der Westseite durch eine in süd-nördlicher Richtung ziehende Nehrung wie durch eine natürliche Mole gegen den Einfluß der Südwestwinde geschützt<sup>1</sup>. Die Zufahrt zum Hafen muß allerdings dauernd durch Bagger offengehalten werden, da sich an der Spitze der Nehrung regelmäßig Sand abgelagert.

In den Jahren 1923 bis 1926 wurden die Umschlagsmöglichkeiten in Walfischbai dadurch verbessert, daß im Hafen ein

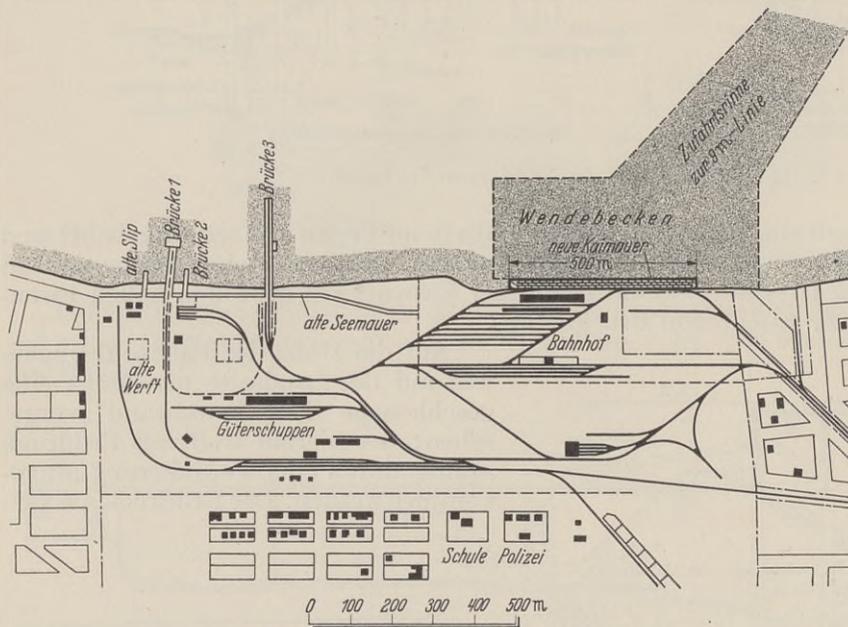


Abb. 56. Lageplan von Walfischbai.

Wendebassin mit 9 m Wassertiefe gebaggert und daran eine 500 m lange Kaimauer für Seeschiffe gebaut wurde. Das Wendebassin ist mit dem freien Meer durch eine Baggerrinne mit ebenfalls 9 m Wassertiefe verbunden (Abb. 56). Zeichnungen oder sonstige genauere Angaben über die Bauart der Kaimauer waren mir leider nicht zugänglich. Es soll sich aber um eine Mauer auf Eisenbetonpfählen, ähnlich der in Daressalam von den Engländern gebauten, handeln.

#### c) Auf Pfeilern gegründete Kaimauern.

Schon unter Ziffer 5 des vorigen Abschnitts ist eine Kaimauer beschrieben, die teilweise auf massive Pfeiler gegründet war. Im nachstehenden sollen einige Beispiele aufgeführt werden, bei denen diese Gründungsart ausschließlich oder doch vorwiegend angewandt wurde.

Da durch die einzelnen Pfeiler die Lasten zusammengedrängt in den Baugrund eingeleitet werden, setzt diese Gründungsweise einen entsprechend tragfähigen Untergrund voraus.

Der bereits beschriebene Fall (Boma), in welchem die Pfeiler in offenen Baugruben zwischen Spundwänden gebaut wurden, ist der seltenere; denn meist werden diese Pfeiler als Brunnen abgesenkt.

#### 1. Kaimauern auf Brunnen in Duala.

Für die mit den Abb. 46 und 47 bereits gekennzeichnete Kaimauer für Seeschiffe im Hafen Duala ging unter anderen auch ein Entwurf von Grün & Bilfinger A.G. für eine Brunnengründung

<sup>1</sup> Vgl. Prof. Dr. Obst: Die südafrikanischen Seehäfen. Jb. hafentechn. Ges., 16. Band, 1937, S. 67.

ein. Jeder Pfeiler sollte in zwei Brunnen aufgelöst werden. Der Überbau sollte in Eisenbeton ausgebildet werden (Abb. 57).

Je nach dem Befund des Baugrundes war vorgesehen, innerhalb der abgesenkten Brunnen noch Holzpfähle zu schlagen. Infolge des Kriegsausbruchs unterblieb die Ausführung dieser Mauer.

Nach dem Kriege übernahmen die Franzosen als Mandatsträger den Ausbau des Hafens in Duala. Die von ihnen errichteten beiden Kaimauern — eine für Seeschiffe bis zu 5,50 m und eine zweite für Leichter bis zu 2 m Tiefgang — sind wieder teilweise auf Pfeiler und teilweise auf Ramm-  
pfähle gegründet (Abb. 58).

Aus der vorliegenden Quelle waren keine näheren Angaben über die Konstruktion und über die Beschaffenheit des Baugrundes zu entnehmen. Die wasserseitigen Pfeiler, die einen Querschnitt von  $1,15 \times 1,15$  m hatten, dürften als Senkbrunnen ausgebildet sein, die noch durch Pfähle gegen Verschieben gesichert wurden. Diese Pfeiler sollen wohl auch die Schiffsstöße aufnehmen, während die dahinterliegenden Pfahlreihen vorwiegend senkrechte Kräfte erhalten. Parallel zum Ufer sind die einzelnen Pfeiler durch ein gleiches Eisenbetonfachwerk verbunden, wie es im Mauerquerschnitt gezeichnet ist.

Auch bei diesem Beispiel ist die Hinterfüllung in ihrem unteren Teile wieder durch einen geschütteten Steindamm gegen das Wasser abgeschlossen, darüber durch einen etwa 2 m starken Steinwurf der Böschung und nur im obersten Teile durch einen geschlossenen Baukörper, nämlich die Wand der Winkelstützmauer. Hervorzuheben ist noch, daß die Franzosen auf jedes mechanische Umschlaggerät und auf Gleisanschluß auf der Mauer verzichtet haben, so daß der Umschlag mit dem Schiffsgeschirr unmittelbar auf Lastwagen erfolgt.

### 2. Kaimauer in Kilwa-Kisiwani.

Als Endpunkt einer zweiten in Deutsch-Ost-Afrika geplanten Eisenbahnlinie, der sog. Südbahn, war die Kilwa-Kisiwanibucht gedacht. Für den Ausbau dieses Hafens hatte die Firma Phil. Holzmann A.G. einen Entwurf ausgearbeitet, dem die folgenden Abbildungen entnommen sind. Auf einer Aufschüttung zwischen den Pungunyuni-Inseln sollte eine 375 m lange Kaimauer gebaut werden, die bis zur NW-Linie aus Beton und darüber aus Korallenmauerwerk bestehen sollte (Abb. 59 und 60). Der eine der beiden Mauerentwürfe sah eine aufgelöste Bauweise vor (Abb. 61).

Grundsätzlich stellt die vorgeschlagene Konstruktion eine Winkelstützmauer auf einzelnen Pfeilern vor, zwischen denen sich unterhalb der Rostplatte auf der Wasserseite eine geschlossene Wand spannt. Soweit man aus den Unterlagen ersehen konnte, sollte zunächst die Gründungssohle für die Mauer durch Abbaggern des Ufers hergestellt werden und darauf Pfeiler und vordere Abschlussmauer unter Wasser betoniert werden. Um die über die Pfeiler durchlaufende Platte betonieren zu können, sollten die Nischen zwischen den Pfeilern mit „Eisenbeton-Dambalken“ — so bezeichnete der Bericht die verlorene Schalung — abgedeckt werden. Auch diese Platte mußte unter Wasser eingebracht werden.

Der andere Entwurf für diese Kaimauer ist in Abb. 80 dargestellt.

Weder die Südbahn noch die Hafenanlage Kilwa-Kisiwani kamen zur Ausführung.

### 3. Kaimauern in Lobito.

Zu den bemerkenswertesten Hafenanlagen, die deutsche Unternehmungen in neuester Zeit an der Westküste Afrikas geschaffen haben, muß die Kaimauer in Lobito (Portugiesisch Angola) mit 12,40 m Wassertiefe gerechnet werden (Abb. 62). Die in den Jahren 1922—1927 von englischen Unternehmern errichtete 220 m lange Kaimauer auf Eisenbetonbrunnen mußte verlängert werden, um die Hafenanlagen der Stadt Lobito dem wachsenden Verkehr anzupassen, der nach der Fertigstellung der West-Ostbahn mit Anschluß an die Kupfererzvorkommen von Katanga zu erwarten war (Abb. 63).

Die portugiesische Verwaltung stellte folgende Anforderungen: Geschlossene Mauerflucht bis unter NW, Verzicht auf Eisenbeton-Ramm-  
pfähle, Herstellung des Betons im Trockenem, um den frischen Beton nicht den Angriffen des Seewassers auszusetzen, höchste zulässige Baugrundbeanspruchung  $5-6 \text{ kg/cm}^2$ .

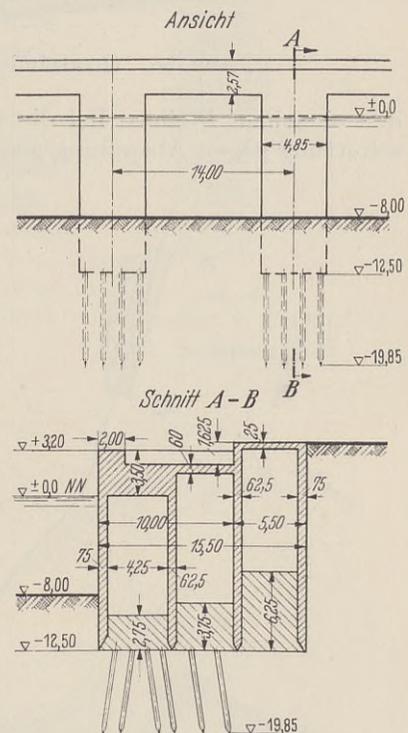


Abb. 57. Entwurf für die Seeschiffkaimauer mit Brunnengründung in Duala. (Grün & Bilfinger A.G.)

Sie hatte selbst einen Entwurf ausgearbeitet: Brunnen von  $8,50 \times 4,50$  m Grundfläche im Abstände von 15 m, über welche sich eine schwere Eisenbeton-Balkenbrücke spannte. Zwischen

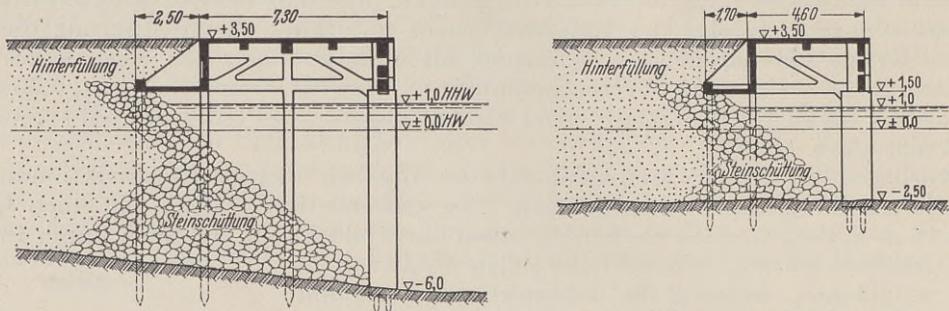


Abb. 58. Querschnitt der neuen Kaimauern in Duala. (Franz. Mandatsverw.)

den einzelnen Pfeilern fiel die Hinterfüllung frei durch; die Böschung wurde durch eine Steinschüttung gegen Abspülung geschützt. Trotz dieser Maßnahme zur Verminderung des Erddrucks

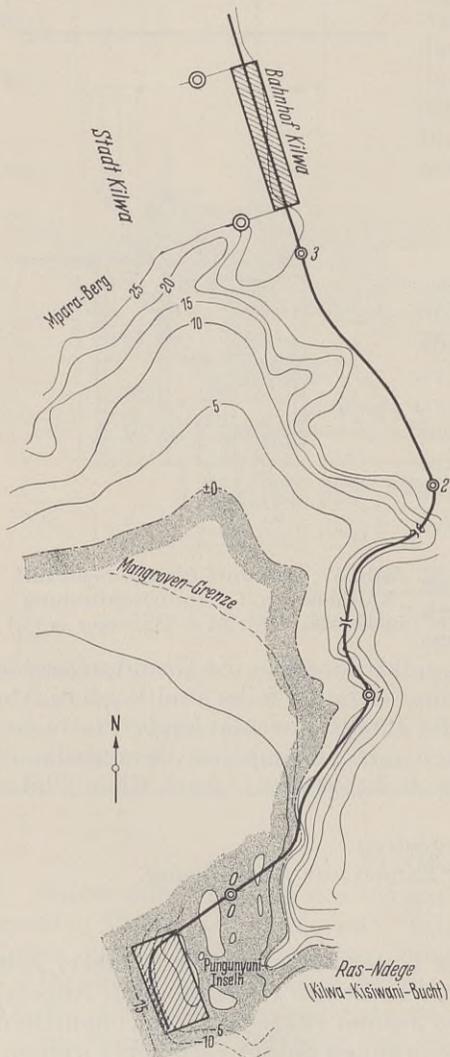


Abb. 59. Lageplan des Hafens Kilwa-Kisiwani.

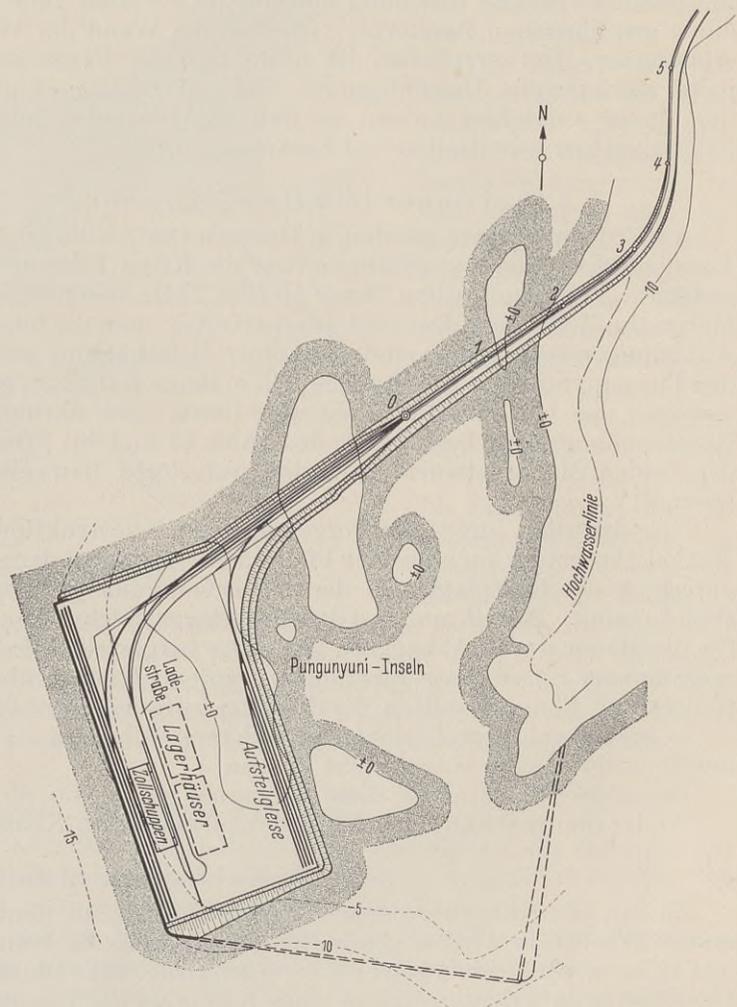


Abb. 60. Lageplan der Kaimauer.

(Phil. Holzmann A.G.)

auf die Mauer wurde die als zulässig erachtete größte Kantenpressung auf der Gründungssohle noch überschritten.

Zur Ausführung wurde ein Entwurf der Grün und Bilfinger A. G., Mannheim, bestimmt, der zwar den grundsätzlichen Konstruktionsgedanken des Verwaltungsentwurfs beibehielt und auch

ungefähr dieselbe Grundfläche der Brunnen hatte, bei dem aber durch Anhängen eines landseitigen Gegengewichtes des sog. „Tornisters“ die vordere Kantenpressung heruntergedrückt wurde. Bis etwa 3 m unter NW wurde hinter der Brunnenreihe ein Damm aus Stein und Steinbruchabfällen geschüttet, dessen Böschung auch wie im Verwaltungsentwurf zwischen den Brunnen frei durchfiel; auf ihre Krone wurde eine Eisenbeton-Winkelstützmauer gesetzt, die die Felder zwischen den Brunnen abschloß. Bei der Ausführung stellte sich heraus, daß der Boden weniger tragfähig war als behördlicherseits angenommen worden war. Zur Verdichtung des Untergrundes wurden daher in jedem Brunnen nach der Absenkung noch mindestens 28 Holzpfähle mit 30 cm Dmr., 6—8 m lang, gerammt. Einige Brunnen waren schon fertig ausbetoniert; sie wurden mittels vorgespannter Rundeisenanker von 95 mm Dmr. an ein System von Pfahlböcken, deren Köpfe durch eine Eisenbetonplatte zusammengefaßt waren, nach rückwärts verankert (Abb. 64).

Die Brunnen sind der Höhe nach in zwei Teile unterteilt, um das an den Absenkspindeln aufzuhängende Gewicht zu vermindern. Der untere Teil verjüngt sich von 8,50 × 5 m in der Sohle auf 6,50 × 3,30 m in Höhe —5 m. Der obere Teil mit dem Tornister hat senkrechte, 20 cm starke Wände und ist 7,05 m hoch. Eine Zwischenwand parallel zur Kaikante teilt jeden Brunnen in zwei Kammern, von denen die vordere, kleinere ausbetoniert wurde, da sie unmittelbar den Schiffsstößen ausgesetzt ist, während die landseitige aus Gründen der Sparsamkeit mit Sand gefüllt wurde (Abb. 64).

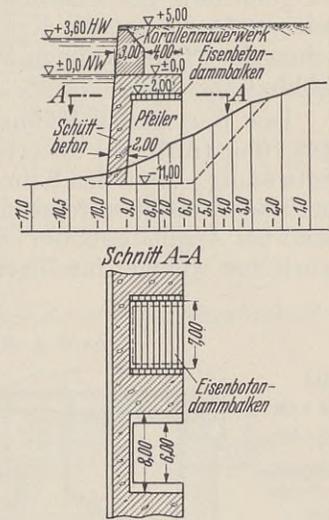


Abb. 61. Kaimauer, I. Entwurf. (Phil. Holzmann A. G.)

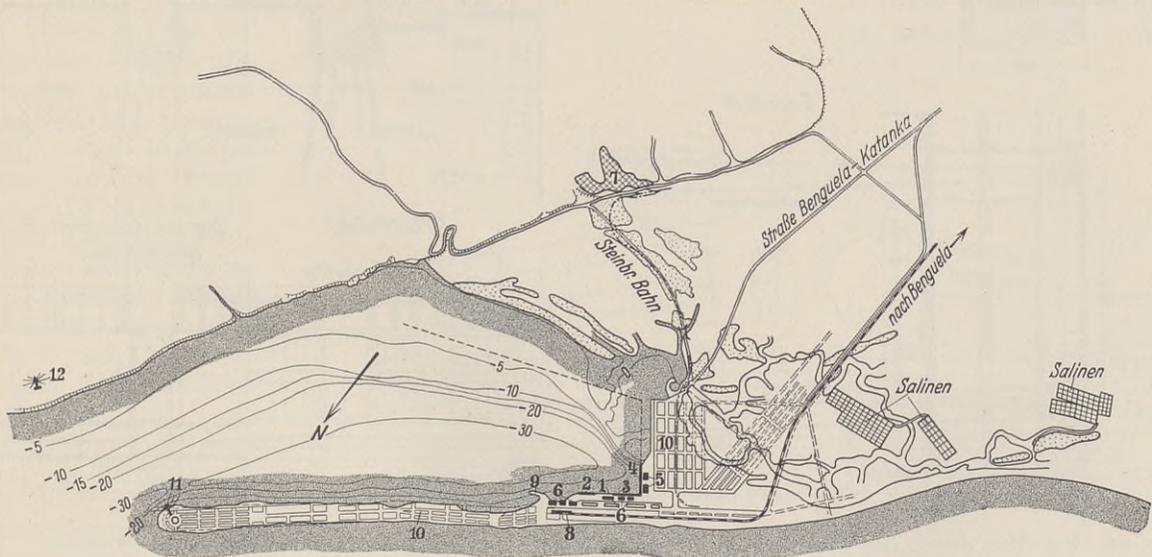


Abb. 62. Lageplan von Lobito.

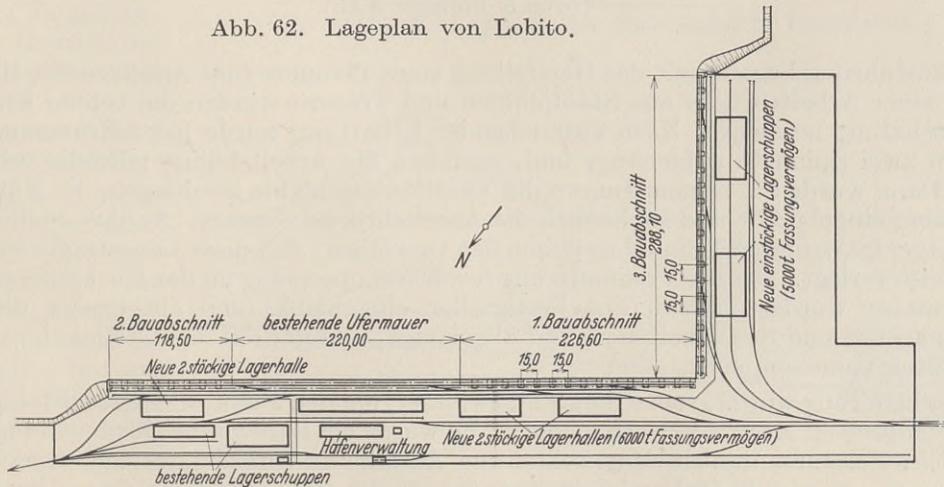


Abb. 63. Lageplan der Hafenanlagen in Lobito.

Im 2,80 m breiten wasserseitigen Teil spannt sich über die einzelnen Pfeiler eine Eisenbetonbalkenbrücke, deren Träger-Unterseite 20 cm ins Niedrigwasser eintaucht und damit der Mauer die geforderte geschlossene Ansichtsfläche gibt. Dieser Balken hat die Schiffsstöße und die wasserseitigen Radlasten der Krane aufzunehmen. Auf die übrige Breite der Kaimauer spannen sich zwischen die Pfeilerbrunnen zwei Gewölbe, die durch den landseitigen Kranbahnträger getrennt sind (Abb. 65).

Der Bau dieser Kaimauer, die in drei Bauabschnitte von 226,60 m, 118,5 m (Abb. 66) und 288,10 m (Abb. 67) unterteilt ist, machte einen für Kolonialbauten beträchtlichen Geräteeinsatz notwendig; denn das Klima in Angola ist für Europäer ungesund, so daß ihre Zahl auf ein Mindestmaß beschränkt werden mußte. Andererseits ließen die hohen Beförderungskosten von Deutschland bis Angola geboten erscheinen, wenige aber leistungsfähige Geräte einzusetzen, die möglichst auch von weniger intelligenten eingeborenen Arbeitern bedient werden konnten.

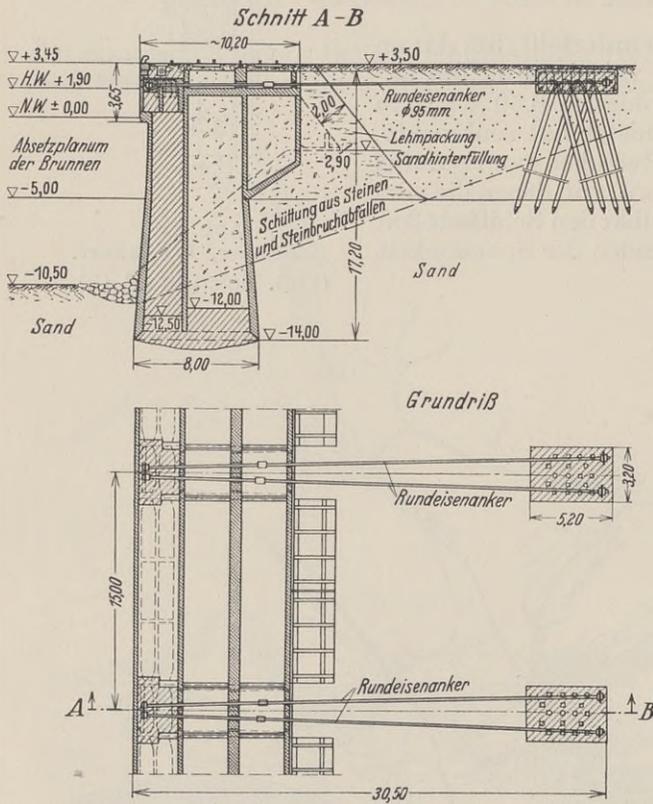


Abb. 64. Schnitte durch die verankerten Brunnen.

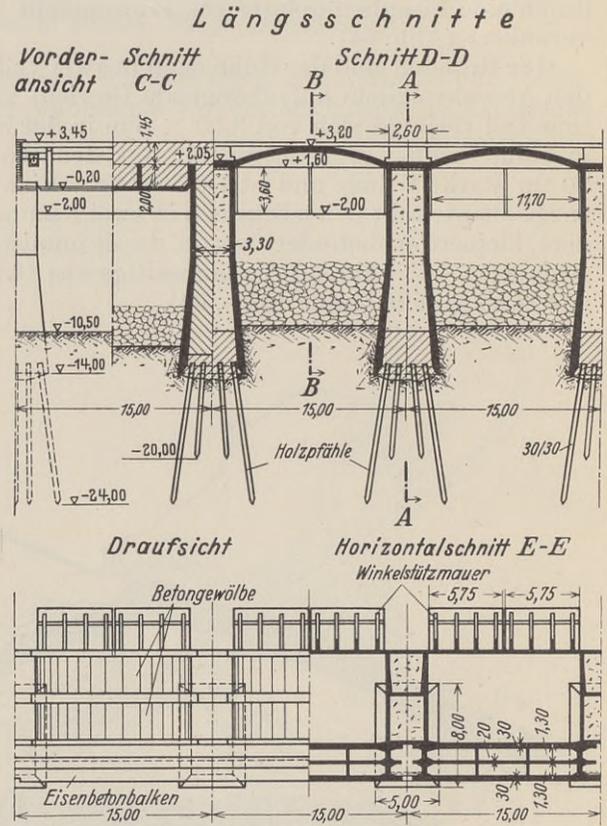


Abb. 65. Schnitte durch die Brunnen.

(Grün & Bilfinger A.G.)

Die Bauausführung begann mit der Herstellung eines Planums zum Absetzen der Brunnen auf  $-5$  m. Auf einer Arbeitsbrücke aus Stahlpfählen und Trägern wurden die beiden Brunnenringe in eiserner Schalung betoniert. Nach ausreichender Erhärtung wurde jeder Brunnenring mittels Bockkran an zwei Spindeln aufgehängt und, nachdem die Arbeitsbühne teilweise entfernt war, abgesenkt. Dann wurden in seinem Innern die Verdichtungspfähle geschlagen, der Füllbeton und die Sandfüllung eingebracht und schließlich die Arbeitsbrücke versetzt. An ihre Stelle traten die drei Längsträger im vorderen Teil und zwischen den Gewölben. Auf diese Längsträger wurden dann die Fördergleise verlegt. Die zur Verminderung der Kantenpressung an der Rückseite angeordnete Winkelstützmauer wurde nunmehr aus Fertigteilen eingebracht und gleichzeitig die vorderen Längsbalken an Ort und Stelle betoniert und abgelassen, und danach das Gelände hinterfüllt und die Restarbeiten vorgenommen.

Der Betonbereitung wurde größte Sorgfalt gewidmet, um den Beton widerstandsfähig gegen die Angriffe des tropischen Meerwassers zu machen. Es wurde ein italienischer Zement verwendet, der nur wenig Schwefelsäureanhydrit, Magnesium und Aluminium enthält; deutsche Spezialzemente, wie Hochofenzement oder Traß-Portlandzement lehnte die Bauverwaltung wegen ihres Gehaltes

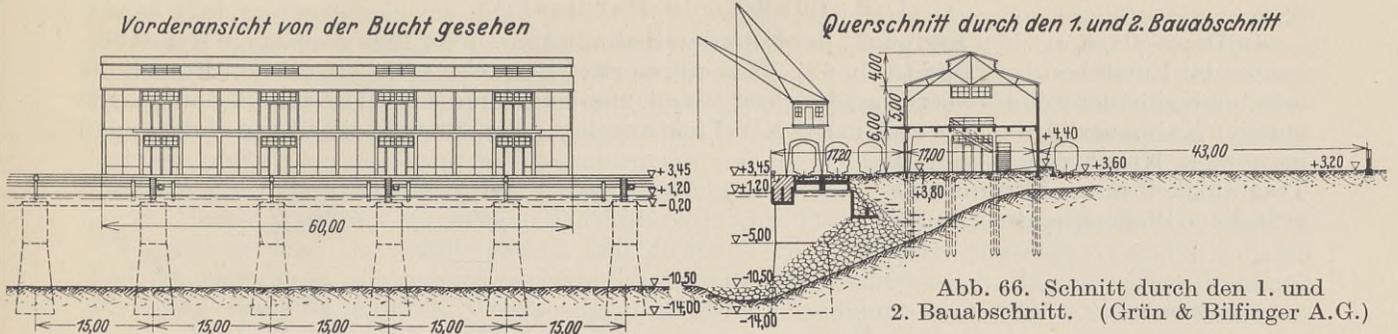


Abb. 66. Schnitt durch den 1. und 2. Bauabschnitt. (Grün & Bilfinger A.G.)

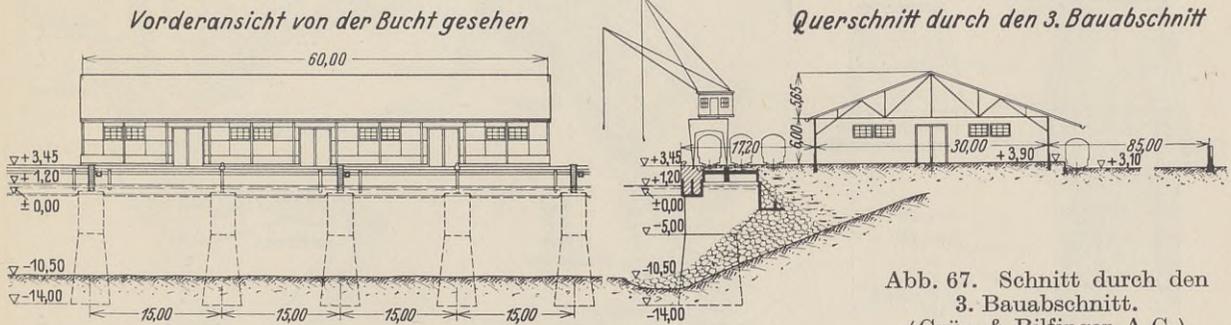


Abb. 67. Schnitt durch den 3. Bauabschnitt. (Grün & Bilfinger A.G.)

an diesen Stoffen ab. Bei der Baggerung wurde geeigneter, scharfer Sand gewonnen. Die größeren Zuschlagstoffe lieferte ein in der Nähe befindlicher Kalksteinbruch. Die Zementbeigabe betrug für den Eisenbeton  $350 \text{ kg/m}^3$  fertigen Beton.

Die Belegschaft bestand zu  $\frac{7}{8}$  aus Schwarzen, mit denen günstige Erfahrungen gemacht wurden. 25 Deutsche und 75 Portugiesen forderte das Gerippe an Facharbeitern. Die Bauzeit lief von 1930 bis Mai 1934.

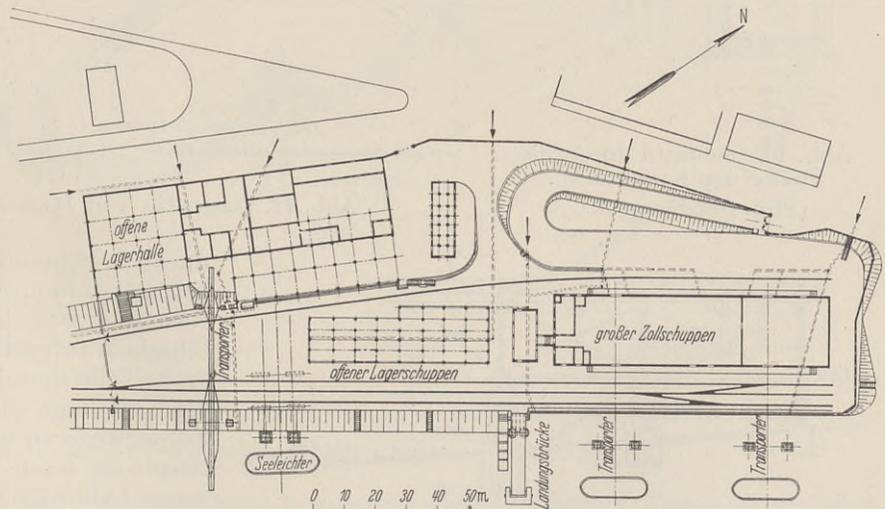


Abb. 68. Lageplan der Kaianlagen in Daressalam.

**d) Kaimauern als Massivbauwerke.**

Als letzte Art der Kaimauer folgen nunmehr die Schweregewichtsmauern. Sie setzen einen tragfähigen Baugrund und die Möglichkeit, in unmittelbarer Nähe der Baustelle geeignete Zuschlagstoffe zu gewinnen, voraus.

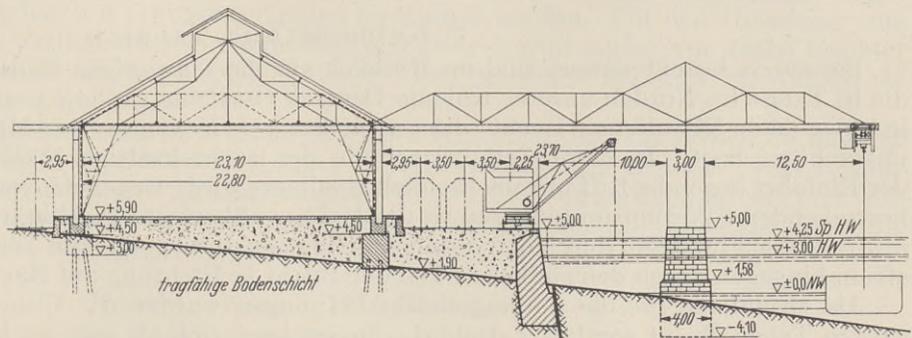


Abb. 69. Schnitt durch die Landungsanlage mit massiven Mauern. (Phil. Holzmann A.G.)

1. Kaimauern in Daressalam.

In Daressalam, als dem Endpunkt der Mittellandbahn, waren schon 1906 großzügige Kaimauerbauten im Entstehen begriffen (Abb. 68). Hier waren zwei Bauweisen vorherrschend. Einmal die massive Kaimauer mit annähernd senkrechter Wand, zum anderen die gepflasterte Böschung. Die massive Kaimauer (Abb. 69) wurde in der NW-Linie angelegt; ihr Fuß fiel bei Ebbe trocken, so daß man zwei Kranbrücken von 2t Tragfähigkeit mit auf Brunnen gegründeten Pfeilern baute (Abb. 70),

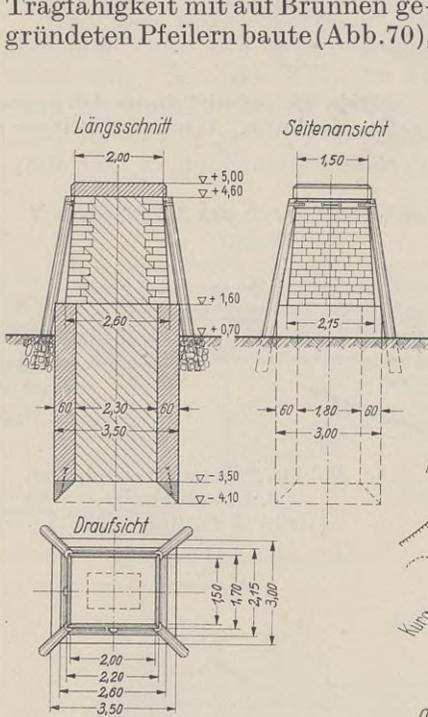


Abb. 70. Schnitte durch die Pfeiler der Kranbrücke. (Phil. Holzmann A.G.)

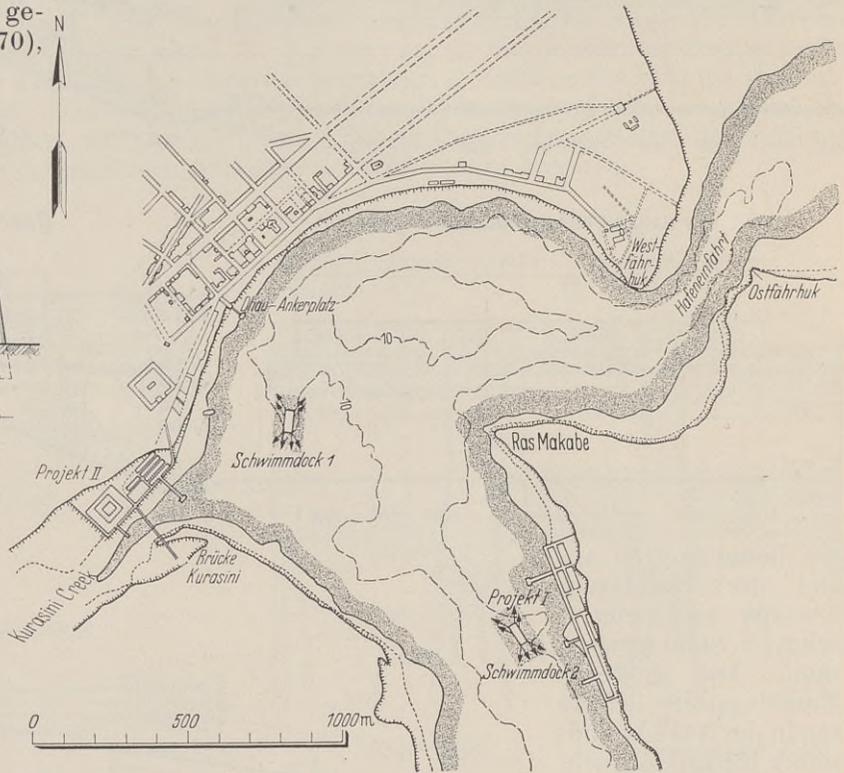


Abb. 72. Lageplan von Daressalam mit Erweiterung.

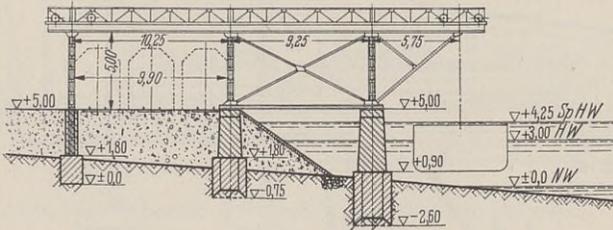


Abb. 71. Querschnitt durch die geböschte Anlegestelle mit 12 t-Förderbrücke. (Phil. Holzmann A.G.)

um auch während der Ebbe die Güter umschlagen zu können. An dem Kai mit gepflasterter Böschung war eine Kranbrücke mit 12t Tragfähigkeit aufgestellt (Abb. 71), um besonders große Teile umschlagen zu können. Man hatte die Kaianlage vor die Stadt gebaut, um weite Förderwege zu ersparen, und hatte eine Verlängerung nach dem Kurasinii Creek vorgesehen (Abb. 72).

Aber wie bei unseren anderen Kolonien, so beendete auch hier der Ausbruch des Weltkrieges alle weiteren Pläne.

2. Kaimauern in Tanga.

Besonders beachtenswert sind im Hinblick auf die schwierigen Bodenverhältnisse die Bauten, die in Tanga im Norden unserer Kolonie Deutsch-Ostafrika geplant waren. Tanga (Abb. 73) liegt in einer nach NO offenen Bucht, die gegen den von November bis März wehenden NO-Monsun ungeschützt liegt. In dieser Zeit herrscht in der Bucht kräftiger Wellengang, der durch ein vor der Einfahrt liegendes Riff nur unerheblich gemildert wird. Gegen den von März bis September vorherrschenden SW-Monsun hingegen ist der Hafen vollkommen geschützt. Während dieser Jahreszeit tritt der Flutstrom durch den nördlich der Tanga-Insel gelegenen Teil der Bucht ein, der Ebbestrom hingegen durch den südlichen Teil der Bucht in Richtung auf Ras Kasone zu aus (Abb. 74).

Als Grundlage für die umfangreichen Planungen wurden die Untergrundverhältnisse in der ganzen Tanga-Bucht sorgfältig studiert. Sie erwiesen sich als sehr wechselnd. Vor der Stadt besteht der Untergrund aus einer bis zur Tiefe von -40 MN (Möve-Nullpunkt der Vermessung durch S. M. S. „Möve“) reichenden Schlickschicht, die in ihrem oberen Teil sehr weich ist, in tieferen

Lagen aber an Festigkeit zunimmt (Abb. 75). Zwischen der Mole und dem Ras Kasone wird die Küstenbildung durch das Querprofil Abb. 76 gekennzeichnet. Dem Steilufer ist eine breite Terrasse etwa in NW-Höhe vorgelagert; sie besteht aus Feinsand in wechselnder Mächtigkeit, darunter liegt eine lehm- und sandhaltige Bodenschicht, die von Steineinlagerungen und Korallenbildungen durchzogen ist. Am Ende dieser Terrasse nimmt die Wassertiefe rasch zu. Den Meeresgrund bedeckt hier eine bis zu 10 m mächtige Schicht schwarzen, tonigen Schlicks. In diesem Küstenabschnitt der Tanga-Bucht sollten die neuen Hafenanlagen errichtet werden.

Im Hinblick auf den erheblichen Tidehub (vgl. Abb. 77) sollte das Hafengelände auf +5,25 m MN gelegt werden. Dazu sollte gemäß Abb. 76 ein Teil des Steilufers abgebaggert und mit diesen Bodenmassen die im Flutbereich liegende Uferterrasse aufgehöhht werden. Die seeseitige Böschung der Anschüttung sollte durch 10 cm starke, 1 m<sup>2</sup> große Eisenbetonplatten, die auf einer 20 cm star-

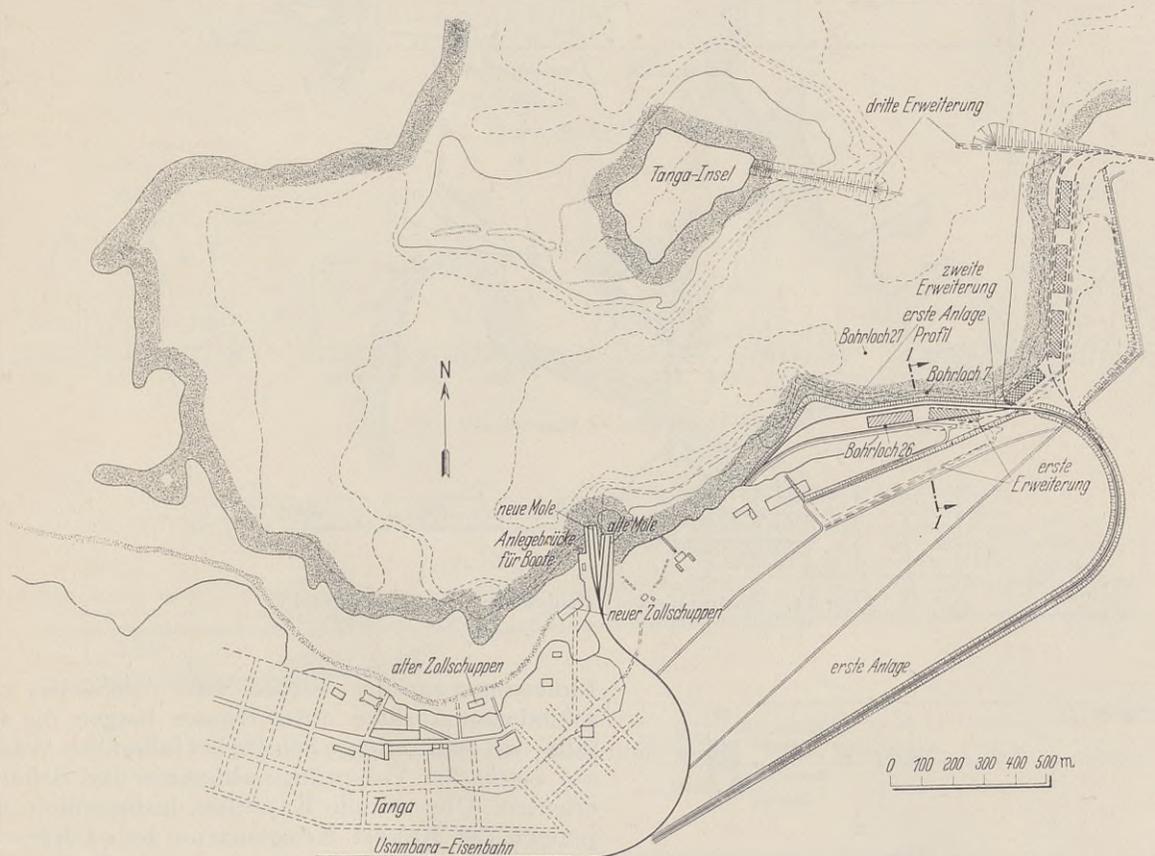


Abb. 73. Lageplan von Tanga mit den geplanten Bauten.

ken Schotterbettung verlegt und verankert werden sollten, befestigt werden. Der Böschungsfuß sollte in NW-Höhe durch eine Betonschwelle aus fertig versetzten Blöcken mit einem Vorwurf von Steinbrocken gesichert werden (Abb. 78).

In großzügiger Weise sollte das Hafengelände durch Eisenbahngleise und Ladestraßen abgeschlossen und die Lagerflächen mit fahrbaren Kranen bestrichen werden. Für den Umschlag vom Land in die Schiffe waren Verladebrücken vorgesehen und zwar sowohl solche, vor denen Leichter bei etwa 3 m Wassertiefe unter NNW und solche, vor welchen Seeschiffe bei etwa 9 m Wassertiefe unter NNW anlegen konnten.

Ein späterer Ausbauabschnitt sah in der Ras Kasone-Bucht einen Kai für Seeschiffe mit 9 m Wassertiefe vor. Gemäß Abb. 79 war hierfür eine Schwergewichtsmauer geplant. Dem Reichskolonialamt erschien dieser sehr sorgfältig ausgearbeitete Entwurf jedoch zu umfangreich und weit über die Bedürfnisse hinausgehend. Es lehnte daher seine Durchführung ab. Statt dessen wurde die Mauer der Firma Grün & Bilfinger A.G. gemäß S. 221 gebaut.

### 3. Kaimauer in Kilwa-Kisiwani.

Die Abb. 80 zeigt einen zweiten Vorschlag der Phil. Holzmann A. G., für die Kaimauer in dem geplanten Hafen Kilwa-Kisiwani in Deutsch-Ostafrika (vgl. Abb. 61). Auf einer breiten Stein-schüttung sollte eine 8 m hohe Schwergewichtsmauer aus fertigen Betonblöcken bis über NW auf-

geschichtet werden. Der Mauerkopf im Bereich des schwankenden Wasserspiegels sollte wie im Vorschlag Abb. 61 aus Korallen-Mauerwerk bestehen.

Im Falle der Ausführung hätte der Querschnitt trotz der damit verbundenen statischen Nachteile insofern etwas abgeändert werden müssen, daß die wasserseitige Fläche durch einen stetigen

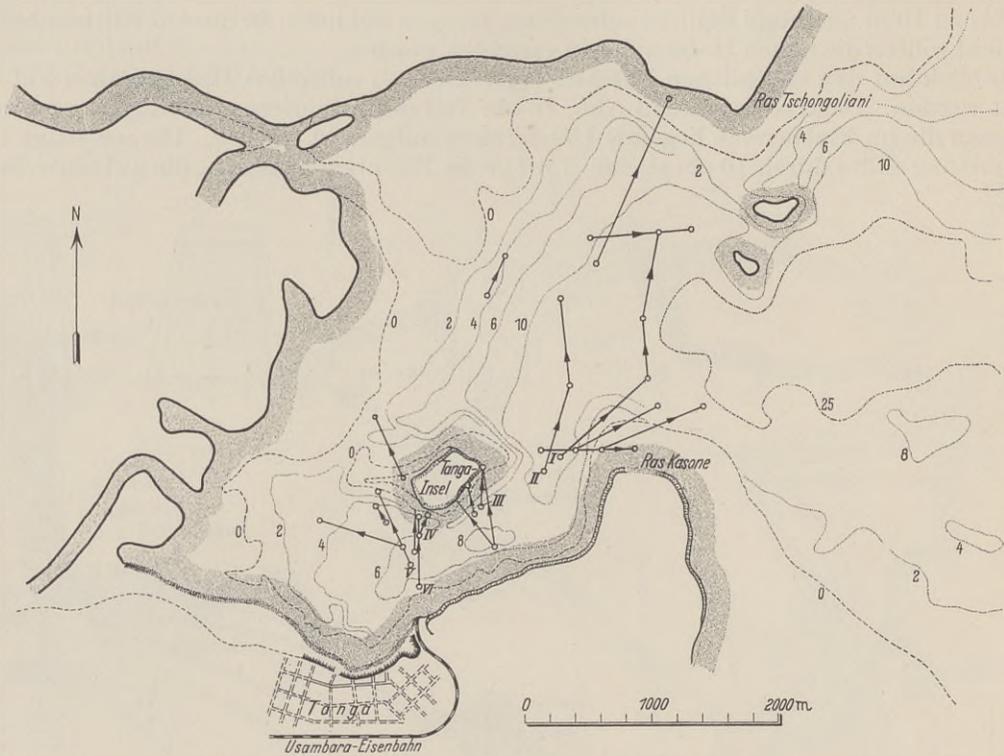


Abb. 74. Strömungsverhältnisse in der Tanga-Bucht.

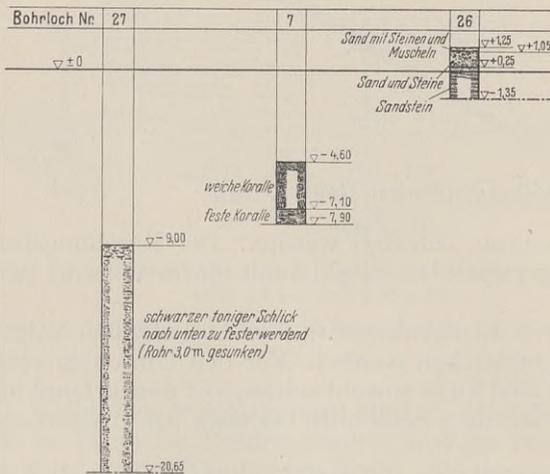


Abb. 75. Bohrprofile.

Linienzug begrenzt worden wäre; denn die verschiedenen Absätze unter Wasser bergen die Gefahr, daß sich kleinere Schiffe bei fallendem Wasser auf einem der Vorsprünge aufsetzen und Schaden erleiden. Obwohl alle Kapitäne, insbesondere diejenigen der Kaiserl. Kriegsmarine Kilwa-Kisiwani als den besten und geschüttesten Hafen Ostafrikas bezeichneten, versagte das Reichskolonialamt seinem Ausbau die Zustimmung, bis der Krieg und der Verlust der Kolonie die Pläne endgültig begrub.

#### 4. Kaimauer in Kigoma.

Von Daressalam führt die Mittellandbahn nach Kigoma am Tanganjikasee (Abb. 81). Für den Umschlag der Tanganjikasee-Schifffahrt auf die Mittellandbahn errichtete die Firma Phil. Holzmann A.G. im Auftrage des Reichskolonialamtes hier eine Kaimauer.

Auch diese Mauer mag aus den auf S. 206 für den Victoria-See angeführten Gründen in die vorliegende Arbeit einbezogen werden, obwohl sie nicht an der Meeresküste erstand.

Entscheidend für den Entwurf war die Wahl des Baustoffes, da alle aus der Heimat benötigten Bauteile, abgesehen von der weiteren Seereise noch etwa 1200 km Bahnbeförderung erforderten. Die Schwergewichtsmauer ist aus Bruchstein aufgemauert und ruht auf einem Betonfundament (Abb. 82). Der Bau vollzog sich in offener Baugrube zwischen hölzernen Spundwänden. Die Länge der Mauer beträgt 250 m. Ihre Ausrüstung ist aus Abb. 83 ersichtlich.

### C. Entwurfsgrundlagen und Gestaltung der Bauwerke im allgemeinen.

Der erste Teil meiner Ausführungen hatte sich die Aufgabe gestellt, eine Reihe von bemerkenswerten Bauwerken, und zwar sowohl ausgeführte als auch geplante, im einzelnen zu beschreiben und wo irgend möglich durch Zeichnungen zu erläutern.

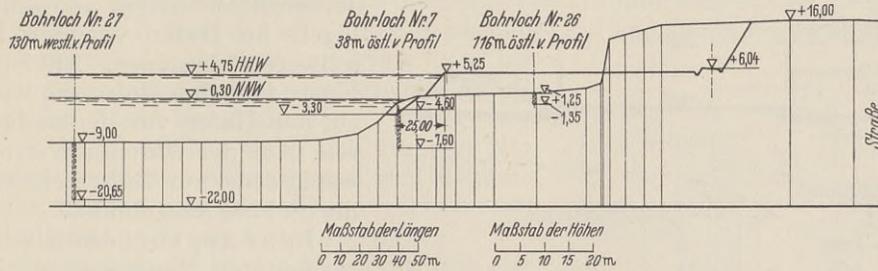


Abb. 76. Querprofil 1—1 der Abb. 73.

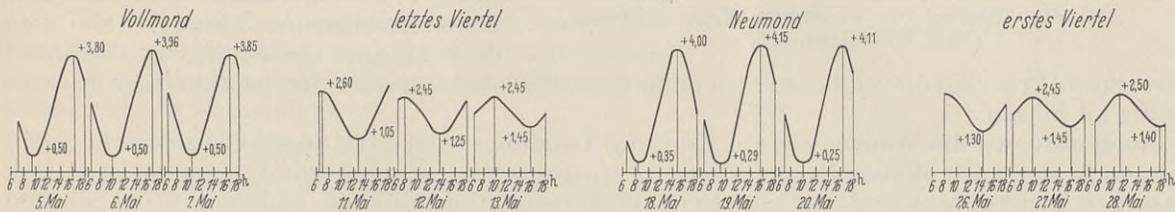


Abb. 77. Wasserstände am Pegel Tanga.

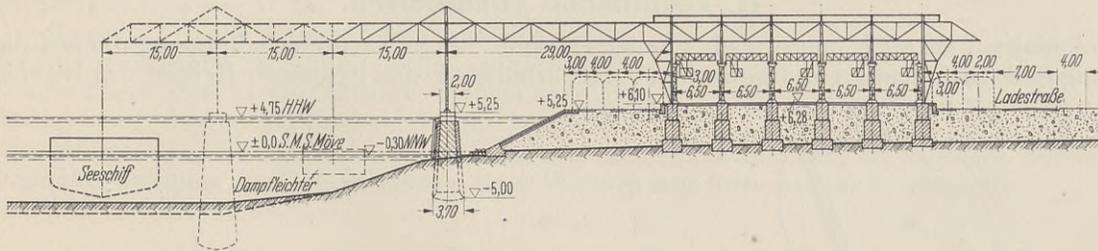


Abb. 78. Querschnitt der geböschten Mauer. (Phil. Holzmann A.G.)

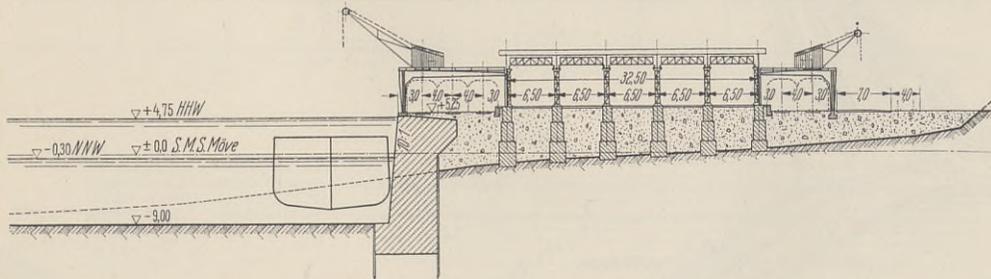


Abb. 79. Querschnitt der Seeschiffkaimauer. (Phil. Holzmann A.G.)

Versucht man nun aus der Vielzahl der im beschreibenden Teil gebotenen Einzelheiten das Grundsätzliche herauszuschälen, um auf diese Weise gewisse Richtlinien für die künftige Bearbeitung von Hafenanbauwerken zu erkennen, so erheben sich als wichtigste Fragen:

- I. Welchen Zwecken dienen die verschiedenen, in den Bereich dieser Untersuchungen einbezogenen Hafenanbauwerke ?
- II. Welche technische Vorarbeiten sind von besonderer Bedeutung für die richtige Planung ?
- III. Welchen Einfluß haben die so festgestellten Naturgegebenheiten auf die Anlage der Werke ?
- IV. Welchen Einfluß hat der Untergrund auf die bauliche Ausbildung der Hafenanbauwerke ?
- V. Welche sonstigen Gesichtspunkte sind bestimmend für die Durchbildung der Hafenanbauwerke ?

### I. Zweck der verschiedenen Hafenanbauwerke.

Der Zweck der in den Bereich dieser Untersuchungen einbezogenen Hafenanbauwerke, nämlich der Molen, Landungsbrücken und Kaimauern, läßt sich kurz wie folgt umreißen:

Molen haben die Aufgabe, an ungeschützter Küste einen künstlichen Hafen gegen die offene See abzugrenzen. Indem sie den Seegang vom Hafen abhalten, führen sie eine Beruhigung seiner Wasserfläche herbei und schützen die Anlagen im Hafen vor den Einwirkungen schweren Seegangs. An Sand führender Küste fällt den Molen die weitere Aufgabe zu, den Hafen vor Versandung zu bewahren. Auf der Hafenseite werden die Molen wenigstens auf Teilstrecken zum Anlegen der Schiffe ausgebildet.

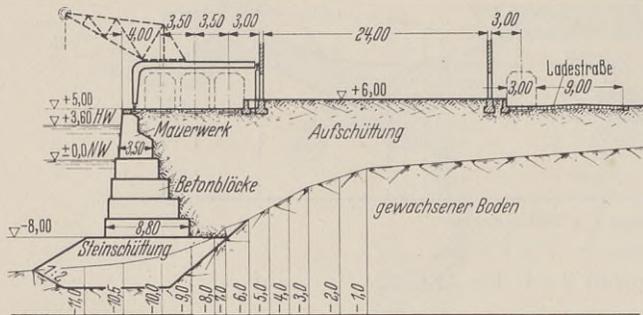


Abb.80. Entwurf für die Mauer Kilwa-Kisiwani. (Phil. Holzmann A.G.)

Landungsbrücken schaffen an ungeschützten Meeresküsten eine feste Verbindung zwischen dem Festland und der Anlegestelle der Schiffe über die gefährliche Brecherzone hinweg. Sie dienen dem Anlegen der Schiffe an dem hierfür

verstärkten Brückenkopf und gestatten außerdem, Eisenbahnen oder Straßenfahrzeuge bis an die Schiffe zu führen.

Auch dort, wo die Wassertiefe am Kopf der Landungsbrücke für Seeschiffe ausreicht, bleiben diese doch meist auf offener Reede liegen, da einerseits die Landungsbrücken gerade in so tiefem Wasser zu leicht gebaut sind, um solchen Schiffskörpern standzuhalten, andererseits die Schiffe bei starkem Seegang sich an dem Bauwerk beschädigen könnten.

### II. Technische Vorarbeiten.

Kolonialbau ist auch heute noch Pioniertätigkeit. Viele Naturerscheinungen, die auf die Gestaltung und Ausführung von Bauwerken von Einfluß sind, sind in unserer Heimat den Ingenieuren

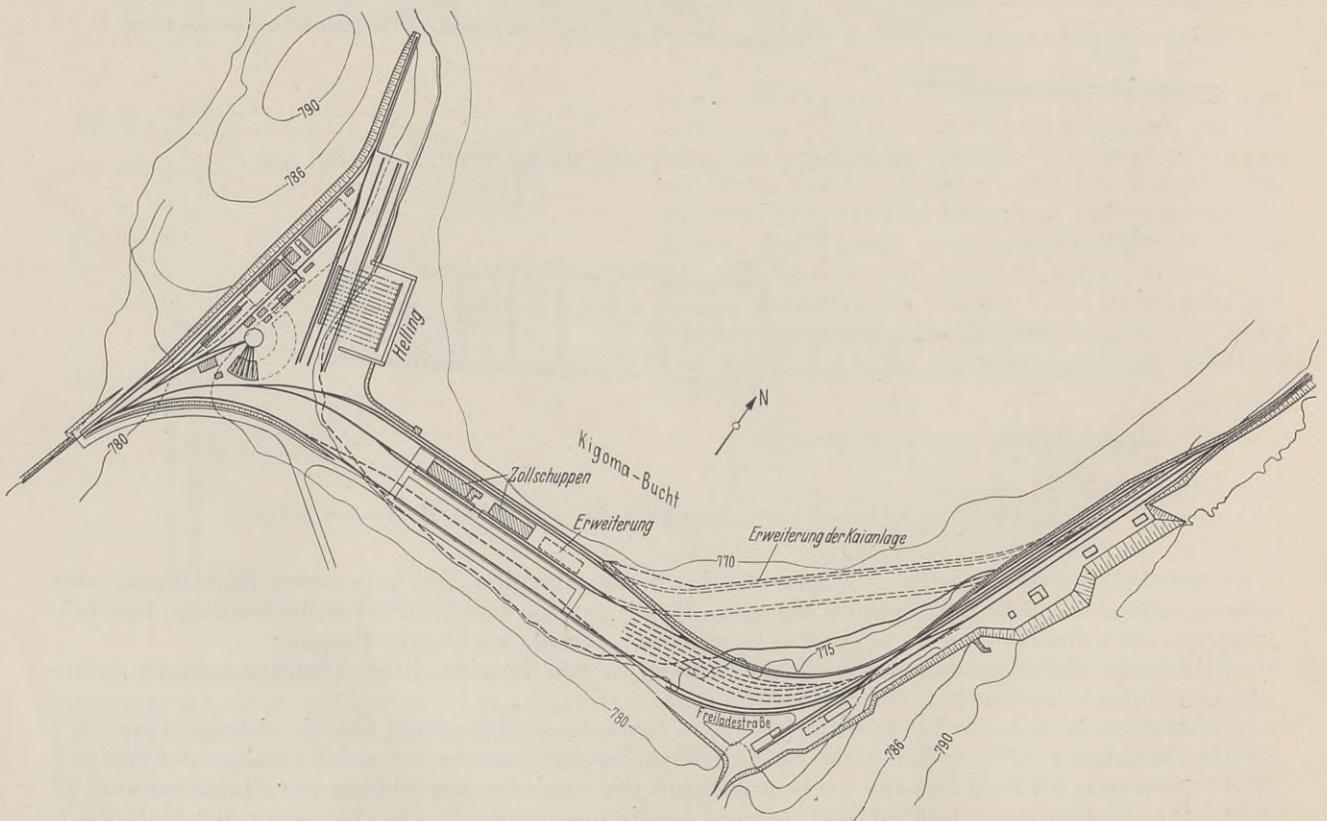


Abb. 81. Lageplan von Kigoma.

vertraut oder doch wenigstens statistisch erfaßt und ihnen damit zugänglich. Da ähnliche Grundlagen in Afrika höchstens sehr dürftig vorhanden sind, sind gründliche Vorarbeiten in dieser Richtung unentbehrlich, wenn Fehlschläge vermieden werden sollen, wie sie zum Beispiel beim Molenbau in Swakopmund eingetreten sind.

**a) Meeresströmungen.**

Die Westküste Afrikas wird von dem aus der Antarktis stammenden kalten Benguelastrom bespült, der von Süden nach Norden zieht, und sich bis zum Golf von Benin bemerkbar macht. Seine Strömungsgeschwindigkeit beträgt nur etwa 0,15 bis 0,20 m/s und ist allein nicht stark genug, um eine Sandbewegung längs der Küste hervorzurufen.

Längs der Ostküste Afrikas zieht sich ein von NO nach SW gerichteter warmer Küstenstrom, der Mozambique-Strom hin, der auf ihre ganze Länge wirksam ist. Seine Geschwindigkeit wird um 1 m/s angegeben.

Hierdurch sind jedoch die beiden Küstenströme nur in der großen Linie gekennzeichnet. Überall dort, wo im Bereich dieser Küstenströme Bauwerke errichtet werden sollen, die deren Verlauf beeinflussen und seiner Einwirkung ausgesetzt werden, sind örtlich genaue Berechnungen über Richtung, Stärke und Sandführung der Küstenströmung anzustellen.

**b) Sandbewegung.**

An der afrikanischen West- und Ostküste sind, wie soeben festgestellt, nicht die Küstenströmungen die Träger der Sandbewegung längs der Küste. Die Sandbewegung wird vielmehr von der Dünung hervorgerufen und vollzieht sich in der Weise, daß die schräg auf das Land auflaufende Welle Sandteilchen mit sich reißt, während die senkrecht zum Strand abfließende Welle sie wieder eine kurze Strecke zurückführt. So wandern die Sandkörner auf sägezahnförmigem Wege längs des Strandes weiter. Am stärksten ist diese Bewegung in der Brecherzone, da in ihrem Bereich die schwingende Bewegung der Wasserteilchen einer Welle in eine fortschreitende übergeht.

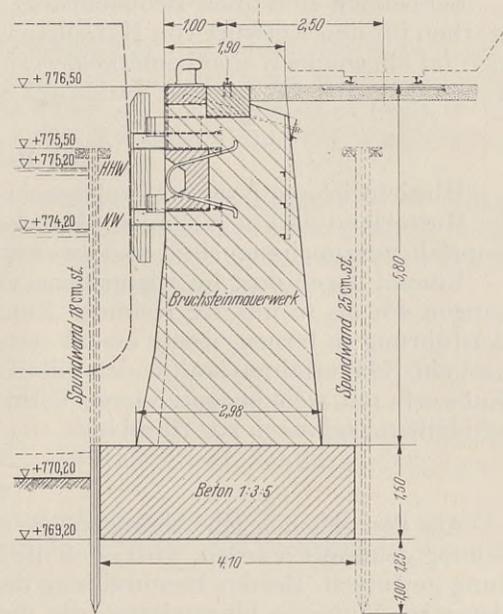


Abb. 82. Querschnitt der Kaimauer. (Phil. Holzmann A.G.)

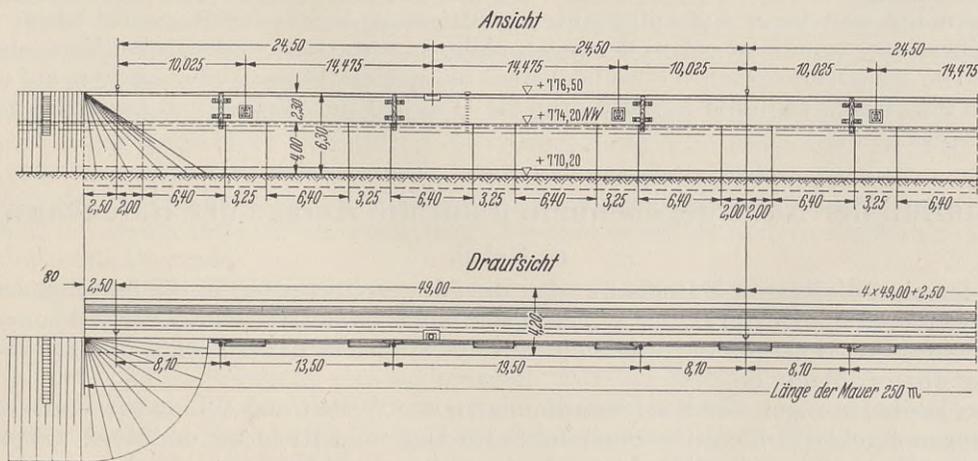


Abb. 83. Grundriß und Ansicht der Mauer. (Phil. Holzmann A.G.)

Hieraus ergibt sich, daß an der ungeschützten, sandführenden Küste eine Mole wie eine Bühne wirkt. Diese sandfangende Wirkung tritt aber nicht nur an der der Sandbewegung zugekehrten Seite ein, sondern auch auf der Rückseite, wo infolge der rücklaufenden Strömungen eine allmähliche Beruhigung des Wassers eintritt, die zur Sandablagerung führt (vgl. Swakopmund).

**c) Wellen, Gezeiten, Winde.**

Wie sich aus dem nächsten Abschnitt ergeben wird, ist es weiter für die Planung von Bedeutung, genaue Berechnungen über die Wellen anzustellen. Denn wenn auch ihre Richtung im allgemeinen immer senkrecht zum Ufer läuft, so schwankt doch die Höhe und Länge der Wellen. An

der offenen Meeresküste Afrikas muß man im allgemeinen wenigstens mit einer Wellenhöhe von 4 m rechnen, die bei Windstärke 10 nach der Beaufort-Skala auftreten.

Der Tidenhub überschreitet an der freien Meeresküste Afrikas kaum das Maß von 1,50 m. In den Flußmündungen aber kann sich dieses Maß infolge der trichterförmigen Verengung, in welche die Flutwelle gewaltsam hineingepreßt wird, beträchtlich steigern. Im Verein mit den Schwankungen, die sich aus der wechselnden Wasserführung des Stromes selbst ergeben, sind in den Mündungshäfen afrikanischer Ströme Höhenunterschiede bis zu 8 m zwischen NNW und HHW beobachtet worden.

Schließlich sind auch Beobachtungen über die hauptsächlichsten Windrichtungen und Windstärken für den Entwurf von Hafengebäudewerken von Bedeutung. An den Meeresküsten Afrikas zeigt sich im allgemeinen eine bemerkenswerte Stetigkeit der Windrichtung (vgl. die Angaben für Swakopmund auf S. 202 und für Tanga auf S. 232).

#### d) Baugrunduntersuchungen.

Hinsichtlich der Baugrunduntersuchungen ist kein wesentlicher Unterschied zwischen Planungen im Mutterland und in Kolonien. Man kann nur sagen, daß sie in den Kolonien mit noch größerer Sorgfalt vorzunehmen sind, und zwar aus zwei Gründen:

Einmal liegen dort im allgemeinen viel weniger örtliche Erfahrungen aus früheren Bauausführungen vor als in unserer Heimat. Zum anderen erfordern die besonderen Schwierigkeiten jeder Ausführung in fernen, wenig erschlossenen Gebieten, daß man von vornherein eine Konstruktion und ein Bauverfahren wählt, das mit Sicherheit zum Ziele führt, da eine etwaige Umstellung des Entwurfs mit weit bedeutenderen Verlusten an Zeit und Geld verbunden ist als in einem Land, das alle Hilfsmittel rasch zur Hand hat.

#### e) Modellversuche.

Aus den gleichen Überlegungen, die soeben an die Wichtigkeit der gründlichen Baugrunderforschung geknüpft wurden, wird auch die Durchführung von Modellversuchen eine steigende Bedeutung gewinnen. Bei der Beschreibung des Molenbaues in Pointe-Noire (S. 205) habe ich schon auf derartige Versuche hingewiesen, die die französische Kolonialverwaltung an der Wasserbauversuchsanstalt in Delft durchführen ließ, ehe sie wichtige Entscheidungen für einen neuen Kolonialhafen unter ähnlichen Verhältnissen traf.

Das dort angewandte Verfahren, eine bereits ausgeführte Mole im Modell nachzubilden und dann die Beobachtungen am Modell mit denjenigen in der Wirklichkeit zu vergleichen, erscheint mir besonders geeignet, wertvolle Aufschlüsse darüber zu geben, welche Übereinstimmung zwischen den Vorversuchen und der darauf aufgebauten künftigen Anlage erwartet werden kann. Eine vollständige Übereinstimmung ist schon deswegen nicht zu erwarten, weil sich bei Versuchen gezeigt hat, daß die im Modell erzeugten Wellen höchstens bis zu einer Wassertiefe von 20 m auf den Untergrund noch einwirken, während in der Natur die Wirkung der Wellen sich zweifellos auf größere Tiefen erstreckt.

### III. Einfluß der Naturgegebenheiten auf die Anlage der Hafengebäudewerke.

#### a) Molen.

Die Molen sind diejenigen Hafengebäudewerke, die am gewaltsamsten in die bestehenden Küstenverhältnisse eingreifen. Die im ersten Teil gegebene eingehende Darstellung der Wirkungen, welche die Molenbauten in Swakopmund und Pointe-Noire ausgelöst haben, zeigt, wie schwierig es ist, diese vorher abzuschätzen.

Aus den Beobachtungen der Küstenströmungen, der Wellen und Winde sowie aus den Untergrundpeilungen ergeben sich die Gesichtspunkte für Lage und Richtung der Mole. Einen Anhaltspunkt für die Mindestlänge der Mole bieten Untersuchungen darüber, wo die sog. „neutrale Zone“ am unberührten Strand liegt. Hierzu wird dann aber noch ein Zuschlag zu machen sein, da die Mole selbst zu Sandablagerungen an ihrer Wurzel führt, die voraussichtlich eine Verschiebung der neutralen Zone gegen das tiefere Wasser nach sich ziehen. Das Maß dieses Zuschlags hängt in erster Linie von der Neigung des Meeresbodens ab.

Nach der beobachteten Wellenhöhe richtet sich die Höhenlage der Molenkrone. Wenn die Mole auf der Hafenseite teilweise als Anlegestelle verwendet wird, muß gefordert werden, daß die Krone, die zugleich Fahrbahn ist, von den Wellen, selbst den höchsten Brechern, nicht erreicht wird. Für afrikanische Verhältnisse bedeutet dies eine Mindesthöhe von 4 m über HHW. Zweckmäßig reichen die Molen noch etwa 1 m über diese Höhe hinaus, und erhalten noch auf der Seeseite eine 2 m hohe Brustmauer zum Schutz gegen überschlagende Wellen.

In diesem Zusammenhang sei noch auf den in Mogadiscio gemachten Versuch hingewiesen, die Sandführung längs der Küste dadurch der Beeinflussung zu entziehen, daß man die Mole im Bereich des Küstenstromes durchbrochen ausgebildet hat. In europäischen, besonders französischen Häfen sind schon früher durchbrochene Molen gebaut worden. Sie haben jedoch die daran geknüpften Hoffnungen im allgemeinen nicht erfüllt. Der Seegang wurde nur wenig verringert, die Strömung aber doch soweit abgeschwächt, daß sich der Sand im Hafenbecken ablagerte.

Mogadiscio stellt meines Wissens den ersten Versuch an einer afrikanischen Meeresküste dar, über den leider noch keine Erfahrungsberichte vorliegen.

#### b) Landungsbrücken.

Für Landungsbrücken an der Meeresküste ist die Feststellung der Reichweite des Brandungsgürtels von besonderer Bedeutung; denn diesen muß das Bauwerk noch um jenes Maß überschreiten, das für das Anlegen der Leichter an seiner Längsseite nötig ist. Im allgemeinen beginnt die Brecherzone, von der See her betrachtet, 100—200 m vor der MW-Strandlinie bei Wassertiefen von 5—8 m.

Hinsichtlich der Höhenlage der Landungsbrücken gelten ähnliche Erwägungen wie bei den Molen. Doch ist zu beachten, daß nicht nur die Fahrbahn-Oberkante hochwasserfrei liegen muß, sondern, daß die Konstruktions-Unterkante außerhalb der Reichweite der höchsten Wellen liegen muß, wie an dem Beispiel der alten Landungsbrücke in Lome (S. 210) gezeigt wurde.

#### c) Kaimauern.

Die Kaimauern sind in erster Linie dem Einfluß der Gezeiten ausgesetzt. Das HHW ist bestimmend für die Höhenlage der Mauer-Oberkante, das NNW für die Lage der Mauer, soweit sie nicht an einem künstlich ausgehobenen Hafenbecken liegt, da vor der Mauer auch bei niedrigstem Wasserstand noch eine Mindestwassertiefe je nach der Größe der anlegenden Schiffe verlangt werden muß.

Liegen die Kaimauern in Flußmündungen, so ist auch die schon erwähnte Tatsache zu berücksichtigen, daß hier infolge der wechselnden Wasserführung des Flusses sehr bedeutende Wasserspiegelschwankungen auftreten können.

### IV. Einfluß des Untergrundes auf die konstruktive Ausbildung der Hafengebäuden.

#### a) Molen.

Man unterscheidet zwei Grundformen von Molen: geschüttete Dämme mit Böschungsbegrenzung und massive Bauwerke mit senkrechten oder nahezu senkrechten Wänden. Die Mole in Swakopmund stellt eine Mischung beider Bauweisen dar, nämlich eine Dammschüttung bis zur NW-Höhe mit aufgesetzter senkrechter Mauer.

Wenn auch für massive Molen mit steilen Wänden felsiger Untergrund vorzuziehen ist, so schließt ein weniger tragfähiger Untergrund ihre Anwendung doch nicht aus. In Mogadiscio zum Beispiel wurde ein geeignetes Auflager durch Versenken von Betonsäcken geschaffen. An anderen Molen außerhalb Afrikas hat man mit Erfolg auch Faschinsenkstücke mit Steinbelastung verwendet. Muß der Baugrund aber als wenig tragfähig bezeichnet werden, so empfiehlt sich der Bau eines geschütteten Dammes.

Ausschlaggebend für die Entscheidung: Mauer oder Damm, ist folgende Überlegung:

Bei einer Böschungsneigung von mindestens 1:3 verzehrt sich die Wellenkraft rasch, und die ablaufende Welle erreicht keine Geschwindigkeit mehr, bei welcher die auf der Böschung verstürzten Betonquader noch in Bewegung geraten könnten. Für den Bestand von Molen mit senkrechten Wänden ist Bedingung, daß die Wassertiefe vor der Mauer ausreicht, um ein Brechen der Wellen zu verhindern. Nach dem Bericht des XVI. Schiffahrtskongresses muß zu diesem Zwecke der Mauerfuß mindestens um das 1½-fache Maß der größten zu erwartenden Wellenhöhe unter dem ruhenden Wasserspiegel liegen. Brechen sich aber die Wellen vor der Mauer, so besteht die Gefahr, daß Kolkbildungen auftreten.

Bei den Wassertiefen von 10—15 m, wie sie die Molen an den afrikanischen Küsten bisher erreichen, und bei sandigem Untergrund ist deshalb wohl geschütteten Dämmen der Vorzug zu geben.

#### b) Landungsbrücken.

Die im beschreibenden Teil genannten Landungsbrücken sind durchweg auf Pfähle gegründet. Der Untergrund ist bei ihnen daher nur für die Wahl der Pfahlausbildung bestimmend.

Bei sandigem Untergrund hat man eiserne Schraubenpfähle mit Erfolg bevorzugt. (Cotonou, zweite Brücke in Lome, Victoria, Duala.)

Wo unter einer geringen Überlagerung der Fels ansteht, können die Pfähle nur in vorgebohrte Löcher eingesetzt werden. Diese Bauweise hat sich in Swakopmund bewährt.

Die bei der ersten Landungsbrücke in Lome angewandte Gründung auf Pfahlbündeln, die durch die größeren Auflagerkräfte infolge der gewählten großen Spannweiten bedingt sind, scheint mir weniger empfehlenswert, da die Pfahlpyramiden Anlaß zu Wirbelbildungen und Ausspülungen geben können.

### e) Kaimauern.

Die Kaimauern werden in ihrer konstruktiven Durchbildung am stärksten vom Baugrund beeinflusst.

1. Den besten Baugrund erfordern massive Mauern. Sie wurden aber in Afrika nicht häufig und nur bei geringerer Wassertiefe ausgeführt oder geplant. Allerdings waren hierfür wahrscheinlich andere Erwägungen ausschlaggebend, auf die ich noch zurückkomme, nämlich der Mangel an geeigneten Baustoffen und die Rücksicht auf den höheren Bedarf an Facharbeitern.

2. Bei tragfähigem Baugrund wurden dagegen einige sehr bemerkenswerte Kaimauern mit Pfeilergründungen, und zwar als senkrechte Brunnen, ausgeführt. Diese Bauweise bietet den Vorteil, daß man je nach dem Befund des ausgehobenen Untergrundes noch in der Lage ist, eine Verdichtung desselben durch Einrammen von Pfählen herbeizuführen. Sowohl in Duala als auch in Lobito wurde von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht.

Die Pfeilergründung gestattet außerdem, den größten Teil der Lasten aus der Hinterfüllung unmittelbar in den Baugrund überzuleiten, indem man zwischen den Pfeilern die Böschung frei durchfallen läßt.

3. In Seehäfen ist der Regelfall der, daß der Baugrund nicht die für eine Pfeilergründung notwendige Tragfähigkeit besitzt. Dann muß man zu den Konstruktionsformen der Bohlwände oder Pfahlgründung greifen.

Unter den von mir beschriebenen Bohlwerken befindet sich noch kein einziges Beispiel einer verankerten eisernen Spundwand, wie sie in Europa heute vor allem in Binnenhäfen beherrschend angewendet werden. Darauf ist es zurückzuführen, daß die geschilderten Bohlwerke sich auf leichte Mauern mit geringer Wassertiefe beschränken. Es ist aber zu erwarten, daß in einer neuen Zeit deutscher Kolonialbautätigkeit die verankerte eiserne Spundwand einen breiten Raum einnehmen wird.

Einstweilen herrscht im kolonialen Kaimauerbau noch die Winkelstützmauer auf Ramppfählen vor. Sie bietet die Möglichkeit, weitgehend Holz zu verwenden, indem man die Pfähle durch eine wasserseitige stählerne oder Eisenbeton-Spundwand vor den Angriffen des Bohrwurms schützt. Wo man ohne Holz oder ohne vordere Spundwand arbeitete, wurden Eisenbeton- oder Stahlpfähle verwandt, auf die eine Winkelstützmauer aufgesetzt wurde. Die Form der Kaimauern in Ango-Ango oder Boma — leichte Kaiflächen auf überbauter Böschung — bietet den Vorteil, ohne großen Aufwand vom natürlichen Flußufer aus die für Seeschiffe notwendige Wassertiefe zu erreichen. Dadurch, daß der Böschungfuß der Steinschüttung bis an die erste wasserseitige Pfahlreihe vorgezogen wird, wird die Mauer weitgehend vom Erddruck aus der Hinterfüllung entlastet. Die Horizontalkräfte aus dem Pollerzug aber werden durch Zuganker auf Pfahlböcke oder Ankerplatten übertragen. Wo es an geeigneten Zuschlagsstoffen zur Betonherstellung fehlt, tritt an die Stelle der Eisenbetonkonstruktion die Kaimauer aus Stahlpfählen mit stählernem Überbau. Die Stahlpfähle können, wenn es der Untergrund gestattet, mit Schraubentellern versehen werden, die zu einer beträchtlichen Erhöhung der Tragfähigkeit führen. Der Überbau ist bei diesen Kajen aus einfachen Walzprofilen zusammengesetzt und mit Holz abgedeckt.

## V. Sonstige Gesichtspunkte für die konstruktive Durchbildung der Hafengebäude.

### a) Baustoffe.

In der Wahl der Baustoffe ist man in den Kolonien nicht so frei wie in der Heimat. Denn während in der Heimat mit ihren engeren Ausmaßen und ihrem ausgebauten Verkehrsnetz die Beförderungsfrage der Baustoffe nur eine nachgeordnete Rolle spielt, steht für koloniale Bauten diese Frage obenan, zumal gerade die mengenmäßig am stärksten ins Gewicht fallenden Stoffe für Seebauten, Sand, Kies und Steine, an den wenigsten Küstenplätzen Afrikas angetroffen werden.

#### 1. Stahl.

Stahl wurde im kolonialen Hafengebäudebau schon von Anfang an verwandt. Das Gebiet der Landungsbrücke wird von ihm allein beherrscht und in der Gründung von Kaimauern spielen Stahlpfähle ebenfalls eine wichtige Rolle. Die Tatsache, daß er auch bei neuen Bauten, zum Beispiel in

Matadi nicht von anderen Baustoffen verdrängt wurde, beweist, daß sich Stahlbauten in den tropischen Gewässern bewährt haben. Dabei darf man nicht vergessen, daß es unermüdlicher Forschung gelungen ist, in den letzten Jahrzehnten nicht nur die Festigkeiten des Materials zu steigern, sondern auch seine Korrosionsbeständigkeit. Rechnet man um die Jahrhundertwende durchschnittlich mit einer Lebensdauer von 15 Jahren für Stahlbauten im tropischen Meerwasser, so darf man heute mindestens die doppelte Zeit dafür ansetzen. Denn, wie Dr. C. Holthaus in „Die Larssen Spundwand“ 1936, Nr. 17, berichtet, haben Untersuchungen an Spundwänden in ruhigem tropischen Meerwasser ergeben, daß man unter diesen Verhältnissen eine Lebensdauer von etwa 60 Jahren erwarten dürfe. Treten zu den Einwirkungen des tropischen Seewassers noch diejenigen des Sandschliffs, so ist letzterer ausschlaggebend für die Lebensdauer, wie das Beispiel Lome (S. 210) beweist. Aber auch eine Lebensdauer von etwa 30 Jahren dürfte zum Beispiel für eine Landungsbrücke im allgemeinen ausreichend erscheinen, wenn man sich die Möglichkeiten einer Weiterentwicklung des Verkehrs nach Rückgabe unserer Kolonien vergegenwärtigt.

Zum Schutze eiserner Gründungskörper gegen den steten Einfluß des Sandschliffs hat man immer wieder zu dem Mittel gegriffen, den Stahl mit Beton zu umkleiden. Die hierfür in Lome (S. 210) und in Swakopmund (S. 214) angewandten Konstruktionen verfolgen das gleiche Ziel, nur die Arbeitsweise ist eine verschiedene. Dabei darf man nicht übersehen, daß das äußere Stahlrohr in beiden Fällen nur eine zeitlich begrenzte Aufgabe hatte, indem es zunächst als Schalung diente und dann den Beton noch eine Reihe von Jahren gegen die Angriffe des Seewassers schützte, gegen welche junger Beton bekanntlich viel empfindlicher ist als alter.

Die Stahlsplundwand ist an der West- und Ostküste Afrikas noch nicht verwendet worden. Zweifellos wird sie sich aber auch dort noch durchsetzen. Auch die Beschränkung der Bohrlängen durch die Lademöglichkeiten der Seeschiffe, die früher vielleicht hätte hinderlich sein können, dürfte mit der Vervollkommnung der Schweißtechnik gefallen sein.

## 2. Beton.

Wie schon angedeutet, steht einer allgemeinen Anwendung des Betons in den Kolonialhäfen die Tatsache im Wege, daß meistens an Ort und Stelle keine geeigneten Zuschlagsstoffe gewonnen werden können. Um sie ähnlich wie in Deutschland aber auf einige hundert Kilometer heranzuholen, dazu fehlen in Afrika die Beförderungsmöglichkeiten: Eisenbahnen, Straßen und Flußschiffahrt.

Wo aber die Baustoffe zur Verfügung stehen, ist es wichtig, die Erkenntnisse moderner Bonteknik auch zur Anwendung zu bringen, um Fehlschläge zu vermeiden. Besonders möchte ich drei Forderungen hervorheben:

Der Beton muß möglichst dicht sein, um den mechanischen und chemischen Einflüssen des Seewassers wirksame Widerstände leisten zu können. Unter den primitiven Verhältnissen in den Kolonien wird dieses Ziel im allgemeinen nicht auf dem Wege einer besonders sorgfältigen Abstufung der Korngrößen der Zuschlagsstoffe zu erreichen sein, sondern nur durch eine reichliche Bindemittelbeigabe, gegebenenfalls auch durch besondere Zusätze wie Traß oder Puzzolan.

Der Zement soll möglichst arm an Kalk und Tonerde sein. Auch aus diesem Grunde erweist sich ein Zusatz von Traß oder Puzzolan günstig, wenn man nicht Spezialzemente zur Verfügung hat.

Frischer Beton ist möglichst lange gegen die unmittelbare Einwirkung des Meerwassers zu schützen. Deshalb ist Unterwasser-Schüttbeton für Seebauten ungeeignet. Besonders günstig liegen dagegen die Verhältnisse bei der Verwendung von Betonfertigteilen, sei es, daß Mauerkörper aus fertigen Betonquadern aufgeschichtet werden (Matadi S. 220), sei es, daß solche Betonblöcke als Böschungssicherung an Molenfüßen versenkt werden (Swakopmund S. 202), oder daß die Mauer aus Eisenbeton-Schwimmkästen zusammengesetzt wird (Mogadiscio S. 206), oder daß die Fertigteile aus Eisenbeton sogar in Deutschland hergestellt und erst in einem Alter von mehreren Monaten an Ort und Stelle zusammengebaut werden (Kaimauer Tanga S. 221).

Während sich das Reichskolonialamt im Jahre 1908 bei der Prüfung der Entwürfe für eine neue Landungsbrücke in Swakopmund noch grundsätzlich gegen die Anwendung aller Eisenbetonkonstruktionen ablehnend verhielt, hat heute der Eisenbeton sich längst als ebenbürtiger Baustoff auch im kolonialen Seebau erwiesen. Die selbstverständliche Voraussetzung für sein Gelingen ist eine sorgfältige Arbeit und darum ist es kein Zufall, daß wohl eines der ältesten Eisenbetonbauwerke in den deutschen Kolonien eben jene aus Fertigteilen zusammengesetzte Kaimauer in Tanga ist.

## 3. Holz.

Über die Verwendungsmöglichkeit des Holzes und die zerstörende Wirkung seines gefährlichsten Feindes, des Bohrwurmes, habe ich alles Wesentliche bereits im Zusammenhang mit der Beschreibung der hölzernen Landungsbrücke in Swakopmund zusammengefaßt (S. 208).

Wenn man zwei wichtige Forderungen erfüllt, kann man Holz für Gründungen von Kaimauern oder ähnlichen Bauwerken in Kolonialhäfen unbedenklich anwenden: Das Holz muß dem Angriff

des Bohrwurmes entzogen sein und darf nicht in den Bereich des wechselnden Wasserstandes reichen. Die erste Forderung wird durch Anordnung einer vorderen Abschluß-Spundwand aus Eisen oder Eisenbeton erfüllt. Ein Beispiel für die Lösung der zweiten Aufgabe bietet die Gründung des Kaischuppens in Beira (Abb. 53), wo die Holzpfähle in Niedrigwasserhöhe durch Eisenbetonpfosten aufgeständert wurden.

#### 4. Natursteine.

Die allgemeinere Verwendung von Naturstein scheidet daran, daß in der Nähe der meisten afrikanischen Kolonialhäfen keine Steinbrüche erschlossen werden können und für größere Entfernungen die Beförderungsmöglichkeiten fehlen.

In Swakopmund lagen die Verhältnisse besonders günstig, da der Granit für den Bau der Mole in nächster Nähe des Hafens gebrochen werden konnte.

Sonst sind gelegentlich auch Vorschläge gemacht worden, Korallenfelsen zu Bruchsteinmauerwerk zu verarbeiten wie zum Beispiel für Kilwa-Kisiwani (S. 236).

#### b) Einflüsse des Verkehrs auf die konstruktive Gestaltung.

Alle Hafenbauwerke dienen letzten Endes dem Verkehr. Das Zusammenführen von Land- und Wasserfahrzeugen und der Umschlag der Güter zwischen beiden bestimmen deshalb die konstruktive Ausgestaltung der meisten Hafenbauwerke.

Aus der Größe der anlegenden Schiffe ergibt sich die erforderliche Wassertiefe. In dieser Beziehung ist interessant festzustellen, daß seit dem Kriege die europäischen Reedereien planmäßig daraufhin arbeiten, ihre im Liniendienst an die Ost- und Westküste Afrikas eingesetzten Einheiten zu vergrößern und zu beschleunigen. Die Kolonien als Rohstoffbasis werden durch schnellere und größere Schiffe gewissermaßen enger an das Mutterland herangezogen. Hatten vor dem Kriege die normalen Afrikadampfer noch eine Tragfähigkeit von 5000—6000 BRT, so sind heute schon Schiffe mit 16 000—18 000 BRT in Dienst gestellt. Diese leistungsfähigsten Schiffe laufen nun auch nur solche Häfen an, in denen ihnen die Möglichkeit geboten ist, schnell und sicher ihre Ladung umzuschlagen. Es werden also diejenigen Häfen bevorzugt, in denen ausreichende Kaianlagen und Umschlagseinrichtungen oder zumindest große und sichere Reeden vorhanden sind, auf denen die Güter in große Seeleichter umgeladen werden können. Da nun die oben erwähnten größten Schiffe einen Tiefgang von etwa 8—9 m haben, müssen die Hafenanlagen diesen angepaßt werden.

Fast alle afrikanischen Kolonialhäfen besitzen Umschlagstellen mit Eisenbahnanschluß. Dies rührt daher, daß in den ersten Jahrzehnten der Kolonisation die Eisenbahn das einzige Mittel war, durch welches das Binnenland dem Verkehr erschlossen werden konnte. Erst mit dem Aufschwung, den die Motorisierung der Straßenfahrzeuge nahm, wendet sich auch dem Straßenbau in den Kolonien erhöhte Aufmerksamkeit zu.

Die Kolonialbahnen haben durchweg Schmalspur, deren weiteste die auch in Deutsch-Südwest-Afrika eingeführte Kapspur mit 1,067 m ist. Beim Bau von Landungsbrücken sind mit dieser geringeren Spurweite und den daraus sich ergebenden geringeren Verkehrslasten konstruktive Vorteile verbunden. Die sog. Verbindungsbrücke, das ist der landseitige Teil der Landungsbrücke, wird mit zwei Eisenbahngleisen ausgerüstet. Erst am Brückenkopf wird die Gleisanlage für den eigentlichen Umschlagbahnhof auf drei, meist sogar vier Gleise erweitert, die in der Regel am Kopfbende zu Rangierzwecken durch eine Schiebebühne verbunden sind.

Auf Hafenflächen, die durch Kaimauern eingefafßt sind, ist man in der Entwicklung der Bahnhofsanlagen frei; es erübrigt sich darauf näher einzugehen.

Von Einfluß auf die Ausbildung der Hafenbauwerke sind ferner die Umschlagkrane, zu denen auch die Verladebrücken gehören, wie sie z. B. für Tanga vorgesehen waren (S. 235). In neuerer Zeit werden übrigens Stimmen laut, denen zufolge an ausgebauten Molen und an Kaimauern, an welchen Seeschiffe liegen können, auf Umschlagkrane ganz verzichtet werden kann, da die Seeschiffe selbst für den Umschlag auf Leichtern mit leistungsfähigen Kranen ausgestattet sind. Aus dieser Erwägung heraus haben die Franzosen in Duala bei der Hafenerweiterung und die Belgier in den Kongohäfen bewußt darauf verzichtet, Krane aufzustellen.

Alle Anlegestellen jedoch, an welchen der Güterumschlag durch Leichtern bewerkstelligt wird, müssen mit Kranen in ausreichender Zahl ausgestattet werden, da diese Schiffe selbst nicht mit Ladebäumen ausgerüstet werden können.

Auf die im Umschlagverkehr notwendigen Schuppen gehe ich nicht weiter ein, da für sie weder in verkehrstechnischer Hinsicht noch in bezug auf die Bauausführung wesentlich andere Gesichtspunkte gelten als für ähnliche Anlagen in außerafrikanischen Häfen.

#### c) Einfluß der Bauausführung auf die konstruktive Gestaltung der Bauwerke.

Es ist im beschreibenden Teile wiederholt schon angedeutet worden, daß die konstruktive Durchbildung von Bauwerken in den Kolonien nie die besonderen Schwierigkeiten der Bau-

durchführung in diesen Ländern aus dem Auge verlieren darf. Diese Schwierigkeiten ergeben sich einmal aus der großen räumlichen Entfernung von den Hilfsquellen der Heimat und zum anderen aus dem Mangel an geeigneten Arbeitskräften.

Die räumliche Entfernung von der Heimat verbietet es in den allermeisten Fällen, eine Baustelle in den Kolonien in so großzügiger Weise mit Geräten auszustatten, wie in der Heimat. Schon die Frachten fallen viel schwerer ins Gewicht. Die Geräte können aber auch nicht so kurzfristig ausgetauscht werden. Ein einmal in die Kolonie geschicktes Gerät ist für längere Zeit anderweitiger Verfügung entzogen, selbst wenn es infolge unvorhergesehener Ereignisse zu längerem Stillstand gezwungen ist. Die Umständlichkeit, mit der Ersatzteile beschafft und Reparaturen durchgeführt werden können, zwingt zu sparsamem Einsatz. Der Einsatz hochwertiger Universalgeräte bietet zweifellos Vorteile hinsichtlich des Bedarfs an geschulter Bedienung, an Ersatzteilen usw.; aber man tauscht dafür den Nachteil ein, daß der ganze Betrieb ruhen muß, wenn dies ein Gerät ausfällt. Es empfiehlt sich daher, die Bauwerke von Anfang an unter dem Gesichtspunkt zu entwerfen, daß sie mit möglichst primitiven Mitteln ausgeführt werden können.

Zu diesem Grundsatz verpflichtet auch die zweite Überlegung, daß geschulte Arbeitskräfte, wie wir sie in Deutschland bis vor kurzem immer in beliebiger Zahl einsetzen konnten, in den Kolonien sehr knapp sind. Diesem Mangel abzuhelfen ist noch um so schwieriger, je ungünstiger das Klima auf der Baustelle ist.

Wenn heute auch angenommen werden kann, daß in Jahrzehnten der Kolonisierung auch manche Eingeborene brauchbare Bauarbeiter geworden sind, und wenn man weiter berücksichtigt, daß den afrikanischen Küstengebieten dauernd kulturell höher stehende Inder zuströmen, so soll der planende Ingenieur sich doch immer vor Augen halten, daß die einfachsten Bauverfahren in den Kolonien die zweckmäßigsten sind.

Darum wurden auch — besonders früher — Bauweisen bevorzugt, bei denen die hochwertige Arbeit nach Möglichkeit in der Heimat geleistet werden konnte, also zum Beispiel die Eisenbeton-Fertigkonstruktionen, die Eisenkonstruktionen der meisten Landungsbrücken und einzelner Kaimauern. Auch beim Bau von Molendämmen ist nur ein Mindestmaß an geschulten Arbeitskräften notwendig.

Vergleicht man damit allerdings die Bauten der jüngsten Zeit, so scheint sich darin eine neue Entwicklung abzuzeichnen: Die neueste der beschriebenen Molen, die von Mogadiscio, ist in Eisenbeton gebaut. Bei den neueren Kaimauerbauten in Daressalam haben die Engländer ebenfalls Eisenbeton an Ort und Stelle hergestellt. In Lobito sind Ingenieurbauten entstanden, die mit einem bemerkenswerten Geräteeinsatz und mit entsprechend hohem Anteil an hochwertigen Arbeitern errichtet wurden.

## VI. Schlußbetrachtung.

Das Ergebnis meiner Untersuchungen fasse ich wie folgt zusammen:

Der Hafengebäudebau in afrikanischen Kolonialgebieten unterscheidet sich grundlegend von dem Hafengebäudebau in einem Land, das von der Technik bereits aufgeschlossen ist. Die Unterschiede liegen vor allem in den Anforderungen, die an die Leistungsfähigkeit der Anlagen gestellt werden, in den Gesichtspunkten, die für die Planung im großen wie für die konstruktive Einzeldurchbildung maßgebend sind, und in der Beschränkung der Hilfsmittel, die der Baudurchführung zur Verfügung stehen.

Die Entwicklung der neueren Zeit läßt erkennen, daß sich die Fortschritte der Technik auf dem Gebiete wissenschaftlicher Erkenntnisse und neuzeitlicher Bauverfahren auch im kolonialen Hafengebäudebau durchzusetzen beginnen.

## Schrifttum.

- Brennecke-Lohmeyer: Der Grundbau. IV. Auflage, Bd. 2. Berlin: W. Ernst & Sohn 1930.  
 — Der Grundbau. IV. Auflage, Bd. 3. Berlin: W. Ernst & Sohn 1934.  
 Budler, W. H.: The Port of Dar-es-Salaam, Tanganjika Territory. Dock Harb. Author. Nr. 98, Vol. IX, Dezember 1928.  
 Bunnies: Der Bau senkrechter Hafendämme. Besprechung Aufsatz J. H. van der Burgt in „De Ingenieur“ über die Schlußfolgerungen zur Frage „Bauweise senkrechter Hafendämme“. XVI. Intern. Kongreß Brüssel 1935. Bauing. 19. Bd., Heft 5/6. Berlin: Julius Springer 1938.  
 Engels, H.: Handbuch des Wasserbaus. Bd. II, III. Auflage. Leipzig: W. Engelmann 1923.  
 XVI. Internationaler Schiffahrtskongreß Brüssel 1935. 2. Abteilung, I. Frage, Bericht Nr. 70 von Broquaire, Etienne und Blosset über Französische Kolonialhäfen (Pointe-Noire). Geschäftsführender Ausschuß-Generalsekretariat, Brüssel 1935.  
 Kröger: Der Hafen Tanga. Jb. hafenautechn. Ges. IX. Bd. Berlin NW 7: VDI-Verlag 1928.  
 Le Congo. Aufsatz in Annales des Travaux publics de Belgique, 3<sup>e</sup> fascicule. Brüssel 1938.  
 Markowitz, A.: The Minor Ports of the Union of South Africa and of South-West Africa. Dock Harb. Author. Nr. 192, Vol. XVI, Oktober 1936.  
 — The Port of Beira „Recent Progress and Impending Developments“. Dock Harb. Author. Nr. 198, Vol. XVII, April 1937.  
 Neuffer, W.: Erweiterung des Hafens Lobito. Bauing. XVI. Jahrg. 1935, Heft 45/46. Berlin: Julius Springer.  
 Obst, E.: Die südafrikanischen Seehäfen. Jb. hafenautechn. Ges. XVI. Bd. Berlin: Julius Springer 1937.  
 Pflutschinger, Dr.-Ing. K.: Bericht nach „Engineering“ 1935 über eine leichte Kaimauer aus Eisenbetonprofilstücken. Bauing. XVI. Jahrg. 1935, Heft 39/40. Berlin: Julius Springer.  
 Reichsarchiv: Die Akten der Kolonialabteilung des Auswärtigen Amtes aus den Jahren 1884—1914.  
 Schulze, F. W. Otto: Seehafenbau. Bd. II, II. Auflage. Berlin: W. Ernst & Sohn 1937.  
 — Seehafenbau. Bd. III, II. Auflage. Berlin: W. Ernst & Sohn 1937.  
 Thierry, G. de: Besprechung eines Aufsatzes Pellegrineschi über Mogadischio in „l'Ingegnere“ Mai und Juli 1935. Werft Reed. Hafen, 1. Oktober 1935. Berlin: Julius Springer 1935.  
 Thierry, G. de: Über Grundseen und ihre Beziehungen zur Bauweise von Hafendämmen. Beitrag im XII. Bd. der Jahrbücher der Hafenautechnischen Gesellschaft. Hamburg. Berlin NW 7: VDI-Verlag G. m. b. H. 1932.  
 — Die neutrale Linie Cornaglias. Bautechn. Jahrg. 15, Heft 1. Berlin: W. Ernst & Sohn 1937.  
 Völkerbund. Mandatsberichte der englischen und französischen Regierung über die Mandatsgebiete Togo, Kamerun, Tanganjika-Territory aus den Jahren 1920—1936.

## Quellenverzeichnis.

### Akten des Reichsarchivs.

	Band		Band		
IX B II II A	Hafenbauten in Daressalam . . . . .	1—9	IX B II II B 1	Mole in Swakopmund . . . . .	1—17
	12	Hafenanlagen in Tanga . . . . .	20	Landungsbrücke in Swakop-	
	14	Hafenanlagen am Viktoriasee . . . . .		mund . . . . .	1—6
	15	Slipanlage in Rufigi . . . . .	24	Landungsverhältnisse in Lü-	
	16	Erweiterung der Landungs- u.		deritzbucht . . . . .	1—9
		Zollanlagen in Daressalam . . . . .	24f	Hafenarbeiten in Lüderitz-	
	18	Landungsbetrieb in Tanga . . . . .		bucht . . . . .	1
	20	Häfen in Deutsch-Ostafrika . . . . .	28	Bau einer eisernen Landungs-	
				brücke in Swakopmund . . . . .	1—9
IX B II II C 1					
	Hafen- und Landungsanlagen	Band			
	in Duala . . . . .	1—18			
	6	Anlegung eines Hafens in			
		Viktoria und Bau einer Lan-			
		dungsbrücke daselbst . . . . .	1—2		
	17	Landungswesen in Bonaberi . . . . .	1		
	18	Landungsbrücke in Tiko (Ke-			
		ka-Inseln) . . . . .	1—2		
II D 1					
	Landungsbrücke in Lome . . . . .	1—36			

## Bilderverzeichnis.

Nr.	Text	Quelle
1	Karte von Afrika	Werft Reed. Hafen 1938
2	Lageplan von Swakopmund, 1906	Engels: Handbuch des Wasserbaus. II. 1897
3	Entwurf von Mönch für Leichterhafen Swakopmund	Reichsarchiv
4	Querschnitt durch die Mole in Swakopmund	„
5	Grundriß der fertigen Mole Swakopmund, 1902	„
6	Querschnitt durch die sandfangende Brücke, 1905	Prof. Kummer; Reichsarchiv
7	Lage der NW-Linie vor und nach der Molenerlängerung	„
8	Fahrbahn vor dem Betonieren, Mole Victoria, 1936	„
9	Versetzen der Blöcke mit schwimmendem Gerüst, Victoria	Photographien von Eckle, Westafrikanische Pflanzungsgesellschaft „Victoria“, Victoria (Kamerun) und Berlin
10	Fahrbahn fertig, Victoria	
11	Ansicht der fertigen Mole, Victoria	
12	Molenkopf, Victoria	

Nr.	Text	Quelle
13	Lageplan der Schutzmole Pointe-Noire, 1930	} XVI. Internationaler Schifffahrts-Kongress Brüssel 1935, Beitrag Nr. 70
14	Lageplan des Seeschiffhafens Pointe-Noire, 1930	
15	Querschnitt durch die Mole in Bukoba, 1910	Reichsarchiv
16	Längenschnitt der hölzernen Brücke Swakopmund, 1905	Schulze, F. W. Otto: Seehafenbau
17	Querschnitt der hölzernen Brücke Swakopmund, 1905	Schulze, F. W. Otto: Seehafenbau
18	Längenschnitt der Brücke Lome, 1895	} Entwurf Koppel (entspricht der Brücke Cotonou); Reichsarchiv
19	Pfahlspitze der Brücke Lome, 1895	
20	Kopfstück der Brücke Lome, 1895	} F. H. Schmidt, Altona; Reichsarchiv
21	Querschnitt der Brücke Lome, 1895	
22	Längenschnitt der Brücke Lome, 1895	} M.A.N. Gustavsborg; Reichsarchiv
23	Querschnitt der Brücke Lome, 1895	
24	Längenschnitt der Brücke Lome, 1895	} M.A.N., Flender u. Grün & Bilfinger
25	Pfahlspitze der Brücke Lome, 1895	
26	Einsetzen der Pfähle, 1913	Französische Mandatsregierung
27	Lageplan der Brücke Lome, 1925	Französische Mandatsregierung (Daydé)
28	Längenschnitt der Brücke Lome, 1925	} Entwurf Reichskolonialamt, Bauabteilung; Reichsarchiv
29	Querschnitt der Brücke Lome, 1925	
30	Längenschnitt der Brücke Swakopmund, 1906	} Grün & Bilfinger und Flender } Reichsarchiv
31	Längen- und Höhenplan, 1909	
32	Längs- und Querschnitt Brücke Swakopmund, 1909	} Reichsarchiv
33	Bauvorgang beim Einsetzen der Pfähle, Swakopmund, 1911	
34	Lageplan von Duala, 1892	} Reichskolonialamt; Reichsarchiv
35	Grundriß der Landungsbrücke Duala	
36	Querschnitt der Landungsbrücke Duala	} F. H. Schmidt, Altona } Reichsarchiv
37	Längs- und Querschnitt der Brücke Victoria	
38	Lageplan von Matadi, 1907	} H. C. E. Eggers, Hamburg)
39	Lageplan von Matadi, 1926	
40	Lageplan von Matadi, 1938	} Bulletin des Travaux publics de Belgique Brüssel 1938
41	Querschnitt des Kais in Matadi, 1931—32	
42	Erste Mauer in Duala, 1892—93	} F. H. Schmidt, Altona } Reichsarchiv
43	Besekebachmauer in Duala, 1912—13	
44	Tonnenlagerplatzmauer, 1912—13	} Grün & Bilfinger A.G. } Reichsarchiv
45	Lageplan der geplanten Seeschiffkaimauer, 1913	
46	Querschnitt der geplanten Seeschiffkaimauer, 1913	} F. A. Schmidt, Altona } Reichsarchiv
47	Querschnitt der geplanten Seeschiffkaimauer, 1913	
48	Bodenschnitt und Querschnitte der geplanten Kaimauer in Duala, 1910	} Grün & Bilfinger
49	Lageplan von Daressalam, 1927	
50	Lageplan von Daressalam, Neuanlagen, 1927	} Dock Harb. Author. 1927
51	Fahrgastlandebrücke, 1910	
52	Querschnitt der neuen Kaimauern Daressalam, 1927	} Bleichert; Reichsarchiv
53	Querschnitt der neuen Kaimauern Beira, 1927	
54	Querschnitt der geplanten Kaimauern Ango-Ango, 1928	} Dock Harb. Author. 1927
55	Querschnitt der geplanten Kaimauern Boma, 1932	
56	Lageplan von Walfischbai	} Annales des Travaux publics de Belgique 1938
57	Querschnitt der geplanten Kaimauer für Seeschiffe in Duala, 1913	
58	Querschnitt der geplanten Kaimauer für Seeschiffe in Duala	} Dock Harb. Author. 1936
59	Lageplan von Kilwa-Kisiwani	
60	Lageplan von Kilwa-Kisiwani, Hafenanlage	} Grün & Bilfinger A.G.; Reichsarchiv
61	Querschnitt der Kaimauer Kilwa-Kisiwani, 1. Entwurf	
62	Lageplan von Lobito, 1930	} Französische Mandatsverwaltung
63	Lageplan der Kaianlagen in Lobito, 1930	
64	Brunnen in Lobito, 1930	} Phil. Holzmann A.G.
65	Brunnen in Lobito, 1930	
66	1. und 2. Bauabschnitt, 1930	} Phil. Holzmann A.G.
67	3. Bauabschnitt, 1930	
68	Lageplan der Kaianlagen in Daressalam, 1910	} Phil. Holzmann A.G.
69	Querschnitt der massiven Kaimauer Daressalam, 1906	
70	Schnitte der Transportbrückenpfeiler	} Phil. Holzmann A.G.
71	Querschnitt des 12 t-Transporters, 1906	
72	Lageplan von Daressalam mit geplanten Erweiterungen, 1900	} Phil. Holzmann A.G.
73	Lageplan von Tanga mit geplanten Anlagen, 1909	
74	Strömungen in der Tangabucht, 1909	} Phil. Holzmann A.G.
75	Bohrprofile	
76	Querprofile 1—1 der Abb. 73	} Phil. Holzmann A.G.
77	Wasserstände am Pegel Tanga, 1909	
78	Querschnitt der geböschten Kaimauer, 1909	} Phil. Holzmann A.G.
79	Querschnitt der Seeschiffkaimauer, 1909	
80	Querschnitt der geplanten Kaimauer in Kilwa-Kisiwani, 2. Entwurf	} Phil. Holzmann A.G.
81	Lageplan von Kigoma (Tanganjikasee), 1906	
82	Querschnitt der Kaimauer Kigoma, 1906	} Phil. Holzmann A.G.
83	Ansicht und Grundriß der Mauer in Kigoma, 1906	

# Der Hafen von Marseille<sup>1</sup>.

Von P. Peltier,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Technischer Direktor der Handelskammer von Marseille.

## I. Geschichtliches.

### A. Der eigentliche Hafen von Marseille.

Jahrhundertlang war der Hafen von Marseille auf eine natürliche Bucht beschränkt, welche von den Alten „Lacydon“ genannt wurde und heute „Alter Hafen“ heißt. In dieser geräumigen, vor Unwetter wohl geschützten Meeresbucht landeten im ersten Jahre der 45. Olympiade (etwa 600 vor Chr.) Auswanderer aus Phokaea, einer griechischen Stadt in Kleinasien; ihnen muß man die Gründung von Marseille zuschreiben. Dieser Hafen Lacydon scheint während eines Zeitlaufes von fast zwei Jahrtausenden der Schifffahrt genügt zu haben, ohne daß irgendwelche Verbesserungen an der natürlichen Lage nötig gewesen wären. Man begnügte sich anfangs damit, die Zufahrt durch zwei Türme zu verteidigen, zwischen die man zur Verhinderung der Einfahrt eine Kette spannte. Die ersten übrigens sehr schmalen Kaianlagen wurden am Ende des 16. Jahrh.

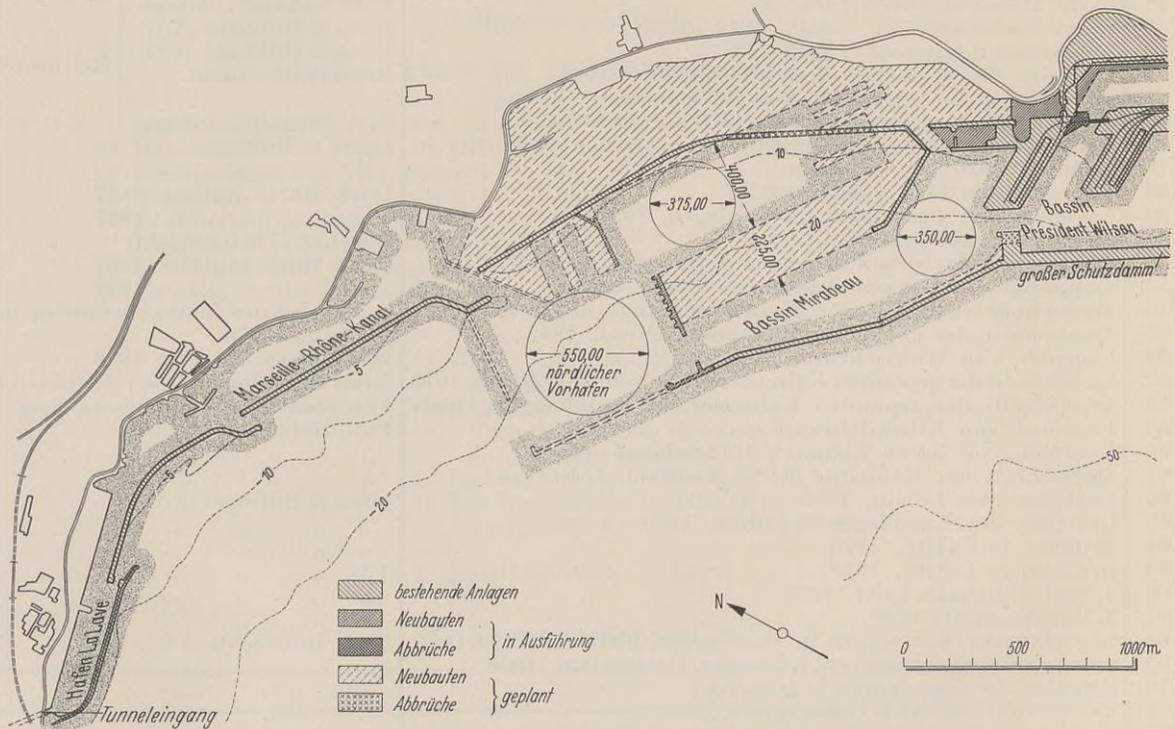


Abb. 1. Plan des

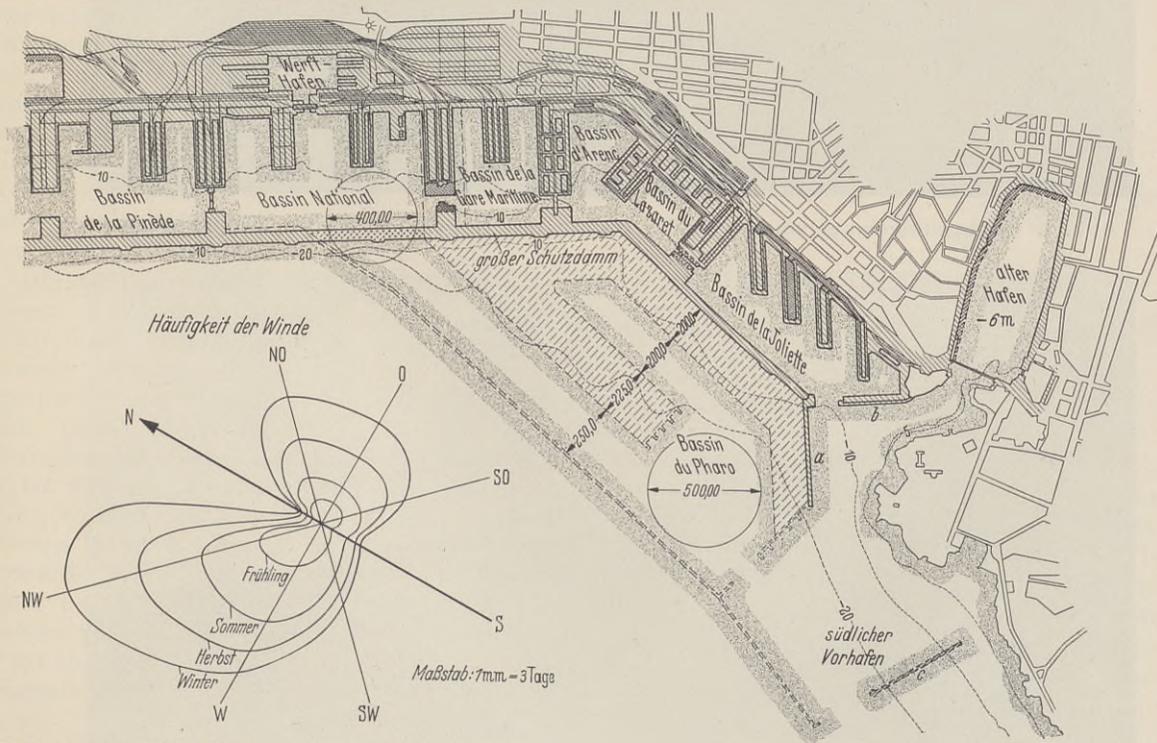
errichtet und in mehreren Zeitabschnitten erweitert, wobei sie durch Piers ergänzt wurden, die an der Ausmündung der Hauptstraßen lagen und Lagerhäuser zum Unterbringen der Kaufmannsgüter trugen. Am Ende der Regierungszeit Ludwigs XIV. und infolge der von Colbert beschlossenen Schaffung eines riesigen Arsenal für Galeeren mußte der Handel seinen Verdienst den königlichen Galeeren überlassen, für die nun Marseille der Haupthafen wurde und denen ein Teil der Kaistrecken zugewiesen wurde. Glücklicherweise war dieser Zustand nur von kurzer Dauer, indem das Galeeren-Arsenal 1781 abgeschafft wurde. Die folgende Zeit brachte dem

<sup>1</sup> Aus dem Französischen übertragen vom Schriftleitungsmitglied O. Wundram.

Hafen einen großen Aufschwung, und man sah sich genötigt, um den wachsenden Ansprüchen der Schifffahrt zu genügen, umfangreiche Baggerarbeiten und Verbesserungen im Hafen selbst wie in seiner Zufahrtrinne ausführen zu lassen. Schätzungsweise konnte der Hafen um 1789 schon 900—1000 Schiffe aufnehmen, er zählte wegen seiner für Handel und Schifffahrt günstigen Einrichtungen zu den ersten Häfen Europas.

Nach einer Zeit des Stillstandes während der französischen Revolution und der Napoleonischen Kriege nahm man die notwendig gewordenen Verbesserungsarbeiten wieder auf; von 1819 bis 1849 wurden die meisten Kaianlagen umgebaut und erweitert, der Ankergrund für die Schiffe wurde vermehrt und durchweg auf 6 m Tiefe gebracht. In der gleichen Zeit baute man auf der Rückseite vom Südkai des alten Hafens das sog. „Bassin de Carénage“ (Werfthafen). Aber alle diese Verbesserungen waren nicht ausreichend, um den Verkehrsansprüchen, die infolge der aufkommenden Dampfschifffahrt mit einer bis dahin unbekannten Geschwindigkeit anwuchsen, zu genügen, das geht schon daraus hervor, daß die Schiffsbewegung in den Jahren 1837 bis 1847 von 1 325 588 t auf 2 932 005 t anstieg. Man sah sich genötigt, neue Hafenbecken anzulegen mit der Richtung auf das Meer, aber vor seinem Wellenschlag durch einen Damm geschützt, der parallel zur Küste sich allmählich immer weiter nach Norden vorstreckte. Der Ausbau dieser Hafenbecken, es sind 7, vollzog sich in den Jahren 1844 bis 1922, die Häfen erhielten folgende Namen (siehe Hafenplan auf Abb. 1):

- |   |      |
|---|------|
| 1. Bassin de la Joliette . . . . .      | 1844 |
| 2. Bassin du Lazaret . . . . .          | 1854 |
| 3. Bassin d'Arenc . . . . .             | 1854 |
| 4. Bassin de la Gare Maritime . . . . . | 1859 |
| 5. Bassin National . . . . .            | 1863 |
| 6. Bassin de la Pinède . . . . .        | 1893 |
| 7. Bassin de la Madrague . . . . .      | 1909 |
- (später Bassin du Président Wilson genannt)



Hafens von Marseille.

Die Jahreszahl hinter dem Namen bedeutet den Zeitpunkt des gesetzgeberischen Bau-beschlusses.

Übrigens sind derzeit noch zwei neue Hafenbecken, Bassin Mirabeau im Norden und Bassin du Pharo im Süden des Hafens im Ausbau begriffen, der 1919 und 1932 beschlossen wurde.

Schließlich hat man 1932 den gänzlichen Umbau des ältesten künstlichen Hafenbeckens (Joliette) in Angriff genommen.

In weniger als 100 Jahren hat die Ausführung der hier beschriebenen Arbeiten die gesamte Kailänge von 2300 m auf mehr als 26 km ansteigen lassen, im gleichen Zeitraum wuchs der Schiffsverkehr von 3 auf 30 Millionen Tonnen.

**B. Der Kanal von Marseille zur Rhône.**

So glänzend dieser Aufschwung auch war, er konnte Marseille nicht hindern, mit einem gewissen Gefühl des Neides auf den noch gewaltigeren Aufstieg von Hamburg, Rotterdam und Antwerpen, den großen Kontinentalhäfen des Nordens, zu blicken. Es war leicht einzusehen, daß



Abb. 2. Gebirgsumgebung von Marseille, Beginn des Kanals zur Rhône, Tunnelleingang.



Abb. 3. Anschluß des Kanals an den See von Berre, Tunnelausgang.

die bemerkenswerte Entwicklung dieser drei Häfen nicht nur der günstigen geographischen Lage und der erstklassigen Ausrüstung zu verdanken war, sondern ebensogut den ausgezeichneten Verkehrsverbindungen, insbesondere durch Binnenwasserstraßen, mit einem ausgedehnten, wohlbevölkerten und wirtschaftlich hoch entwickelten Hinterland. Wenn auch die Natur Marseille in Hinsicht auf seine Lage am Meere besonders begünstigt hat, so ist sie doch weniger großzügig in bezug auf die Verbindung des großen Mittelmeerhafens mit seinem Hinterland gewesen. Marseille und sein Hafen sind tatsächlich eingekreist durch einen Ring von Gebirgen (Abb. 2), deren Überwindung gewaltige Bauwerke nötig gemacht hat. Erst um die Mitte des 16. Jahrh. wurde es möglich, sich Marseille auf einer fahrbaren Straße zu nähern. Drei Jahrh. später mußte man, um eine Eisenbahn nach Marseille heranzubringen, einen Tunnel von 5 km Länge durch die Felsen bohren, den längsten Tunnel auf französischem Gebiet.

Um den Hafen von Marseille mit der Rhône und dem Binnenwasserstraßennetz des westlichen Europas zu verbinden, waren noch größere Schwierigkeiten zu überwinden. Zu diesem Zweck schlug Becquey, der Generaldirektor der Straßen und Brücken 1820 vor, einen Kanal von Marseille nach Port de Bouc zu bauen, der 48 Schleusen erhalten sollte und sich in Port de Bouc an den bereits 1802 auf Befehl Napoleons begonnenen Kanal nach Arles anschließen ließ. Das Projekt von Becquey rief zahlreiche Einwände hervor, besonders wegen der zahllosen Schleusen und der schwierigen Wasserversorgung dieses Kanals. Man mußte also einen Kanal vorsehen, der ohne Schleusen mit Hilfe eines Tunnels die trennende Gebirgskette der Nerthe zwischen Marseille und Etang de Berre (Binnensee) durchbrach (Abb. 2 u. 3). Auf dieser Grundlage wurde 1879 das Vorprojekt entwickelt, aus dem dann der

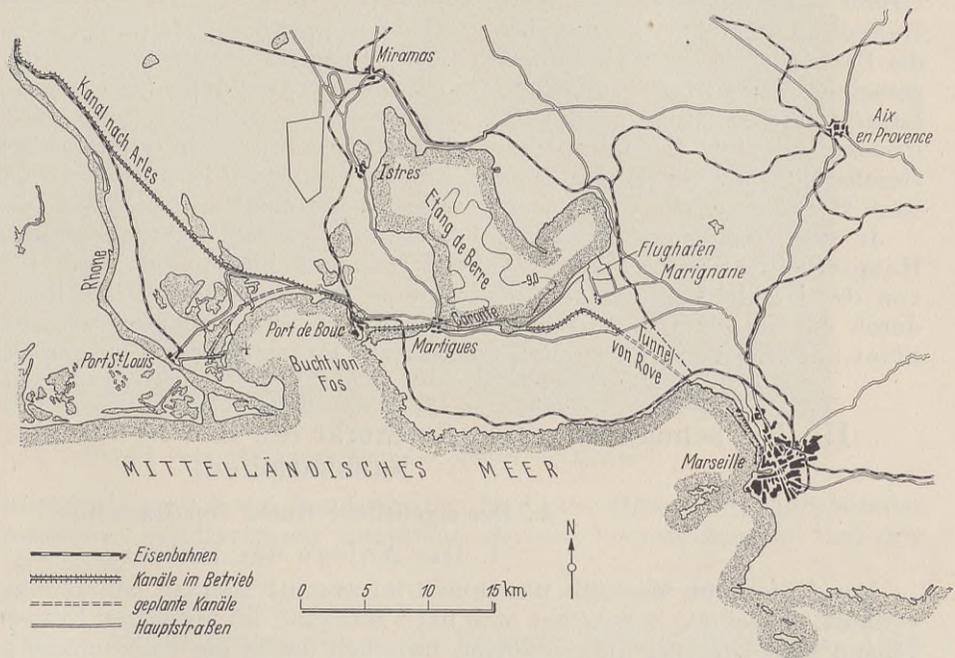


Abb. 4. Der Hafen von Marseille und seine Nachbarhäfen.

Bauplan entsprang, der durch Gesetz vom 24. XII. 1903 als im öffentlichen Interesse liegend erklärt wurde. Der Kanal von Marseille zur Rhône, der im ganzen etwa 80 km lang ist, geht vom Nordbecken des Marseiller Hafens aus (Plan Abb. 4), führt längs des Küstenstrichs bis zum Hafen la Lave, durchbohrt dann das Gebirgsmassiv der Nerthe in einem etwa 7 km langen Tunnel, führt weiter am südlichen Ufer des Sees von Berre bis nach Martigues und geht von dort in den Seekanal nach Port de Bouc über. Von hier benutzen dann die Binnenschiffe den schon bestehenden Kanal nach Arles, so daß die eigentlichen Kanalbauten Marseille—Rhône in Port de Bouc beendet sind mit Ausnahme der Arbeiten, die nötig sind, um den Querschnitt des Kanals von Arles nach Bouc dem Verkehr der größeren Rhône-Kähne anzupassen.

### C. Die Nachbarhäfen von Marseille: Bouc, Caronte, Martigues, Etang de Berre.

War einmal das Hindernis der Marseille einschließenden Gebirge überwunden, so mußte man natürlich auch die Seen von Berre und Caronte, durch welche die prächtige Wasserstraße zum Meere führte, der Schifffahrt dienstbar machen. Schon vor 1914 war es in der Tat offenbar geworden, daß Marseille, wenn es auch seine Rolle als Handelshafen aufrechterhalten sollte, in seiner industriellen Entfaltung durch den Mangel an Flächen, die durch den Schienen- oder Wasserweg leicht erschlossen werden könnten, stark gefesselt war. Die Erfahrung des Weltkrieges bestätigte diese Anschauung und war der Grund dafür, daß unter dem Drängen der Handelskammer von Marseille ein Gesetz die allmähliche Erschließung des Hafens von Bouc und der Seen von Berre und Caronte für die Großschifffahrt vorschrieb; diese wurden nun zu Gemeinschaftshäfen mit Marseille erklärt. So wurden der Seeschifffahrt von Marseille durch die 150000 ha große Oberfläche

des Sees von Berre (wovon 6000 eine natürliche Tiefe von mehr als 8 m besaßen) und seine 68 km lange Küste fast unbegrenzte Möglichkeiten erschlossen. Durch diese Maßnahmen hat sich der Handelsverkehr dieser Nachbarhäfen von Marseille seit 1913 von 106 310 t auf 3 443 644 t im Jahre 1937 gehoben.

## II. Allgemeine Betriebs- und Verwaltungsgrundsätze des Hafens von Marseille und seiner Nachbarhäfen.

Verwaltung und Betrieb spielen sich unter der Oberhoheit des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten ab, dessen örtlicher Vertreter als Ingénieur en Chef des Pontes et Chaussées der Hafendirektor ist. Grundsätzlich werden die Unterbauten (Deiche, Wellenbrecher, Kai-mauern, Vertiefungen usw.) durch den Staat ausgeführt und unterhalten, wobei die Kosten für Erweiterung und Verbesserung je zur Hälfte von Staat und Handelskammer aufgebracht werden. Die Überbauten (Schuppen, mechanische Ausrüstungen, elektrische Anlagen usw.) werden durch die Handelskammer und auf ihre Kosten ausgeführt, unterhalten und erweitert auf Grund eines mit dem Staate abgeschlossenen Konzessionsvertrages. Die Einnahmequellen der Handelskammer sind die Abgaben, die sie von Schiffen, Frachtgut und Fahrgästen erhebt, ebenso der Pachtzins für die Kaischuppen und sonstigen Hafenausrüstungen, die sie verwaltet. Diese allgemeinen Verwaltungsgrundsätze finden keine Anwendung bei einigen Hafenbecken (Bassin du Lazaret und Bassin d'Arenc) und den Reparaturwerften, die auf 99 Jahre vom Staat an eine Privatgesellschaft (La Compagnie des Docks et Entrepôts de Marseille) verpachtet sind. Diese Gesellschaft hat alle Einrichtungen, welche sie betreibt, auf eigene Kosten errichtet, sie fallen nach Beendigung des Überlassungsvertrages kostenlos an den Staat zurück.

In den Nachbarhäfen endlich beschränkt sich der staatliche Einfluß grundsätzlich auf die Hauptarbeiten: Fahrwasserrinne, Vertiefungen, Schienenwege, deren Kosten mindestens bis 50% von der Handelskammer getragen werden. Die Kaistrecken mit ihren Ausrüstungen sind hier durch die sie benutzenden Industrierwerke und Handelshäuser errichtet worden, ihnen hat der Staat auf eine von Fall zu Fall festgesetzte Dauer Staatsgrund zur Benutzung überlassen.

## III. Die bemerkenswerten Bauwerke des Hafens von Marseille und seiner Nachbarhäfen.

### A. Der eigentliche Hafen von Marseille.

#### 1. Die Anlage des Hafens.

Den Hafen von Marseille umschließt im wesentlichen ein Schutzdamm, der parallel zum Ufer verläuft. In seinem Schutz hat man nach Maßgabe der jeweiligen Notwendigkeit pierartige Landungen vom Ufer her aufgeschüttet, zwischen denen die vollkommen geschützten Hafenbecken lagen. Die im Laufe des 19. Jahrhunderts angelegten Pierzungen sind leider senkrecht zur Hauptrichtung des Ufers ausgeführt, so daß man ernststen Schwierigkeiten bei der Zuführung der Bahngleise begegnete. Man hat sie aber allmählich überwinden können, indem man die Mehrzahl der Drehscheiben-Anschlüsse durch Weichenanschlüsse ersetzte.

Die Piers des Wilson-Bassins (1912—1922 erbaut, Abb. 1) verlaufen schräge zur Hauptachse des Hafens, was für die Bewegung der Schiffe und die Zuführung der Gleisanlagen die besseren Bedingungen ergab. In gleicher Weise hat man auch schräge Piers im Zuge des Umbau- und Verbesserungsprogrammes nach 1932 im Bassin de la Joliette errichtet.

Aber gleichviel ob schräge oder rechtwinklig haben alle Marseiller Hafenpiers den Mangel einer zu geringen Länge, die im allgemeinen 300 m beträgt und nur ausnahmsweise 350—400 m erreicht. Es ist klar, daß solche Piers, die für Schiffe von 100—150 m gedacht sind, für moderne Schiffe, die 200 m Länge überschreiten, unvorteilhaft sind, weil ein einziges genügt, um eine Kaistrecke von 300 m, von der dann ein großer Teil nicht benutzt werden kann, festzulegen. Um diese Unzulänglichkeit bei neuen Hafenbecken (Bassin Mirabeau und Bassin du Pharo, siehe Plan auf Abb. 1) zu vermeiden, hat man eine von der alten Bauweise gänzlich abweichende Linienführung gewählt, deren Verwirklichung größere Kailängen gestatten wird. Diese neuen Piers sind übrigens nach den vorherrschenden Windrichtungen angelegt, so daß man eine große Erleichterung beim Manövrieren der Schiffe empfinden wird. Gleichermassen ist man tatkräftig im nördlichen Teil des Wilson-Bassins mit Abbruchs- und Neubauarbeiten vorgegangen, deren Vollendung im Jahre 1940 eine Kailänge von 700 m, ausreichend für gleichzeitige Abfertigung von drei Überseeschiffen (Paketbooten) von je 200 m Länge zur Verfügung stellen wird. Auch in der Breite der Piers kann man beim aufmerksamen Betrachten des Hafenplanes hinsichtlich der Erweiterungen eine allmähliche Steigerung feststellen: die älteren Piers hatten 90—120 m Breite, die neueren Piers

des Wilson-Bassins haben bereits 130—140 m (vor 1914 projektiert), während für die allerneusten im Bassin Mirabeau und du Pharo eine Breite von 225 m vorgesehen ist.

Im Gegensatz zu dieser Entwicklung fällt die verhältnismäßige Enge der Piers, die nach 1932 im Joliette-Becken angelegt sind, sehr auf (Abb. 1). Die dortigen Abmessungen von 50, 62 und 72 m Breite der einzelnen Piers sind durch die Beschränktheit des bestehenden Hafenbeckens



Abb. 5. Luftbild vom südlichen Teil des Marseiller Hafens.

hervorgerufen, was glücklicherweise auch der Sonderart des in diesen Häfen sich abwickelnden nordafrikanischen und korsischen Schiffsverkehr entspricht, der mit kleinen Schiffen und sehr häufigen Abfahrten vor sich geht.

## 2. Die Schutzbauwerke.

Der große Schutzdamm ist das bemerkenswerteste Bauwerk im Marseiller Hafen. Abgesehen von dem Schutzdeich, der ihn im Süden verlängert (siehe Abb. 1 u. 5) beträgt seine ganze Länge 5725 m, nicht eingerechnet die 260 m, die zur Zeit am äußersten Nordende im Bau sind. Der große Damm ist in Teilabschnitten nach Maßgabe der Hafententwicklung errichtet worden, seine Sohle liegt je nach Meerestiefe 10—37 m unter der Wasseroberfläche. Die Kennzeichen seiner Bauweise sind von Süden nach Nordenscheidend folgende:

a) Böschungsdamm mit Überbauten; 4400 m Länge. In diesem ersten Teil, der auf Meerestiefen von 10—35 m gegründet ist, hat der Deichquerschnitt die auf Abb. 6 angegebene Form. Sie hat sich sehr bewährt und hat seit Anbeginn nur geringe Abänderungen erfahren, die sich im einzelnen auf die Abmessung und Bauweise der künstlichen Schutzblöcke bezogen, ebenso wie auf die Bauart der einfassenden Kaimauer an der Hafenseite.

b) Böschungsdamm ohne Überbauten; 675 m Länge. Dieser Teil liegt über Meerestiefen von 35—37 m, das Böschungsprofil ist ohne Änderung beibehalten worden, Überbauten sind noch nicht ausgeführt.

c) Gemischte Bauweise; 910 m Länge, davon 260 m im Bau (Abb. 7). In diesem letzten Teil (ebenfalls über Tiefen von 35—37 m) hat man eine gemischte Dammbauweise durchgeführt,

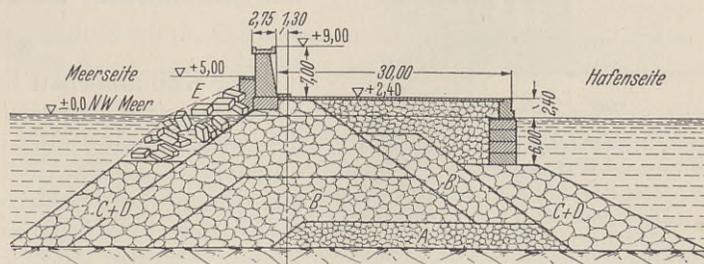


Abb. 6. Querschnittsart des Großen Schutzdammes gegenüber dem Bassin de la Gare Maritime 1856. *A* Steinbrocken 3—100 kg, *B* Natursteine 100—1300 kg, *C* desgl. 1300—3900 kg, *D* desgl. über 3900 kg, *E* Betonblöcke 14 m<sup>3</sup>.

die sich zusammensetzt aus großen aufeinandergeschichteten und durch eiserne Pfähle verbundenen Steinblöcken und einer Schüttung von Steinen, auf der sie aufrufen und zwar in einer Tiefe, daß man keine Unterspülung mehr zu befürchten hat. Die Tiefenkote für die Auflagerung der Steinblöcke war ursprünglich auf  $-12,50$  m festgesetzt, wurde in Wirklichkeit aber auf  $-11,50$  m beschränkt unter Berücksichtigung der ungefähr 1 m betragenden Abweichung zwischen der errechneten und tatsächlichen Zusammendrückung der Steinschüttung. In Abb. 7 sind weitere Angaben für den Querschnitt und die durch Pfähle zusammengehaltenen Steinblöcke von 4,60 m Länge zu finden. Diese Blöcke, die im einzelnen 450 t wiegen, sind durch einen Hebebrahm an Ort und Stelle abgelenkt und durch eiserne Pfähle, die durch senkrecht ausgesparte Kanäle getrieben wurden, miteinander verbunden; nach Einbringen der Pfähle wurden die Kanäle mit Beton

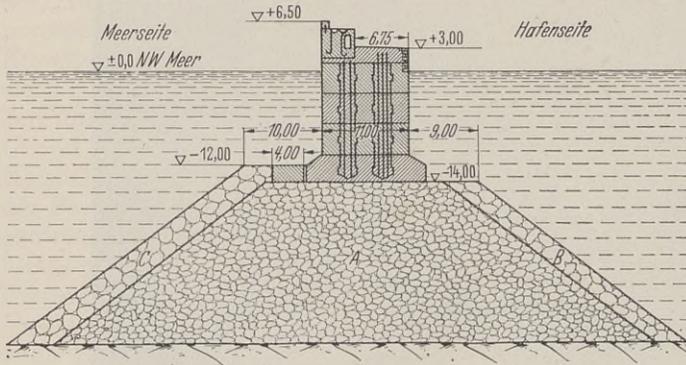


Abb. 7. Querschnittsart des Großen Schutzdammes am Bassin Mirabeau 1938. A Steinbrocken bis 400 kg, B Natursteine 1500—4000 kg, C desgl. über 4000 kg.

b) Der Schutzdamm St. Jean (Abb. 1b), 337 m lang, rechtwinklig zum vorerwähnten Damm verlaufend; zur gleichen Zeit mit ihm und in der gleichen Bauart errichtet, dient er den gleichen Zwecken.

c) Der Schutzdamm des Catalans (c in Abb. 1), 443 m lang, zur Zeit im Bau. Er ist ein Böschungsdamm, der auf Meerestiefen von 10—25 m gegründet ist. Er bildet den Anfang der Abschlußdämme für den südlichen Vorhafen und ist gleichzeitig Wellenbrecher für das Joliette-Becken bei den widrigen Südwestwinden.

d) Der Querdamm am Nordhafen, der in zwei Abschnitten eine Gesamtlänge von 600 m hat, ist zur Zeit im Bau. Dieser Damm, an den sich später die Uferflächen des Mirabeau-Beckens anschließen sollen, hat den Zweck, zunächst die Wasserflächen im Norden des Wilson-Beckens unter Schutz zu bringen; er wird später mit dem weiteren Ausbau von Wellenbrechern den nördlichen Vorhafen bilden und besteht aus aufeinander geschichteten Steinblöcken, die auf Steinschüttungen in 14 m Tiefe ruhen.

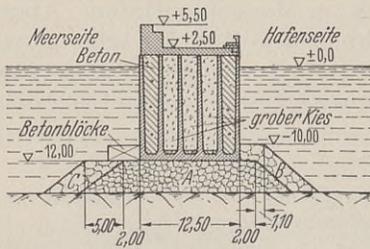


Abb. 8. Querschnitt des Schutzdammes St. Marie 1932. A Steinbrocken bis 400 kg, B Natursteine 1500 bis 3000 kg, C desgl. über 3000 kg.

wo man an den tragfähigen Grund nicht unmittelbar erreichen konnte, auf Steinschüttungen aufsetzte. Aus demselben Grunde sind die natürlichen Tiefen in den dem großen Damm benachbarten Teilen der Hafenbecken gut ausreichend, während man in den inneren Partien für die beabsichtigten Tiefen Baggerungen und Felssprengungen vornehmen mußte.

Die Kaimauern sind im Laufe der Jahre nach vier verschiedenen Arten ausgeführt. Bis 1857 wurden die Mauern durch Unterwasserbeton hergestellt, der im Schutze einer gerammten Spundwand eingebracht wurde. Die Kaimauern dieser Art, die seinerzeit für den Alten Hafen und das Joliette-Becken gewählt wurde, haben sich ziemlich schlecht gehalten, einmal wegen der schlechten Beschaffenheit des unter Wasser geschütteten Betons, dann auch wegen der Zerstörung seiner Bindekraft durch das Meerwasser.

Die Kaimauern der Bassins du Lazaret, d'Arene, de la Gare Maritime und National sind aus

vergossen.

Unter den übrigen Schutzbauwerken sind noch erwähnenswert (vgl. hierzu den Hafenplan Abb. 1).

a) Der Schutzdamm St. Marie (a) am Süden des großen Damms, 1929 bis 1937 als Wellenbrecher zum Schutz der Einfahrt in das Joliette-Becken erbaut. Da er weniger der Gewalt des Meeres ausgesetzt ist, hat man ihn aus schwachbewehrten Eisenbetonkästen von 7,50 m Breite und 12,50 m Länge (ähnlich wie beim Kaimauerbau) errichtet, die im Grunde auf eine Steinschüttung aufgesetzt wurden (Abb. 8). Die Zellen dieser Senkkästen wurden dann mit Beton und Steinbrocken ausgefüllt.

### 3. Die Kaimauern.

Der Kaimauerbau hat Marseille keine sehr großen Schwierigkeiten bereitet. In allen künstlichen Hafenbecken fällt die Lage des tragfähigen Bodens (harter Ton, Felsbrocken und Fels) im allgemeinen sehr schnell nach der offenen Hafenseite (in Richtung auf den großen Schutzdamm) ab. Daraus ergibt sich, daß die Kaimauern am inneren Hafende durchweg auf gewachsenem Boden errichtet sind, während man sie am Ende der Pierzungen,

künstlichen, übereinandergeschichteten Steinblöcken ohne Fugenverband aus Mörtel hergestellt, wobei man allmählich (1857—1874) zu Blockgrößen von 10—19 m<sup>3</sup> überging. Diese Mauern haben sich im allgemeinen gut gehalten, allerdings hatte man öfter ziemlich bedeutende Verschiebungen durch den Erddruck zu beklagen (Abb. 9a).

Die Mauern im Bassin de la Pinède (1897—1905) sind mit Hilfe von Preßluft gegründet, sie ruhen teils auf festem Felsboden, teils auf einer Steinschüttung (Abb. 9b).

Die Kaimauern im Wilson-Becken (1912—1920) bestehen aus leicht bewehrten Betonkästen, die eingeschwommen und auf ein Betonfundament abgesenkt wurden, welches mittels Preßluft auf Fels oder Steinschüttung gegründet wurde (Abb. 9c).

Die allerneuesten Kaimauern (1932 bis 1937) im umgebauten Joliette-Becken sind

teils aus Betonkästen, teils aus künstlichen Steinblöcken gebildet, wobei die Wahl der einen oder der anderen Art nicht von technischen Erwägungen abhing, sondern von der Notwendigkeit, Schritt zu halten mit Trockendockbenutzung beim Bau der Betonkästen. Die am Alten Hafen zur Zeit ausgeführten Kaimauern mit der Absicht, die den Hafen umgebende Straßenfläche für den Wagenverkehr zu vergrößern, bestehen aus künstlichen, übereinandergeschichteten Steinblöcken (Abb. 9d u. e).

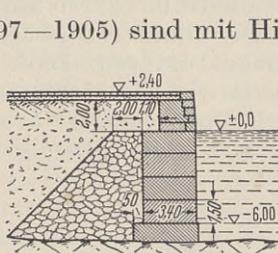


Abb. 9a. Kaimauerbauweise am Bassin du Lazaret, d'Arenc und de la Gare Maritime 1857—1874.

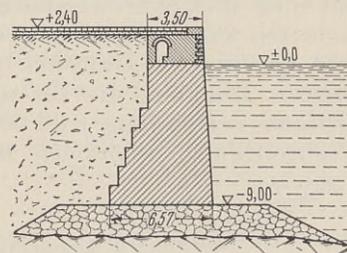


Abb. 9b. Kaimauerbauweise am Bassin de la Pinède 1897—1905.

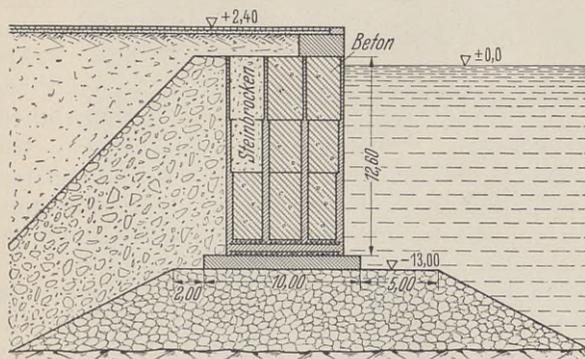


Abb. 9c. Kaimauerbauweise am Bassin Wilson 1912—1920.

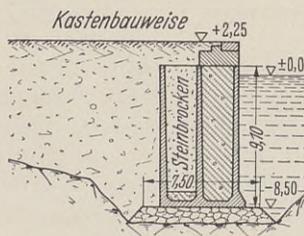


Abb. 9d. Kaimauerbauweise am Bassin de la Joliette (Erneuerung 1932—1937).

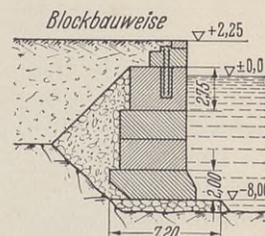


Abb. 9e. Kaimauerbauweise am Bassin de la Joliette (Erneuerung 1932—1937).

Die Mindesttiefen der Hafenbecken und die Gründungskoten der Kaimauern sind im Laufe der letzten 100 Jahre abhängig von der Entwicklung des Schiffbaus gewachsen. Die Häfen haben folgende Wassertiefen:

Alter Hafen, Mindesttiefe 6 m.

Bassin de la Joliette, Tiefe am inneren Ende 8—9 m, am äußeren 10 m.

Bassin du Lazaret, Tiefe am inneren Ende 8—9 m, am äußeren 10 m.

Bassin d'Arenc, Tiefe am inneren Ende 8—9 m, am äußeren 10 m.

Bassin de la Gare Maritime, Tiefe am inneren Ende 8—9 m, am äußeren 12 m.

Bassin National, Tiefe am inneren Ende 8—9 m, am äußeren 18 m.

Bassin de la Pinède, Tiefe 9,50 m bis 22 m.

Bassin Wilson, Tiefe 12 m — 30 m.

Die Kaimauern der beiden letzten Häfen liegen auf 8—9 bzw. 12 m tiefem Grunde.

#### 4. Durchfahrten und bewegliche Brücken.

Die verschiedenen Becken des Marseiller Hafens sind durch schmale

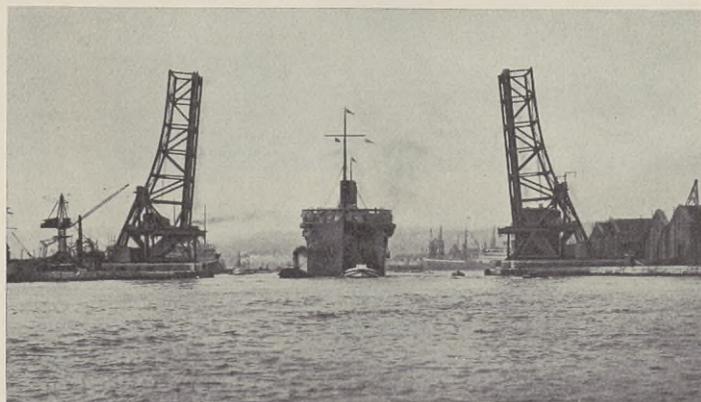


Abb. 10. Die zweiflügelige Klappbrücke am Bassin de la Pinède, 70 m freie Durchfahrt.

Durchfahrten miteinander verbunden, von denen einige mit beweglichen Brücken überspannt sind. Die bemerkenswerteste darunter ist die Scherzer-Klappbrücke am Bassin de la Pinède, sie hat bei zwei Flügeln eine Spannweite von 75 m und ergibt eine freie Durchfahrt von 70 m (Abb. 10); ein Gleis und eine zweispurige Fahrstraße führen hinüber. Augenblicklich ist man dabei, wichtige Arbeiten zur Verbesserung der Durchfahrt (L'Abattoir genannt) zwischen dem Bassin National und Bassin de la Gare Maritime auszuführen. Diese Durchfahrt bestand früher aus zwei je 28 m breiten Kanälen, die für moderne Schiffe nicht mehr ausreichten; die neue in Ausführung begriffene Verbindung soll 60 m Breite erhalten. Weiter wird man im Zuge der Vertiefung und Verbreiterung des Joliette-Beckens dazu übergehen, die Verbindung zwischen diesem Becken und

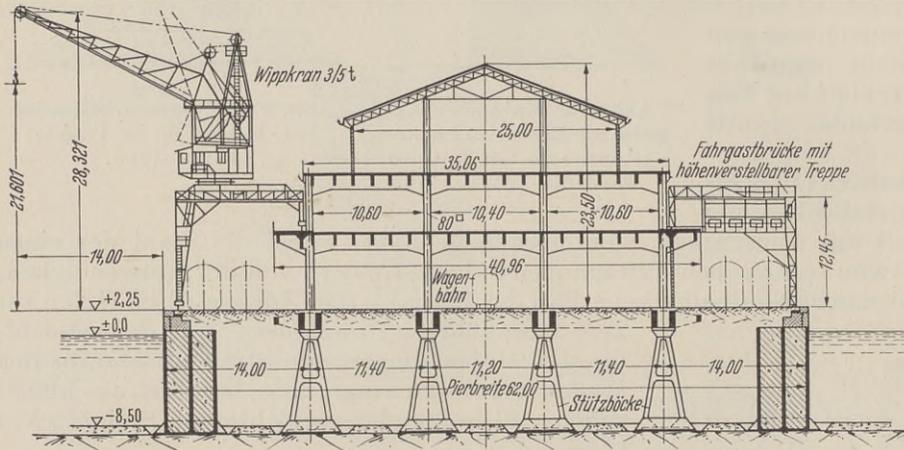


Abb. 11. Kaischuppen I<sub>1</sub> am Bassin de la Joliette.

Piers haben je einen Schuppen an beiden Seiten, zwischen ihnen Fahrstraße und Gleisanlagen. Auf den engen Pierzungen des Joliette-Beckens hat man allerdings nur je einen Schuppen errichtet (Abb. 11), der nach beiden Seiten Umschlagsgüter aufnehmen oder abgeben kann.

Die ältesten Schuppen sind eingeschossig und ebenerdig, die neueren haben ein Obergeschoß erhalten (Abb. 15), einer unter ihnen sogar für besondere Zwecke zwei Geschosse (Abb. 11). Im allgemeinen sind die Obergeschosse für die Lagerung eingeführter Sackgüter bestimmt, sie sind mit dem Erdgeschoß durch zahlreiche Wendelrutschen verbunden; die Tragkraft der Decken ist auf 1500 bis 2500 kg/m<sup>2</sup> berechnet. In den neusten Schuppen sah man sich noch weiter ge-



Abb. 12. Taschenbandförderer zwischen Erd- und Obergeschoß für den Frucht- und Gemüseumschlag.

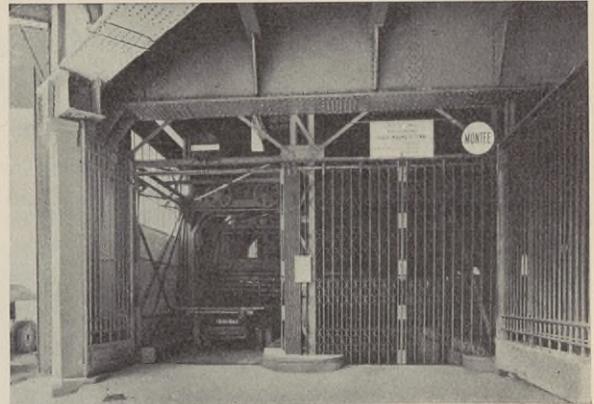


Abb. 13. Wagenaufzüge (10 t) zwischen Erd- und Obergeschoß eines Kaischuppens.

zwungen, die Ausnutzung der Obergeschosse zu verbessern: einerseits schaffte man Sonderhebezeuge für den Umschlag von Kistengut an, so z. B. Fördergeräte mit Taschen oder Plattformen (Abb. 12) für Fruchtkisten; andererseits hat man Wagenaufzüge mit einer Tragfähigkeit von 8 und zuletzt von 10 t eingebaut (Abb. 13). In diesem Falle sind die Fußböden für die schwersten durch die Aufzüge zu hebenden Lastwagen gebaut. Es ist klar, daß diese Lösung noch eine gewisse Unvollkommenheit in sich birgt, da sie nicht den großen Fernlastwagen die Zufahrt zum Obergeschoß ermöglicht, Wagen, die infolge einer, vielleicht zu großzügigen behördlichen Regelung sich in

dem Bassin du Lazaret auf 40 m Breite und 10 m Tiefe zu bringen. Hier wird man die alte Drehbrücke, die in Breite und Tragfähigkeit gänzlich unzureichend geworden war, durch eine moderne Klappbrücke ersetzen.

### 5. Kaischuppen.

Der Hafen von Marseille ist durchweg ein Stückgut- und Fahrgasthafen, dessen Piers mit einigen Ausnahmen von Kaischuppen bedeckt sind. Die meisten

Frankreich zu wahren Eisenbahnwagen auf Gummirädern ausgewachsen haben. Ebenso beachtet man in Marseille, wo die Zahl der Ankünfte und Abfahrten von Lastwagen ein sehr beachtliches ist, in allen Fällen, wo die Bedingungen dazu günstig sind, Rampen zu schaffen, welche den größeren Lastkraftwagen die Auffahrt in die Schuppenobergeschosse gestatten. Eine Lösung dieser Art ist zur Zeit am Joliette-Becken in Angriff genommen worden (Abb. 14).

Man wird bei der Betrachtung der verschiedenen Pier-Querschnitte bemerken können, daß die Breite der Kaiflächen zwischen Schuppen und Schiff sehr gering ist, bei den älteren Piers nur 7—7,50 m und bei den neuesten 11—14 m. Diese geringe Breite, nach Ansicht des Verfassers eine Quelle der Behinderung beim Güterumschlag, rührt von der Enge der Pierzungen und dem geringen Umfang des unmittelbaren Umschlages zwischen Schiff und Eisenbahn her; in Marseille gehen die meisten Güter eingehend und ausgehend über den Schuppen. Lange Zeit haben sich deswegen die Benutzer der Kaianlagen gegen die Verbreiterung der Kaiflächen ge-

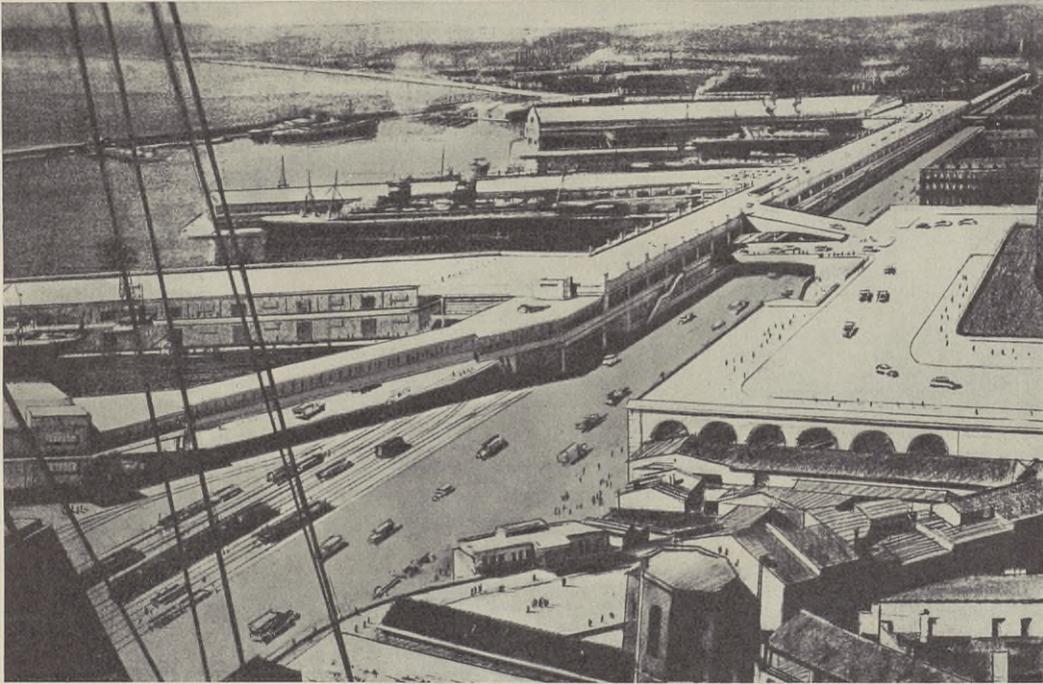


Abb. 14. Der Seebahnhof am Bassin de la Joliette nach seiner Vollendung (Entwurfsskizze).  
Wagenauffahrten von der Straße zum Obergeschoß und Dach.

sträubt, nach des Verfassers Ansicht sprechen aber technische Erwägungen zu Gunsten einer Verbreiterung zwischen Schuppen und Schiff. Auf der einen Seite ist es tatsächlich wünschenswert, über genügende Flächen zum Auf- und Zusammenstellen der Wagen und für den Verkehr der Kraftschlepper (Akkumulatorenbetrieb) zu verfügen, andererseits ist es unerlässlich mit Rücksicht auf die Abmessungen zeitgemäßer Kräne ihnen für ihre Standsicherheit größere Spurweiten zu geben. Schließlich muß zur Vermeidung der Zusammenstoßgefahr zwischen Schiffsteilen und den Oberbauten der Kräne, die beim An- und Ablegen der Schiffe eintritt, die wasserseitige Kran-schiene möglichst 2,50—3,00 m von der Kaikante zurückliegen. Trotzdem hat sich eine Strömung gegen die Verbreiterung, welche bei den Umbauten im Joliette-Becken 15—17 m beträgt, ausgesprochen. Verfasser hält auch dieses Maß noch für unzureichend und meint, man sollte bei den neuen Einrichtungen im Bassin Mirabeau, die Fläche zwischen Schuppen und Kaikante auf mindestens 20 m bringen.

Die Marseiller Kaischuppen sind teils in Eisenkonstruktion teils in Eisenbeton errichtet, einige sogar in gemischter Bauweise (Abb. 15). Die älteren Schuppen Gründungen sind aus Holzpählen gebildet, für die etwa seit zwanzig Jahren gebauten Schuppen werden Betonpfähle, die an Ort und Stelle in den Boden geschüttet werden (Franki-Pfähle u. ä.), verwendet. Es ist wahrscheinlich, daß im Laufe der kommenden Jahre mit der Möglichkeit, halbwegs rostfreie Bau-stähle zu erhalten, sich die Eisenkonstruktion bei den Kaischuppen einer größeren Gunst erfreuen wird, da sie große Spannweiten bei einer merklichen Einsparung von Stützpfählern in den Schuppen zuläßt. Diese Lösung ist bereits bei einem der letzten Schuppen am Joliette-Becken

gewählt worden, er erhält Deckenträger von 22 m Stützweite, die dem Fußboden des Obergeschosses eine Tragfähigkeit für 10 t-Lastwagen verleihen.

Im Zusammenhang mit dem Schuppenbau am Joliette-Becken hat man eine besondere Gründungsweise angewendet, welche es gestattet, nicht mehr auf die Aufschüttung der Pierkerne für die Gründung und den Bau der Schuppen warten zu müssen (Abb. 11). Die angewendete Methode besteht darin, daß man Stützböcke aus Eisenbeton auf dem Bau-

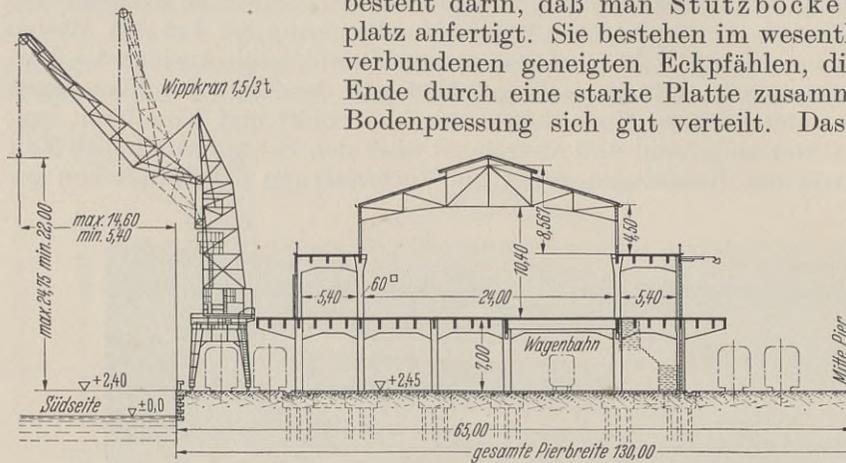


Abb. 15. Kaischuppen 14. Mischbauweise Eisenbeton und Stahlfachwerk.

teile durch Querriegel aus Eisenbeton miteinander verbunden und der Bau des Schuppens kann ohne Warten und Hindernisse vor sich gehen. Diese Gründungsbauweise hat glänzende Ergebnisse gezeitigt sowohl in Hinsicht auf die Güte der Gründung wie auch auf die Schnelligkeit in der Ausführung.

## 6. Seebahnhöfe.

Ogleich der Fahrgastverkehr im Marseiller Hafen sehr bedeutend ist (1937 mehr als 900 000 Einreisen und Ausreisen), besteht doch kein eigentlicher Seebahnhof wie in l'Hâvre und Cherbourg. Diese Besonderheit rührt von der bedeutenden Anzahl der regelmäßig auf Marseille fahrenden Schiffslinien her und von der Tatsache, daß alle diese

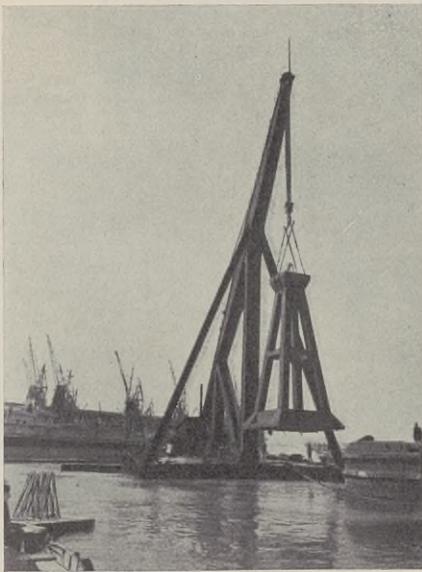


Abb. 16. Absenken eines Stützbockes beim Bau des Kaischuppens I<sub>2</sub>.

Schiffe gleicherweise einen bedeutenden Stückgutumschlag haben. Daraus folgt, daß jede Schifffahrtsgesellschaft, die über feste Schiffs- und Liegeplätze im Hafen verfügt, wo sie ihr Stückgut umschlagen und lagern kann, auch den Wunsch hat, an derselben Stelle die Ein- und Ausschiffung ihrer Fahrgäste vorzunehmen. Man hat sich darum auch bis in die letzten Jahre damit begnügt, für die Fahrgäste allgemein im Schuppenobergeschoß einfache Einrichtungen zu schaffen, wozu auch gehörte, daß die Passagier-Sonderzüge unmittelbar zu dem betreffenden Kaischuppen durchliefen. Aber mit Rücksicht auf die immer größer gewordenen Bequemlichkeitsansprüche der Fahrgäste sah man sich doch zur Verbesserung der Verhältnisse gezwungen, indem man nach und nach in den verschiedenen Hafengegenden Seebahnhöfe anlegte. Diesem Gedankengang folgend führt man z. Zt. im Joliette-Becken, wo die meisten Fahrgäste mit den Herkunfts- und Bestimmungsländern Nordafrika und Korsika verkehren (mehr als 500 000 im Jahre 1937), einen Gemeinschafts-Seebahnhof für alle in diesem Hafen untergebrachten Schifffahrtslinien aus. Dieses bedeutende Bauwerk, das mit Ende 1939 fertig sein wird, wird im wesentlichen folgende Teile enthalten (Abb. 14):

- a) im Erdgeschoß zwei Gleise für die Fahrgast-Sonderzüge;
- b) im ersten Obergeschoß eine große Verkehrsgalerie für die Fahrgäste, sie kann mit den Fahrgastschiffen durch Laufbrücken verbunden werden. Ferner Hallen mit allen wünschenswerten Bequemlichkeiten und gedeckte Höfe für Mietsautos und Privatwagen;
- c) im zweiten Obergeschoß einen Parkplatz für alle Personenwagen, die auf Schrägrampen zum ersten Obergeschoß gefahren sind.

Alle Verkehrswege sind genau erprobt worden, um den Fahrgästen und Wagen die geringste Bewegung aufzuerlegen und ein Höchstmaß an Ordnung und Bequemlichkeit zu erreichen.

### 7. Hafenausrüstung — Kräne.

Der Hafen von Marseille besitzt nur geringe Kaiausrüstung für die Behandlung von Schüttgut, weil es zum größten Teil schon an den Kaistrecken des großen Schutzdammes mit Schwimmkränen oder in den Nachbarhäfen umgeschlagen wird. Die mechanische Kaiausrüstung besteht im allgemeinen aus Stückgut-Kränen, von denen die ältesten Säulenkräne, die übrigen Voll- oder Halbportalkräne sind. Die Marseiller Handelskammer hat im Laufe der letzten Jahre bedeutende Anstrengungen für neue Kaiausrüstungen gemacht, wobei sie die im allgemeinen hydraulischen Kräne der älteren Kaistrecken durch zeitgemäße Geräte ersetzte. Sie ließ besonders in den Jahren 1934—1938 72 neue Stückgutkräne beschaffen, deren Hauptmerkmale folgende sind (Abb. 17):

Tragkraft: 3 und 3 bzw. 5 t (im allgemeinen ein Kran zu 3 bzw. 5 t und 2 oder 3 Kräne zu 3 t für jeden Schiffsliedplatz).

Höchstausladung über Kaikante: 14—16 m je nach Bauart (der Ausleger ist unter Last verstellbar).

Mindesthöhe der Schnabelrolle über Kai: 25—28 m.

Hubgeschwindigkeit bei 3 t: 1,35—1,60 m/sec je nach Bauart.

Hubgeschwindigkeit bei 5 t: 0,80 m/sec.

Die Kräne arbeiten mit Gleichstrom von 440 Volt in den mit Gleichstrom versorgten mittleren Teil des Hafens und mit Drehstrom von 440 Volt im Joliette-Becken. Ebenso wird Drehstrom in den neuen Häfen (Bassin Mirabeau und du Pharo) verwendet werden, um die bedeutenden Unkosten für Bau- und Betrieb einer Umformerstation zu vermeiden. Hinsichtlich des Wippauslegers hat man im allgemeinen das

einfachste System in Marseille bevorzugt, das aus einem am Fußende drehbaren Ausleger mit 3 Seilumlenkrollen besteht und einen sehr angenähert waagerechten Lastweg ergibt. Für den Umschlag schwerster Güter besitzt die Handelskammer einen dieselektrischen Schwimmkran von 150 t Tragkraft (Abb. 18).

### 8. Fahrgast-Laufbrücken.

Anzahlreichen Stellen der Kais sind Laufbrücken vorhanden, die den Reisenden den unmittelbaren Übergang vom Schuppenobergeschoß auf die

Schiffe ermöglichen. Diese Brücken ruhen auf Voll- oder Halbportalen und lassen sich auf die Deckshöhe der Schiffe einstellen, sei es daß man bewegliche Treppen anwendet, sei es daß man die Laufbrücke in der Neigung verstellt (Abb. 19 u. 11).

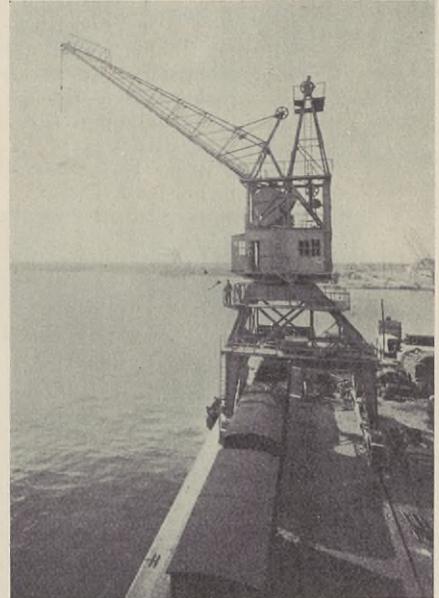


Abb. 17. Elektr. Vollportalwippkran 1938. 3 t, Mindesthöhe der Schnabelrolle 28 m, Ausladung 16 m ab Kaikante.



Abb. 18. 150 t-Schwimmkran beim Umsetzen von Kaikränen.

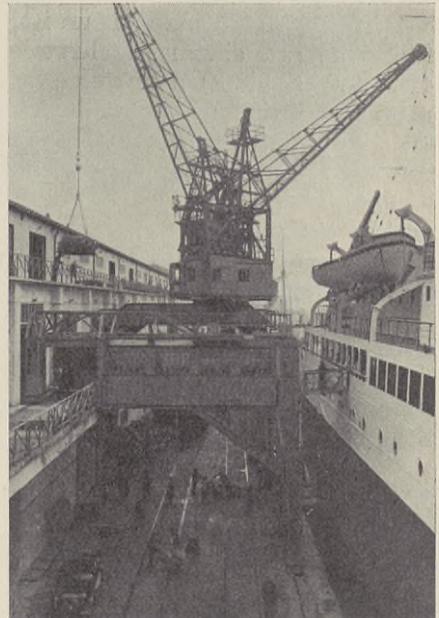


Abb. 19. Außenansicht einer Fahrgastbrücke, dahinter Kaikräne.

### 9. Zusammenfassung der Ausrüstung vom eigentlichen Marseiller Hafen.

Angesichts der Unmöglichkeit, hier eine ins einzelne gehende Beschreibung aller Hafeneinrichtungen zu bringen, halten wir es doch für nützlich, darüber eine zahlenmäßige Aufstellung folgen zu lassen (Zahlen des Jahres 1937):

Wasserflächen . . . . .	256 ha
Kailänge . . . . .	26 km
Gleislänge der eigentlichen Kaibahnen . . . . .	65 km
Landflächen { Schuppen und Lagerhäuser . . . . .	51 ha
{ Verkehrswege . . . . .	65 ha
Schuppenflächen (Erd- und Obergeschosse zusammen) . . . . .	406 916 m <sup>2</sup>
Lagerhausflächen (unter Zollverschluß und zollfreie) . . . . .	90 900 m <sup>2</sup>
Fassungsvermögen des Kühlhauses . . . . .	20 000 m <sup>3</sup>
Fassungsvermögen der 3 Getreidezellenspeicher . . . . .	65 000 t
Fahrgast-Laufbrücken . . . . .	16
Hydraulische Kaikräne . . . . .	109
Elektrische Kaikräne . . . . .	162
Schwimmkräne mit festem und Drehausleger, dieselektrisch und dampfbetrieben . . . . .	48

Außerdem besitzt der Hafen von Marseille noch eine Reihe weiterer Einrichtungen und Dienststellen, von denen erwähnt seien

Sondereinrichtungen für die Übernahme lebenden Viehs aus Nordafrika.

Ein Schuppen mit Heizung und Lüftung für Bananen.

Eine Desinfektionsanstalt für pflanzliche Erzeugnisse.

Ärztlicher Dienst mit Rettungsstellen für Arbeitsunfälle.

Feuerwehr mit 2 Löschbooten und 4 Motorspritzen.

Wascheinrichtungen, Brausebäder für Kaiarbeiter, usw.

Der Betrieb dieser Dienststellen und Einrichtungen ist durch die Handelskammer sichergestellt.

### B. Der Kanal zwischen Marseille und der Rhône sowie die Wasserstraßenverbindung zwischen dem Hafen von Marseille und seinen Nachbarhäfen.

Wie oben gezeigt, ist der Kanal zwischen Marseille und der Rhône derzeit erst auf der Strecke von Marseille nach Port de Bouc vollständig fertiggestellt, während die Verbesserung des schon bestehenden Kanals von Port de Bouc nach Arles für den Verkehr der größeren Rhônekähne noch zu erledigen ist. Aber trotz dieses Mangels und obgleich noch viel für die eigentliche Fahrwasserversorgung der Rhône zu tun ist, kommen die Rhônekähne von 600 t häufig und regelmäßig nach Marseille mit einem Frachtverkehr von fast 400 000 t. Diese Kähne verlassen die Rhône bei St. Louis (Abb. 4), überqueren dann die Bucht von Fos und erreichen bei Port de Bouc den oben schon beschriebenen Binnenwasserweg nach Marseille. Es ist klar, daß die Meerüberfahrt zwischen St. Louis und Port de Bouc, wenn sie sich auch in verhältnismäßig geschütztem Gebiet abspielt, gewisse Erschwerungen mit sich bringt. Daher hat man angesichts der augenblicklichen finanziellen Unmöglichkeit, den Kanal im großen Zuge zwischen Port de Bouc und Arles fertigzustellen vorgeschlagen, zunächst einen Kanal zu bauen, der die Bucht von Fos umgeht (vgl. Plan auf Abb. 4). Sicher kann unter diesen Bedingungen die Verbindung zwischen Marseille und Rhône in einigen Jahren fertiggestellt sein.

Was die Wasserverbindung zwischen Marseille und seinem Nachbarhafen am See von Berre angeht, so ist diese bereits in ausgezeichneter Weise hergestellt, nicht nur für Rhônekähne sondern auch für größere von 1500—2000 t, die auf der ganzen Strecke 4 m Wassertiefe vorfinden. Das Hauptwerk dieser Kanalstrecke ist die Untertunnelung von Rôve, deren Hauptabmessungen folgende sind:

Gesamtlänge . . . . .	7120 m
Breite zwischen den Wandungen . . . . .	22 m
Breite des Kanalspiegels . . . . .	18 m
Wassertiefe bei tiefstem Meereswasserstand . . . . .	4 m
Scheitelhöhe über Wasserspiegel . . . . .	11,40 m

Dies mächtige Bauwerk wurde von 1911—1926 erbaut; es machte den Ausbruch von 2 500 000 m<sup>3</sup> Felsen notwendig, mehr als zweimal soviel wie beim Simplontunnel (Doppeltunnel von 20 km Länge).

### C. Die Nachbarhäfen von Marseille.

In der Richtung vom Meer nach Etang de Berre liegen folgende Hafenplätze:

1. Die natürliche Reede von Port de Bouc, die mit dem Meer durch eine Zufahrtsrinne verbunden ist; diese hat man allmählich von ihrer natürlichen Tiefe von nur 6 m durch Felsbaggerung auf 9,60 m bei 140 m Fahrwasserbreite gebracht. Binnen kurzem wird man neue Baggerungen

zur weiteren Vertiefung bis 11,60 m vornehmen, damit zusammenhängend soll die derzeit 9,00 m betragende Wassertiefe der Reede von Port de Bouc auf 10,50 m gebracht werden. In der Nähe des Hafens von Bouc befinden sich mehrere Industriewerke, darunter eine Werft und ein Petroleumlager mit Raffinerie (la Mède), die 1937 rd. 400 000 t Rohöl verarbeitet hat. Das Bauprogramm für die nächsten Jahre umfaßt außer den Vertiefungsarbeiten die Schaffung eines Werfhafens von großen Abmessungen und eines öffentlichen Petroleumhafens mit 2 Becken.

2. L'Etang de Caronte umfaßt zwischen Port de Bouc und Martigues einen Seekanal von fast 6 km Länge und 9 m Baggertiefe, an dem sich mehrere Industriewerke angesiedelt haben (chemische Fabriken, Ölwerke, Seifenfabriken). Auch wichtige Massengutumschlagsanlagen für Kohle und Erz liegen an diesem Kanal (Abb. 20). Die 625 m lange Uferstrecke mit 20 ha Gelände enthält 6 Portalkräne (8 t), die mit fahrbaren Schüttbunkern zur Beladung der Eisenbahnwagen zusammenarbeiten, 2 Kräne zu 5 t, 2 Verladebrücken mit 15 t Tragkraft und 2 fahrbare Verladeanlagen mit Transportbändern und Wagenkippern zum Verladen von Erz usw. Diese Sonder-



Abb. 20. Nachbarhafen l'Etang de Caronte; Massengutumschlagsanlagen und Eisenbahn-Drehbrücke.

anlagen für den Schüttgutumschlag vermögen täglich 400 Eisenbahnwagen abzufertigen, sie haben 1937 auf den m Kailänge bezogen einen Umschlag von 2000 t bewerkstelligt.

3. Der See von Berre ist mit dem See von Caronte durch eine Zufahrt von 50 m Breite und 10 m Tiefe verbunden; demnächst wird eine zweite Zufahrt geschaffen werden, die Arbeiten dazu sind bereits im Gange. Es bestehen am See von Berre bereits zwei Seeschiffumschlagsanlagen für die Zwecke der am Seeufer angesiedelten Ölindustrie; diese haben 1937 bereits 100 000 t Rohöl verarbeitet.

Man kann aus dem Vorhergehenden ersehen, daß die Maßnahmen der öffentlichen Hand für die Nachbarhäfen von Marseille durchaus dazu beitragen, Bequemlichkeit und Sicherheit der Seeschifffahrt zu verbessern, während der Uferausbau und die Hafenausrüstung dem privaten Unternehmungsgürt überlassen bleibt.

#### IV. Wirtschaftliche Entwicklung des Hafens von Marseille.

Einer häufig angewendeten Einteilung folgend kann man in einem Hafen 3 Hauptaufgaben unterscheiden: Zunächst lagert der Hafen die von Übersee eingegangenen Güter und führt sie wieder auf dem Seewege nach den Ländern aus, die mit den Erzeugungsländern in keiner Verbindung stehen (fonction d'entrepôt, Transitverkehr). Sodann wird er benutzt, um den Handelsverkehr zwischen Übersee und einem mehr oder weniger ausgedehntem Hinterland zu ver-

mitteln (fonction régionale, Hinterlandsverkehr). Schließlich versorgt er die in seiner unmittelbaren Nähe angesiedelte Industrie mit Rohstoffen und führt ihre Erzeugnisse wieder aus (fonction industrielle, Werks- oder Veredelungsverkehr). Wir werden im folgenden die Entwicklung dieser 3 Aufgaben im Marseiller Hafen untersuchen.

### 1. Transitverkehr.

Der Durchgangsverkehr der Erzeugnisse aus dem Orient hat bis zum 18. Jahrhundert die glückliche Entwicklung von Marseille gefördert. Seitdem sah Marseille seinen Durchgangsverkehr mehr und mehr zugunsten von London, Genua und Triest schwinden, ja selbst zum Vorteil der morgenländischen Ausfuhrhäfen, die sich allmählich daran gewöhnten, ihre Abnehmer ohne die Vermittlung von Marseille zu bedienen. Glücklicherweise konnte es sich aber in Gegenwirkung zu diesem Verkehrsschwund einer wichtigen Wiederausfuhr von Kolonialerzeugnissen wie Kaffee, Tabak, Tee, Reis, Ölfrüchte, Getreide, Hülsenfrüchte, getrocknetes Obst usw. erfreuen, desgl. des Umschlages von Fracht- und Bunkerkohle. Der hierauf bezügliche Umschlag betrug 1913 rd. 1 000 000 t. Nach dem Kriege konnte sich diese Lage noch verbessern durch das Auftreten neuer unternehmungslustiger Kräfte, besonders aus den Kolonien. Aber seit 1930 hat die künstliche Beschneidung gewisser kaufmännischer Beziehungen, der Preissturz für die Kolonialerzeugnisse, der Ersatz der Bunkerkohle durch Heizöl einen merklichen Rückschritt im Marseiller Transitverkehr hervorgerufen.

Glücklicherweise scheint sich die Lage durch die neue Gesetzgebung, die den französischen Häfen die Schaffung von Freizonen gestattet, zu bessern. Die Handelskammer von Marseille hat bereits vorläufige Verhandlungen über die Schaffung einer Handelsfreizone abgeschlossen, von der wir im Laufe der Jahre befriedigende Ergebnisse erhoffen.

### 2. Hinterlandsverkehr.

Die Hinterlandsversorgung durch den Hafen von Marseille, die im griechischen und römischen Altertum eine überragende Bedeutung hatte, aber im Mittelalter ziemlich einschlief, hat mit dem Ausgang des 18. Jahrhunderts wieder eine große Wichtigkeit erlangt. Marseille hat nichtsdestoweniger ernsthafte Anstrengungen zu machen mit Rücksicht auf den Wettbewerb der Nordhäfen und wenn auch im geringeren Maaße, von Genua, dessen Lage durch die transalpinen Tunnel begünstigt ist. Immerhin scheint auch für den provenzalischen Großhafen der Aufstieg gesichert, wenn die Schifffahrt auf der Rhône verbessert sein wird.

Es ist ziemlich mißlich, genaue Grenzen für das Hinterland des Marseiller Hafens angeben zu wollen, da sie nach Art der Waren, nach der Saison und nach dem wechselnden Wettbewerb verschiedener Häfen flüchtig sind; es können daher nur allgemeine Angaben gemacht werden:

Eine erste Zone, welche die Provence umfaßt, wird fast ausschließlich durch den Hafen von Marseille versorgt, so z. B. mit Kohlen, flüssigen Brennstoffen, Mineralien (Phosphat, Nitrat, Pyrit), dann mit Lebensmitteln aus den Kolonien (Frühgemüse, Hülsenfrüchte, Datteln, Eier, nordafrikanisches Getreide und Mehl, Reis, Tee, Kakao, Bananen usw.). In umgekehrter Richtung führt dieses Gebiet seine Nahrungsmittel (Olivenöl, Branntwein usw.) und einen Teil seiner Bodenschätze (Bauxit aus Var) über Marseille aus.

Eine zweite Zone, welche die Alpen- und Rhônéländer umfaßt und sich bis in die Franche-Comté, Burgund und die Schweiz erstreckt, empfängt über den Marseiller Hafen außer kolonialen Lebensmitteln ausländische Rohstoffe und Mineralien, welche für die Industriegegenden an der Loire, Rhône und in der Dauphiné benötigt werden. Der Hafen von Marseille führt dann die Fertigerzeugnisse dieser Industrien wieder aus. Gleichfalls geht über Marseille ein kleiner Teil Getreide für die Schweiz und in der Ausfuhr ein Teil schweizerischer Kurzwaren mit der Bestimmung nach Indien, Australien und dem fernen Osten. Diesen Export hat Marseille an sich gezogen durch die Häufigkeit seiner Abfahrten nach dem Indischen und Stillen Ozean.

Schließlich erstreckt sich der Marseiller Einfluß auf eine dritte Zone jenseits des Rhône- und Saône-Beckens. Dieser Einfluß ist ziemlich unregelmäßig mit Ausnahme der Früchte und Frühgemüse, die sich das Pariser Gebiet, Belgien und England erobern. Gleicherweise geht über Marseille eine große Menge australischer Wolle mit der Bestimmung nach Mazamet und Kautschuk für die Verbrauchszentren in Paris und Clermont-Ferrand. In entgegengesetzter Richtung sieht Marseille eine große Menge von Ausfuhrgütern über sich gehen, die für Nordafrika und die übrigen französischen Kolonien bestimmt sind, desgl. eine sehr bedeutende Menge von Postgut jeder Art, dank der zahlreichen Verschiffungsmöglichkeiten in alle fünf Erdteile (besonders englisch-indischer Postdienst).

Diesem so umrissenen Hinterlande von Marseille entsprechen 2 500 000 t Umschlag, dem man einen Fahrgastverkehr von über 900 000 Personen im Jahre 1937 zur Seite stellen kann.

## 3. Werksverkehr.

Der industrielle Verkehr ist im Marseiller Hafen bei weitem der bedeutendste, seine Überlegenheit ist seit 30 Jahren unaufhörlich gewachsen. Wir führen hier einige der für den Hafen wichtigen Marseiller Industriewerke an:

Die Mühlenindustrie, welche vor dem Kriege bis zu 1 000 000 t Einfuhrgetreide verarbeitete und deren Entwicklung von den Schwankungen der Zolltarife sehr abhängig ist.

Die Zuckerraffinerien, welche mehr als 200 000 t Rohzucker im Jahre verarbeiten und den gereinigten Zucker hauptsächlich in die französischen Kolonien ausführen.

Die Ölwerke und Seifenfabriken mit einem jährlichen Verbrauch von rd. 650 000 t Ölfrüchten und entsprechender Ausfuhr von Ölen, Ölkuchen und Seifen.

Die chemische Industrie (Schwefel, Phosphor, Säuren, Farben, Lacke).

Die Petroleumraffinerien, die sämtlich in den Nachbarhäfen untergebracht sind und 1937 mehr als 1 350 000 t Rohöl empfangen und mehr als 500 000 t verarbeitete Erzeugnisse über See ausgeführt haben. Diese Zahlen werden 1938 weit überholt sein.

Es ist noch zu vermerken, daß die Mehrzahl dieser Industrien eine große Menge Kohlen verbraucht; mit Rücksicht darauf ist die Kohleneinfuhr für den Marseiller Hafen und seine Nachbarhäfen im Jahre 1937 auf rd. 1 500 000 t gestiegen.

So bietet der Hafen von Marseille eine Mannigfaltigkeit in seinen Verkehrsbeziehungen, dank deren sich die Schwankungen der Weltwirtschaftskrise auf ihn nur in verhältnismäßig engen Grenzen ausgewirkt haben, wie man aus obenstehender Tabelle entnehmen kann.

Der Vollständigkeit halber fügen wir noch hinzu, daß Marseille von 79 regelmäßigen französischen und fremden Schifffahrtslinien angelaufen wird, die in der ganzen Welt 246 Häfen in folgender Verteilung bedienen:

Europa und der nahe Orient . . . . .	96 Häfen
Afrika . . . . .	94 „
Asien von Persien bis Japan mit Niederländisch-Indien . . . . .	26 „
Ozeanien (Australien und Polynesien). . . . .	8 „
Nord-, Mittel- und Südamerika (einschl. Westindien). . . . .	22 „

Zum Schluß fügen wir noch hinzu, daß die Überseeverbindungen Marseilles mit den verschiedenen Erdteilen noch durch zahlreiche Luftlinien ergänzt werden, für die der Flughafen Marseille—Marignane einen Knotenpunkt ersten Ranges bildet. Er wird von der Marseiller Handelskammer bewirtschaftet und von 26 regelmäßigen Linien im öffentlichen Verkehr beflogen. Das Marseiller Gebiet ist durch ihn schnell und unmittelbar mit Mittel- und Westeuropa, mit dem nahen Orient, mit Indien, dem fernen Osten, Afrika und Südamerika verbunden.

Hafenverkehr von Marseille und seinen Nachbarhäfen.

Jahr	Schiffsverkehr einkommend und ausgehend in NRT.	Güterumschlag Ein- und Aus- fuhr in t	Fahrgäste Einreisen und Ausreisen
1913	21 208 575	9 044 966	566 165
1929	30 085 389	8 560 798	810 435
1932	31 268 340	8 035 962	696 284
1937	32 622 103	9 777 583	904 588

# Die bauliche Entwicklung der schwedischen Häfen nach dem Weltkrieg.

Von Oberingenieur **Herman Jansson** und Ingenieur **Carl Semler**, Stockholm.

## Einleitung.

Die Lage Schwedens zwischen der Ostsee und dem Kattegatt, die lange Küste (die Länge der Festlandsküste ist zu 7624 km berechnet) mit unzähligen Buchten und schützenden Inseln und Schären, die vielen Binnenseen und Wasserläufe des Landes bilden natürliche Voraussetzungen für die Schifffahrt (Abb. 1).

Seit uralten Zeiten hat auch der Verkehr zu Wasser im Leben der Bewohner des Landes eine bedeutende Rolle gespielt, und die weiten Fahrten der Wikinger zeigen, daß die Schweden frühzeitig verstanden haben, die guten Bedingungen ihres Landes für Schifffahrt auszunutzen; unsere Vorfäter dürften zusammen mit den Norwegern und Dänen auf der Höhe der Schifffahrtstechnik ihrer Zeit gestanden haben.

Die Lage Schwedens fern von den Haupthandelsplätzen in Süd- und Mitteleuropa und der vorherrschende Einfluß der Hansestädte beraubten Schweden seiner führenden Stellung auf den

Meeren, und die gesteigerte Bedeutung des Verkehrs zu Lande schwächte das Interesse für die Schifffahrt. Zwar kamen von Zeit zu Zeit Umstände, die dieses Interesse wieder zum Leben erweckten, jedoch nur für kürzere Zeitabschnitte. Die führende Stellung auf den Meeren wurde nie wieder erreicht.

Nach einem solchen kurzen Aufschwung in den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts hatte die schwedische Schifffahrt unter den darauf folgenden 20 Jahren wieder eine Niedergangszeit. Die günstigen wirtschaftlichen Verhältnisse während der neunziger Jahre führten jedoch auch für die Schifffahrt bessere Zeiten herbei und das erste Jahrzehnt unseres Jahrhunderts sowie

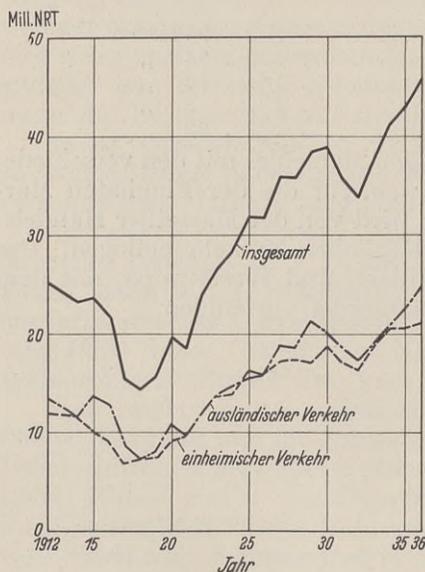


Abb. 2. Der Schiffsverkehr in den schwedischen Häfen 1912—1936.

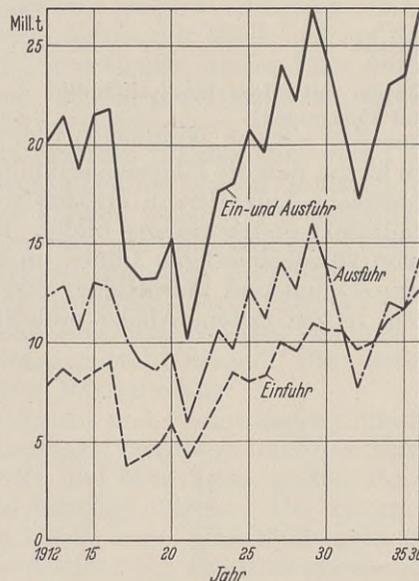


Abb. 3. Der ausländische Güterverkehr in den schwedischen Häfen 1912—1936.

die letzten Jahre vor dem Weltkrieg brachten einen kräftigen Aufschwung. Bemerkenswert aus dieser Zeit ist besonders die Gründung direkter Schifffahrtslinien nach überseeischen Ländern, deren Schweden vor 1903 keine einzige besaß, so daß der Gütertausch mit fremden Erdteilen auf die Vermittlung der westeuropäischen Großhäfen angewiesen war. Die Entwicklung des überseeischen Linienverkehrs ging, nachdem der Anfang gemacht war, verhältnismäßig rasch vorwärts. Bei Beendigung des Weltkrieges besaß Schweden 11 Überseelinien, deren Zahl sich inzwischen einschl. zweier Mittelmeerlinien auf 16 erhöht hat. Die Einwirkung des Weltkrieges war dabei insofern günstig, als die neuen Überseelinien eine gewisse Zeit hatten, ohne Wettbewerb der Reedereien der Nordseehäfen sich auf den verschiedenen Märkten einzuarbeiten.

Abb. 1. Übersichtskarte von Schweden.

die Wassertiefe der Häfen ist wie folgt bezeichnet:

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| am Kai                  | im übrigen              |
| ▲ nicht über 4,9 m      | ○ nicht über 7,0 m      |
| △ zwischen 5,0 u. 5,9 m | ◉ zwischen 7,0 u. 7,9 m |
| △ " 6,0 u. 6,9 m        | ○ " 8,0 u. 8,9 m        |
| △ " 7,0 u. 7,9 m        | ⊙ 10 m oder mehr        |
| ▲ 8 m oder mehr         |                         |

der Vänerseesee ist für Schiffe von 4 m, der Mälarsee für solche von 5,5 m Tiefgang zugänglich





Die Entwicklung der schwedischen Schifffahrt von 1912—1936 ist in Abb. 2 veranschaulicht, die den Raumgehalt der eingelaufenen Dampf- und Motorschiffe angibt.

Nachdem die Wirkungen der heftigen Krisen der letzten Kriegs- und der ersten Friedensjahre überwunden waren, entwickelte sich, wie aus Abb. 2 ersichtlich, der Verkehr stetig, bis im Jahre 1931 ein neuer Rückschlag eintrat, der bis 1933 dauerte, dann aber von einer weiteren kräftigen Steigerung abgelöst wurde, die noch andauert.

Einen ähnlichen Verlauf wie die Entwicklung der Schifffahrt zeigt diejenige der Güterbewegung, wie aus Abb. 3, die den Warenaustausch der schwedischen Häfen mit dem Ausland veranschaulicht, zu ersehen ist.

Gleichzeitig mit der Entwicklung der Schifffahrt und des Güterverkehrs hat sich auch eine Steigerung der Schiffsgrößen vollzogen (Abb. 4). Im einheimischen Verkehr nimmt diese Entwicklung einen ruhigen stetigen Verlauf. Im ausländischen Verkehr, der natürlich mehr von der Weltwirtschaftslage beeinflußt wird, treten gewisse Schwankungen auf. Eine Steigerung ist jedoch deutlich zu erkennen, die zum Teil auf den

Zuwachs der schwedischen Handelsflotte an größeren, für den Überseedienst geeigneten Schiffseinheiten zurückzuführen sein dürfte. Innerhalb dieser Schiffsgruppe hat sich in den letzten 25 Jahren eine für schwedische Verhältnisse bedeutende Entwicklung vollzogen, die für Schiffe von mehr als 4000 und 5000 BRT in Abb. 5 veranschaulicht ist.

Die verhältnismäßig starke Entwicklung der schwedischen Schifffahrt von den letzten Jahren vor dem Weltkrieg bis zur Gegenwart hat auch eine entsprechende Entwicklung der für die Schifffahrt bestimmten Anlagen und Einrichtungen, besonders einen umfangreichen Ausbau der Häfen, notwendig gemacht. In baulicher Hinsicht setzte diese Entwicklung schon früher ein, hat sich aber in wesentlichen Teilen während der letzten etwa 20 Jahre vollzogen.

Um aber die baulichen Maßnahmen in den Häfen wirklich nutzbringend machen zu können, müssen die Häfen sicher und bequem zugänglich sein. Die Entwicklung der Schifffahrt hat daher auch bezüglich wichtiger Wasserstraßen und Küstenfahrwasser, sowie des Eisbrecher- und Seefeuerwesens umfassende Verbesserungen notwendig gemacht, die hier zunächst kurz berührt werden sollen.



Abb. 4. Der mittlere Raumgehalt der in schwedischen Häfen verkehrenden Schiffe 1918—1936.

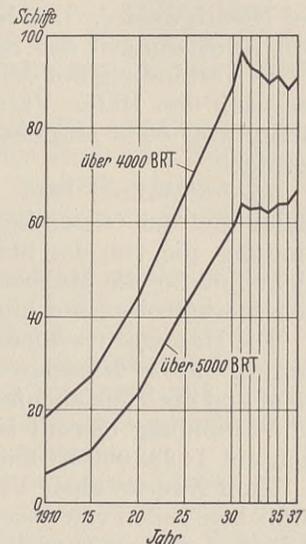


Abb. 5. Der Zuwachs der schwedischen Handelsflotte an Schiffen von über 4000 und 5000 BRT.

## Die Verbesserung wichtiger Wasserstraßen.

Schon anfangs unseres Jahrhunderts machte sich ein gesteigertes Interesse geltend für die alte Frage einer Verbesserung der Verbindung zwischen dem Meer und der großen, im mittleren Schweden gelegenen Seeplatte, die die Binnenseen Vänern, Vättern, Mälaren und Hjälmaren umfaßt. Die alten Kanalverbindungen dieser Seen hatten knapp 3 m Wassertiefe und waren auch im übrigen veraltet. Besonders war die Verbindung zwischen dem Vänersees (5550 km<sup>2</sup>) und dem Meer, der Trollhättekanal, unzureichend für die Güterverkehrsbedürfnisse der an Holz und Mineralien reichen Gebiete in den Landschaften Dalsland, Värmland und Västmanland, die nördlich und östlich des Vänersees gelegen sind und zu dessen Hinterland gehören.

Der Trollhättekanal, der vom Staat erworben worden war, wurde daher in den Jahren 1909 bis 1916 gründlich umgebaut, wobei die Wassertiefe auf 4,4 m bei Niedrigwasser gebracht, der Kanal verbreitert und begradigt und mit Schleusen größerer Abmessungen versehen wurde.

Die Größe der Schiffe, die vor dem Umbau auf dem Kanal verkehren konnten, war begrenzt auf 32 m Länge, 7,12 m Breite und 2,82 m Tiefgang. Nach dem Umbau sind die entsprechenden Maße 72 m, 10,5 m und 4,0 m. Der Umbau wurde von der Königl. Wasserfallsdirektion ausgeführt. Die Umbaukosten betragen etwa 23 000 000 Kronen.

Durch gewisse Arbeiten, die zum Teil in Verbindung mit der Regulierung des Vänersees ausgeführt wurden, ist erreicht worden, daß 4,5 m tiefgehende Schiffe nunmehr in der Regel auf dem Kanal verkehren können. Die Schleusen sind für Schiffe von 5 m Tiefgang bemessen und haben eine Länge von 90 m, eine Breite von 13,7 m und eine Wassertiefe von 5,5 m. Ein künftiger Ausbau des Kanals für 5 m tiefgehende Schiffe ist daher möglich.

Der Mälarsee, der in ältesten Zeiten sowohl bei Södertälje als bei Stockholm direkte natürliche Verbindung mit dem Meer besaß, hat sich infolge der ständig fortschreitenden skandinavischen Landhebung über den Spiegel der Ostsee erhoben. Der Wasserspiegelunterschied, der gegenwärtig im Durchschnitt 0,4 m beträgt, hat schon vor Jahrhunderten an beiden Mündungen Schleusen notwendig gemacht. Die erste Schleuse bei Stockholm wurde 1637—42 gebaut. Sie wurde später durch eine andere ersetzt und 1845—50 wurde eine dritte von 45,1 m Länge (die mit Hilfe eines Verschlußpontons auf 69,45 m verlängert werden konnte), 9,5 m Breite und 3,5 m Tiefe bei Niedrigwasser angelegt. Die alte Schleuse bei Södertälje war ebenfalls 45,1 m lang und 3,5 m tief, jedoch nur 8,6 m breit.

Während der Jahre 1916—1924 wurde der verstaatlichte Södertäljekanal durch die Königl. Wasserfallsverwaltung umgebaut<sup>1</sup>. Die Kosten betragen 15 745 000 Kronen. Die neue Schleuse bei Södertälje hat eine Länge von 120 m, eine Breite von 20 m und eine Drempeltiefe von 7,5 m bei Niedrigwasser. Der Kanal ist für Schiffe mit 5,5 m Tiefgang bemessen, spätere Erweiterung, den Abmessungen der Schleuse entsprechend, ist jedoch vorgesehen.

In Verbindung mit dem Umbau des Södertäljekanals wurden auch die Wasserstraßen im Mälarsee nach den Häfen Västerås und Köping sowie nach Stockholm auf 6,6 m vertieft und in der Breite von 60 m ausgebaggert. Die Kosten betragen 14 500 000 Kronen und wurden vom Staat getragen.

In den Jahren 1917—1929 wurde auch bei Stockholm eine neue Verbindung zwischen dem Mälarsee und der Ostsee hergestellt, die Hammarbystraße mit der Hammarbyschleuse. Diese Verbindung, die von der Stadt Stockholm auf eigene Kosten hergestellt wurde, ist bedeutungsvoll nicht nur für die Mälarschifffahrt, sondern auch für die Umgestaltung der innerstädtischen Verkehrsverhältnisse und bildet außerdem ein wichtiges Glied im Ausbau des Hafens von Stockholm.

Die Hammarbyschleuse hat eine Länge von 115 m, eine Breite von 17,4 m und eine Wassertiefe von 6,15 m bei Niedrigwasser. Die Länge der Wasserstraße beträgt 6,55 km, die mindeste Breite 35 m und die Tiefe ebenfalls 6,15 m. Die Kosten der Fahrstraße haben 11 664 000 Kronen betragen. In Verbindung hiermit sind jedoch umfassende Hafenanlagen ausgeführt worden, deren Kosten sich auf 14 232 000 Kronen belaufen (Abb. 12).

Zum Zwecke einer Verbesserung der Straßenverbindungen zwischen den nördlichen und den südlichen Teilen von Stockholm wurden in den Jahren 1931—1935 die Straßenanlagen an der alten Schleuse, die inmitten der Stadt bei Karl Johans torg gelegen ist, gründlich umgestaltet. In Verbindung hiermit wurde auch hier eine neue Schleuse gebaut, die 75 m Länge, 10 m Breite und 3,4 m Tiefe hat. Sie ist mit festen Brücken mit einer lichten Höhe von 5,4 m überbaut und nur für Verkehr von Leichtern und sonstigen kleineren Fahrzeugen bestimmt. Diese Schleuse ist ebenfalls städtisches Eigentum und hat 1 083 000 Kronen gekostet.

Durch die Ausführung der Kanal- und Schleusenanlagen bei Södertälje und Stockholm, sowie durch die Verbesserung der Wasserstraßen im Mälarsee selbst sind der Mälarsee und dessen Haupthäfen der Seeschifffahrt zugänglich gemacht worden. Das Bedürfnis bequemer Verbindungen zwischen der Ostsee und den Mälärhäfen nebst ihrem reichen Hinterland dürfte hierdurch für lange Zeit befriedigt sein.

Das wieder erwachte Interesse für die Verbesserung der Wasserstraßen führte auch zu einer großzügig angelegten Untersuchung der Wasserstraßenfragen des mittleren Schwedens im allgemeinen. Diese Untersuchung wurde in den Jahren 1916—1922 durchgeführt. Infolge der wirtschaftlichen Nachwirkungen des Weltkrieges und des Durchbruches des Motorverkehrs auf der Landstraße mußten die aus dieser Untersuchung hervorgegangenen Pläne, soweit sie innere Wasserwege betrafen, zurückgestellt werden. Dagegen wurde eine bedeutungsvolle Verbesserung der Einfahrt von der Ostsee nach dem Hafen von Stockholm durchgeführt.

Durch das Stockholm vorgelagerte Schärenmeer führen vier Fahrstraßen von der offenen Ostsee nach dem Hafen von Stockholm, deren wichtigste durch das Oxdjup führt. Hier waren zur Zeit Gustav Vasas im 16. Jahrhundert Versenkungen durch Steinschüttungen ausgeführt worden, um feindlichen Fahrzeugen den Weg nach Stockholm zu sperren. Diese Schüttungen wurden erst 1838—39 vollendet, später aber wieder soweit beseitigt, daß Schiffe mit 7 m größtem Tiefgang nach Stockholm kommen konnten.

Dieser Zustand war jedoch lange ein Hindernis für die Entwicklung Stockholms als Schifffahrtsstadt gewesen. Daher wurde im Jahre 1919 das Oxdjup auf 10,5 m in der Breite von 60 m vertieft. Durch weitere Baggerungen in den Jahren 1929—1930 wurde dann die Tiefe auf 12 m und die Breite auf 118 m gebracht. Die Gesamtkosten betragen 227 000 Kronen und wurden vom Staat getragen. Die Arbeiten sind von der Königl. Wasserfallsverwaltung ausgeführt worden. Nicht nur die Schiffe des überseeischen Liniendienstes und die großen Tankschiffe können nunmehr

<sup>1</sup> Lawski und Burmeister: Der Södertälje-Kanal. Jb. hafengeb. Ges., 7. Band, S. 165—184.

die Stockholmer Hafenanlagen anlaufen, sondern auch die Riesendampfer des Ausflugverkehrs, die auf ihren Sommerfahrten auch Stockholm aufsuchen, können bis in das Herz der Stadt vordringen, wo sie auf dem sog. Strömmen ankern.

Mehrere andere Häfen haben ihre Einfahrt vom Meer auf eigene Kosten verbessert. So ist in den Jahren 1930—31 neben der alten Einfahrt nach Gävle, die 7,1 m Tiefe und 45 m Breite hat, eine neue mit 8,3 m Tiefe und 60—70 m Breite mit 4 festen Feuern hergestellt worden. Gleichzeitig wurde auch ein Teil des Außenhafens von Gävle auf 8,3 m vertieft. Die Kosten betragen 1 377 000 Kronen, wovon 500 000 Kronen von Privatunternehmungen beigesteuert wurden.

In der Zufahrt zum Hafen von Norrköping ist seit 1926 die Tiefe von 6 m auf 7 m gebracht worden, während an der Verbreiterung von 41 m auf 55 m noch gearbeitet wird. Die Kosten sind zu 2 332 000 Kronen veranschlagt.

Die Einfahrt nach Piteå am Bottnischen Meerbusen wurde 1927—29 auf die Länge von nahezu 4 km in 50 m Breite von 6 m auf 9 m vertieft. Die Kosten beliefen sich auf 626 000 Kronen.

Die ebenfalls nordschwedische Stadt Luleå hat ihre 1,64 km lange und 60 m Breite Zufahrt vom Meer von 7,6 m auf 8,1 m vertieft. Die Kosten haben 803 000 Kronen betragen. Eine weitere Vertiefung auf 9,1 m ist beschlossen.

Im Schärenmeer von Blekinge wurde in den letzten Jahren die östliche Fahrstraße nach Karlskrona so verbessert, daß jetzt 3,6 m Tiefe und 25 m Breite vorhanden sind. Im Kalmarsund, dessen Fahrstraße 6 m tief und 80 m breit ist, wurden 1932 einige der Schifffahrt hinderliche Untiefen beseitigt. Die Kosten betragen im ersten Fall 342 000 Kronen, im letzteren 63 000 Kronen und wurden vom Staat getragen.

Eine größere Arbeit ähnlicher Art, die als Notstandsarbeit ausgeführt wird, ist die 1935 begonnene Verbesserung der nördlichen Fahrstraße nach dem Hafen von Uddevalla an der Westküste. Sie soll 8,8 m Tiefe und 40 m Breite erhalten. Die Kosten sind auf 3 787 000 Kronen veranschlagt. In derselben Landschaft wurde 1934—35 der sog. Sotenkanal ebenfalls als Notstandsarbeit ausgeführt. Er hat eine Tiefe von 4,5 m bei 15—25 m Breite und hat den Zweck, kleineren Küstenfahrzeugen einen sichereren Weg zu bieten als der früher vorhandene, der gewaltigen westlichen Stürmen ausgesetzt ist. Die Kosten haben 2 860 000 Kronen betragen.

In beiden letztgenannten Fällen wurden die Kosten aus Staatsmitteln gedeckt, die zur Bekämpfung der Arbeitslosigkeit bereit gestellt sind. Die Ausführung war der staatlichen Organisation für Notstandsarbeiten unter der technischen Oberleitung der Königl. Weg- und Wasserbauverwaltung übertragen.

Eine für die schwedische Schifffahrt bedeutungsvolle Frage, deren Lösung seit mehr als 30 Jahren erwünscht ist, ist die Vertiefung der schwedischen Fahrrinne durch den Öresund, der sog. Flinrinne. Vom Kattegatt führen drei Wege zur Ostsee, zwei durch den Öresund, nämlich die Flinrinne mit 7,3 m Tiefe und die dänische Drogden mit 8 m Tiefe; der dritte Weg ist der große Belt mit 11 m Tiefe. Ein vierter Weg nach der Ostsee ist der Kielkanal mit 11,3 m Tiefe, der für den Verkehr von der Nordsee wertvoll ist, jedoch als Verbindung zwischen Kattegatt und Ostsee nicht in Betracht kommt.

Für Schiffe, die schwedische Häfen an der Westküste, am Öresund und in der Ostsee sozusagen in einem Zug anlaufen, ist die Flinrinne der kürzeste Weg. Die Fahrt durch die Drogden ist unbedeutend länger, aber auch nicht viel tiefer. Schiffe, die größere Tiefe als 8 m benötigen, sind auf den Belt angewiesen, der jedoch navigatorisch nicht günstig ist und außerdem eine beträchtliche Wegverlängerung bedeutet.

Die Königl. Weg- und Wasserbauverwaltung hat Entwürfe für die Verbesserung der Flinrinne mit verschiedenen Ausbauzielen, und zwar mit 8,5 m, 9 m, 9,5 m, 10 m und 10,5 m Wassertiefe, aufgestellt und die Tiefe von 9 m bei 200 m Breite zur Ausführung empfohlen. Die Kosten hierfür sind auf 8,4 Millionen Kronen veranschlagt, wozu noch 2 850 000 Kronen für die Bezeichnung und Befahrung des Fahrwassers kommen. Zur Inangriffnahme der Arbeiten hat die genannte Behörde die Anweisung des Betrages von 2 000 000 Kronen für das Jahr 1939 beantragt.

### Die Verbesserung des Eisbrecherwesens.

Mit der fortschreitenden Entwicklung der Schifffahrt hat auch die ununterbrochene Aufrechterhaltung des Verkehrs erhöhte Bedeutung gewonnen. Die größeren schwedischen Häfen haben daher durch Anschaffen von Eisbrechern versucht, die Hindernisse, die der Schifffahrt im Winter durch Eis entstehen können, möglichst zu beseitigen. Stockholm hat 1897 einen Eisbrecher von 1200 PS beschafft. Folgende größeren Eisbrecher sind in neuerer Zeit von städtischen Hafenverwaltungen angeschafft worden:

	Jahr	PS
Eisbrecher II, Stockholm . . . . .	1915	4000
Pehr Ennes, Gävle . . . . .	1915	660

	Jahr	PSi
Eisbrecher II, Norrköping . . . . .	1916	700
Eisbrecher III, Göteborg . . . . .	1917	400
Eisbrecher I, Norrköping . . . . .	1925	900
Göta Lejon, Göteborg . . . . .	1932	3300
Västervik, Västervik . . . . .	1929	450

Durch die Tätigkeit der Eisbrecher dürfte es möglich sein, die schwedischen Häfen der Westküste und der Ostküste bis hinauf nach Gävle im allgemeinen das ganze Jahr hindurch ununterbrochen offen zu halten.

Um die Zeit zu verkürzen, während der die nordländischen Häfen sowie die äußeren Schifffahrtswege im Bottnischen Meerbusen und im Meer von Åland durch Eis gesperrt sind, hat der schwedische Staat zwei starke Eisbrecher in Dienst gestellt, die in ungewöhnlich strengen Wintern auch der Schifffahrt im Öresund und an der Westküste Hilfe leisten können. Es sind dies die Schiffe

	PSi
Atle, gebaut 1926 . . . . .	6000
Ymer, gebaut 1933 . . . . .	8100

Weiter hat die schwedische Staatsbahnverwaltung, die zusammen mit der deutschen Reichsbahn den Fährbetrieb Trelleborg—Saßnitz handhabt, im Jahr 1930 ein kräftig eisbrechendes Güterfährschiff angeschafft, um Unterbrechungen des Verkehrs dieser Verbindung möglichst zu verhindern.

### Verbesserungen des Leuchtfeuerwesens.

Die lange, unendlich zerrissene schwedische Küste mit ihren zahlreichen, innerhalb der Schärenmeere verlaufenden Schifffahrtswegen fordert eine gut entwickelte Befeuerung, um diese günstigen Wege jederzeit für den Verkehr voll ausnützen zu können. Eine erfolgreiche Tätigkeit zur Verbesserung und Entwicklung des Leuchtfeuerwesens ist im Gange, seitdem die Aga-Feuer — die sich auf die bekannten Erfindungen zur Ausnutzung des Azetylgases für Seelaternen von dem schwedischen Ingenieur und Nobelpreisträger Gustaf Dalén gründen — um das Jahr 1906 in Schweden Verwendung zu finden anfangen. Durch die Einführung von Aga-Feuern haben sich die Kosten der Überwachung und Wartung beträchtlich vermindert, was seinerseits wieder die Entwicklung des Leuchtfeuerwesens begünstigt hat.

Die Bezeichnung und Befeuerung der schwedischen Küste und der allgemeinen Schifffahrtswege sind der Königl. Lotsenverwaltung unterstellt, die dieselben in hohem Grad verbessert und entwickelt hat. Die Zahl der schwedischen Leuchtfeuer, die 1909 sich auf 885 bezifferte, hat sich seitdem fast verdoppelt. Die größte Lichtstärke ist in der gleichen Zeit von 500 000 auf 3 000 000 Hefnerkerzen gestiegen. Von großer Bedeutung sind weiter die Funkfeuer, deren Aufgabe es ist, der Schifffahrt bei dichtem Nebel den Weg zu weisen. Bisher sind 17 Funkfeuer vorhanden, von denen das erste 1927 ausgeführt wurde.

### Die neuere Entwicklung des Hafenwesens.

Weit umfassender als die Verbesserung der Fahrwasser ist jedoch die Entwicklung des eigentlichen Hafenwesens. In baulicher Hinsicht setzte diese Entwicklung schon ungefähr um die Jahrhundertwende ein, sie hat sich aber größtenteils während der letzten zwei Jahrzehnte vollzogen.

Abgesehen von Häfen für Fischerei und sonstige kleinere Fahrzeuge, sind neue Hafenplätze seit dem Jahr 1918 nur an wenigen Orten von beschränkter Bedeutung zustande gekommen. Insgesamt besitzt Schweden etwa 600 Häfen und Ladeplätze. Die große Mehrzahl davon hat nur örtliche Bedeutung und kann nur von Schiffen mit geringem Tiefgang angelaufen werden.

Für den Verkehr längs der Küste und auf dem Väner- und dem Mälarsee waren vor dem Krieg Kaitiefen von 3—4 m ausreichend. Für den Verkehr mit ausländischen europäischen Häfen genügten Tiefen von 5—6 m. Nur die bedeutendsten Häfen, etwa 20 an der Zahl, die Überseeverkehr oder gewisse Arten von Massengüterverkehr (wie Erz, Kohle usw.) vermittelten, hatten Kaitiefen von 6—8 m. Die größte damalige Kaitiefe, 8 m, war nur in Göteborg und Stockholm vorhanden.

Gegenwärtig fordert der Küstenverkehr eine Kaitiefe von 5—5,5 m, der europäische Stückgüterverkehr eine solche von 6 m, der europäische Massengüterverkehr eine solche von 7 m und der Überseeverkehr eine solche von 8—10 m. Die schwedischen Häfen haben diesen Bedürfnissen im allgemeinen Rechnung getragen. Kaitiefen von 6 m oder mehr finden sich in etwa 25 schwedischen Häfen, von 7 m oder mehr in etwa 17 Häfen, von 8 m oder mehr in 12 Häfen und von 9—10 m in 5 Häfen.

Nur ein schwedischer Hafen, Göteborg, wird regelmäßig von überseeischen Fahrgastschiffen aufgesucht und besitzt Kaianlagen und Abfertigungsgebäude für derartigen Verkehr. Die großen Rundreisedampfer besuchen auf ihren Sommerfahrten auch andere schwedische Häfen, wie Stockholm und Visby, legen jedoch dort gewöhnlich nicht am Kai an, sondern ankern auf der Reede.

In einem Bericht an den Internationalen Schiffahrtskongreß in Brüssel 1935 wird ausgesprochen, daß kein Bedürfnis vorliegen dürfte, in schwedischen Häfen mit größeren Schiffen zu rechnen als solchen mit 6 m Tiefgang im europäischen Stückgutverkehr, von 7,5 m Tiefgang im europäischen Massengüterverkehr und von etwa 8 m Tiefgang im überseeischen Frachtverkehr<sup>1</sup>.

Wie aus dem vorher Gesagten hervorgeht, dürften die schwedischen Häfen bezüglich der Wassertiefe den gegenwärtigen Bedürfnissen gut entsprechen.

Auch im übrigen sind die Häfen in den letzten 20 Jahren bedeutend erweitert und verbessert worden. Einige Angaben hierüber, die durch wohlwollende Vermittlung des Verbandes der schwedischen Hafenverwaltungen beschafft worden sind, enthält die Zahlentafel.

Zahlentafel.

	Kailänge m		Größte Kaitiefe m		Bew. Krane Anzahl		Waren- und Zollgebäude Bodenfläche m <sup>2</sup>		Baukosten Kronen	
	1918	1937	1918	1937	1918	1937	1918	1937	Insgesamt	Davon Krane mit Zubehör
									1918-1937	
Häfen von größerer Bedeutung										
Gefle . . . . .	8 680	9 666	7,1	8,3	7	17	580	750	8 480 000	2 300 000
Göteborg . . . . .	13 040	14 820	8,0	10,0	62	140	24 600	90 200	48 800 000	8 500 000
Hälsingborg . . . . .	2 865	3 740	7,1	10,0	5	19	3 800	11 700	13 380 000	1 120 000
Malmö . . . . .	5 609	7 115	7,25	9,25	8	26	13 600	52 000	3 010 000	1 570 000
Norrköping . . . . .	3 400	4 300	7,0	8,0	20	31	6 520	6 815	5 280 000	840 000
Stockholm . . . . .	13 564	17 461	8,0	9,8	36	117	26 900	104 535	70 370 000	6 060 000
	47 158	57 102			138	350	76 000	266 000	149 320 000	20 390 000
Einige andere Häfen										
Falkenberg . . . . .	290	471	4,5	5,0	—	2	220	1 390	750 000	—
Halmstad . . . . .	2 785	3 584	6,0	6,5	1	9	3 806	5 560	3 340 000	800 000
Härnösand . . . . .	1 905	2 145	7,9	8,2	—	1	640	715	1 150 000	170 000
Kalmar . . . . .	3 025	3 500	6,6	6,6	—	4	981	2 541	2 300 000	240 000
Karlshamn . . . . .	1 498	1 708	8,0	10,0	—	2	550	550	2 170 000	350 000
Karlskrona . . . . .	905	905	6,3	7,25	—	2	935	890	1 310 000	170 000
Karlstad . . . . .	1 400	1 400	5,5	5,5	3	4	2 014	2 014	1 300 000	660 000
Kristinehamn . . . . .	1 202	1 189	5,7	5,7	2	2	1 250	1 430	2 200 000	210 000
Köping . . . . .	995	1 100	3,6	6,2	—	3	140	750	1 409 000	240 000
Landskrona . . . . .	1 870	2 670	7,5	8,0	—	5	1 111	1 447	3 750 000	370 000
Luleå . . . . .	3 800	4 025	7,6	8,1	3	3	2 156	7 896	2 910 000	—
Oskarshamn . . . . .	1 200	1 500	7,5	7,5	—	—	428	728	1 300 000	—
Ronneby . . . . .	750	830	6,0	6,5	—	—	500	500	420 000	—
Skellefteå . . . . .	630	600	4,1	7,5	—	—	4 150	4 500	460 000	—
Sundsvall . . . . .	4 015	5 138	6,0	8,2	2	4	2 825	4 800	2 580 000	260 000
Söderhamn . . . . .	1 910	1 910	6,25	6,25	—	1	560	560	680 000	30 000
Sölvesborg . . . . .	710	750	4,8	5,7	—	—	200	500	320 000	20 000
Umeå . . . . .	1 000	1 340	3,4	7,4	—	2	260	1 160	1 420 000	130 000
Västervik . . . . .	1 927	2 359	6,0	8,0	1	—	584	825	500 000	20 000
Västerås . . . . .	566	1 364	4,0	6,5	1	5	8 264	8 479	5 300 000	1 220 000
Örnsköldsvik . . . . .	1 022	1 980	6,0	7,0	—	—	1 000	1 000	270 000	60 000
Piteå . . . . .	390	541	5,8	5,8	—	—	894	1 307	330 000	—
	33 795	41 009			13	49	33 468	49 542	34 189 000	4 950 000

Wie hieraus ersichtlich, ist eine besonders starke Entwicklung der mechanischen Ausrüstung und der Schuppen- und Lagerräume zu verzeichnen. In den größeren Häfen hat sich nämlich die Zahl der Krane auf das 2½fache und die Bodenfläche der Schuppen- und Speicherräume sogar auf das 3½fache vergrößert. Die Leistungsfähigkeit der Häfen hat sich also in höherem Grade gesteigert als die Vergrößerung der Kailängen vermuten läßt. Die Zahlen zeigen auch eine beträchtliche Steigerung der Wassertiefe, die bei den größeren Häfen 1,0 m bis 2,9 m beträgt.

### Organisation und Verwaltung.

Die Häfen der schwedischen Stadt- bzw. Landgemeinden sind mit wenigen Ausnahmen von den Gemeinden selbst angelegt und werden von ihnen verwaltet. Unter den wenigen von Privaten angelegten Häfen sei als einer der bedeutendsten Oxelösund genannt, der etwa 100 km südlich von Stockholm liegt und besonders für die Erzausfuhr von den mittelschwedischen Erzgruben bestimmt ist.

Die Gemeinden haben selbst über den Ausbau oder die Verbesserung ihrer Häfen zu beschließen. Eine Kontrolle staatlicherseits tritt nur ein, wenn für den Ausbau eines Hafens eine Staats-

<sup>1</sup> Intern. Schiffahrtskongreß 1935, Bericht Nr. 92 von Sal. Vinberg.

anleihe verlangt wird. Jede von einer Gemeinde aufgenommene Anleihe, gleichviel ob für Hafen- oder andere Zwecke, bedarf zwar der staatlichen Genehmigung, doch ist eine überwachende Behörde, die den Bedarf der einzelnen Gemeinden an Geldmitteln für Hafenzwecke vom Standpunkt

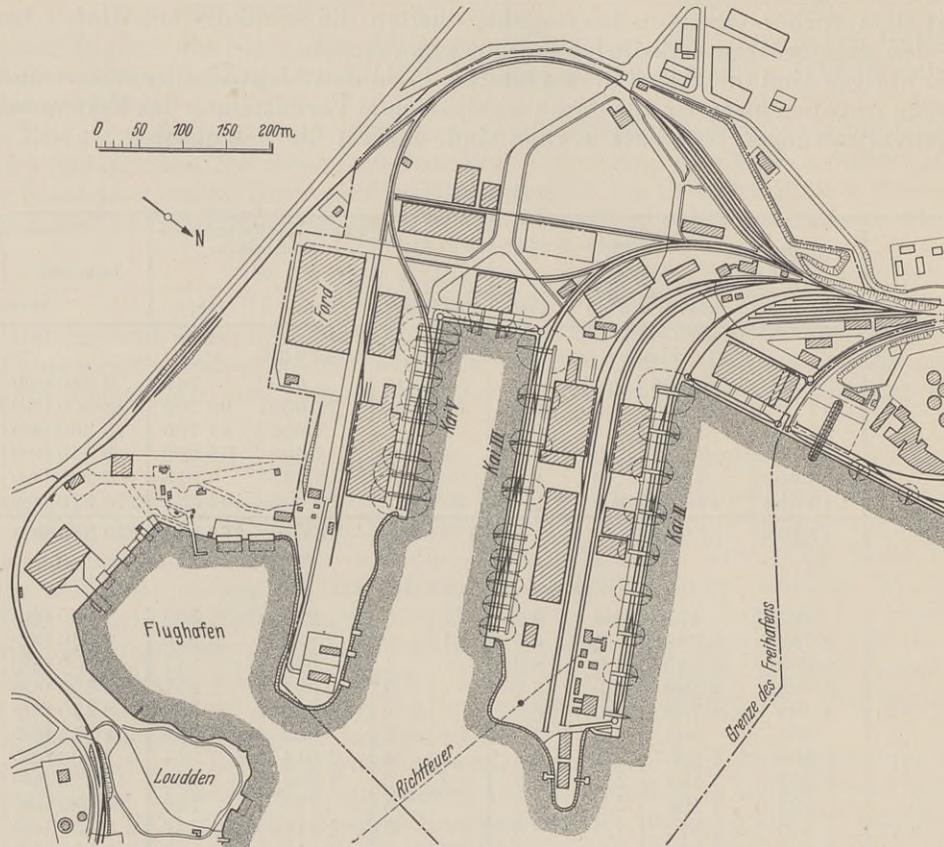


Abb. 6. Der Freihafen von Stockholm. Kailänge 1218 m; Wassertiefe 9,8 m bei MW.

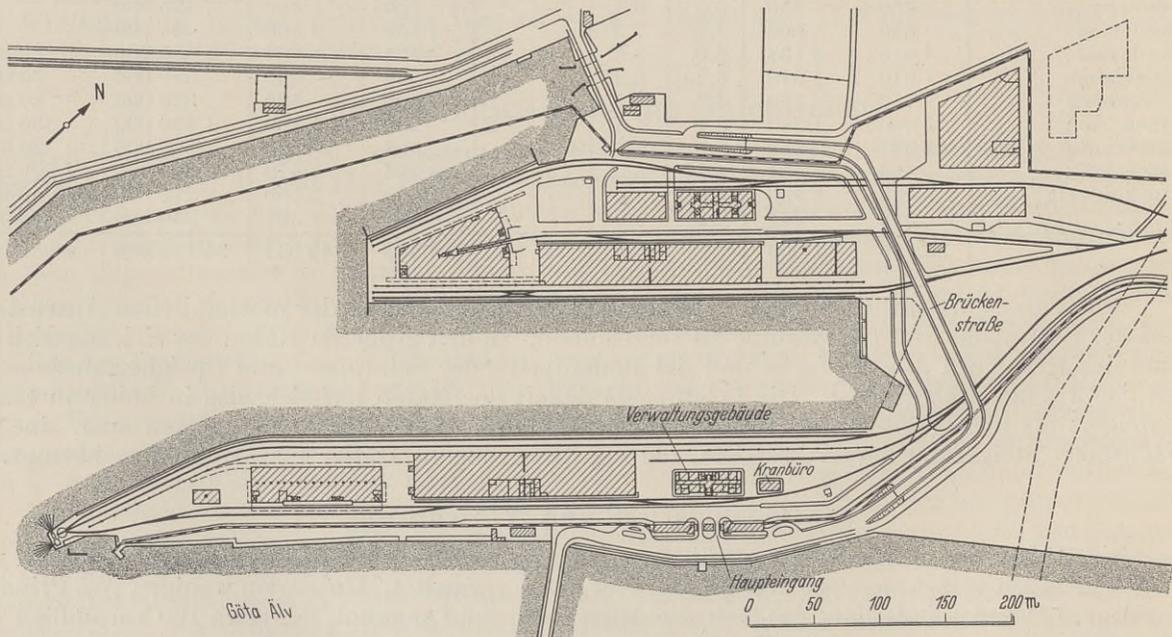


Abb. 7. Der Freihafen von Göteborg. Kailänge 1165 m; Wassertiefe 9,0 m.

des größten volkswirtschaftlichen Nutzens prüft, nicht vorhanden. Die Entschlußkraft und die Tatkraft der Gemeinden ist daher im wesentlichen entscheidend für den Ausbau ihrer Häfen.

Da nun aber der Verkehrsumfang eines Hafens nicht nur von der eigenen Gemeinde, sondern

auch von deren Hinterland und dessen Verkehrsverbindungen zu Land und Wasser mit dem Hafen abhängt, kann es vorkommen, daß mehrere Häfen sich um denselben Verkehr bemühen und daß Hafenanlagen und -Einrichtungen geschaffen werden, die über das wirkliche Bedürfnis hinausgehen, was volkswirtschaftlich wenig glücklich ist. Eine übergeordnete Behörde zur Überwachung und Regelung derartiger Angelegenheiten hat sich daher in letzter Zeit in gewissen Fällen als erwünscht erwiesen.

### Häfen für verschiedene Verkehrszwecke.

Die Vielgestaltigkeit des modernen Hafenbetriebs hat auch in schwedischen Häfen zu einer gewissen Trennung der Anlagen für verschiedene Verkehrszwecke geführt. Wieschon früher allgemein der Stückgüter- und der Massengüterverkehr getrennt voneinander abgewickelt wurden, so sind in neuerer Zeit an mehreren Orten weitere Sonderanlagen entstanden, vor allem Freihäfen, Industriefhäfen und Ölhäfen.

Da noch zur Zeit des Weltkrieges die schwedischen Häfen allgemein im wesentlichen auf die Bedürfnisse des Verkehrs mit europäischen Ländern zugeschnitten waren, stand man vor der Notwendigkeit, den Forderungen des aufblühenden Überseeverkehrs entsprechende Neuanlagen in den Haupthäfen der Heimat zu schaffen. Gleichzeitig war man darauf bedacht, diese Anlagen so einzurichten, daß sie die Teilnahme Schwedens an dem Handel zwischen überseeischen Ländern und dem nordöstlichen Europa möglichst fördern konnten. Dies schien am besten zu erreichen zu sein durch die Einführung von Freihäfen in Schweden. Die hierfür notwendigen gesetzlichen Maßnahmen waren schon im Jahr 1910 getroffen worden, kamen aber erst später praktisch zur Ausnutzung.

Die drei größten schwedischen Häfen, Stockholm, Göteborg und Malmö, besitzen Freihafenanlagen. Sie gelangten annähernd gleichzeitig zur Ausführung und wurden im erstgenannten Hafen im Jahre 1919, in den beiden anderen 1922 eröffnet. Die allgemeine Gestaltung der drei Freihäfen ist aus Abb. 6—8 ersichtlich. Die Kailänge beträgt in Stockholm 1218 m, die Wassertiefe 9,8 m, in Göteborg 1165 m bzw. 9,0 m und in Malmö 764 m bzw. 9,25 m. Die Ausstattung entspricht allen Anforderungen der Neuzeit. Der Freihafen von Stockholm hat 30, der von Göteborg 28 und der von Malmö 10 Verladekrane modernster Bauart. Schuppen- und Speicherräume sind in allen drei Häfen in reichlichem Maße vorhanden (Abb. 9—11).

Trotzdem viele schwedische Häfen über ausgedehnte Uferstrecken verfügen, hat es sich doch

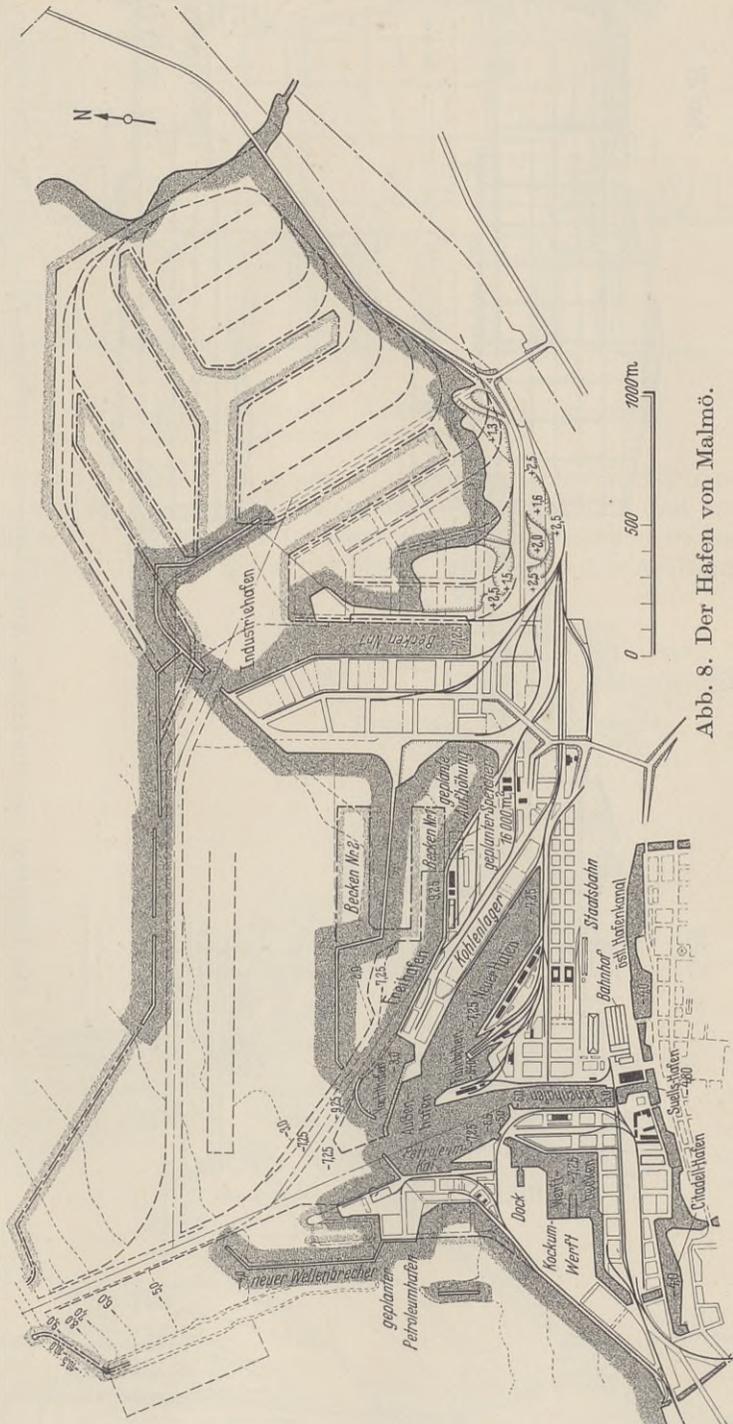


Abb. 8. Der Hafen von Malmö.

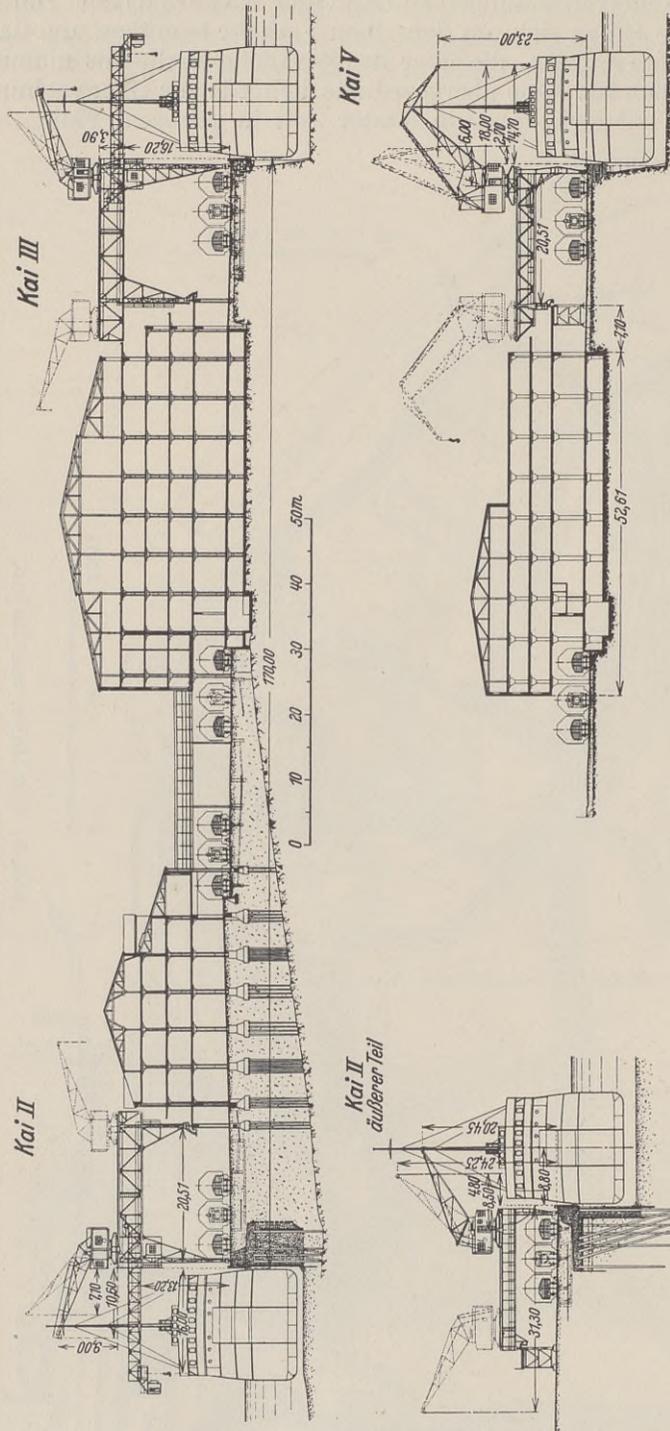
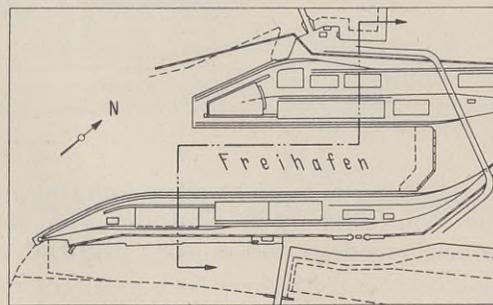


Abb. 9. Der Freihafen von Stockholm. Ausrüstung mit Eisenbahn-, Kran- und Speicheranlagen.



Zu Abb. 10.

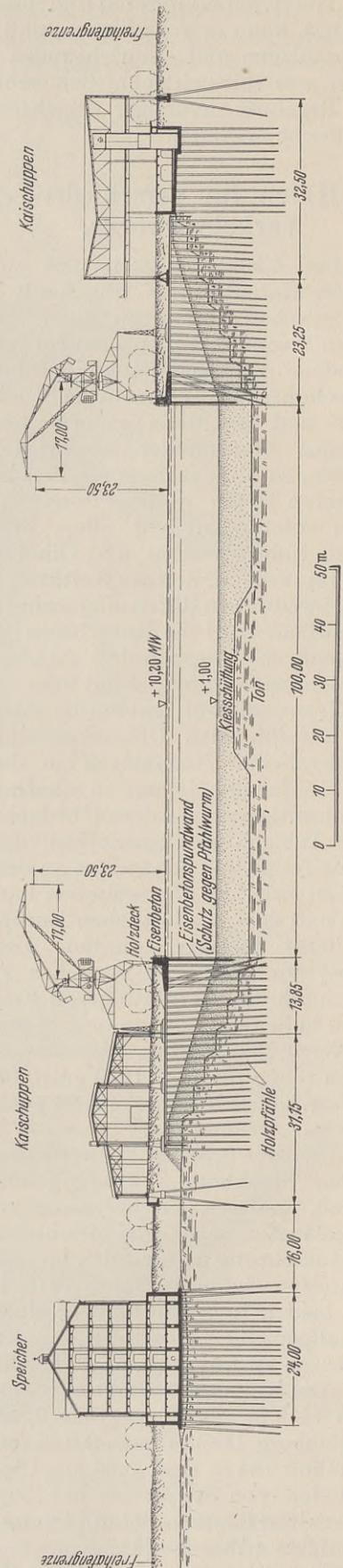


Abb. 10. Der Freihafen von Göteborg. Ausrüstung mit Eisenbahn-, Kran- und Schuppenanlagen.

vielfach als schwierig erwiesen, für Industrien, die gute Verkehrsverbindungen zu Wasser und zu Lande benötigen, geeigneten Raum zu finden. In manchen Fällen mußten Industrieanlagen hier und da zerstreut angelegt werden, was städtebaulich unerwünscht ist und für die Industrie selbst wenig glücklich war, weil dadurch die Verkehrsbedürfnisse öfter nur teilweise Berücksichtigung finden konnten.

Um in dieser Hinsicht bessere Zustände herbeizuführen, hat man auch in gewissen schwedischen Häfen besondere Industriegebiete bereitgestellt und einheitlich den neuzeitlichen Erfordernissen entsprechend geordnet. Als Beispiele seien der Südliche Hammarbyhafen in Stockholm (Abb. 12) und der Industriehafen in Malmö (Abb. 8) genannt.

Der Hammarbyindustrialhafen hat eine Kailänge von annähernd 1800 m mit 6,55 m Tiefe und einen Flächeninhalt des verfügbaren Geländes von 51 ha. Mit geringen Ausnahmen können alle Grundstücke Gleisanschluß und zum großen Teil auch Wasserverbindung erhalten. Die Grundstücke können käuflich erworben werden außer einem 20 m breiten Uferstreifen, der städtisches Eigentum bleibt, jedoch von den Anliegern

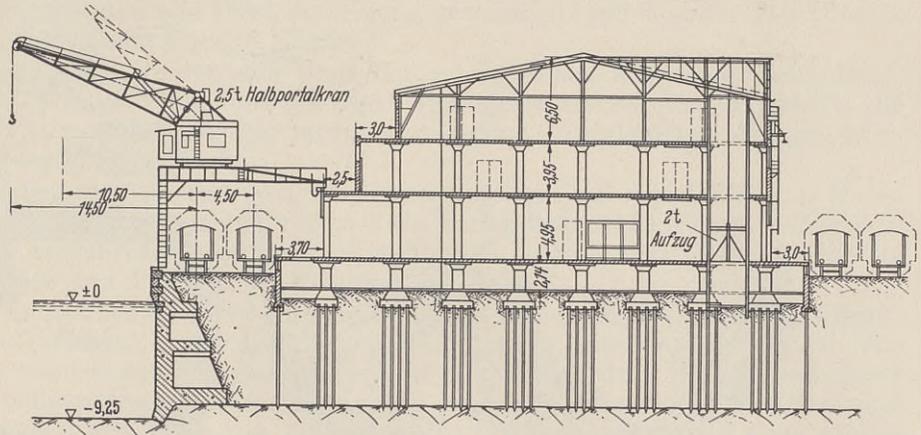


Abb. 11. Der Freihafen von Malmö. Ausrüstung mit Eisenbahn-, Kran- und Speicheranlagen.

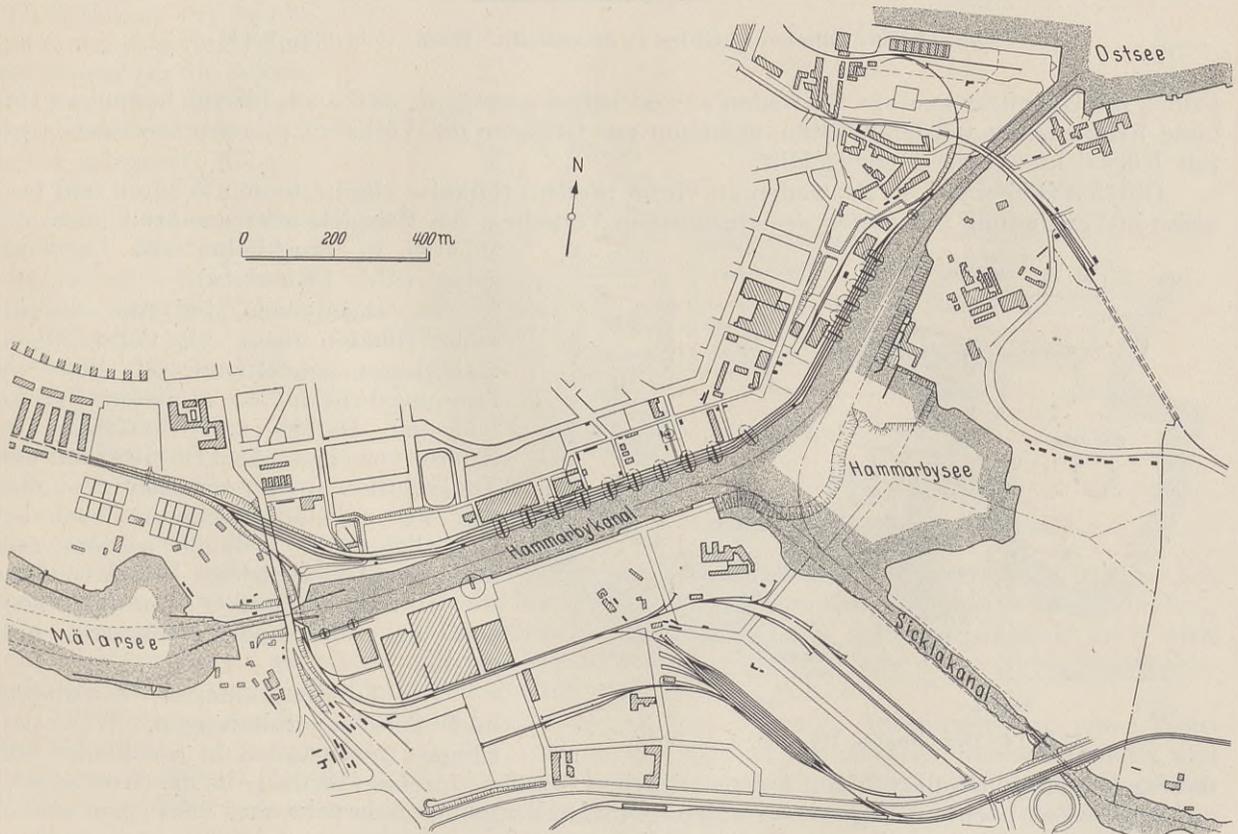


Abb. 12. Der Hammarbyhafen in Stockholm.

gepachtet und für ihre Zwecke ausgenutzt werden kann. Zwei kürzere Uferstrecken sind für allgemeinen Verkehr bereit gehalten, um auch rückwärts gelegenen Grundstücken erforderliche Schiffahrtsmöglichkeiten zu sichern. Das ganze Gebiet wird mit Kraft-, Wasser-, Gas- und Kanal-

leitungen versehen, die jedoch wie auch die Kaianlagen erst teilweise ausgeführt sind. Die Eisenbahnverbindung ist gegenwärtig im Bau.

Ähnlich wie mit der Unterbringung von Industrieanlagen hat es sich mit Plätzen für die Lagerung von feuergefährlichen Ölen verhalten. Mit dem Durchbruch des Motorverkehrs hat sich

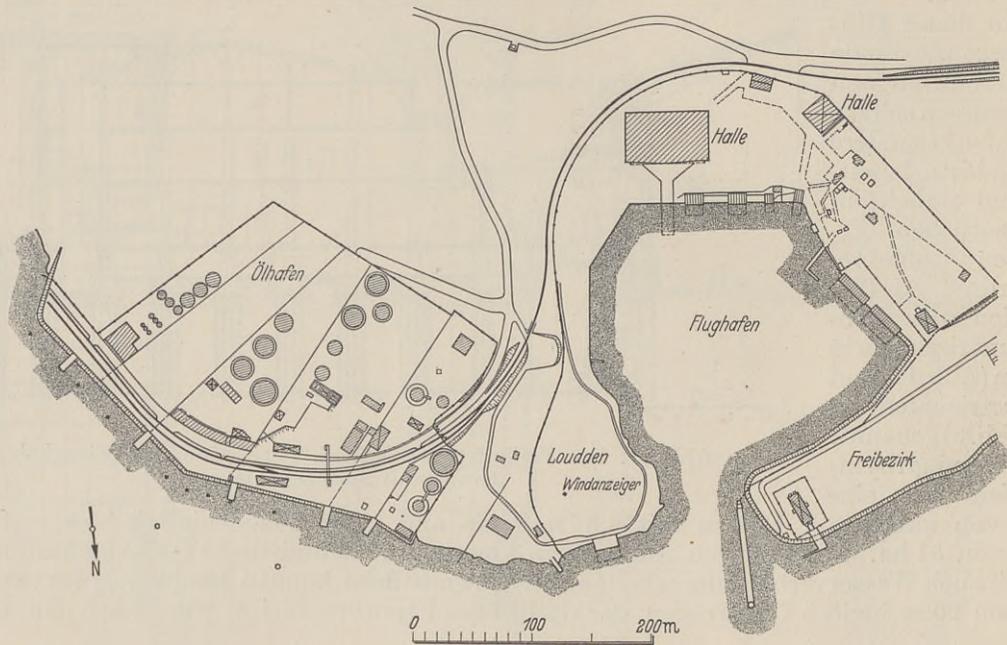


Abb. 13. Der Ölhafen Loudden in Stockholm. Wassertiefe 6,3—9,8 m.

jedoch die Öleinfuhr auch in Schweden so bedeutend gesteigert, daß auch hierfür besondere Gebiete bereitgestellt werden mußten, nicht nur aus Gründen des Verkehrs, sondern besonders auch mit Rücksicht auf die Feuersgefahr.

Ölhäfen finden sich in Schweden an vielen Stellen, teilweise abseits in den Schären und teilweise in Verbindung mit Häfen des allgemeinen Verkehrs. Als Beispiele letzterer Art können die Ölhäfen in Stockholm und Göteborg gelten (Abb. 13 und 14).

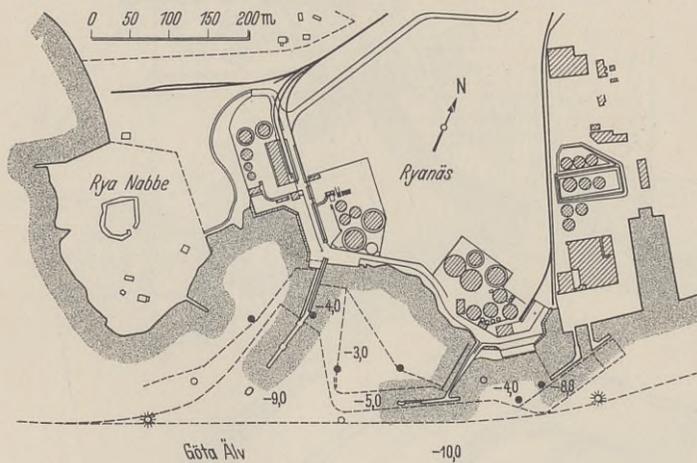


Abb. 14. Der Ölhafen Ryanäs, Göteborg.

der Stadt ausgeführt, die übrigen Anlagen dagegen von den einzelnen Firmen, die die Grundstücke auf längere Zeit pachten. In gewissen anderen Ölhäfen können Grundstücke auch käuflich erworben werden.

Eine weitere Gruppe bilden die Fischereihäfen. In letzter Zeit sind viele solche Häfen geschaffen worden, besonders an den offenen Küsten im Westen und Süden des Landes sowie auf den Inseln Öland und Gotland. Ihr Hauptzweck ist, den Fischereifahrzeugen Schutz zu bieten und die Veräußerung der Fänge zu erleichtern.

Die Fischereihäfen sind im allgemeinen ganz auf Staatskosten oder mit 90 vH Staatszuschuß

Im allgemeinen sind die schwedischen Ölhäfen nicht mit vollständigen Kaianlagen, sondern nur mit einfachen Landungsbrücken an seetiefem Wasser und mit Dalben zum Vertäuen der Schiffe versehen. Das Öl wird von den Tankschiffen in die Behälter gepumpt, die, wie z. B. in Stockholm, auch beträchtlich über Kaihöhe gelegen sein können. Die einzelnen Benzinbehälter werden zum Auffangen etwa ausrinnenden Öles mit Eisenbetonmauern umgeben.

Die Landungsanlagen, Eisenbahn- und Straßenverbindungen, Wasserleitungen usw. wurden in Stockholm von

ausgeführt. In beiden Fällen sind die Arbeiten durch die Königl. Weg- und Wasserbauverwaltung ausgeführt worden, die auch auf die sachgemäße Verteilung der Häfen Einfluß nimmt.

Der größte schwedische Fischereihafen findet sich jedoch in Göteborg und gehört, wie die dortigen Hafenanlagen im übrigen, der Stadt. Hier werden etwa 60 vH vom ganzen Fischfang der schwedischen Westküste gelandet und Fischversteigerungen finden täglich statt. Der Umsatz erreicht den Wert von 8—9 Millionen Kronen jährlich.

Außer den eigentlichen Häfen finden sich längs der schwedischen Küste sog. Ladeplätze, deren Mehrzahl Privaten, wie Sägewerken und sonstigen Industrieunternehmungen, gehört, die zum Teil aber auch für den allgemeinen Verkehr mitbenutzt werden. Auf derartige Anlagen kann jedoch hier nicht weiter eingegangen werden.

Schweden hat eine bedeutende Ausfuhr von Eisenerzen, die sich auf eine Reihe von Häfen verteilt. Die nordschwedischen Erze werden über Narvik (in Norwegen) und Luleå am Bottnischen Meerbusen verschifft. Die Ausfuhrhäfen der mittelschwedischen Gruben sind Gäfle, Stockholm und Oxelösund an der Ostsee und Västerås und Köping am Mälär.

Die Erzausfuhrhäfen unterscheiden sich von anderen Häfen mit großem Verkehr im wesentlichen bezüglich der Verladeanlagen. Diese sind in den Haupthäfen, Luleå und Oxelösund, von besonderer Art. In Luleå werden die Eisenbahnwagen auf eine Hochbrücke geführt und durch Bodenklappen und über Schüttrinnen unmittelbar in den Schiffsraum entleert. In Oxelösund vollzieht sich die Verladearbeit mit Hilfe von Wagenkippern, Förderbändern und eines großen Brückenkranes, auf die weiter unten noch zurückzukommen sein wird.

### Die allgemeine Gestaltung der Häfen.

Der Gezeitenwechsel ist an der schwedischen Küste ohne praktische Bedeutung für den Hafenaufbau. Er beträgt am nördlichen Teil der Westküste, wo er sich am stärksten bemerkbar macht, nur etwa 0,2 m. Alle schwedischen Häfen stehen daher in unmittelbarer Verbindung mit der See. Die Schleusen bei Stockholm und Södertälje sind notwendig für die Schifffahrt zwischen der Ostsee und dem unbedeutend höher gelegenen Mälär.

Die große Mehrzahl der schwedischen Häfen ist durch die der Küste vorgelagerten Inseln und Schären gegen die Stürme des Meeres und gegen stärkeren Wellenschlag geschützt. Eine Anzahl von Häfen finden sich auch in Flußmündungen, z. B. Göteborg, die ebenfalls von Naturgeschützte Lagen darbieten.

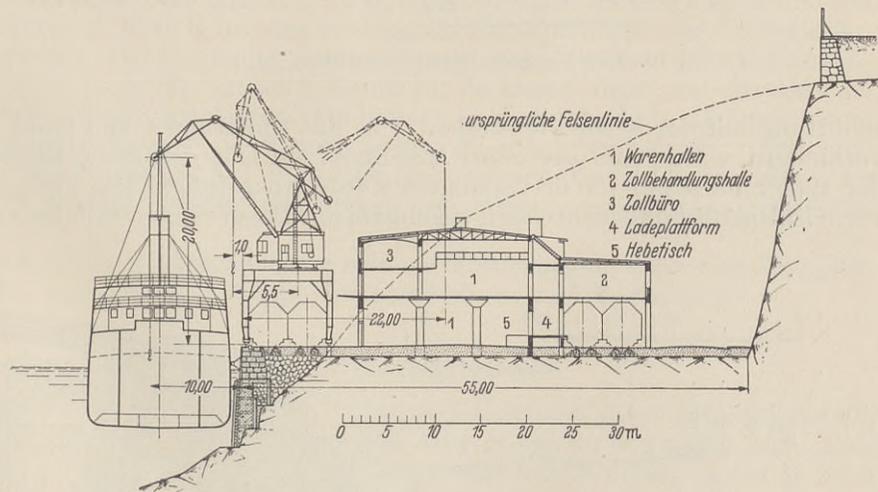


Abb. 15. Der Ersta Zollschuppen, Stockholm, Zollhafen.

Die Häfen haben unter diesen Umständen vielfach die Gestalt langgestreckter Uferstraßen angenommen. Dabei wurde die Lage der Kaimauer meistens so gewählt, daß eine sichere Gründung der Kaimauer ermöglicht wurde. In vielen Fällen gestalten sich derartige Anlagen auch wirtschaftlich vorteilhaft, sie können aber bei hohen, steil abfallenden Ufern, wie z. B. im Stadsgårdshafen in Stockholm, ansehnliche Felsarbeiten verursachen (Abb. 15).

Mit fortschreitender Entwicklung führt jedoch eine derartige Ausbauweise zu einer Weiträumigkeit und auch Zersplitterung der Anlagen, die für den Hafenbetrieb unerwünscht ist und besonders auch bezüglich der Eisenbahnverbindungen Schwierigkeiten mit sich bringt. In großen Häfen wird daher nunmehr eine mehr gedrängte Plangestaltung angestrebt, indem man, wie es sonst vielfach üblich ist, abwechselnd Hafenzungen und Hafenbecken dicht aneinander reiht. Die Freihäfen in Stockholm und Göteborg können als erste Schritte einer derartigen Entwicklung gelten (Abb. 6 und 7).

Ganz offene und ungeschützte Küsten kommen nur in gewissen südlichen und westlichen Teilen des Landes sowie auf den Inseln Gotland und Öland vor. Hier sind also künstliche Hafendämme notwendig. Geschiebeführungen von nennenswerter Bedeutung kommen bei keinem der

größeren schwedischen Häfen vor. Bei der Gestaltung der Außenwerke ist daher das Augenmerk vornehmlich auf die Erreichung eines genügenden Schutzes gegen die Wellenbewegung zu richten.

Als Beispiel eines größeren Hafens an offener Küste kann Malmö dienen (Abb. 8). Er besteht aus drei Teilen, dem Zentralhafen, dem Freihafen und dem Industriefhafen. Die Zufahrtsrinne und die Einfahrt zum letzteren sind etwas abseits verlegt, um für künftige Erweiterungen des Freihafens Raum frei zu lassen.

An manchen Orten muß jedoch auch der Sandwanderung Aufmerksamkeit gewidmet werden. So mußte z. B. im Hafen von Halmstad die Lage des Wellenbrechers mit Rücksicht auf eine schwach sandführende Strömung aus südöstlicher Richtung gewählt werden<sup>1</sup>. Um einer Versandung der Einfahrt von Osten vorzubeugen, wurde der Wellenbrecher durch eine Stein-

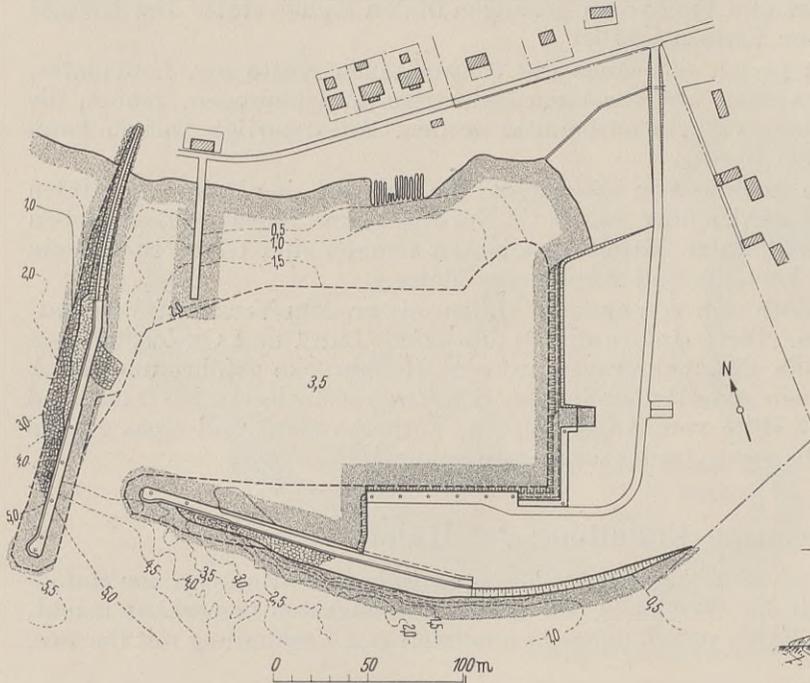


Abb. 16. Der Fischereihafen Glommen.

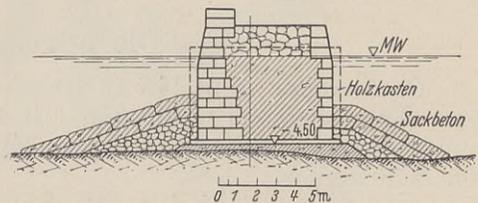


Abb. 17. Fischereihafen Glommen, Wellenbrecher.

schüttung mit der Küste verbunden. Um das Einströmen von Sand aus westlicher Richtung zu verhindern, wurde vom westlichen Molenkopf ein Querdamm aus Blöcken in der Länge von 200 m, der später noch um 100 m verlängert wurde, ausgeführt. Die Tiefe von 7 m kann nunmehr mit verhältnismäßig unbedeutenden regelmäßigen Baggerungen erhalten werden.

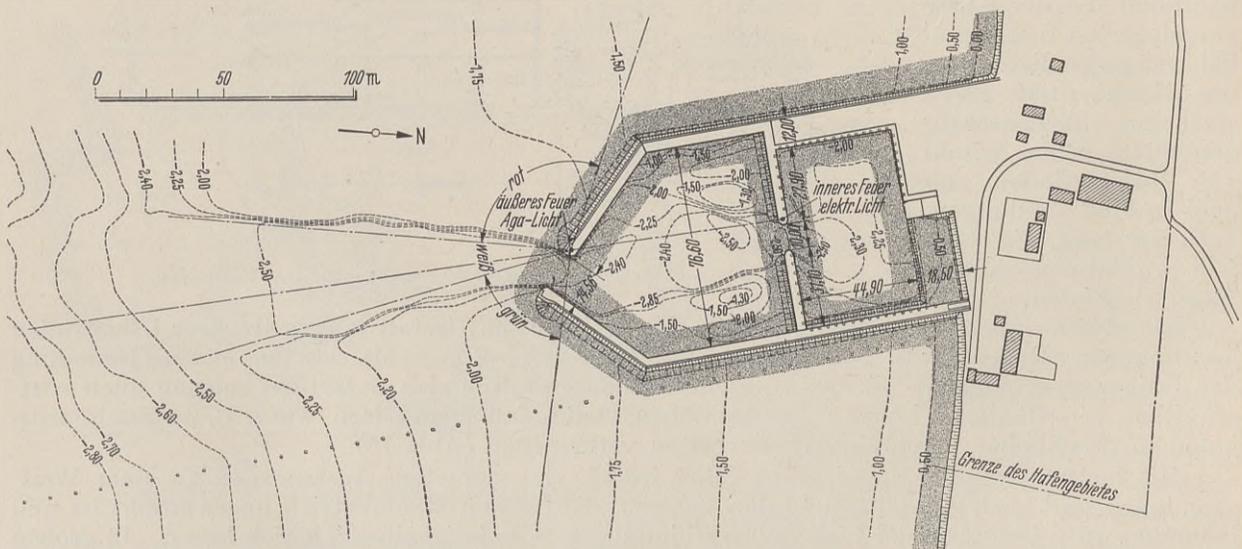


Abb. 18. Der Fischereihafen Skåre.

Die vielen an offener Küste gelegenen Fischereihäfen haben den Hauptzweck, den Fahrzeugen auch bei schwerem Wetter sichere Einfahrt und geschützte Liegeplätze zu bieten. Als Beispiel eines älteren Hafens dieser Art kann der Fischereihafen von Glommen etwa 6 km nördlich von

<sup>1</sup> Schriften des XVI. Intern. Schifffahrts-Kongresses, Brüssel 1935, 2. Abt. Seeschifffahrt, Bericht 73; dort Lagepläne und Querschnitt des Wellenbrechers.

Falkenberg dienen, der in den Jahren 1913—1922 ausgeführt wurde und Wind und Wellen aus südlicher bis nordwestlicher Richtung ausgesetzt ist (Abb. 16 und 17).

In neuerer Zeit ist eine Anzahl von Fischereihäfen (als Notstandsarbeit) ausgeführt worden. Sie haben meistens kleine Ausmaße und bestehen, um besser geschützte Liegeplätze zu erreichen, aus einem Vorhafen und einem Liegebecken. Ein kennzeichnendes Beispiel dieser Art ist der Hafen von Skåre unweit Trelleborg (Abb. 18 und 19).

Bei mehreren dieser kleineren Häfen hat die Sandwanderung verhältnismäßig große Schwierigkeiten bereitet. Angestellte Untersuchungen haben ergeben, daß die Sandwanderung vor allem durch die Wellen verursacht wird. In manchen Fällen hat auch die Bewegung des Tangs zu Unzuträglichkeiten geführt.

In Halmstad und Falkenberg gemachte Erfahrungen deuten darauf hin, daß an der Westküste ein gegen Sandwanderung praktisch genügender Schutz erreicht wird, wenn die Molen bis zu 5—6 m Wassertiefe vorgestreckt und so gestaltet werden, daß der Hafen gegen die stärksten Meeresströmungen geschützt ist. An der Ostseeküste dürfte dagegen bei gebührender Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse eine Tiefe von 4 m an den Molenköpfen gewöhnlich ausreichend sein.

Bezüglich der Ausgestaltung der Kaianlagen ist besonders in größeren Häfen die Kaibreite von größter Bedeutung. Neben einer zeitgemäßen Ausrüstung mit Verlade-, Gleis- und Straßenanlagen ist die Breite der Kaifläche entscheidend für den Umfang des möglichen Warenumsatzes und damit für den Wert der Kaianlage selbst. Mit dem Anwachsen der Schiffsgrößen und der Warenmengen haben sich auch in schwedischen Häfen die Kaibreiten bedeutend vergrößert. Bei Stückgutumschlag und ähnlichem Verkehr war die Breite der Kaiflächen z. B. in Stockholm um etwa 1880 ungefähr 30 m, um 1900 55 m, um 1919 75 m und um 1926 95 m. Auch für Massengüter, d. h. in Schweden vorwiegend Kohleneinfuhr und Holzausfuhr, sind breite Lagerflächen notwendig. Die Kohlenlagerplätze dienen hier meistens auch als Handelslager, die außer den eigentlichen Lagerflächen auch Raum für Zerkleinerungs- und Sortierwerke usw. benötigen. Die Breite der Kohlenlagerplätze bewegt sich etwa zwischen 60 und 100 m.

Alle schwedischen Häfen von einiger Bedeutung haben Eisenbahnverbindung. Die fortschreitende Entwicklung des Hafenverkehrs hat auch eine mehr systematische Durchbildung der Hafengleise und, besonders in größeren Häfen, die Anlage von Hafentrangieranlagen notwendig gemacht.

In neuester Zeit stellt auch der Kraftwagenverkehr erhöhte Forderungen, besonders bezüglich der Geräumigkeit der Straßen und der Befestigung der Fahrbahnen und Kaiflächen.

### Hafendämme und Kaikonstruktionen.

Der Waldreichtum Schwedens hat es mit sich gebracht, daß Holz von alters her weitgehende Verwendung als Baustoff gefunden und auch im Hafenbau eine große Rolle gespielt hat. Dies gilt besonders bezüglich der Kaibauten, die vielfach in Holz ausgeführt wurden, wobei je nach Bodenverhältnissen und Gründungstiefe die Konstruktionen verschiedene Formen annehmen. Aber auch Hafendämme sind vielfach teilweise in Holz ausgeführt worden.

Als ein Beispiel letzterer Art sei der bereits erwähnte Wellenbrecher in Halmstad genannt. Der eigentliche Wellenbrecher, der in den Jahren 1886—89 ausgeführt wurde, besteht aus mit Steinen gefüllten hölzernen Schwimmkästen, die mit einer kräftigen gewölbten Betonschicht abgedeckt sind. Die Außenseite ist durch eine mächtige Steinschüttung geschützt, deren obere Schicht aus Blöcken von 2—4 t Gewicht in der Neigung von 1 : 2 besteht. Die Innenseite ist durch eine 1 : 1,25 geböschte Steinschüttung geschützt.

Auch im Zeitalter neuzeitlicher Technik können hölzerne Schwimmkästen (Steinkisten) in gewissen Fällen noch nützliche Verwendung finden. Beispiele dafür sind u. a. die Molen des schon genannten Fischereihafens Skåre, der in den letzten Jahren ausgeführt wurde. Ein abgesenkter Schwimmkasten herkömmlicher Art, der einen Oberkörper aus Beton trägt und nach außen durch eine kräftige Steinschüttung geschützt ist, bildet den Kern des Bauwerkes (Abb. 19).

Ein Wellenbrecher aus Granit und Beton, wie er in älteren Fischereihäfen, die dem Seegang stark ausgesetzt sind, u. a. in dem schon genannten Hafen Glommen, ausgeführt worden ist, ist in Abb. 17 veranschaulicht. Das wesentliche dieser Konstruktion ist, daß der Wellenbrecher in vollständig wasserdichten Kästen von 10 m Länge, 8 m Breite und bis zu 6,5 m Tiefe bis zu einer gewissen Höhe aufgeführt, dann an Ort und Stelle geschleppt und dort auf eine ausgebreitete und

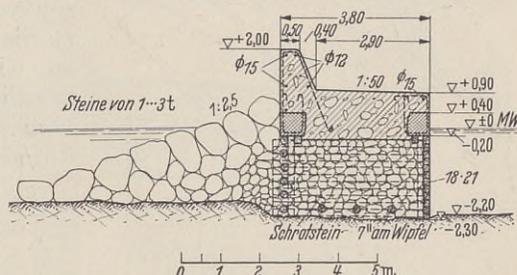


Abb. 19. Fischereihafen Skåre, Wellenbrecher.

abgeebnete Steinschlagschicht abgesenkt wurde. Nachdem dann der Körper bis etwas über Wasser hochgeführt war, wurden die Seitenwände des Kastens voneinander und vom Boden gelöst, um wieder verwendet zu werden. Die Ausfüllung des Raumes zwischen benachbarten Teilen des Wellenbrechers wurde auch im Trockenem ausgeführt, was umständliche Vorbereitungen erforderte.

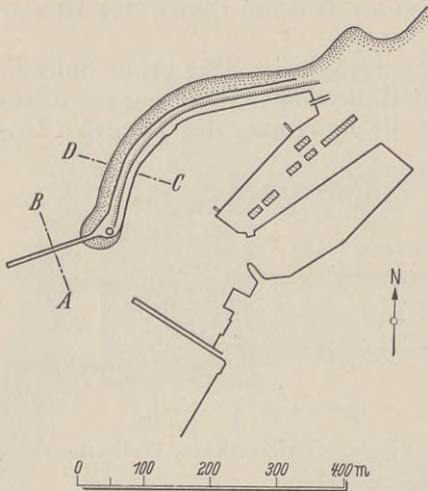


Abb. 20. Der Hafen von Visby, Gotland (Übersichtsplan).

Die in neuerer Zeit ausgeführten Hafendämme größerer Bedeutung — beispielsweise in Falkenberg, Hälsingborg, Ystad und Visby — haben lotrechte Seiten und bestehen aus mit Sand oder Steinen gefüllten Schwimmkästen aus Eisenbeton mit Oberkörpern aus Beton. Ein kennzeichnendes Beispiel dieser Art ist der Wellenbrecher in Hälsingborg<sup>1</sup>. Die Einfahrt zu diesem Hafen, der am schmalsten Teil des Öresund gelegen ist, wird durch zwei Wellenbrecher geschützt, von denen der nördliche Stürmen aus nördlicher Richtung und Strömungen vom Kattegatt frei ausgesetzt ist. Die Strömung kann bis zu 3 m/sek Geschwindigkeit erreichen und im Winter kann schwerer

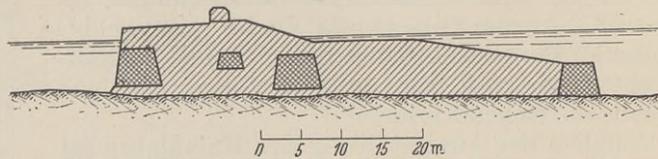


Abb. 21. Hafen von Visby, Querschnitt C—D des alten Wellenbrechers.

Eisgang vorkommen. Außer für den Druck der Strömung ist der Wellenbrecher für einen waagerechten Wellendruck von  $\frac{D^2}{3} t/m$  ( $D =$  Wassertiefe in m) berechnet, der auf eine Fläche von  $\frac{D}{6}$  über und  $\frac{D}{6}$  unter dem Wasserspiegel wirkt. Das Bauwerk ruht auf einer abgeebneten Schotter-schüttung, die auf dem abgebaggerten Sandstein- und Tonschieferboden ausgebreitet ist. Die Konstruktion ist auch mit Rücksicht auf Sicherheit gegen Gleiten bemessen, wobei die Reibungs-ziffer auf Grund besonderer Untersuchungen zu 0,4 fest-gesetzt wurde. Das Bauwerk wurde im Jahr 1920 vollendet und ist seitdem mehrfach schweren Stürmen und starkem Eisdruck ausgesetzt gewesen, ohne im geringsten Schaden gelitten zu haben.

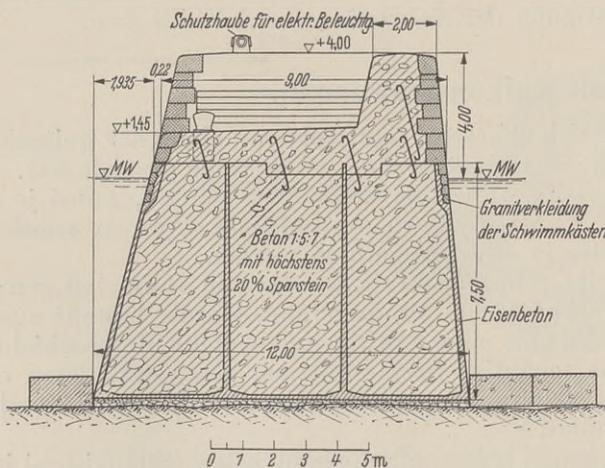


Abb. 22. Hafen von Visby, Querschnitt A—B der Wellenbrecherverlängerung (im vierfachen Maßstab der Abb. 21).

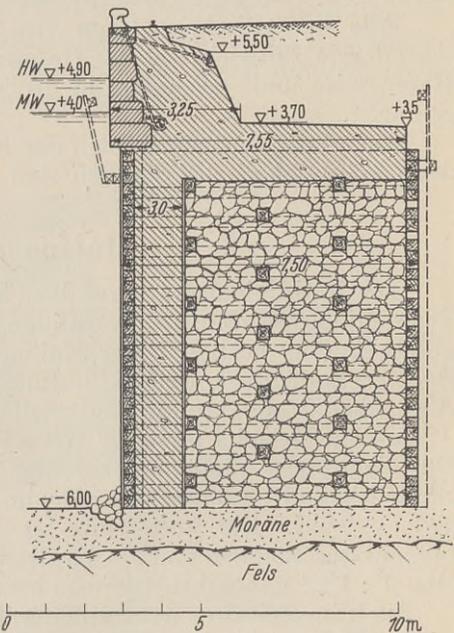


Abb. 23. Betonkai auf Steinkisten, Stockholm, 1917—1919.

Im Hafen von Visby (Abb. 20), der ebenfalls sehr ungeschützt liegt, wurde der erste Wellenbrecher im Jahre 1863 vollendet, mußte aber später mehrmals verstärkt werden und erhielt so

<sup>1</sup> Blunk: Der Ausbau des Hafens von Helsingborg. Jb. hafengeb. Ges., 7. Band, 1924, S. 185—193; vgl. Abb. 9. — Schriften des XVI. Intern. Schiffahrts-Kongresses, Brüssel 1935, 2. Abt., Seeschifffahrt, Bericht 82.

den Querschnitt, der aus Abb. 21 ersichtlich ist. Da jedoch die Einfahrt bei Sturm immer noch schwierig und nicht ungefährlich war, wurde der nördliche Wellenbrecher später noch verlängert. Diese Verlängerung besteht aus mit Steinen gefüllten Schwimmkästen aus Eisenbeton mit einem Oberkörper aus Massivbeton (Abb. 22). Das neue Bauwerk hat sich als befriedigend und allen Angriffen gewachsen erwiesen.

Auch bei Kaibauten haben, wie schon erwähnt, Holzkonstruktionen ausgedehnte Verwendung gefunden. Bei festem tragfähigem Boden wurden hölzerne Steinkisten der schon erwähnten Art verwendet, auf denen, wenn es sich um Konstruktionen für längere Dauer handelte, ein Oberkörper aus Granitmauerwerk aufgeführt wurde. Bei losem Boden trat an die Stelle des Senkkastens eine Pfahlkonstruktion, die einen Rost aus Balken, Schwellen und Bohlen trug.

Seitdem der Beton im Wasserbau Verwendung findet, haben sich aus dieser uralten bodenständigen Bauweise andere Konstruktionen entwickelt, zu denen später weitere Neuerungen kamen. Als Beispiel hierfür sei ein Kai für 9,8 m Tiefe, der in den Jahren 1917—19 im Freihafen von Stockholm ausgeführt wurde, genannt (Abb. 23). Der hölzerne Senkkasten wurde dadurch verstärkt, daß er in seinem vorderen Teil mit unter Wasser gegossenem Beton ausgefüllt wurde. Der Oberbau ist in Beton ausgeführt und, wie es damals allgemein üblich war, mit Granit verkleidet.

Bei tieferer Lage des festen Bodens wird der Oberbau von einer Pfahlkonstruktion getragen, mit einer Spundwand aus Holz oder Beton. Diese Wand wird an der Vorderkante des Kais angeordnet, um die Pfähle ganz mit Erde umhüllen und so gegen Beschädigung schützen zu können. In Stockholm hatte man nämlich beobachtet, daß im Wasser freistehende Holzteile eine Abnutzung erlitten. Man glaubte zunächst, dies sei auf rein mechanische Einwirkung zurückzuführen, fand aber gelegentlich einer genaueren Untersuchung, daß der beobachtete Verschleiß durch einen Pilz verursacht wurde, der das Holz erweichte, so daß es vom Wasser fortgespült werden konnte.

In loserem Boden wird der Untergrund verstärkt durch Kiesschüttungen, die durch Überbelastung oder Sprengung bis zu genügender Tiefe hinabgeführt werden. Abb. 24 zeigt einen Pfahlkai von der Bauart, wie er in Stockholm von etwa 1900—1925 vielfach ausgeführt worden ist. Da die Pfahlköpfe etwa 0,5 m unter M.W. liegen sollen, um gegen Fäulnis sicher geschützt zu sein, wird der untere Teil des Betonkörpers abschnittsweise zwischen Fangedämmen und unter Wasserhaltung gegossen. Um dies zu ermöglichen, wird zwischen der vorderen Spundwand und einer an der Hinterseite angebrachten Hilfsspundwand eine abdichtende Tonschicht ausgeführt, die mit Kies oder Schotter belastet wird, um während der Trockenlegung dem Auftrieb des Wassers entgegen zu wirken.

In Göteborg sind die Bodenverhältnisse äußerst schwierig. Der Boden besteht aus losem Ton bis zur Tiefe von 50—100 m und darunter befindet sich eine Moränenschicht, die auf festem Felsboden ruht. An gewissen Stellen tritt jedoch der Fels zu Tage und fällt in den Übergängen zwischen höher und tiefer gelegenen Partien oft steil ab, wodurch die überlagernden Erdschichten (Ton) sehr zu Rutschungen neigen. Solche sind bei der Ausführung von Kaibauten auch mehrmals eingetreten.

Der Stigbergskai, der ursprünglich als geradlinige Verlängerung vom Masthuggskai geplant war, wurde mit Rücksicht auf den steil abfallenden Felsboden, dessen Tiefen zwischen 25 und 80 m unter Wasser wechselten, und im Hinblick auf die dadurch gegebene Gefahr von Rutschungen der überlagernden Erdschichten soweit zurückverlegt, daß der Kai auf Felsen gegründet und zwi-

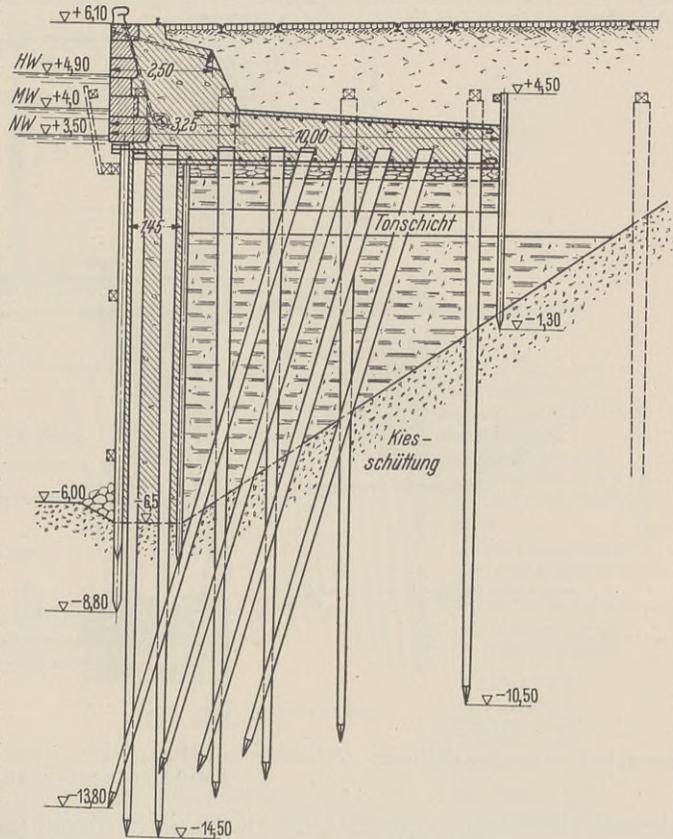


Abb. 24. Betonkai auf Holzpfählen in Kiesschüttung, Stockholm, 1920—1925.

schen Fangedämmen unter Wasserhaltung ausgeführt werden konnte. Die Konstruktion besteht aus einem Oberbau aus steinverkleidetem Beton, der teilweise auf Granitmauerwerk in Zementmörtel, teilweise auf Pfeilern und Gewölben aus Eisenbeton ruht.

Auch bei der annähernd gleichzeitigen Ausführung des Sannegårdshafens für Massengüterverkehr (1910—1913) gründete man die Kaimauer unter Trockenlegung direkt auf Felsboden, wo

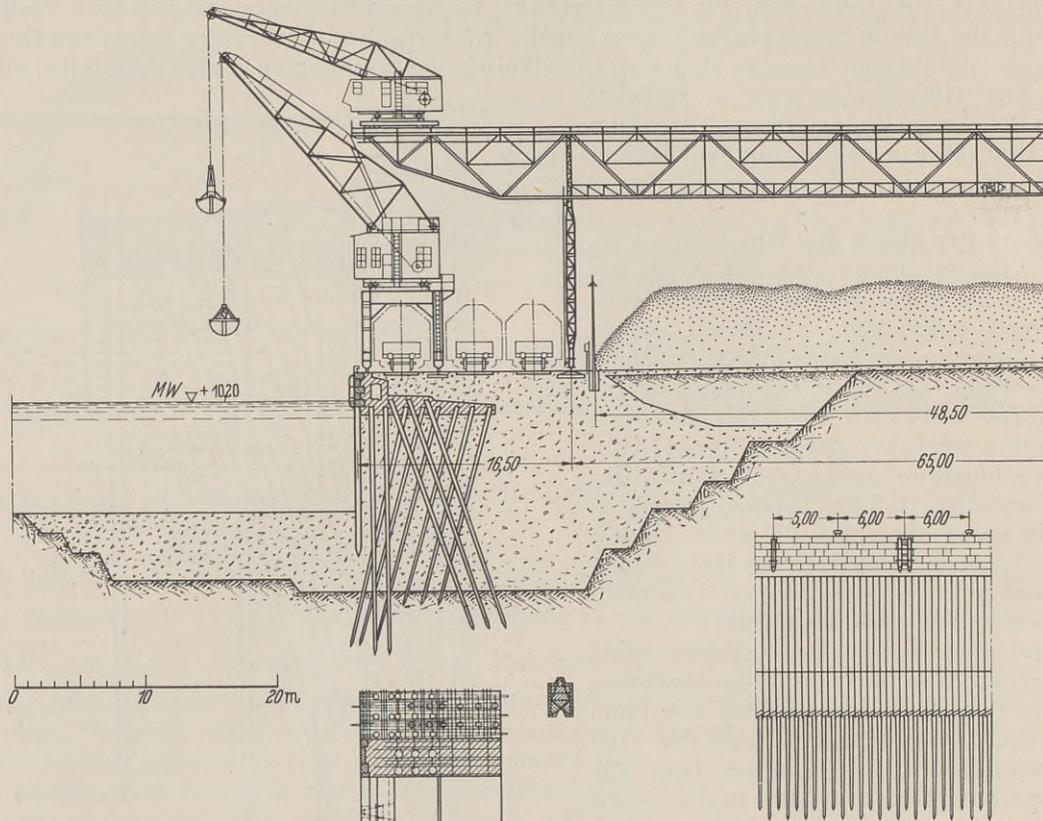


Abb. 25. Betonkai auf Holzpfählen in tiefer Kiesschüttung, Göteborg, Sannegårdshafen, 1910—1913.

dessen Tiefenlage es gestattete. Die Bauart dieses Kais stimmt im wesentlichen überein mit der in Abb. 41 gezeigten. An anderen Stellen dieses Hafens, wo der Fels etwa 35 m und tiefer lag und von losem Ton überlagert war, wurde eine Grundverstärkung unter Ausbaggerung der Tonschicht bis zu etwa 14 m Tiefe und Aufschüttung eines Kiesdammes ausgeführt, der dann einen Kai aus Beton auf Holzpfählen aufnahm (Abb. 25). Während der Baggerung traten zwei ziemlich um-

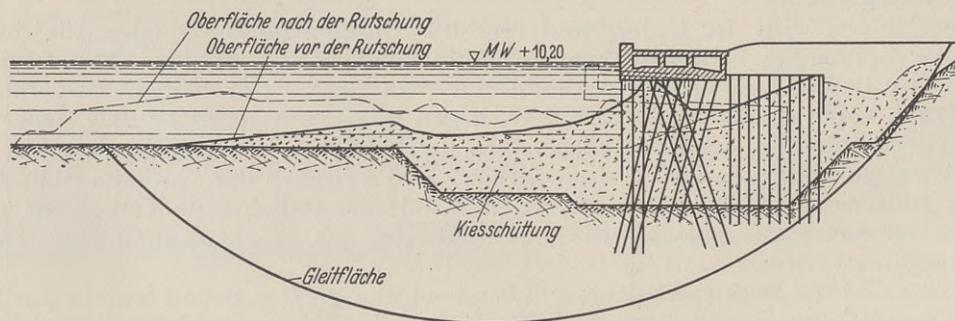


Abb. 26. Abrutschung des Stigbergskais, Göteborg.

fassende Erdrutschungen ein, die den tückischen Charakter des Göteborger Tons zeigten, den Kiesdamm aber nicht verrücken konnten.

Bei der Verlängerung des Stigbergskais in den Jahren 1914—16 rutschte indessen ein nach den gleichen Grundsätzen ausgeführtes Bauwerk ab (Abb. 26). Die Merkmale dieses Falles zeigten, daß ein Ausrutschen und Umkippen des Kiesdammes, in welchem der Pfahlrostkai ausgeführt war, stattgefunden hatte. Da der Damm aus reinem Kies bestand und von den Böschungen des

abgebaggerten Tonbodens begrenzt wurde, konnte nämlich die Lage der zwei streng unterschiedlichen Bodenarten zueinander, sowohl vor als nach der Rutschung, durch genaue Untersuchungen einwandfrei festgestellt werden.

Im Verlauf der näheren Untersuchungen über die Ursachen dieses Vorfalles wurde von den Herren Oberingenieur K. Petterson und Ingenieur, später Professor, Sven Hultin in Göteborg das Berechnungsverfahren für kreisförmig gekrümmte Gleitflächen eingeführt, das dann überall in Schweden und auch im Ausland benutzt worden ist. Über die Eigenschaften des Göteborger Tons sind später sehr eingehende Untersuchungen vorgenommen worden. Auch an vielen anderen Orten des Landes sind seit etwa 20 Jahren glaciale und postglaciale Tone eingehend untersucht worden und diese Untersuchungen haben in Schweden zu der Einführung des Kohäsionsbegriffes für eigentliche Tone bei der Ausführung erdstatischer Berechnungen geführt. Dabei hat die geotechnische Abteilung der schwedischen Staatsbahnverwaltung unter der Leitung des Herrn Ingenieur John Olsson bahnbrechende Arbeit geleistet.

In Göteborg hatten die oben geschilderten Erfahrungen dazu geführt, daß man anstatt der mächtigen und schweren Kiesschüttungen, die im Sannegårdshafen und beim Stigbergskai für zweckmäßig gehalten worden waren, bei der Ausführung des Freihafens (vollendet 1922) bedeutend leichtere und mehr ausgebreitete Kiesschüttungen verwendete. Bei dem jetzt in Ausführung begriffenen s. g. Lindholmshafen hatte man ursprünglich eine unbedeutende Kiesschüttung vor dem Kai als Grundverstärkung geplant. Bei der Ausführung hat es sich jedoch als zweckmäßiger erwiesen, auch auf diese Kiesschüttung zu verzichten und den Kai in der in Abb. 27 dargestellten Weise auszubilden. Wie hieraus ersichtlich, besteht der Kai aus einer breiten Eisenbetonplatte, getragen von Reibungspfählen, die aus zwei Holzpfehlen zusammengesetzt und am Stoß durch Blechrohre miteinander verbunden sind. An der Vorderkante ist eine Stahlspundwand angebracht, um die Holzpfehle, die zwischen der Betonplatte und dem abgeböschten Tonboden frei im Wasser stehen, gegen den Angriff des Bohrwurms zu schützen. Unmittelbar hinter der Stahlwand ist eine kleine Kiesschüttung angebracht, um die Tragkraft der vordersten Pfahlreihen zu erhöhen. Im oberen Teil der Stahlwand sind Löcher angebracht, so daß Wasserdruck von innen nicht entstehen kann. An der Rückseite der Kaimauer ist eine Holzspundwand ausgeführt, die den Druck von der Kaifläche aufnimmt. Es ist noch zu bemerken, daß in Göteborg Holzschädlinge nur in Tiefen von mehr als 3 m auftreten. Das Salzwasser vom Meer dringt nämlich unter dem Flußwasser des Göta älv in den Hafen ein. Ungeschützte Holzbauteile können daher im äußeren Teil des Hafens nicht verwendet werden. Um Holzpfehle gegen den Angriff des Bohrwurms zu schützen, werden sie entweder dicht benagelt, oder man setzt auf den im Erdboden stehenden Holzpfehl einen Betonpfehl, oder man schließt die Holzteile gegen das Seewasser ab durch eine vordere Spundwand aus Beton oder Stahl.

Mitbestimmend bei der Wahl der Kaibauweise des Lindholmshafens war auch, daß die Baugrube durch Fangedämme abgeschlossen und der Wasserspiegel soweit gesenkt werden konnte, daß die Holzpfehle über Wasser in genügender Tiefe abgesägt werden konnten, um gegen Fäulnis geschützt zu sein.

Da die hier besprochene Kaikonstruktion ein kennzeichnendes Beispiel einer in Tonboden mit Kohäsion ausgeführten Pfahlbauweise darstellt, deren Tragfähigkeit sich auf die Kohäsion des Bodens gründet, mögen hier die Voraussetzungen für die Berechnung des Kais und eine Stabilitätsuntersuchung nach dem Verfahren mit kreisförmig gekrümmten Gleitflächen (Abb. 28) mitgeteilt werden.

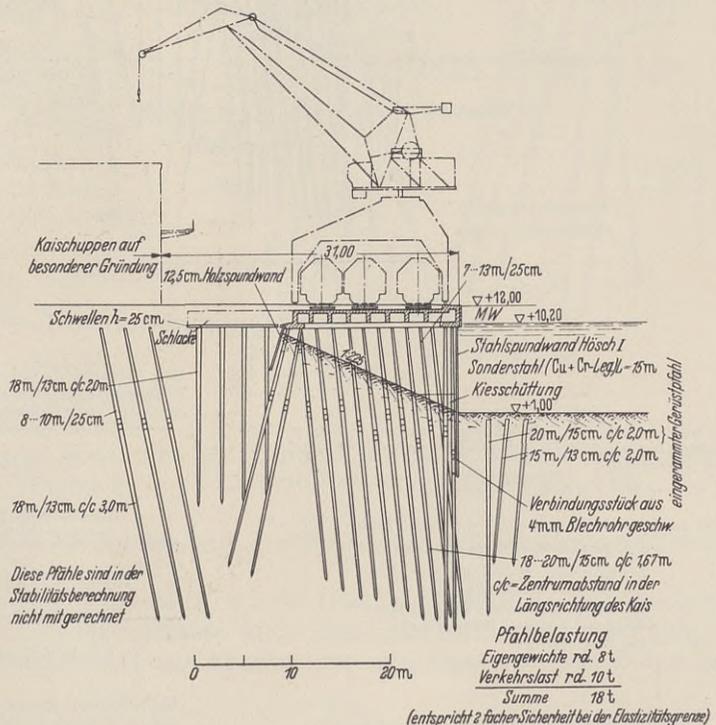


Abb. 27. Betonkai auf Holzpfehlen in Tonboden, vordere Stahlspundwand, Göteborg, Lindholmshafen.

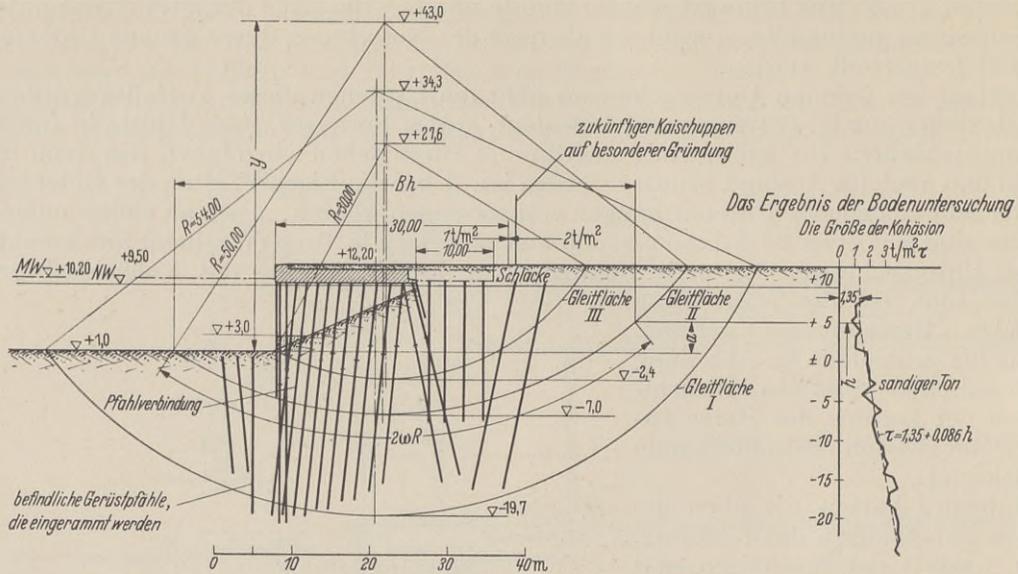


Abb. 28. Statische Untersuchung der Konstruktion nach Abb. 27.

Ergebnis.

Der Sicherheitsgrad ist durch das Verhältnis zwischen dem zurückhaltenden Momente (Kohäsions- und Pfahlkräften) und dem antreibenden Momente (Eigen-gewichte und Belastungen) angegeben.

Wenn  $\tau$  nach der Gleichung  $\tau = \tau_0 + c \cdot h$  ( $c =$  Konstante) zunimmt wird der Widerstand der Kohäsion in der Gleitfläche

$$K = R \cdot c \cdot B_h + 2 \omega R [\tau_0 - c(y - a)].$$

Hier ist  $R =$  der Halbmesser der Gleitfläche

$B_h =$  der Grundriß der Gleitfläche,

$y =$  die Höhe des Mittelpunktes über der unteren Bodenfläche,

$a =$  die Höhe der oberen Bodenfläche über der unteren Bodenfläche,

$2 \omega R =$  die Bogenlänge.

Belastung	Gleitfläche	Sicherheitsgrad		
		NW + 9,50	1,5 +/lm	MW + 10,20
Die Tragfähigkeit des unteren Pfahles		1 +/lm	1,5 +/lm	1 +/lm
	I	1,54	—	1,36
	II	1,43	1,49	1,24
Kaiebene unbelastet	III	1,43	1,44	1,21
	I	1,27 (154%)	—	—
	II	1,15 (80%)	1,20 (104%)	—
Kaiebene belastet	III	1,15 (75%)	1,16 (78%)	—

Die Ziffern in Klammern geben die Anzahl Prozent an, mit welcher die Belastung auf der Kaiebene vergrößert werden muß, damit der Sicherheitsgrad 1 wird.

Annahmen:

Raumgewichte: Über Wasser Schüttung . . . 1,8 t/m<sup>3</sup>      Unter Wasser Ton . . . . . 0,6 t/m<sup>3</sup>  
 Schlacke . . . . . 1,0 t/m<sup>3</sup>      Kies . . . . . 1,1 t/m<sup>3</sup>

Die Kaimauer einschließlich Schüttung wiegt 49,5 t/m. Die vom Gewichte hervorgerufenen Pfahlbeanspruchungen sind:

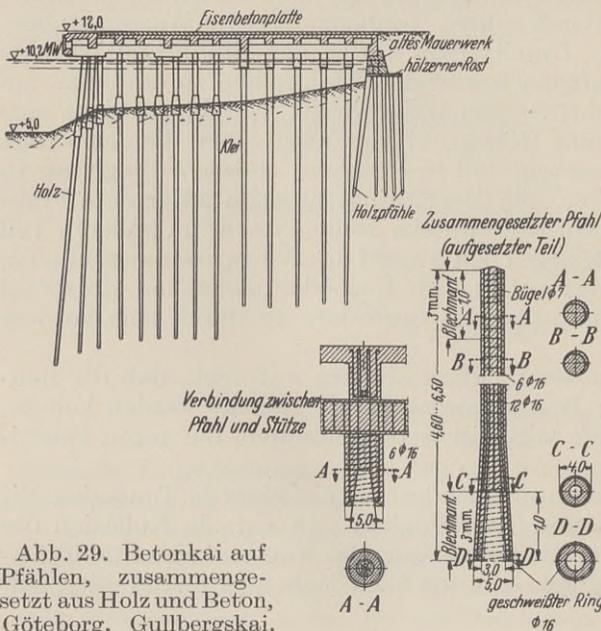


Abb. 29. Betonkai auf Pfählen, zusammengesetzt aus Holz und Beton, Göteborg, Gullbergskai.

für die Pfähle Nr. 1—11 und 14 =  $\frac{49,5}{13} \cdot 1,67 = 6,3 \text{ t}$ ,

„ „ „ Nr. 12, 12a und 13 =  $\frac{6,3}{2} = 3,15 \text{ t}$ .

Nur Kohäsion nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung.

Die Pfähle bieten einen Scherwiderstand in der Gleitfläche = 0,5 t je Pfahl senkrecht zum Pfahl gerichtet. Längs den Pfählen wirken Zug- und Druckkräfte gleich 1 t je m Pfahl. Mit Rücksicht auf ausgeführte Pfahlbelastungsversuche sind jedoch die Berechnungen auch mit einer Tragfähigkeit der unteren Pfähle von 1,5 t je m Pfahl durchgeführt. Es wird auch angenommen, daß der Pfahlkopf einen gewissen Teil von über ihm befindlicher Schüttung und Belastung tragen kann. Hierbei wird der Teil vom Pfahle unter bzw. über der Gleitfläche, der die kleinste Gegenkraft gibt, mitgerechnet.

Nach ausgeführten Zugversuchen ist die Bruchlast des zusammengesetzten Pfahles wenigstens = 7,0 t. Eine so hohe Zugbeanspruchung tritt jedoch nie unter den oben angegebenen Voraussetzungen auf.

Sämtliche Berechnungen sind für 1 m Kai und die Wasserstände + 9,5 bzw. + 10,20 durchgeführt.

Wie schon erwähnt, hat man im äußeren Teil des Göteborger Hafens mit Rücksicht auf das Auftreten des Bohrwurms zusammengesetzte Pfähle aus Holz und Beton ausgeführt. Als Beispiel einer solchen Konstruktion sei der Gullbergskai genannt (Abb. 29). Er besteht aus einer vor dem alten Kai liegenden breiten Eisenbetonplatte auf Reibungspfählen, die in ihrem oberen, dem Bohrwurm ausgesetzten Teil in Beton ausgeführt sind.

Bei der Ausführung von Kaibauten in Göteborg ist somit die Entwicklung von kräftigen Grundverstärkungen durch Kiesschüttungen zu leichteren ausgebreiteten Konstruktionen übergegangen, bei denen entweder Holzpfähle, die durch eine vordere Stahl- oder Betonspundwand gegen den Angriff des Bohrwurms geschützt sind, oder zusammengesetzte Pfähle aus Holz und Beton verwendet werden, die eine möglichst leichte Eisenbetonkonstruktion tragen. Der Grund dafür dürfte zu einem wesentlichen Teil darin zu suchen sein, daß anstatt des Reibungsbegriffes der Kohäsionsbegriff für Tonboden eingeführt worden ist. Wenn der Tragfähigkeit der Konstruktion Kohäsion im Tonboden zugrunde gelegt wird, werden nämlich die leichteren Konstruktionen wettbewerbsfähiger als die schwereren.

Daß Kiesschüttungen so vollständig vermieden worden sind, wie es bei den neuesten Kaibauten in Göteborg der Fall ist, beruht jedoch auch darauf, daß der Preis des Schüttbodens, Kies, sehr wesentlich gestiegen ist sowohl im Vergleich mit anderen Baustoffpreisen als auch im Verhältnis zu den Kiespreisen, die früher bei der Ausführung der Kaibauten mit schwerer und tiefer Kiesschüttung bezahlt wurden.

In einem anderen Hafen der Westküste, Uddevalla, wurde 1935 in ebenfalls sehr schlechtem Boden, dessen fester Untergrund jedoch in erreichbarer Tiefe liegt, ein Kai von der in Abb. 30 gezeigten Bauweise ausgeführt. Sie besteht aus einer Frontmauer mit Plattform aus Beton auf Holzpfählen mit vorderer Spundwand aus Beton. Um die eigentliche Kaikonstruktion zu entlasten, sind weiter rückwärts freistehende Holzpfähle in mehreren Reihen eingerammt, die als Reibungspfähle wirken und Rutschungen verhindern sollen, indem sie die Verkehrslast der Kaifläche aufnehmen und gleichzeitig das Entstehen kreisförmig gekrümmter Gleitflächen unterbinden.

Einfache Konstruktionen aus Stahlspundbohlen sind bei sehr schlechten Bodenverhältnissen, wie z. B. in Göteborg, wenig geeignet, haben aber seit etwa 15 Jahren in vielen anderen schwedischen Häfen Eingang gefunden. Seitdem die in Deutschland gemachten Erfahrungen, daß das früher herrschende Mißtrauen gegen ihre Rostbeständigkeit nicht gerechtfertigt war, allgemeiner bekannt geworden sind, haben die Stahlspundwände in wachsendem Maß bei Kaibauten Gebrauch gefunden. Da der Boden in Schweden im allgemeinen aus glacialen Ablagerungen von oft steiniger und fester Beschaffenheit besteht, ist erfahrungsgemäß eine starke Schloßkonstruktion der Spundbohlen von großer Bedeutung. Verschiedene Arten

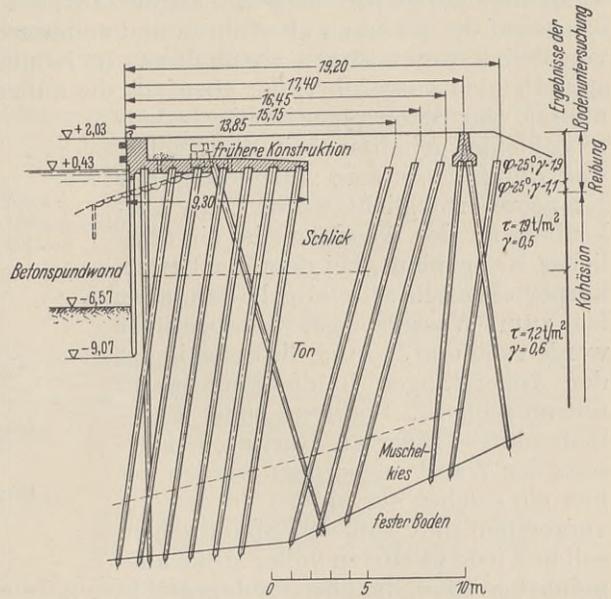


Abb. 30. Betonkai auf Holzpfählen in Tonboden mit festem Untergrund, Uddevalla, 1935.

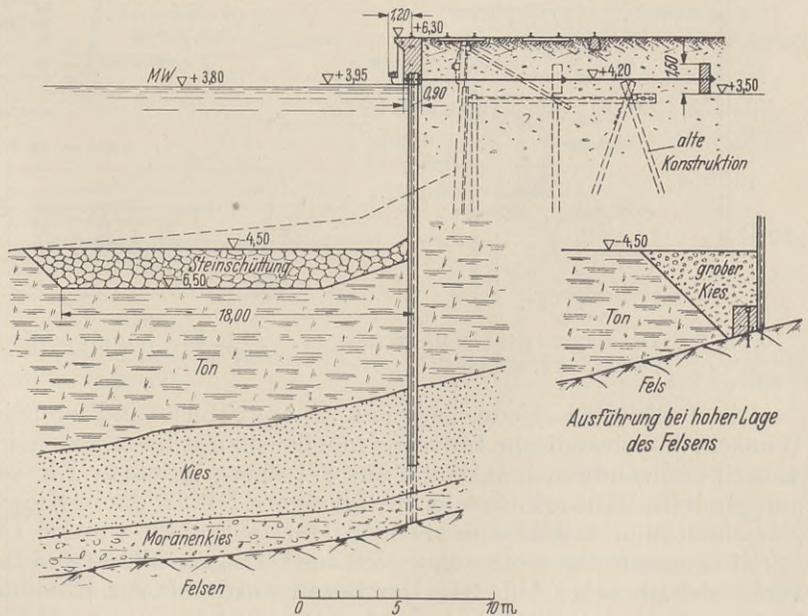


Abb. 31. Verankerte Stahlpundwand, Stockholm, 1934.

sind in Schweden verwendet worden, wie Larssen, Hösch, Klöckner, Rothe Erde und Bellval, von denen die ersteren die größte Verbreitung erreicht haben dürften.

Einige in neuester Zeit in Schweden ausgeführte Kaikonstruktionen aus Stahlspundwänden mögen hier Erwähnung finden. Wie aus Abb. 31 ersichtlich, wird in Stockholm auf der Spundwand ein Oberkörper aus Beton angebracht, der kräftig ausgebildet wird, um einerseits den Krandruck auf die Wand zu überführen und andererseits die Schiffe und ihre Aufbauten genügend weit von den Krantorstützen abzuhalten. In Köping im Mälär wurde 1932—34 ein Kai aus Stahlspundbohlen ausgeführt, der ebenfalls die äußere Kranschiene für Krane von 6 t Hubkraft aufnimmt. Der Betonträger ist hier bedeutend kleiner gehalten als in Stockholm, was durch besondere Ausbildung der Krantore ermöglicht wurde<sup>1</sup>. In Falkenberg an der Westküste ist ein ähnlicher Kai geplant, bei dem der Betonkörper ebenfalls schmal gehalten, aber bis zum Wasserspiegel herabgeführt werden soll und dadurch die Befestigung der Ankerstangen in der Spundwand umschließt. Während sonst längs laufende U-Träger als Gurtung beiderseits der Wand angeordnet werden, ist hier ein solcher nur an der Vorderseite vorgesehen und von den Spundbohlen soll nur jede zweite in voller Höhe ausgeführt werden, die übrigen dagegen in Höhe des U-Trägers endigen (Abb. 32).

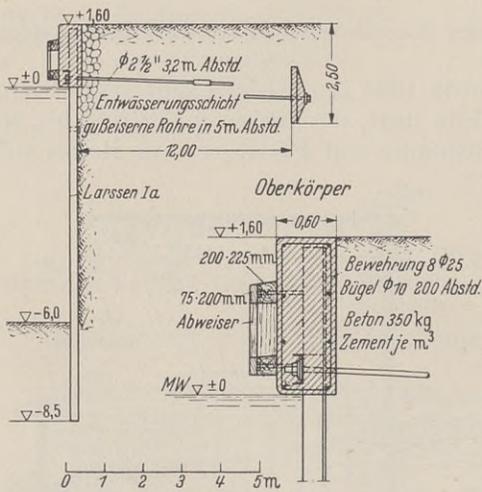
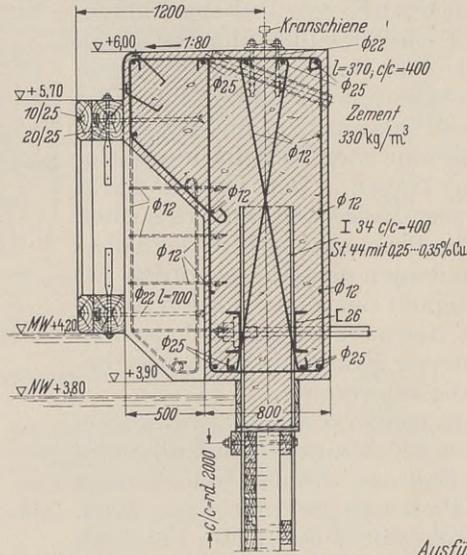


Abb. 32. Verankerte Stahlspundwand, Falkenberg, geplant.

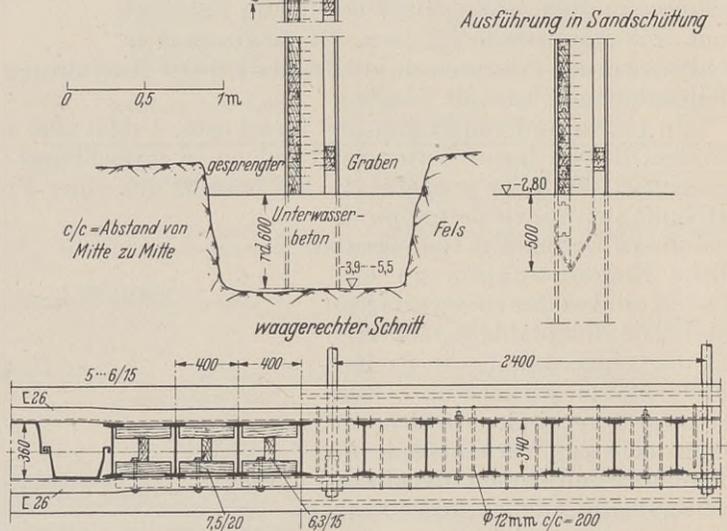


Abb. 33. Spundwandkai aus I-Trägern, Stockholm, 1934.

Die Preisunterschiede zwischen Spundbohlen und einheimischen Eisenträgern sowie der Wunsch, die schwedische Industrie möglichst zu stützen, haben in einigen Fällen zu der Ausführung von Spundwandkonstruktionen aus I-Trägern geführt. Ein solches bei Arstadal in Stockholm ausgeführtes Bauwerk besteht aus I-Trägern NP 34, die in Kiesschüttung gerammt sind und deren Zwischenräume mit 75 mm starkem Holz ausgefüllt wurden (Abb. 33).

Ein zusammengesetztes Bauwerk aus I-Trägern NP 30 und Beton, dessen sichtbarer Teil granitverkleidet ist, zeigt Abb. 34. Der Beton wurde bis zur Höhe der Steinverkleidung unter Wasser gegossen, während die Schalung über Wasser hergestellt und über die in die Kiesschüttung eingeramnten Träger abgesenkt wurde. Die Steinverkleidung und der dahinter liegende Beton wurden ausgeführt, nachdem der unter Wasser gegossene Beton abgebunden hatte, so daß der Raum innerhalb der Schalung ausgepumpt werden konnte.

Bei stark belasteten Kaiflächen oder Lagerplätzen, deren Grund aus losem Ton besteht, hat

<sup>1</sup> Larssen: Handbuch, Ausg. 1934, S. 225.

es sich oft als am wirtschaftlichsten erwiesen, zur Aufnahme des durch die Überbelastung der Fläche verursachten Erddruckes Kies- oder Steinschüttungen bis zum festen Untergrund auszuführen. Früher geschah dies in der Weise, daß man einen Damm auf den losen Boden aufschüttete und durch Überbelastung oder Sprengung zum Sinken brachte und dabei die losen Tonmassen beiseite drängte. Dabei konnte jedoch die Größe des Dammquerschnittes nicht genau begrenzt werden und die Massen flossen nach den Seiten bedeutend mehr aus als notwendig war, wie das in Abb. 35 gezeigte Beispiel eines ausgeführten Dammes veranschaulicht. Sprengungen verursachen außerdem Erschütterungen des Untergrundes, die in der Nähe von schwach fundierten Gebäuden gefährlich oder unzulässig sein können.

Während der letzten Jahre sind mehrere derartige Dammschüttungen unter Wasser nach einem neuen Verfahren ausgeführt worden, das den Eigenschaften des Tonbodens besser angepaßt ist und zu guten Ergebnissen geführt hat. Die Tone in Stockholm besitzen, wie an vielen Orten des Landes, in ungerührtem Zustand eine sehr geringe innere Reibung, dagegen in unberührtem Zustand eine verhältnismäßig große Kohäsion oder Haftfestigkeit, die in geringen Tiefen etwa 0,5—1,0 t/m<sup>2</sup> und in größeren Tiefen etwa 1—2 t/m<sup>2</sup> betragen kann. Um diese Eigenschaft ausnutzen zu können, ist es wichtig, daß Verschiebungen im Tonboden vermieden werden. Es wird daher neuerdings zunächst durch Entnahme von Proben die Kohäsion des Tones in verschiedenen Tiefen unter Anwendung eines von der geotechnischen Abteilung der Staatsbahnverwaltung entwickelten Verfahrens festgestellt. Nachdem dann die Abmessungen des Dammes nach dem Verfahren mit kreisförmig gekrümmten Gleitflächen bestimmt worden sind, wird mit Greifern eine Grube von der Breite des Dammes bis zum festen Boden ausgehoben. Die

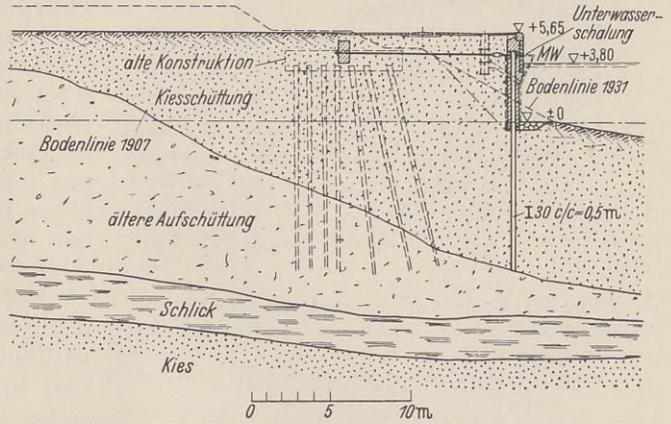


Abb. 34. Spundwandkai aus I-Trägern am Karl Johanstorg, Stockholm, 1934.

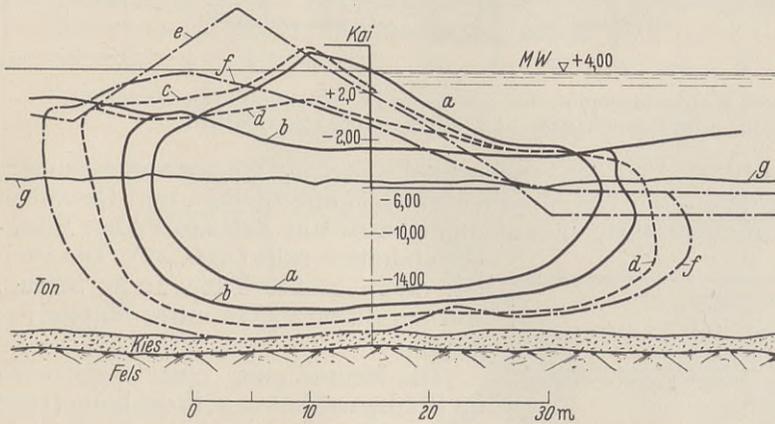


Abb. 35. Grundverstärkung durch Kiesschüttung in Tonboden, Stockholm. Ältere Ausführungsweise.

- a = Kiesdamm vor der 1. Sprengung
- b = „ nach „ 1. „
- c = „ vor „ 2. „
- d = „ nach „ 2. „
- e = „ vor „ 3. „
- f = „ nach „ 3. „
- g = Ursprüngliche Sohle.

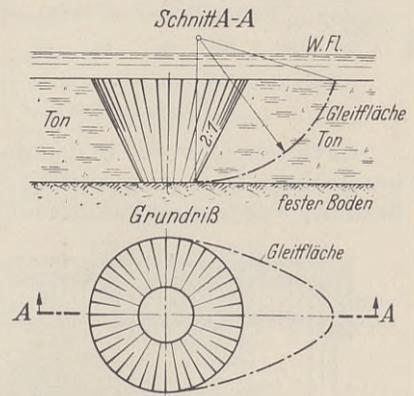


Abb. 36. Wahrscheinliche Form einer Gleitfläche bei konischer Grube in Tonboden.

einem Ende derselben bis zum oberen Rand aufgeschüttet werden kann, ohne den Boden der Grube ganz zu bedecken. Die Baggerungs- und Aufschüttungsarbeiten werden dann fortlaufend derart weiter geführt, daß vor dem Fuß der Dammböschung immer eine kurze Strecke festen Bodens freiliegt.

In dieser Weise sind Dammschüttungen unter Wasser mit 10 m Sohlenbreite in Tonboden mit einer größten Kohäsion von 1—2 t/m<sup>2</sup> in Tiefen von 22 m ausgeführt worden. Beim Baggern ist beobachtet worden, daß die Böschung des Tonbodens in der Neigung von 2 : 1 bis zu 17 m Tiefe ohne Zwischenabsatz stehen kann. Daß dies möglich ist, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß bei der geringen Länge der Baggergrube zylindrische Gleitflächen nicht entstehen können. Bei

Länge der Grube wird so bemessen, daß der Füllstoff — Sprengstein, Bauschutt oder Kies — von

Ausbaggerung einer Grube von konischer Form dürfte nämlich in Tonboden, der Kohäsion besitzt, die gefährliche Gleitfläche die in Abb. 36 angedeutete Gestalt annehmen. Theoretisch konnte nachgewiesen werden, daß bei einer Grube von 10 m unterem Durchmesser und 20 m Tiefe die Beanspruchung auf Haftfestigkeit nur etwa 60 vH der Beanspruchung, die bei zylindrischer Gleitfläche entstehen würde, betrug.

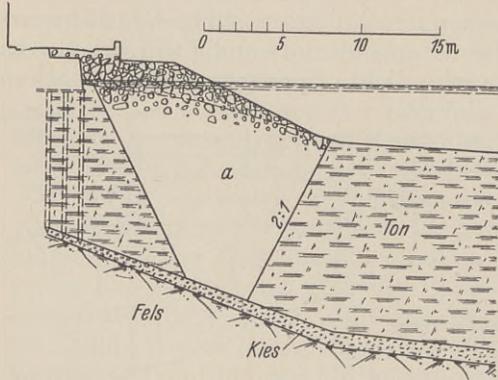


Abb. 37. Bodenverbesserung an einer Uferstrecke in Tonboden, Stockholm (Querschnitt); die mit *a* bezeichnete Rinne wurde mit Greifern ausgehoben und mit Bruchsteinen gefüllt.

Bei Kaibauten auf festem Boden, die zur Zeit des Weltkrieges gewöhnlich aus hölzernen Senkkästen mit Steinfüllung (Steinkästen) oder aus Eisenbeton ausgeführt wurden, ist in neuerer Zeit der Eisenbeton vorherrschend.

Abb. 37 zeigt einen Damm aus Bruchsteinen von 14 m größter Tiefe, der zur Sicherung einer Uferstrecke an Klaraviken in Stockholm ausgeführt wurde, um die Durchführung einer Straße zu ermöglichen. An einer anderen Stelle wurde ein Kohlen- und Kokslagerplatz mit der Belastung von 15 t/m<sup>2</sup> für das Gaswerk in Stockholm hergestellt. Der Boden bestand hier aus losem Ton bis zu 22 m Tiefe, und um ein seitliches Entweichen des losen Bodens zu verhüten, wurden die Aufschüttungsarbeiten angeordnet, wie in Abb. 38 dargestellt.

Der wirtschaftliche Wert dieser Ausführungsweise liegt vor allem darin, daß die Schüttmassen auf das wirklich notwendige Maß begrenzt werden können und daß in vielen Fällen billige Baustoffe, wie Sprengsteine oder Bauschutt, verwendbar sind.

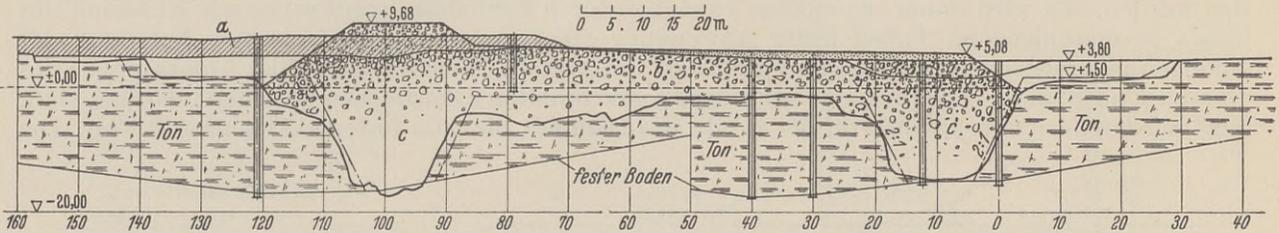


Abb. 38. Bodenverbesserung für einen Kohlenlagerplatz für das Gaswerk, Stockholm (Querschnitt); *a* Trockenschacht, *b* Aushub mit Eimerbagger, *c* Tiefbaggerung mit Greifern.

In Göteborg wurde in den Jahren 1923—1925 der Stigbergskai weiter ins Wasser vorgeschoben, um größere Tiefe zu gewinnen. Vor dem alten Kai, dessen Unterbau aus Pfeilern und Gewölben besteht, wurde eine Eisenbetonplatte ausgeführt, die auf unmittelbar auf Fels stehenden Eisenbetonpfeilern ruht (Abb. 39). Die Pfeiler, deren größte Tiefe 16 m betrug, wurden durch Rohre unter Wasser gegossen.

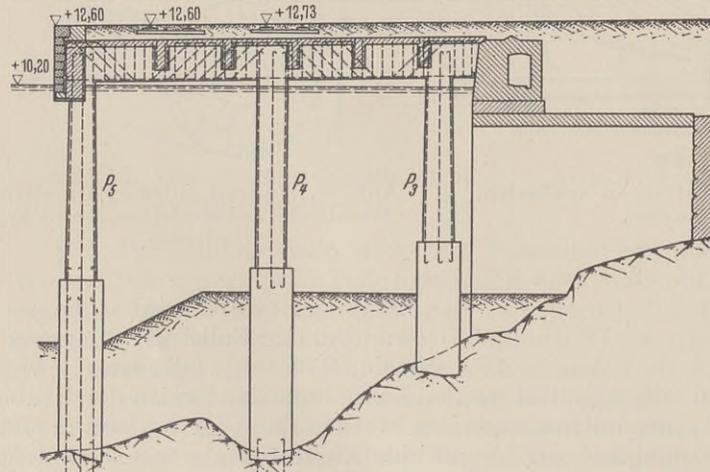


Abb. 39. Pfeilerkai aus Eisenbeton auf festem Boden, Göteborg, Stigbergskai, 1923—1925.

Die Begradigung einer Kaistrecke im Stadsgårdshafen in Stockholm (1932 bis 1934), wobei ebenfalls die Kailinie nach außen verschoben werden mußte, wurde nach der in Abb. 40 gezeigten Bauweise ausgeführt. Die Kaidecke aus Eisenbeton ruht teils auf der alten Kaikonstruktion und teils auf Eisenbetonpfeilern, die durch Rohre unter Wasser gegossen wurden und teilweise unmittelbar auf Felsen oder, wo dieser in größerer Tiefe liegt, auf Holzpfählen gegründet sind. Die Hauptschwierigkeit bei dieser Arbeit lag in der Gründung der letztgenannten Pfeiler. Der

Boden bestand nämlich aus grober Sprengsteinschüttung abgekippt in losen Tonboden, der den aus Bodenmoräne auf dem Urgebirge bestehenden festen Boden überlagert. Nachdem die Steinschüttung durch kräftige Sprengungen eine stabile Gleichgewichtslage auf dem verhältnismäßig

steil abfallenden natürlichen festen Boden eingenommen hatte, wurden mit Dampfhammern von 4 t Holzpfähle in Gruppen von 9 Pfählen für jeden Pfeiler gerammt. Die Pfähle, die einen unteren Durchmesser von 0,4 m—0,5 m hatten, wurden mit besonders kräftigen Eisenschuhen versehen und mit dem Wurzelende nach unten gerammt. Unter den starken Hammerschlägen brachen mehrere Pfähle, was jedoch keine größeren Schwierigkeiten verursachte, weil der Bruch

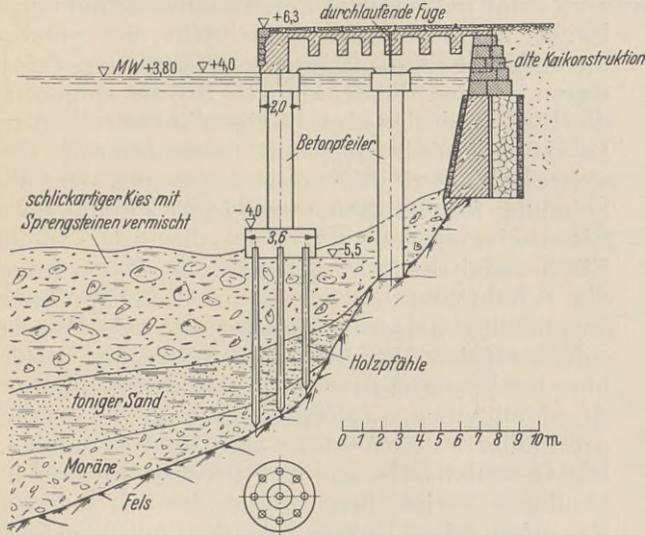


Abb. 40. Eisenbetonkai auf Holzpfählen in alter Steinschüttung, Stockholm, 1932—1934.

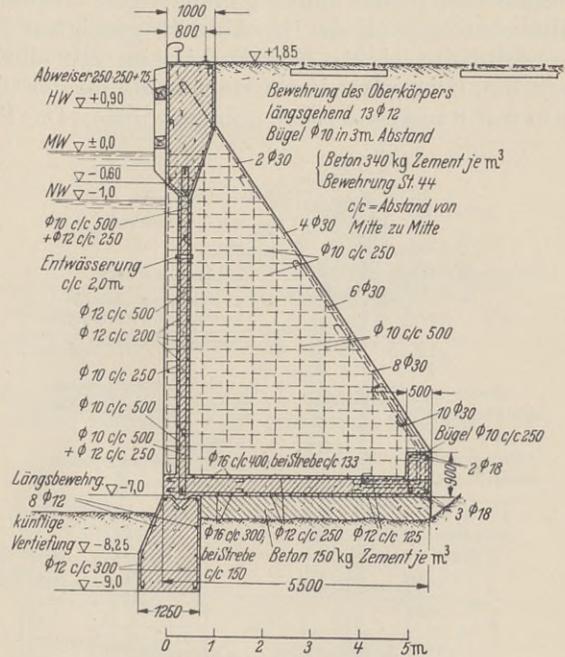


Abb. 42. Neuer Eisenbetonkai, Ausführung im Trockenen, Trelleborg.

immer an den schwächeren und höher gelegenen Stellen eintrat und der Pfahl mit Hilfe eines Ansetzers doch bis zur gewünschten Tiefe hinab getrieben werden konnte. Nachdem die Pfähle in Bodenhöhe abgesägt worden waren, wurde über jeder Gruppe eine unter Wasser gegossene

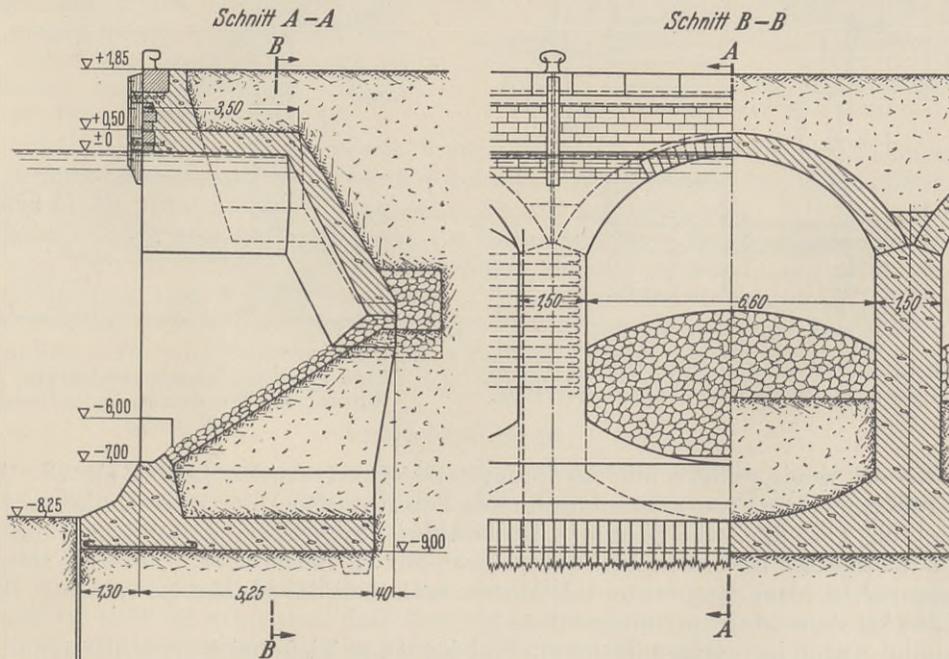


Abb. 41. Unbewehrte Betonkonstruktion auf festem Boden, Ausführung im Trockenen, Trelleborg, 1924—1928.

Eisenbetonplatte ausgeführt, die als Pfeilerfundament diente. Die Belastung beträgt je Pfeiler 300 t und je Pfahl somit 33 t. Irgendwelche Setzungen sind seit der Vollendung des Bauwerkes im Jahre 1934 nicht zu beobachten gewesen.

In Fällen, wo eine vollständige Trockenlegung der Baugrube möglich ist, hat man früher Kaibauten vielfach als ein System von Pfeilern und Gewölben aus unbewehrtem Beton ausgebildet, wie Abb. 41 veranschaulicht. Dieser Kai wurde 1924—1928 in Trelleborg ausgeführt. Ein in demselben Hafen unter gleichartigen Verhältnissen in den letzten Jahren gebauter Kai ist in Eisenbeton nach der in Abb. 42 gezeigten Bauart ausgeführt.

Ähnliche leichte Konstruktionen mit starker Bewehrung sind auch unter Wasser ausgeführt worden, beispielsweise in Härnösand im nördlichen Schweden, wo 1935 der in Abb. 43 dargestellte Kai mit 8 m Wassertiefe gebaut wurde. Das Bauwerk steht teilweise auf Felsen, teilweise auf einer festen Moränenschicht.

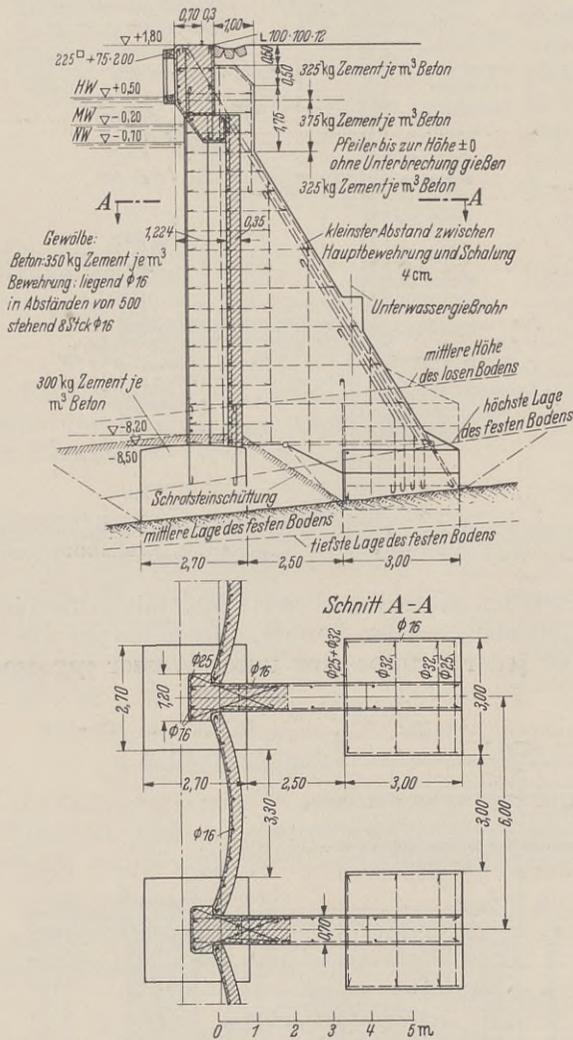


Abb. 43. Leichte Eisenbetonkonstruktion auf festem Boden, Ausführung unter Wasser, Härnösand, 1935.

Nachdem die Fundamente für die Frontpfeiler unter Wasser ausgeführt waren, wurden die Schalungen für die aufgehenden Pfeiler mit den rückwärtigen Ankerstreben an Land hergestellt und mit einmontierter Bewehrung an Ort und Stelle abgesenkt. Um die Schalung festzuhalten, waren in die Fundamente Eisen eingegossen, an denen die aufgehenden Eisen angehakt wurden und außerdem wurden die Schalungen beschwert durch über Wasser angebrachte hölzerne Behälter, die mit Wasser gefüllt wurden. Auf der fertigen Schalung wurde über den Frontpfeilern ein an Land hergestellter Abschlußbalken eingelegt und dann der Beton der Pfeiler unter Wasser durch Rohre gegossen. Die Gewölbe zwischen den Pfeilern wurden in ähnlicher Weise hergestellt, nachdem an den Kämpfern leicht lösbare Teile der Pfeilerschalung beseitigt worden waren.

Beim Ausbau des Industriehafens in Malmö im Jahre 1936 ist ein Eisenbetonkai für 7,5 m

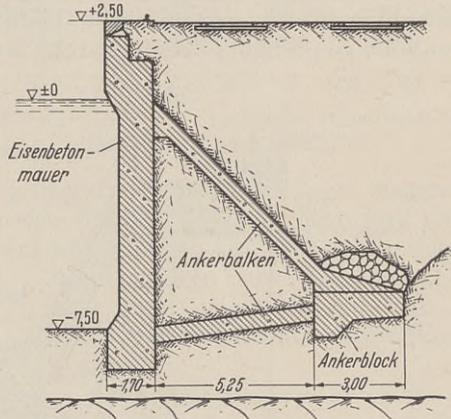


Abb. 44. Eisenbetonkonstruktion, Ausführung im Trockenen, Industriehafen Malmö.

Tiefe in einer sonst wenig gebräuchlichen Bauart ausgeführt worden (Abb. 44). Die Ausführung erfolgte im Trockenen. Die Frontmauer besteht aus Beton von für Unterwasserteile verhältnismäßig magerer Mischung (175 kg Zement je m<sup>3</sup>), ist bewehrt durch Eisenbahnschienen und Rundisen von 25 mm Durchmesser und nach rückwärts verankert in Betonblöcken, die wie der Kai selbst auf Kalkfelsen ruhen. Die Streben und Ankerblöcke haben die gleiche Bewehrung, sind aber in Beton von 250 kg Zement je m<sup>3</sup> ausgeführt.

In Stockholm wurde im vorigen Jahre ein Kai für 6,6 m Tiefe bei Norr Mälarstrand vollendet, der aus über Wasser hergestellten Eisenbetonblöcken besonderer Konstruktion besteht, die mit Hilfe eines Kranes von 60 t Hubkraft in ihre Lage abgesenkt wurden (Abb. 45). Jeder Block enthält höchstens 24 m<sup>3</sup> Beton, entspricht einer Kailänge von 4 m und reicht vom Boden bis etwas über Niedrigwasser. Die Blöcke haben T-förmigen Horizontalschnitt und werden auf Beinen niedergelassen, die direkt auf dem Felsboden ruhen. Jedes Bein besteht aus einem Balken, der in einen im Beton ausgesparten Durchlaß eingesetzt wird und über die Oberfläche des Blockes

emporragt. Der Block ist durch Hängeisen an den Beinen aufgehängt und kann mittelst Winden genau in die gewünschte Höhenlage gerichtet werden. Der Raum zwischen dem Felsgrund und dem Block wird mit unter Wasser gegossenem Beton ausgefüllt, so daß eine massive Grundplatte entsteht. Die Schalung und Bewehrung dieser Platte sind am Block befestigt und gleichzeitig mit diesem an Land hergestellt. Der über NW. gelegene Teil des Kais ist ausgeführt als eine durchlaufende Winkelmauer aus Eisenbeton, deren Vorderseite mit Granit verkleidet ist und deren waagerechter Teil die Breite der Blöcke hat, wodurch der Erddruck an der Vorderkante des Kais etwas vermindert wird.

### Die Kaiflächen.

Der Warenverkehr in schwedischen Stückgüterhäfen ist meistens sehr vielgestaltig in seiner Zusammensetzung. Neben empfindlichen Gütern, die überdeckten Raum benötigen, kommen vielfach Güter vor, die auf offener Kaifläche gelagert werden. Diese offenen Flächen müssen so hergerichtet werden, daß eine gute Entwässerung und genügende Bewegungsfreiheit des Fuhrverkehrs, den nunmehr der Kraftwagen fast ganz übernommen hat, gewährleistet ist.

Die offenen Kaiflächen werden überwiegend mit Kleinpflaster belegt. Stellenweise wird auch Asphaltbelag verwendet, der eine ebenere Fläche gibt, die besonders bei lebhafterem Elektrokarrenverkehr, wie er z. B. im Freihafen von Stockholm vorkommt, geschätzt wird. Bei schweren Gütern wird jedoch der Asphalt infolge seiner plastischen Eigenschaften leicht eingedrückt.

Massengüter werden nunmehr in steigendem Maße zwischen Schiff und Kraftwagen unmittelbar umgeschlagen. In manchen Fällen müssen daher die Kaiflächen auch in Massengüterhäfen befestigt werden, wobei ebenfalls Kleinpflaster verwendet wird.

Die Hafengleise, die früher meistens aus Vignolschienen — in Pflaster aus Rillenschienen — auf Querschwellen ausgeführt wurden, werden nunmehr in Kaiflächen, wo Fuhrverkehr in Frage kommt, allgemein aus Rillenschienen hergestellt, die auf fest gewalztem Schotterbett liegen und von Spurstangen zusammen gehalten werden. Im Hafen von Stockholm hat sich ein Traktor zum Verschieben von Eisenbahnwagen an den Ladestellen als sehr praktisch erwiesen. Auch hierfür ist die Einpflasterung der Eisenbahnschienen notwendig. Bei normalem Gleisabstand von 4,5 m hat der Traktor gerade noch genügende Bewegungsfreiheit zwischen den Wagenreihen.

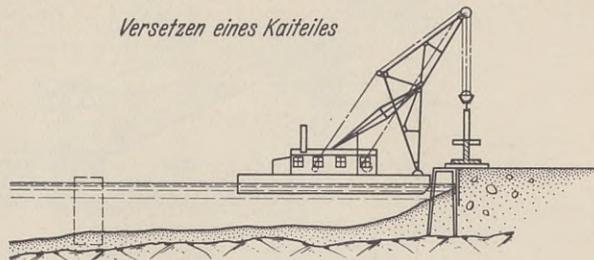
Die Kaiflächen werden in Neigung verlegt, so daß das Wasser schnell abrinnt, und mit Kanal-, Wasser- und Kraftleitungen versehen, auch die letzteren untererdisch verlegt.

### Verladeanlagen.

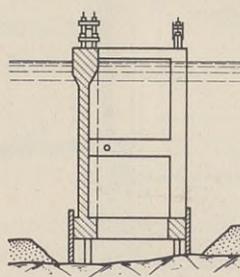
Die Entwicklung der Verladeanlagen ist in den schwedischen Häfen nach dem Weltkrieg in besonders raschem Schrittmaß fortgeschritten. Neben dem stark anwachsenden Verkehr haben die Einführung des Achtstundentages, die Verteuerung der Arbeitskraft und die gesteigerten Forderungen der Schifffahrt auf schnelle Abfertigung in den Häfen die Bedeutung der maschinellen Hilfsmittel in bedeutendem Maße erhöht. Aus der weiter oben gegebenen zahlenmäßigen Zusammenstellung ist auch zu erkennen, daß Ansehnliches auf diesem Gebiet geschehen ist. Aber auch in der Güte der Hebezeuge sind bedeutende Fortschritte zu verzeichnen.

Im Stückgüterverkehr war früher der Halb- oder Volltordrehkran mit steifem Arm, der zuweilen auch in unbelastetem Zustand innerhalb enger Grenzen verstellbar ausgeführt wurde, allgemein gebräuchlich. Die Ausladung betrug meistens zwischen 11—13 m und die Hubkraft 2,5—5 t. Vor etwa 15 Jahren kam dann der in Deutschland wohlbekannte Doppelkran auch in Schweden in Gebrauch. Er vereinigt in sich zwei Einheiten, eine Laufkatze und einen Drehkran, und besitzt dadurch große Leistungsfähigkeit. Doppelkrane finden sich im Freihafen von Stock-

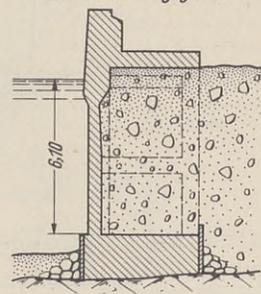
*Versetzen eines Kaiteiles*



*Kaiteil gerichtet und Spundwand angebracht*



*Kaiteil mit Unterwasserbeton festgegossen*



*der fertige Kai*

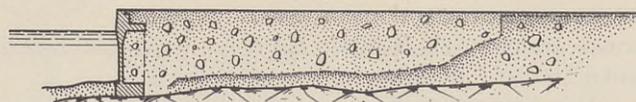


Abb. 45. Eisenbetonkonstruktion in Blöcken, Stockholm, Norr Mälarstrand.

holm und in Göteborg (Abb. 9 und 46). In Stockholm hat der Drehkran bei 11,5 m und 13,5 m Ausladung eine Hubkraft von 3 t bzw. 2,5 t; die Hubkraft der Laufkatze beträgt 1,5 t bei 11,5 m und 1 t bei 16 m Ausladung vor der Kaikante.

Eine größere Verbreitung haben die Doppelkrane in Schweden nicht erreicht, was darauf zurückzuführen sein dürfte, daß ungefähr gleichzeitig der Wippkran auftrat. Infolge seiner Leichtbeweglichkeit, Anpassungsfähigkeit und großen Reichweite bietet dieser Kran dem Verkehr bedeutende Vorteile. Er verrichtet nicht nur einen Teil der Arbeit auf dem Kai, für die

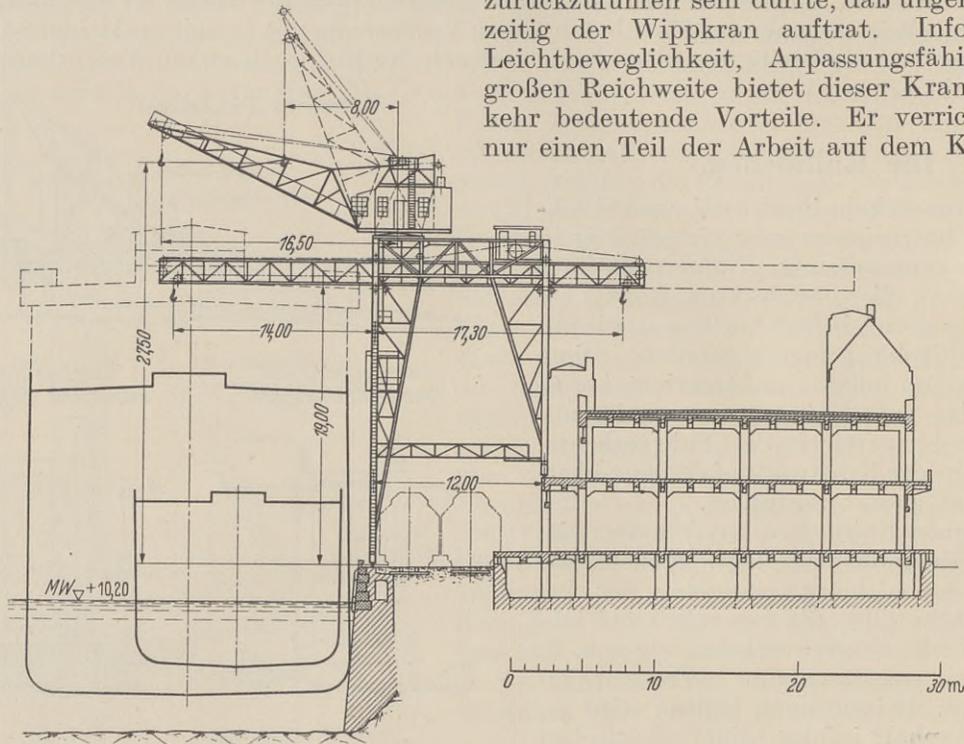


Abb. 46. Doppelkrane, Göteborg.

sonst andere Arbeitskraft benötigt wird, sondern kann auch beim Umladen von Schiff zu Schiff gute Dienste leisten.

Der Wippkran hat schnell große Verbreitung gewonnen und ist gegenwärtig im Stückgüterverkehr vorherrschend. Bei Neubestellungen kommen andere Arten kaum mehr in Betracht.

Auch Krane älterer Bauart werden vielfach, u. a. in Stockholm und Göteborg, zu Wippkränen umgebaut. Bei neueren Wippkränen für Stückgüter kommen Ausladungen von 24—25 m vor, wobei die größte Hubkraft 5 t beträgt und sich bei größter Ausladung auf 1,5 t ermäßigt (Abb. 9 und 15).

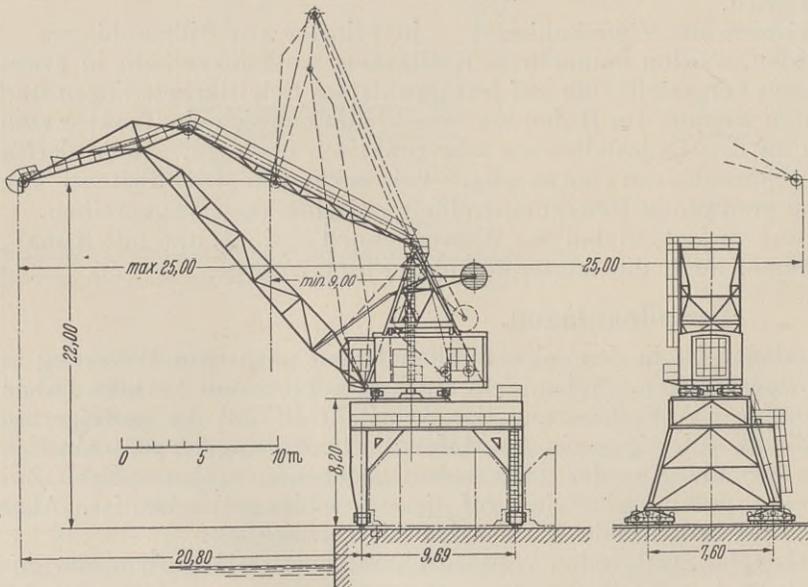


Abb. 47. Wippkrane für Massengüterverkehr, Stockholm. Hubkraft 6 t, Ausladung 25 m (19 m vor, 31 m hinter der Kaikante).

Auch für Massengüter, besonders Kohlen und Koks, werden Wippkrane mit Greifern vielfach verwendet. Neuere Krane für solche Zwecke haben bis zu 25—27,5 m Ausladung bei 6 t Hubkraft (Abb. 47). Jedoch hat auch der steifarmige Kran im Massengüterverkehr große Bedeutung. Dieser Kran kann nämlich mit Seilzugwaage versehen werden, was beim Wippkran noch nicht der Fall

ist. Wo die Güter beim Verladen auch gewogen werden sollen, hat daher der steifarmige Kran den Vorzug.

In gewissen Fällen hat man die Reichweite der Krane noch dadurch vergrößert, daß man die Tore als mäßig lange Brücken ausgebildet hat, auf welchen die Krane fahrbar sind. Diese Anordnung ist besonders in Stockholm stark vertreten. Sie wurde zuerst in einem Teil des Värta-

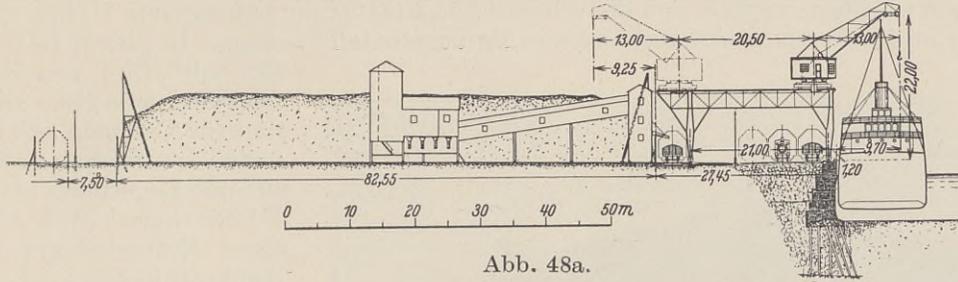


Abb. 48a.

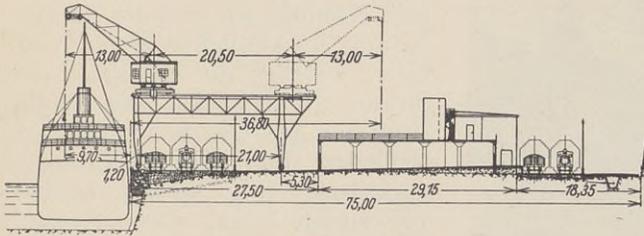


Abb. 48b.

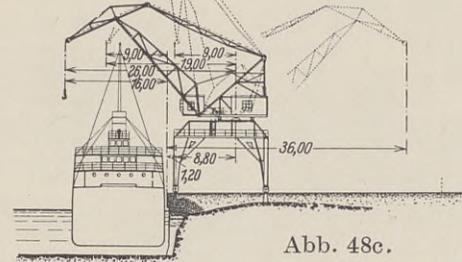


Abb. 48c.

Abb. 48. Brückenkrane, Hammarbyhafen, Stockholm, Hubkraft 5—6 t, Reichweite 36,8 m hinter und 9,7 m vor der Kaikante.

hafens ausgeführt, wo es galt, außer einer 33 m breiten offenen Kaifläche für allgemeinen Verkehr auch die anliegenden, an Private verpachteten Grundstücke zu erreichen. Die guten Erfahrungen, die hier gemacht wurden, führten dazu, daß die gleiche Anordnung dann in größerem Maßstab

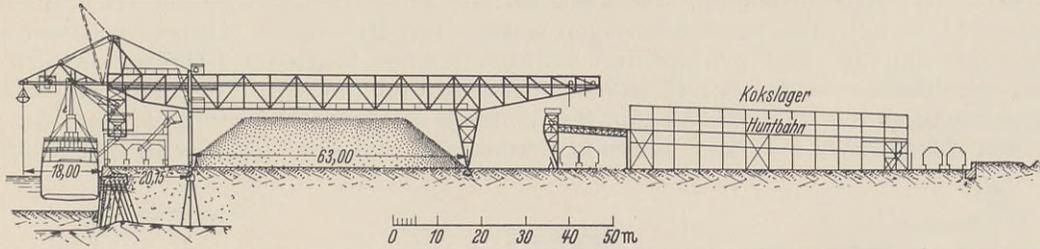


Abb. 49. Verladebrücke für Kohle und Koks, Stockholm. Hubkraft 6 t, Länge 124 m.

im Freihafen und im Hammarbyhafen zur Ausführung kam. Die Fahrlänge auf der Brücke schwankt in Stockholm zwischen etwa 15,3 und 22 m. Die Doppelkrane im Freihafen beherrschen dadurch eine annähernd 39 m, die Wippkrane eine 49 m breite Kaifläche (Abb. 9). Im Hammarbyhafen, der größtenteils Massengüterverkehr hat, ist die Mehrzahl der Krane steifarmig, um den Einbau der Seilzugwaage zu ermöglichen (Abb. 48). Sie überspannen drei Gleise und eine Kaistraße und bestreichen außerdem den vorderen Teil der anliegenden Lagerplätze.

Lange Brücken, die ganze Lagerplätze überspannen und mit Laufkatze oder Drehkran versehen sind, sind früher auch in Schweden ausgeführt worden (Abb. 49). In neuerer Zeit bevorzugt man Kranarten der oben geschilderten Art, die in erster Linie auf die Verladearbeit am Kai eingerichtet sind, während für die Güterbeförderung innerhalb breiter Lagerplätze andere Anordnungen verwendet werden, die je nach Verkehrsart verschieden sein können. Es wird dadurch erreicht, daß das Kaikransystem

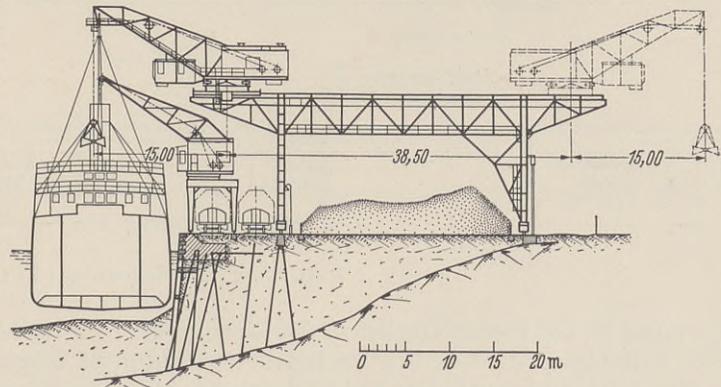


Abb. 50. Brückenkrane für Erzverladung, Stockholm.

einheitlich gestaltet und die Krankraft nach wechselndem Bedarf zusammengezogen und verschoben werden kann, wodurch das Ladegeschäft beschleunigt und eine bessere Ausnutzung der Krananlagen erreicht wird.

Wie schon erwähnt, verteilt sich die schwedische Erzausfuhr auf mehrere Häfen, und erreicht in einigen von diesen nur einen verhältnismäßig begrenzten Umfang. In diesen Häfen wird das Erz mit Hilfe von Kranen und Greifern verladen. Diese Krane sind für Verladen aus Eisenbahnwagen unmittelbar in Schiffe oder auf den Lagerplatz und von da in Schiffe eingerichtet. Abb. 50 zeigt einen Erzverladekran mit 10 t Hubkraft in Stockholm. In Gävle und Köping, wo sich die Erzverladung in ähnlicher Weise vollzieht, beträgt die Hubkraft der Krane 8,5 bzw. 6 t. Die Erfahrung hat gezeigt, daß man beim Verladen aus Eisenbahnwagen verhältnismäßig große Greifer verwenden kann, vorausgesetzt, daß sie mit zeitgemäßen Antrieben ausgerüstet sind und in ihren Bewegungen gut beherrscht werden können. In Stockholm werden z. B. Greifer von 5,5 t Eigengewicht und 6,4 m Öffnungsweite benutzt (Abb. 51).

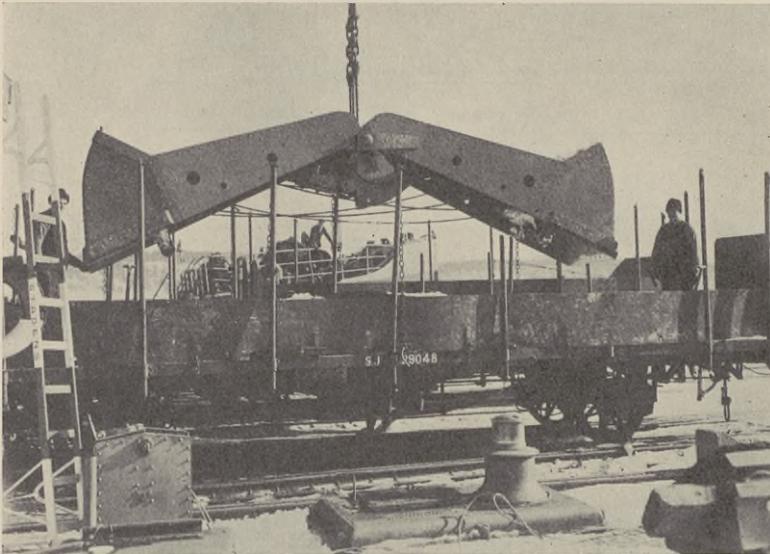


Abb. 51. Greifer des Kranes nach Abb. 50.

In Oxelösund, wo die Erzausfuhr z. B. 1936 annähernd 2 Millionen t betrug, sind Verladeanlagen besonderer Art vorhanden. Die Verladearbeit vollzieht sich hier mit Hilfe einer besonderen Anlage (Abb. 52). Die Eisenbahnwagen werden mit Hilfe eines Kippers gehoben und um ihre Längsachse um  $135-150^\circ$  gekippt und dadurch in einen fahrbaren Behälter entleert, der bei Verladung unmittelbar in das Schiff jedoch stillsteht und das Gut über den Empfänger mit Speisevorrichtung an das winkelrecht zum Kai laufende Förderband weitergibt. Von hier gelangt das Erz über das parallel zum Kai laufende Förderband und den Verlater in den Schiffsraum.

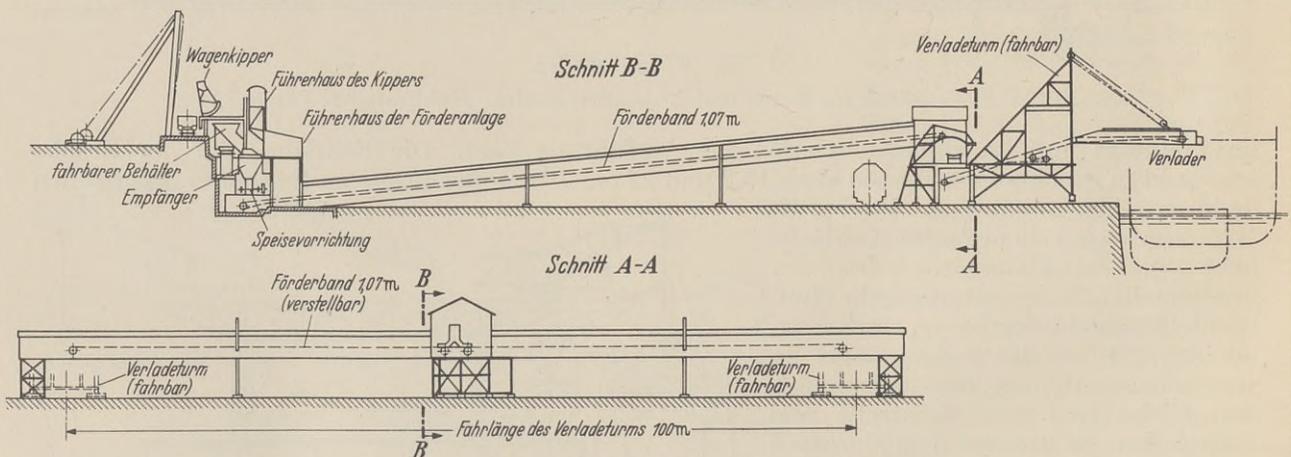


Abb. 52. Erzverladeanlage in Oxelösund.

Das Band ist auf festem Gerüst in der Längsrichtung verschiebbar, so daß das eine Ende des Bandes jeder beliebigen Stellung des Verladers entsprechend eingestellt werden kann.

Bei Verladung auf den Lagerplatz, der von einem großen Brückenkran mit 35 t Hubkraft überspannt wird, bringt der fahrbare Behälter das Erz vom Kipper an diesen Kran heran, der es mit Greifer auf den Lagerplatz bringt und beim Verladen von hier in das Schiff auch wieder an diesen Behälter abgibt zur weiteren Beförderung über das Förderband nach dem Schiff.

Für die Zerkleinerung von besonders grobstückigem oder gefrorenem Erz sind besondere Einrichtungen vorhanden.

Auch in Västerås werden die Eisenbahnwagen durch Kippen entleert, jedoch auf einem Stirnkipper. Die weitere Beförderung besorgt ein Brückenkran.

Die Kaikrane werden in Schweden durchweg elektrisch betrieben. Dampfbetrieb kommt vor bei Schwimmkränen, die schon längere Zeit in Dienst stehen, z. B. bei Schwerlastkränen, deren Göteborg einen von 80 t, Stockholm einen von 60 t und einen von 15 t Hubkraft besitzt. Bei neueren Schwimmkränen ist man zum dieselektrischen Betrieb übergegangen, der sich gut bewährt hat. Für Massengüter bestimmte Krane dieser Art mit 6 t Hubkraft finden sich u. a. in Stockholm und Göteborg.

Die Kaikrane sind in Schweden in der Regel Eigentum des Hafenesitzers, der dieselben mit eigenem Personal gegen Gebühr den Verkehrstreibenden zur Verfügung stellt.

### Warenschuppen und Speicheranlagen.

Auch die Räumlichkeiten zum Schutze und für die Lagerung von Waren in den Häfen haben bedeutende Erweiterungen erfahren. Sie sind dem stark gesteigerten Verkehr angepaßt und neuzeitlichen Ansprüchen entsprechend ausgestattet. Außer Warenschuppen zum Schutze empfindlicher Waren auf der Kaifläche und Speichern für Lagerung von längerer Dauer, sind Räume für Zollbehandlung und die übrigen Bedürfnisse der Ortszollbehörde notwendig.

In allen schwedischen Häfen, wo ausländischer Verkehr stattfinden kann, sind daher Zollräume vorhanden, die zuweilen in besonderen Gebäuden untergebracht, oft aber, besonders in größeren Häfen, in Waren- und Zollschuppen an mehreren Stellen des Hafens vorzufinden sind. Je nach örtlichen Verhältnissen und Raumbedarf werden sie ein- oder zweigeschossig aufgeführt.

Ein Beispiel letzterer Art ist der neueste Zollschuppen am Stadsgårdshafen in Stockholm (Abb. 15 und 53). Er enthält in beiden Geschossen Warenhallen, in denen sog. Partiegüter zollbesichtigt werden. Die Zollbehandlung von Gütern, die ausgepackt werden müssen, erfolgt in besonderen Räumen an der Rückseite des oberen Geschosses, wo auch eine Ausgabehalle angeordnet ist. Die Kassen- und Büroräume sind in einem oberen Zwischengeschoss nach vorne untergebracht und gewähren dadurch einen guten Überblick über den Betrieb sowohl in als vor dem Gebäude. Außerdem sind die notwendigen Personalräume vorhanden.

Die Güter werden von den Kaikranen auf einer vorgebauten Plattform des oberen Geschosses oder auf der Kaifläche vor dem Gebäude abgesetzt. Für den Warenverkehr zwischen den Geschossen sind Aufzüge vorhanden. An der Rückseite des Gebäudes, wo der Versand der abgefertigten Waren erfolgt, ist zur Erleichterung des Verladens auf Eisenbahn- und Straßenfahrzeuge eine Plattform angeordnet, die durch Hebetische mit dem Fußboden des Erdgeschosses in Verbindung steht.

Ein ähnlicher Zoll- und Warenschuppen in zwei Geschossen wurde 1930—1931 am Stigbergskai in Göteborg ausgeführt.

Am gleichen Kai in Göteborg, also im Zollhafen, ist auch ein Abfertigungsgebäude für den überseeischen Fahrgastverkehr der schwedischen Linie Göteborg—New York mit zwei Geschossen und Keller aufgeführt (Abb. 46). Während das Erdgeschoß, der Keller und das Dach zur Aufnahme von Gütern bestimmt sind, sind die Räumlichkeiten für den Fahrgastverkehr im Obergeschoß untergebracht, von dem die Fahrgäste über Landungsstege bequem das Schiff erreichen.

In den Freihäfen sind Schuppen- und Lagerräume in bedeutendem Umfang geschaffen worden. In Göteborg, wo der Boden bis zu großer Tiefe aus losem Ton besteht, hat man sich größtenteils auf leichtere Gebäude beschränkt, die teilweise in zwei Reihen hintereinander erbaut worden

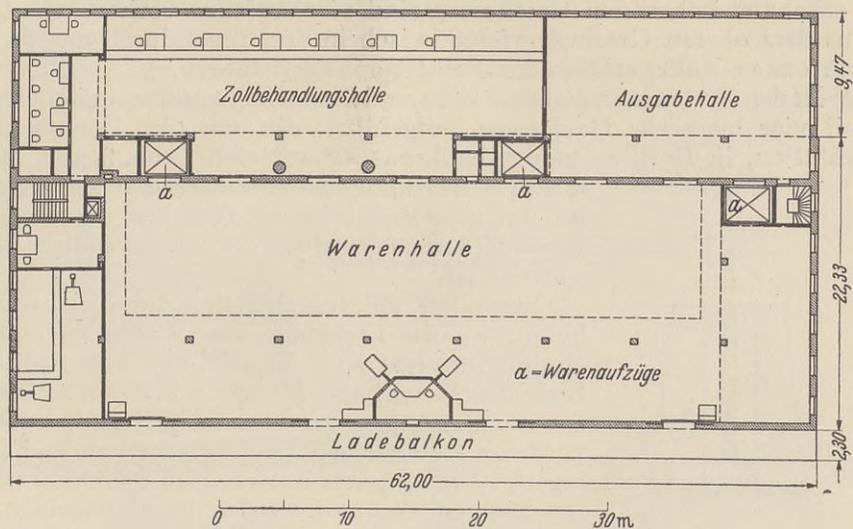


Abb. 53. Der Ersta Zollschuppen, Stockholm, Obergeschoß (vgl. Abb. 15).

sind. Die Schuppen sind teilweise ein- und teilweise zweigeschossig. Ein Speicher mit fünf Böden und Keller ist auch vorhanden.

Abb. 10 zeigt u. a. den Querschnitt eines Schuppens, der in zwei Geschossen aufgeführt und teilweise unterkellert ist. Einfuhrgüter werden über den vorgebauten Balkon ins obere Geschöß gebracht und dort gelagert, während die unteren Räume Ausfuhrüter aufnehmen. Für den

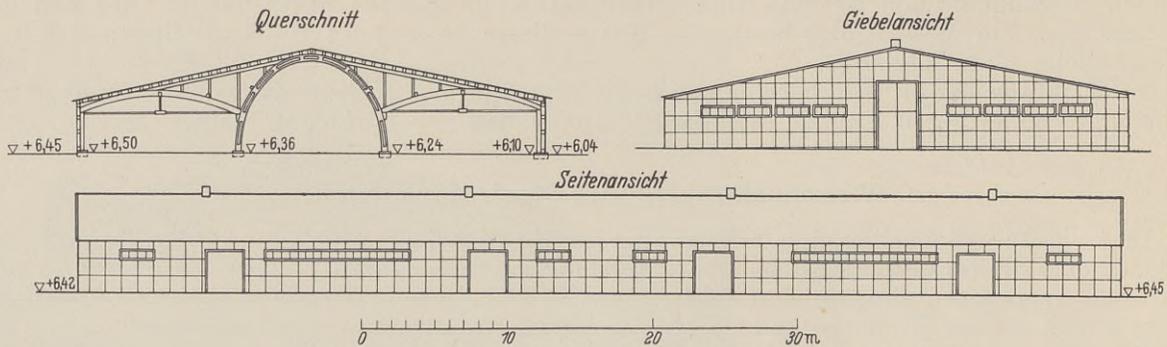


Abb. 54. Neuer Warenschuppen, Freihafen Stockholm.

Verkehr zwischen den Geschossen sind vier Aufzüge vorhanden. Die Auslieferung von Gütern aus dem oberen Geschöß erfolgt jedoch in der Regel durch gerade Rutschen, die hinab zu den wartenden Fuhrwerken oder Eisenbahnwagen führen.

In den Freihäfen von Stockholm und Malmö sind außer einfacheren Schuppen größere Speicher mit vier bis sechs Geschossen aufgeführt, die, um die Warenbewegung möglichst günstig zu gestalten, in Reichweite der Kaikrane erbaut sind (Abb. 9 und 11). Während aber in Malmö der Speicher unmittelbar hinter den kaiseitigen Eisenbahngleisen gelegen ist, hat man in Stockholm zwischen den Gleisen und den Speichern einen Freiladeplatz angeordnet, der für zeitweiliges Lagern unempfindlicher Güter wertvoll ist.

Besonders umfangreich sind die Speicheranlagen im Stockholmer Freihafen, wo die Lagerung von Waren aus überseeischen Ländern großen Umfang erreicht hat. Es sind hier vier Speicher mit insgesamt 56 600 m<sup>2</sup> Bodenfläche vorhanden (Abb. 6 und 9). Außerdem ist ein Silospeicher mit 5000 t Fassungsraum vorhanden. Ankommende Güter werden in den vorderen Räumen der Speicher sortiert und in den übrigen Räumen gelagert. Ausfuhrüter kommen im Freihafen von Stockholm nur in begrenzten Mengen vor und werden im allgemeinen auf den Freiladeplätzen gesammelt oder von den Eisenbahnwagen unmittelbar in Schiffe verladen. Die Schiffe können daher gleichzeitig löschen und laden, wodurch die Liegezeit im Hafen abgekürzt wird.

Die Speicher II, III und V sind mit Aufzügen ausgestattet, die auch Elektrokarren aufnehmen können. Für die Abwärtsförderung gesackter Güter sind Spiralarutschen vorhanden, die zur Ausladeplattform an der Rückseite der Speicher führen.

Das Skelett und die Decken der Gebäude sind in Eisenbeton, die Wände in Ziegelmauerwerk ausgeführt. Große Sorgfalt wurde auf die Feuersicherheit verwendet. Alle Leitungen sind in den Treppenhäusern untergebracht, die durch hohe Schwellen von den Lagerräumen getrennt sind, so daß Eindringen von Wasser in diese Räume verhindert wird. Diese Schwellen können leicht weggeschlagen werden, so daß das Wasser von Feuerherden in den Lagerräumen durch die Treppenschächte abfließen kann.

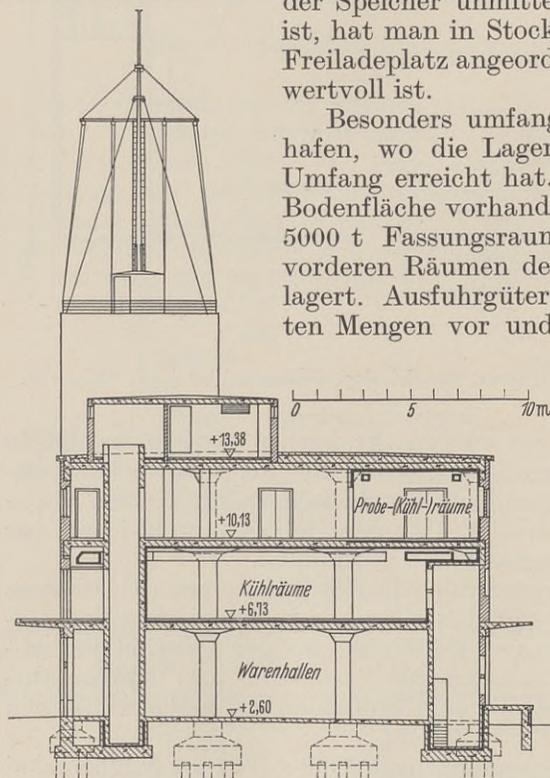


Abb. 55. Lebensmittelkontrollgebäude, Malmö (Querschnitt).

In den Kellern sind Kühlräume für Früchte und Gefrierräume für Fleisch eingerichtet.

Im Freihafen findet sich auch eine Anzahl eingeschossiger Schuppen von einfacher Bauart. In letzter Zeit ist ein solcher Schuppen in sehr leichter Ausführung aus Holz und Eternit gebaut worden (Abb. 54). Die Dachbinder sind aus geleimtem Holz bogenförmig ausgebildet und in Abständen von 6 m aufgestellt. Die Dachdeckung besteht aus 6 mm starken gewellten, die Bekleidung

der Wände aus 5 mm starken ebenen Eternitplatten, die von Ständern und Riegeln getragen werden. Der 72 m lange Schuppen ist durch eine Brandwand mit 4 mm starkem Eternitbelag in zwei Teile geteilt und hat an den Seiten 8 Schiebetore von 2,5 m Breite und 2,6 m Höhe. An jedem Giebel befindet sich ein größeres für die Einfahrt eines selbstfahrenden Kranes bestimmtes Tor von 2,7 m Breite und 4,5 m Höhe. Abgesehen vom Bodenbelag, der aus Asphalt besteht, haben die Kosten dieses Schuppens 24 Kronen je m<sup>2</sup> Bodenfläche betragen.

In der Nachkriegszeit sind in ständig steigendem Umfang landwirtschaftliche Erzeugnisse hauptsächlich nach Deutschland und England ausgeführt worden. Wichtige Teile dieser Ausfuhr sind Butter und Eier. Um sie im Ausland bekannt zu machen, werden diese Erzeugnisse aus Schweden nur unter bestimmten Warenzeichen ausgeführt und um diesen einen guten Ruf zu sichern, wurde es als zweckmäßig erachtet, die Ausfuhr durch Kontrollstellen zu leiten, die darüber wachen, daß nur vollwertige Ware ausgeführt wird.

Eine solche Kontrollstelle ist in Malmö eingerichtet, für deren Zwecke im dortigen Zollhafen ein Gebäude errichtet wurde, in dem die genannten Erzeugnisse auf ihre Güte hin untersucht werden und von wo aus die Ausfuhr erfolgt. Das Gebäude ist in drei Geschossen aufgeführt, 90,8 m lang und 18,3 m breit. Das Erdgeschoß enthält Warenhallen und Maschinenräume, das erste Obergeschoß Kühlräume und das zweite Obergeschoß Probe- und Büroräume (Abb. 55).

### Dockanlagen.

Bei der verhältnismäßig bedeutenden Schifffahrt Schwedens ist es natürlich, daß auch Anlagen zur Ausbesserung und zum Neubau von Schiffen in entsprechendem Umfang vorhanden sind. Es sei hier nur an die großen Werftanlagen im Hafen von Göteborg erinnert. In den meisten

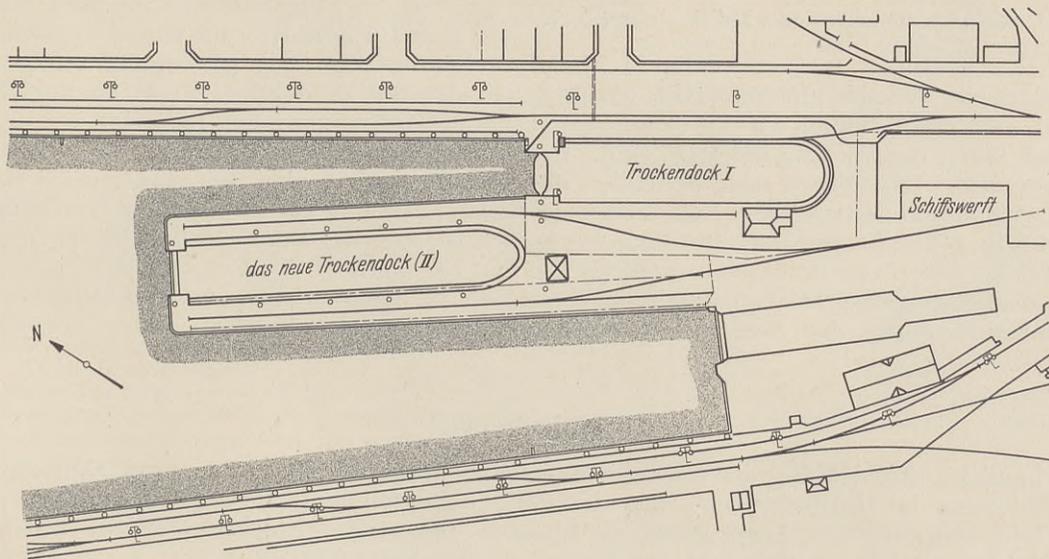


Abb. 56. Trockendock, Hälsingborg (Lageplan).

Fällen sind diese Anlagen Privatunternehmungen. Für die Zwecke der Kriegsmarine sind auch staatliche Dockanlagen vorhanden. Dagegen sind nur einige Trockendocks vorhanden, die Hafenverwaltungen gehören.

Im Hafen von Malmö wurde ein Trockendock 1909—1912 gebaut, das eine größte Länge von 160 m, eine Tiefe von 7,25 m auf dem Drempel und 6,25 m auf den Kielblöcken hat; die Torweite beträgt 24 m in Höhe des Mittelwasserspiegels. Die Anlage hat 1467000 Kronen gekostet, wovon 300000 Kronen Staatszuschuß waren.

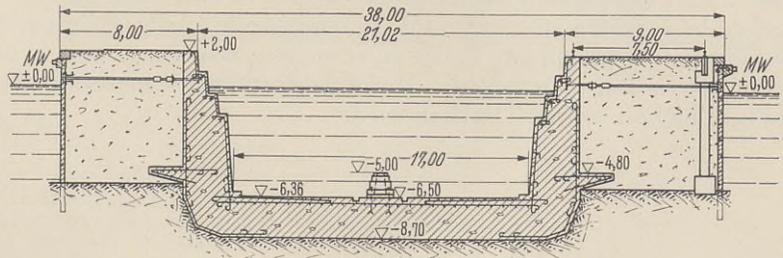


Abb. 57. Trockendock, Hälsingborg (Querschnitt).

In Hälsingborg finden sich zwei Trockendocks, ein älteres, 1872—1879 gebaut, und ein neues, 1935—1938 ausgeführt. Das letztere hat 108 m Länge, 16 m Torweite, im Inneren 17 m untere

und 21 m obere Breite und eine Tiefe auf den Blöcken von 5 m bei Mittelwasser. Der Boden des Docks liegt 6,5 m und derjenige der Torkammer 5,5 m unter Mittelwasser.

Die Bauart dieses Docks (Abb. 56) unterscheidet sich von früher ausgeführten Anlagen in Schweden, in dem die Innenseiten der Wände nicht, wie es früher gebräuchlich war, in ganzer Höhe stufenförmig ausgebildet, sondern von unten bis zur Höhe von 1,6 m unter Mittelwasser annähernd lotrecht (16 : 1) sind und dann in drei Absätzen von 0,5 m Breite und 1,2 m Höhe bis zur Höhe der Kaifläche, die 2 m über Mittelwasser liegt, ansteigen (Abb. 57).

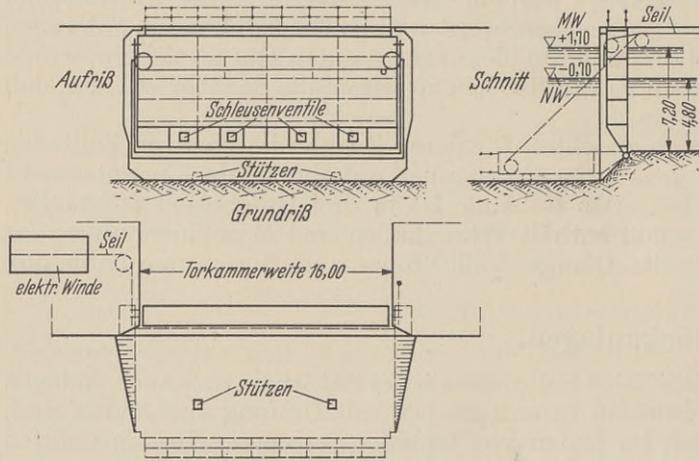


Abb. 58. Trockendock, Hälsingborg (Tor).

Das Dock ist in Eisenbeton ausgeführt; der Boden ist 2,2 m, die Wände 2,7 m stark mit Verjüngung nach oben. Leergepumpt ist das Dock leichter als der Auftrieb, wenn dieser zum vollen Wert berechnet wird. Es sind daher an den Rückseiten der Wände Konsolen ausgebaut, die Erdfüllung aufnehmen und dem Dock genügendes Gewicht gegen Auftrieb geben. Der Untergrund besteht aus geschichtetem Gestein, das zur Gruppe rät—lias gehört.

Das Tor besteht aus einer kastenförmigen Klappe, die um eine am Boden befindliche waagerechte Achse nach außen umgeklappt werden kann und in Zellen eingeteilt ist (Abb. 58). Die Konstruktion ist von einem englischen Ingenieur

Box ersonnen und erstmalig in Skandinavien benutzt. Die Bewegung erfolgt durch eine elektrische Winsch und mit Hilfe eines Seiles, das mit dem einen Ende an der Windentrommel, mit dem anderen an der gegenüberliegenden Torkammerwand befestigt ist, und über Leitrollen läuft, die am Tor befestigt sind. Der Anstoß zum Umklappen wird durch einen Luftpuffer gegeben. Das Öffnen oder Schließen des Tores erfordert eine Zeit von  $2\frac{1}{2}$ —3 Minuten. Durch Leerpumpen gewisser und Füllen anderer Zellen kann das Tor in horizontale Schwimmelage und auf Slip gebracht werden. Die Pumpen zum Entleeren des Docks leisten 50 000 l/min; das Füllen erfolgt durch vier Schleusenventile im Tor und beansprucht die Zeit von 30 Minuten.

Die Ausführung des Docks erfolgte im Trocknen in Fangedämmen aus Stahlpundwänden, die nachher zu einem das Dock umschließenden Kai ausgebaut wurden.

### Schlußwort.

Die bauliche Entwicklung der schwedischen Häfen während der letzten zwei Jahrzehnte, die der Aufschwung der Schifffahrt hervorgerufen hat, dürfte den Bedürfnissen des Verkehrs gut angepaßt sein und auch den Ansprüchen, die man aus technischen Gesichtspunkten stellen kann, Genüge leisten. Bei der Ausführung sind die technischen Fortschritte der Zeit ausgenutzt worden, um ein nach Zweckmäßigkeit und Güte befriedigendes Ergebnis zum möglichst billigen Preise zu gewinnen.

Die Arbeitslöhne sind in Schweden verhältnismäßig mehr gestiegen als die Baustoffpreise, was naturgemäß die Bauweise und die Art der Ausführung in vielen Fällen beeinflusst hat. Da die hohen Löhne sich auch auf die Arbeit in den Häfen erstrecken, ist eine verhältnismäßig weitgehende Rationalisierung und Mechanisierung der Güterbehandlung wohlbegründet, auch bei mäßigen Gütermengen. Es ist zu erwarten, daß die Arbeit in dieser Richtung fortgeführt und daß auch der weitere Ausbau der Hafenanlagen im übrigen mit der fortschreitenden Verkehrsentwicklung gleichen Schritt halten wird.

## Schrifttum.

- Sveriges officiella statistik. Allm. Väg- och Vattenbyggnadsarbeten. Stockholm 1918—1937.  
— Sjöfart. Stockholm 1918—1937.  
Swedish Ports and shipping. Stockholm 1923, 1927—1928.  
Sveriges Hamnkalendar, Del I, Stockholm 1932, av Helmer Eneborg och Gustaf Reinius.  
— Del II, Stockholm 1933, av Helmer Eneborg och Gustaf Reinius.  
Kungl. Väg- och Vattenbyggnadskåren 1851—1901. Minnesskrift med anledning av Kårens femtioåriga tillvaro. Stockholm 1904.  
— 1851—1926. Festskrift med anledning av dess sjuttiofemåriga tillvaro. Stockholm 1926.  
Statens järnvägars geotekniska kommission. Slutbetänkande. Stockholm 1922.  
Teknisk Tidskrift. Festskrift till Svenska Teknologföreningens 75 års jubileum 1861—1936. Stockholm 1936.  
Ymer, Tidskrift för Svenska sällskapet för antropologi och geografi. Stockholm 1929. Några drag av de svenska hamnarnas geografi, av Helmer Eneborg.  
— Stockholm 1930. Om Stockholms hamn, av Helmer Eneborg.  
Stockholms hamn. 1928, 1931, 1934, 1937, Stockholm, av Sal. Vinberg.  
Göteborgs hamn under 50-års perioden 1882—1932, Göteborg 1932, av Knut E. Petterson.  
The Port of Gothenburg. Year book 1937, 1938, 1939, Göteborg, by Torsten Hultin & Gust. Westberg.  
Schriften des Verbandes der schwedischen Hafenverwaltungen (Svenska Hamnförbundet). Stockholm.  
Östersjöhamnarna före och efter världskriget, av Sten de Geer och Helmer Eneborg 1927.  
Förhandlingarna vid Svenska hamnförbundets möte den 5—6 oktober 1931 i Norrköping:  
Utländsk och svensk hamnpolitik, föredrag av Helmer Eneborg och Sal. Vinberg.  
Utvecklingen av fartygens djupgående och hamndjupen, föredrag av Gustaf Reinius.  
den 14—15 september 1933 i Stockholm:  
Hamnrörelsens transportproblem, föredrag av Wilh. Davidsson.  
den 28 och 29 juni 1935 i Sundsvall:  
Hamnarnas organisationsformer, föredrag av Sal. Vinberg.  
Svenska Hamnförbundet 1912—1937.  
Några uppgifter och anteckningar med anledning av Svenska hamnförbundets 25-åriga tillvaro, av Helmer Eneborg.  
De svenska hamnarnas tekniska utveckling 1912—1936, av Sal. Vinberg.  
Zeitschrift für Kommunalwirtschaft 1929. Schwedisches Hafenwesen, von H. Eneborg.  
Kungl. Krigsvetenskapsakademiens handlingar och tidskrift. Stockholm 1936. Östersjötrafiken, dess förutsättningar och utveckling under efterkrigstiden. Årsberättelse av föredraganden å avdelningen för kart- och kommunikationsväsen. H. Eneborg.  
Ständiger Internationaler Verband der Schiffahrtskongresse, Brüssel.  
1912 Rapport 100 von A. Lundberg & W. Fellenius,  
1923 „ 60 und 66, von Knut E. Petterson,  
1926 „ 42 von Knut E. Petterson, P. G. Ekwall und F. G. Edlund,  
1926 „ 51 von Knut E. Petterson und O. Z. Ekdahl,  
1931 „ 103 von Knut E. Petterson,  
1931 „ 92 von G. Dieden,  
1935 „ 73 von G. Schütz und J. A. Hjelmström,  
1935 „ 82 von A. Lange und R. V. Frost,  
1935 „ 92 von Sal. Vinberg,  
1935 „ 113 von Knut E. Petterson.  
Der Bauingenieur, Berlin.  
16. Jahrgang, Heft 1/2—3/4 und 9/10 (1935): Städtebauliche Probleme und Umgestaltungen in Stockholm, von Sal. Vinberg und Carl Semler.  
19. Jahrgang, Heft 43/44 (1938). Kurze technische Berichte: Der Hafen von Gothenburg, von Boit. — Der Hafen von Malmö, von Bolle.  
Svensk Hamn- och Kanaltidskrift, Stockholm.  
1929 Nr. 1 Ny tullbyggnad i Stadsgårdshamnen i Stockholm, av Sal. Vinberg.  
1929 „ 1 Utvidgning av Trelleborgs hamn 1924—1928, av Carl Semler.  
1929 „ 1 Nya vipparmskranar för Halmstads hamn, av J. A. Hjelmström.  
1929 „ 3 Den svenska handelsflottans betydelse för landet, av Birger Zander.  
1929 „ 9 Malmlastningskranar i Gävle, av C. J. Zacco.  
Göteborgs nya pontonkran, av G. Sinclair.  
Bättre kranutrustning i Landskrona hamn, av Bror Jeppson.  
Västerås hamn och dess moderna transportanordningar.  
1930 „ 2 Förslag till ny farled till Gävle samt fördjupning av hamnen vid Fredriksskans, av C. J. Zacco.  
„ 5 Karlstads hamn. Beslut om ändring av hamnplanet, utläggning av nya spårförbindelser och anskaffande av nya kranar i yttre hamnen, av Eric Björkman.

588

3.80

91

5.92

## Teknisk Tidskrift, Väg- och Vattenbyggnadskonst, Stockholm.

- 1923 Nr. 7 Södertälje Kanals ombyggnad, av Lars Lawski.  
 1925 „ 2 Kolyborr, ny borrhyp för upptagning av lerprov, av John Olsson.  
 1927 „ 8 Stigbergskajen i Göteborg. Ändring och ombyggnadsarbeten, av Knut E. Petterson.  
 1928 „ 9 Vågbrytare, av Harry Lenander.  
 1929 „ 5—6 Jordstatiska beräkningar för vertikala belastningar på horisontal mark under antagande av cirkuläre cylindriska glidytor, av W. Fellenius.  
 1931 „ 7—8 Statens Fiskehamnar, av O. Z. Ekdahl.  
 „ 8 Sveriges hamnar, av Sal. Vinberg.  
 1935 „ 3 Väg- och vattenbyggnadsfacket under år 1934. Hamnar, vattenvägar, flygleder, av Sven Stenberg.  
 1937 „ 2 Förankrad massivkaj av betong i Malmö industrihamn, av V. Bang.  
 1937 „ 3 Kombinerade pålar, av Knut E. Petterson.  
 1937 „ 5 Tilläggsdykdalber av ny typ i Malmö oljehamn, av V. Bang.  
 1937 „ 6 Metod för förstärkning av stenfyllning medelst komprimering, av Nils Johnson.

## Kommunalteknisk Tidskrift, Stockholm.

- 1937 „ 5 Bankfyllningar i lera och deras utförande, av Ernst Hedström och Johan Sjödin.  
 Tekniska Samfundets Handlingar, Göteborg.  
 1937 „ 2 Grundundersökningar i Göteborgs hamnområde, av Carl C:zon Caldenius och Torsten Hultin.







Biblioteka PK

**J.X.61**

/ 1938

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000322244