

45285
1827537

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschifffahrt

3. Frage

Bau der Häfen an sandigen Küsten

GENERALBERICHT

VON

A. A. BRANDT

Directeur de l'Institut des Ingénieurs des Voies de Communication

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (G. S. M. B. H.)

169, rue de Flandre, 169



11-354653

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000317158

BAC-3-48/2019

Bau der Häfen an sandigen Küsten

Fünf Berichte über die Frage « Bau und Unterhaltung der Häfen an sandigen Küsten » sind dem XI. internationalen Schiffahrts-Kongresse vorgelegt von Wortmann (Holland), Vernon-Harcourt (England), Lo-Gatto (Italien), Sanford (Vereinigte Staaten von Nord-Amerika) und Ivanina und Aeckerle (Russland). Wortmanns Bericht bezieht sich besonders auf den Bau von Schutzwerken in den Häfen an sandigen Küsten, während die vier anderen Berichte ausschliesslich dem Studium der Gesetze für die Umlagerung der Alluvien an sandigen Küsten und der Prüfung des Einflusses solcher Bauwerke auf diese Gesetze gewidmet sind, wie auch der Auffindung der Hauptgrundsätze für den Bau der Häfen zur Bekämpfung ihrer Versandung.

I. — Bericht von Wortmann.

Die Betrachtungen und Schlussfolgerungen des Berichterstatters über eine zweckmässige Bauweise der Kunstbauten an sandigen Küsten und ebenso die Verfahren zur Ausführung solcher Arbeiten ergeben sich aus der Prüfung der Verhältnisse beim Bau des berühmten Hafens von Ymuiden und des kleinen Fischereihafens Scheveningen, deren Bauvorgang in dem Bericht ausführlich behandelt ist.

Mit dem Bau des Ymuider Hafens wurde 1865 begonnen. Die Arbeiten wurden mit dem Bau zweier konvergierender Molen aus regelmässigen Steinschichten eingeleitet, die unmittelbar auf den Sandboden versetzt wurden. Aber der Boden, auf dem die Steinplatten lagerten, wurde nach einigen Stürmen durch die Strömung angegriffen und ein Teil der Platten versank in den Sand. Dieser Umstand führte zu einer Aenderung des Entwurfs; man beschloss, die Steinschichten auf eine Steinschüttung zu setzen, die um

30 bis 40 m vor die Aussenseite der Mole vortreten sollte, um jeder Unterspülung vorzubeugen. Aber dieses Mittel war ungenügend infolge der starken Wellenbewegung, und man musste die Mauern durch eine Anschüttung aus Steinblöcken schützen. Das Gewicht von 10 bis 20 t, das man diesen Blöcken gab, war indes noch zu gering; die Zerstörung der Steinschüttung nahm von 1883 bis 1906 dauernd zu, und man musste die Anlage durch 2 000 neue Blöcke sichern. In dieser Zeit konnte das Gewicht der Blöcke infolge Verwendung von Kästen aus Eisenbeton mit einem Leinen-Boden und mit Betonausfüllung, zuletzt auf 80 bis 150 t gebracht werden und seitdem hat ihre Zerstörung und Verschiebung aufgehört (1905).

Die in der Einfahrt und im Innern des Hafens gewünschte Tiefe (10,5 m), wurde durch die Tätigkeit von 3 oder 4 Saugbaggern und 3 gewöhnlichen Baggern erhalten, die je 225 bis 600 cbm in der Stunde wegräumten; die Saugbagger arbeiteten hauptsächlich auf offenem Meer, um die Rinne und die Einfahrt offen zu halten, und die gewöhnlichen Bagger wurden im Innern des Hafens gebraucht.

Der Hafen von Scheveningen wurde neuerdings erbaut (1901-1904). Die beiden Molen, die seine Einfahrt schützen, wurden aus Steinblöcken erbaut, die auf den Sand versetzt wurden und unter 71° geneigt sind. Die Blöcke wurden vom Boden durch ein Sinkstück aus Faschinen von 0,50 m Stärke getrennt, das sich von der Aussenseite der Mauer in 10 bis 35 m Breite erstreckte, zum Schutz gegen Unterspülung. Die eingetretene Sackung der Blöcke, die 0,5 m erreichte, konnte den Zusammenhang der Mauer nicht stören, infolge der angewandten Bauweise mit geneigten Blöcken.

Die Molenköpfe, infolge strategischer Rücksichten aus riesigen Blöcken gebildet, haben unter der Einwirkung der Stürme keine Beschädigung erlitten. Ein Rückblick über die Arbeiten führt den Verfasser zu folgenden Schlussfolgerungen :

Bei der Gründung von Bauwerken an sandigen Küsten kann man nicht genug Sorgfalt auf den Schutz gegen Unterspülung verwenden. Dieser Schutz kann gebildet werden entweder durch Bedeckung des Grundes mit einem Steinwurf aus Bruchsteinen, der genügend weit ins Meer vorspringt oder durch Sinkstücke aus Faschinen mit Steinbelastung. Diese letztere Gründungsart hat den Vorteil, dass man den Bedarf an Steinen einschränken kann. Um die schädlichen Wirkungen der Wogen und des Einsinkens

auf den Molenkörper zu vermindern, ist es vorteilhaft, die Blöcke in schrägen Lagen zu versetzen, wie man es in Scheveningen gemacht hat.

Die gesammelten Erfahrungen bei den Ymuider Anlagen beweisen ferner, dass in Häfen mit den gleichen Verhältnissen, d. h. da, wo die Sandanhäufung verhältnismässig schwach ist, die Herstellung und Erhaltung der Tiefe sich mit Hülfe von Saugbaggern erfolgreich durchführen lässt. In Ymuiden hat man durch Bagger an der Einfahrt eine grössere Tiefe erhalten als dort vor dem Hafengebäude vorhanden war. Das darf aber nicht dahin verallgemeinert werden, dass man die beiden Molen allgemein bis zu einer geringeren Tiefe vortreiben dürfte, als derjenigen, welche die Schifffahrt erfordert, und dass die beabsichtigte Tiefe weiter durch Baggern erreicht werden könnte. Diese letztere Methode wird nur in dem Falle angewendet werden dürfen, wenn die Verlängerung der Molen bis zu der beabsichtigten Tiefe aussergewöhnliche Kosten verursachen würde.

II. — Bericht von Vernon-Harcourt.

Der Verfasser betrachtet die Häfen an sandiger Küste nach folgenden drei Kategorien : 1. Lagunen-Häfen ; 2. Häfen mit doppelten Molen ; 3. Häfen, die durch Molen in tiefem Wasser gebildet sind.

Die Schlussfolgerungen des Verfassers über die Lagunen-Häfen gründen sich auf die Betrachtung der besonders typischen Häfen, nämlich : Venedig (Italien), Hull (England) und Durban (Afrika).

Die Lagunenhäfen liegen in Lagunen; das sind ausgedehnte Wasserflächen, welche durch die Anschwemmungen der See versandet und von ihr durch schmale Landstreifen getrennt sind. Letztere sind gewöhnlich von Rinnen durchschnitten, welche die Lagunen mit der See verbinden. Diese Rinnen dienen naturgemäss als Einfahrt in die Lagunenhäfen; sie in einer für die Schiffbarmachung ausreichenden Tiefe zu halten, ist daher eine Frage von der allergrössten Wichtigkeit. Der Verfasser lenkt die Aufmerksamkeit auf die Tatsache, dass sich in diesen Rinnen selbst bei schwacher Gezeitenströmung ein periodischer ziemlich starker Strom ausbildet wegen der grossen Wasserfläche der Lagune. Die Stärke des Stromes, der die Sohle der Rinne aufwühlt und ihre Tiefe erhält, hängt einerseits von der Wassermasse

der Lagune, andererseits von der Anzahl der Rinnen ab. Man muss also zur Erhaltung der Tiefe in den Hauptrinnen die Wassermasse der Lagunen möglichst zu vergrössern suchen.

Aus diesem Grunde stellt jede Baggerung in den Lagunen, die zur Spülung der Becken vorgenommen wird, und jede Befestigung der Ufer, die darauf gerichtet ist, die Becken vor Versandung zu schützen, nach dem vorliegenden Berichte eine nützliche Arbeit dar. Die Befestigung des Landstreifens, welcher die Lagune vom Meere trennt, leistet gleichfalls wirksame Hülfe, weil dadurch die Bildung neuer Rinnen zwischen der Lagune und dem Meere verhindert wird. Der Verfasser hebt weiter hervor, dass die Wirkung der Lagune auf die Sohle der Rinne zur Herstellung schiffbarer Rinnen nicht immer genügt. Das Wasser, welches aus den Lagunen zum Meer fliesst, trifft nämlich beim Austritt aus der Rinne auf das ruhende Meerwasser, wodurch seine Geschwindigkeit verloren geht und seine lebendige Kraft unter Umständen soweit geschwächt wird, dass die beabsichtigte Tiefe in der Rinne ohne Baggerhülfe nicht erhalten werden kann. Wenn ein Fluss in die Lagune mündet, kann er zur Spülung der Rinne beitragen, sofern er nicht selbst erhebliche Mengen an Sinkstoffen führt, andernfalls ist der Wasserlauf viel eher schädlich. So ist man z. B. in Venedig dazu gekommen, drei Flüsse, die sich in die Lagune ergossen, abzuleiten; in Durban hat der Fluss Umgheni in nächster Nähe der Lagune sein Bett selbst verlegt und eine neue Flussmündung ausgebildet; dieser Umstand hat den Hafen vor den Sinkstoffen des Flusses bewahrt. Um den Ebbestrom für die Spülung der Rinne möglichst weit ins Meer hinaus ausnutzen zu können, empfiehlt es sich, ihn zwischen zwei Molen einzufassen, welche ihn bis in grosse Meerestiefen hinausleiten; so hat man die Tiefe des Kanals Mollamocco in Venedig von 3,2 m auf 8,8 m und den Lido-Kanal 2,4 auf 6,5 m gebracht (1905).

Bei der zweiten Kategorie, den Häfen mit doppelten Molen, an sandiger Küste, erinnert der Verfasser an den bekannten Fall von Dunkerque, wo die Herstellung von Spülanlagen zur Offenhaltung der Fahrrinne den Erwartungen nicht entsprochen hat. Der Berichtersteller macht die Bemerkung, dass es erst nach dem Aufkommen grosser Saugebagger, die auch bei Seegang auf offenem Meer arbeiten können, gelungen ist, die Tiefe an der Einfahrt von Häfen an sandiger Küste offen zu halten. Neben dem Bau der beiden Molen quer zur Barre müssen Baggerungen erfolgen, und zwar muss man ausser der Vertiefung der Rinne vor

den Molen die ganze ihr benachbarte Partie auf der Seite der Küstenströmung vertiefen, um so eine Ablagerungsstätte für die Sandmassen zu haben, bevor diese in die Rinne gelangen.

Die Herstellung von Häfen der dritten Kategorie schliesslich, die durch konvergierende Molen in tiefem Wasser gebildet werden, bietet die grössten Schwierigkeiten. Der Bau der Molen, die von der Küste aus weit vorgestreckt werden, bewirkt eine Versandung der Luvseite und einen Abbruch des Strandes auf der Leeseite der Mole. Die günstigsten Bedingungen für einen Hafen dieser Art bestehen da, wo die Sanddrift der Küste entlang abwechselnd nach beiden Richtungen hin stattfindet, da sich dann in den äusseren Winkeln, die von den Molen und der Küstenlinie gebildet werden, ein Gleichgewichtszustand zwischen der Versandung und dem Uferabbruch herausbildet. Dies ist der Fall bei dem Hafen Ymuiden, wo die normale Tiefe an der Hafeneinfahrt bequem durch Saugbagger erhalten werden kann. In letzter Zeit hat man begonnen, Häfen zu erbauen, die aus einem Wellenbrecher bestehen, der entweder parallel zur Küste liegt, oder einen gewissen Winkel mit ihr bildet; er wird ausserhalb des Bereiches der Sanddrift erbaut und ist mit dem Lande durch einen offenen Viadukt verbunden. Dieses Prinzip ist bei den neuerdings in der Rosslare-Bai (Irland), in Ceart (Brasilien) und in Zeebrügge erbauten Häfen angewendet worden. Der erstgenannte Hafen hat ein vorzügliches Ergebnis gehabt; der zweite hingegen ist versandet, was der Berichtersteller einer fehlerhaften Richtung der massiven Mole zuschreibt, die innerhalb des Bereichs der Sanddrift erbaut ist und nun der Sandbewegung ein Hindernis entgeggestellt.

Der Verfasser kommt zu nachstehenden Schlussfolgerungen :

1. Die Erhaltung und Verbesserung von Lagunen-Häfen bedingt die Beseitigung der Ursachen der Versandung, die Entfernung der in den Lagunen und Rinnen unvermeidlichen Ablagerungen durch Baggern, die Befestigung des Sandes auf dem die Lagune von dem offenen Meer trennenden Landstreifen, die Vertiefung der Hafeneinfahrt durch Einfassung der Hauptrinne zwischen zwei Molen und Unterstützung durch mässige Baggerung;

2. Die Verbesserung und Erhaltung der Zufahrt zu Molenhäfen ist durch Baggerung mit Saugbagger zu bewerkstelligen. Die Baggerung muss in der Hauptrinne und an einer Stelle des Meeres stattfinden, welche nach der Seite hin liegt, von der die Sände kommen. Die erzielbare Tiefe und der Umfang der Baggerung

hängen von den örtlichen Verhältnissen ab und davon, ob die Verkehrsaussichten des Hafens zu- oder abnehmen.

3. Häfen, die durch konvergierende, weit in die See hinausreichende Molen gebildet werden, können allein da erbaut werden, wo eine nur mässige Sandbewegung stattfindet und besonders da, wo die Küstenströmung nach beiden Richtungen hin wechselt; es ist rätlich, dem Wellenbrecher eine vom rechten Winkel etwas nach innen abweichende Richtung gegen die Küste zu geben, um die Trieb sandströmung um den Molenkopf herum zu erleichtern und Ablagerungen dort möglichst zu vermeiden. In Fällen jedoch, wo die Trieb sandströmung sehr bedeutend ist und namentlich, wo sie vorwiegend in einer Richtung stattfindet, bewirkt der Bau einer bis zum Lande hin massiven Mole schnell eine Versandung auf der Luvseite der Mole. Liegen solche Verhältnisse vor, so muss der Hafen, wenn möglich, ausserhalb des Bereichs der Trieb sandströmung angelegt werden, andernfalls würde die sonst schnell zunehmende Versandung beeinflusst werden von der Länge der Mole und den örtlichen Verhältnissen im Bereich der Trieb sandströmung; in Buchten, wo das Wasser die Sinkstoffe bis auf grosse Entfernung von der Küste schwebend trägt, dürfte der Bau eines vor Versandung geschützten Hafens unausführbar sein.

III. — Bericht des Ingenieurs Lo-Gatto.

Der Berichterstatter gründet seine Schlussfolgerungen auf die Verhältnisse und Ausführungen von Häfen an sandigen Küsten, soweit sie zum Königreich Italien gehören. Der Verfasser teilt diese Häfen in zwei Hauptklassen: Häfen an Küsten mit schwachem Abfall, deren Neigung zwischen 1 : 100 und 1 : 650 wechselt (Ferrara, Pisa, Ravenna usw.) und Häfen an Küsten mit starkem Abfall, deren Neigung von 1 : 10 bis 1 : 40 wechselt (Ancona, Cornigliano, Pegli). Diese Einteilung ergibt sich durch die völlige Verschiedenheit des Charakters dieser Häfen: bei den ersten zeigt die Küste das Bestreben, ins offene Meer vorzurücken, bei den zweiten hingegen abzubrechen. Der Bau von Häfen der ersten Art bietet grosse Schwierigkeiten dar, da die Bauwerke, und zwar entweder die rechtwinklig oder unter einem Winkel zum Ufer gelegenen Molen oder auch die parallel zum Ufer laufenden Wellenbrecher

stets eine Sandanhäufung in der See und eine Aufhöhung des Vorstrandes verursachen.

Die weiter untenstehenden Schlussfolgerungen des Verfassers beruhen auf nachstehender, in den Häfen Italiens beobachteten, bemerkenswerten Erscheinung: Molen, die zu dem Zweck erbaut sind, die Sände festzuhalten und die dem Wind ausgesetzte Seite zu schützen, sind nach diesem Bericht völlig wertlos, wenn die Molenköpfe nicht bis zu einer Tiefe von wenigstens 10 oder 11 m vorge Streckt werden. Der Berichterstatter erklärt diese Tatsache nach der Theorie des italienischen Ingenieurs Cornaglio, die auf dem X. Schifffahrts-Kongress in Mailand von italienischen Ingenieuren mitgeteilt wurde. Nach dieser Theorie gibt es in einem gewissen Abstände von der Küste eine sogenannte neutrale Tiefenlinie, parallel zum Ufer mit folgender Eigentümlichkeit: Die Bodenmoleküle zwischen dieser Linie und der Küste werden durch die Wellenbewegung nach dieser hin getrieben, während die Bodenmoleküle ausserhalb dieser Linie infolge der Bewegung ins offene Meer hinaus getragen werden. Die Lage dieser neutralen Linie hängt von der Stärke der Bewegung, von der Beschaffenheit des Grundes, von der Sandkorngrösse und anderen lokalen Bedingungen ab. Ihre Lage im Mittelmeer findet sich für heftige Stürme in einer Tiefe von 10 bis 11 m. Auf Grund dieser, durch zahlreiche Beobachtungen an den Küsten und in den Häfen bestätigten Ueberlegungen (Kap Termoli, Kap Penna, Häfen von Moris, San Remo, Ortona u. s. w.), empfiehlt der Verfasser die Molen so weit zu verlängern, dass der Kopf die neutrale Linie erreicht. Es ist ausserdem nötig, zwei Molen zu bauen; man hat nämlich bemerkt, dass sich auf beiden Seiten des Bauwerks der Vorstrand aufhört, wenn man nur eine baute (Ortona). Aber die Anhäufung des Sandes in der Nähe der Molen beeinflusst die Küstenlinie und lässt unmerkbar die neutrale Linie der offenen See zu vorrücken. Man muss unter diesen Umständen durch Baggerung und Verlängerung der Molen Abhülfe schaffen: zu dem Zweck darf ihre Grundriss-Anordnung der Weiterführung keine Schwierigkeiten bieten. Der Verfasser betrachtet weiter die Lagunenhäfen, bei denen die beiden Molen nicht bis zur neutralen Linie reichen können, da das Wasser hier während der Ebbe und Flut zur Hauptrinne hinströmt, die es seinerseits vertieft, trotz der Bildung einer breiten Barre an den Seiten der beiden Molen. Es ist in diesem Falle leicht, die Rinne durch Baggern tief zu halten. So liegen die Verhältnisse am Hafenskanal Corsini, bei Ravenna und am Lido-Hafen in Venedig.

Der Verfasser kommt zu nachstehenden Schlussfolgerungen :

1. Häfen an sandiger Küste müssen zweckmässiger von zwei Molen als von einer einzigen gebildet werden ;

2. Unabhängig von der für die Schifffahrt nötigen Tiefe müssen die Schutzmolen bis zur neutralen Linie verlängert werden, die sich im Mittelmeer in 10 bis 12 m Tiefe findet ;

3. Wenn die Molen allmählich zur Anlandung beitragen, muss man sie stets so anordnen, dass man sie später verlängern kann ; andernfalls bildet Baggerung das einzige Mittel, die Tiefe an der Einfahrt zu erhalten ;

4. Die Verlängerung der Molen kann wirkungslos sein, wenn die Sandmasse zu gross ist, wie es z. B. der Fall ist, wenn sich in der Nähe des Hafens ein Fluss ins Meer ergiesst und dieser selbst viele Sinkstoffe schwebend mit sich führt ; es bestätigt sich mehr und mehr die Ansicht, dass in solchem Falle Baggerungen zweckmässig sind ;

5. In den Lagunenhäfen, wie in Venedig und Ravenna, kann die Tiefe der Rinne durch die natürliche Strömung infolge von Ebbe und Flut offen gehalten werden, selbst wenn die Fluthöhe nur gering ist ;

6. In Häfen an sandiger Küste können unter der Einwirkung der Schutzbauten des Hafens und infolge der dadurch bedingten Aenderungen in der Triebandsbewegung Uferabbrüche auftreten, die für die Wohnstätten an der See gefährlich werden können ; bei Aufstellung neuer Hafentwürfe an sandigen Küsten sollte man auf eine solche Möglichkeit sein Augenmerk richten.

IV. — Bericht von Sanford.

Sanford beschreibt die Küsten des Atlantischen und des Stillen Ozeans im Bereich der Vereinigten Staaten, wie auch die des Golfes von Mexiko, und der Michigan, Huron, Erie und Ontario Seen und die Hafendarbeiten von New-York, Charlestown, Port-Royal, Braunschweig Halvestown, Cleveland u. a. Die Untersuchung dieser Arbeiten führt Sanford zu der Schlussfolgerung, dass in den letzten Jahren die Vervollkommnung der Baggerapparate eine Umwälzung in den Baumethoden der Häfen an

sandiger Küste hervorgebracht hat. Eine wesentliche Neuerung liegt in der Tatsache, dass man mit Saugebaggern auf offenem Meer bei Seegang arbeiten kann. Ehemals hielt man es für nötig, doppelte Molen zu bauen. Die Wirkung derselben hat sich bei den Anlagen von Charlestown gezeigt, wo der Bau von Molen als Stromleiter zur Vertiefung der Rinne von 21 auf 30 Fuss (= 6,4 auf 9,1 m) beigetragen hat. Aber die nach der offenen See zu abgeschwemmten Sinkstoffe lagerten sich ausserhalb der Molenköpfe und bildeten an der Einfahrt in die Rinne eine Barre. In der Gegenwart geht in Amerika die Auffassung dahin, dass die Aufgabe der doppelten Molen darin besteht, die Rinne vor den Ablagerungen zu schützen, nachdem sie durch Baggern vertieft ist; für viele Gegenden, wo die Sandbewegung verhältnismässig klein ist, hält man es für unnötig, auf Molen zurückzukommen, glaubt vielmehr, dass eine Rinne ausschliesslich durch Baggern hergestellt und unterhalten werden kann.

V. — Bericht von Ivanina und Aeckerle.

Im ersten Teile ihres Berichtes stellen die Verfasser Ivanina und Aeckerle unter Zugrundelegung der Peilungsergebnisse im Gebiete des Libauer Hafens in den Jahren 1886 bis 1903, eine genaue Inhalts-Berechnung der Sandmassen an, die sich dort innerhalb des betrachteten Zeitraumes angesammelt haben.

Die Berechnungen erstrecken sich auf zwei verschiedene Teile des Hafens: 1. auf den Raum zwischen dem Meridian 20° 57' und den äusseren Anlagen des Hafens, und 2. auf den durch diese Anlagen geschützten Raum.

Die Berechnungen führen zu folgenden Ergebnissen: für das erste Gebiet, auf offener Reede, stellen sich die jährlichen Sandablagerungen auf rd. 350 000 cbm, was einer Schicht von 0,044 m mittlerer Dicke entspricht; für das zweite, im Schutze der Molen, betragen die jährlichen Ablagerungsmengen rd. 131 000 cbm, was einer mittleren Schicht von 0,017 m Dicke entspricht.

Die Verfasser sind der Ansicht, dass zur Vermeidung der fortschreitenden Versandung der Einfahrt in den Kriegs- und Handelshafen von Liebau und auch der Reede alljährlich die oben angegebenen Sandmassen durch Baggern beseitigt werden müssen.

In dem zweiten Teile ihres Berichtes untersuchen die Verfasser eingehend, wie die zunehmende Versandung des Windauer Hafens vor sich geht. Hier haben sich die Meerestiefen von 27 Fuss (= 8,2 m) an nicht geändert, weder bei dem Bau der Molen, noch nach ihrer Verlängerung, die 697 Saschehn (= 1 480 m) an der Südmole und 969 Saschehn (= 2 070 m) an der Nordmole betrug. Aber die Bodenkurven der übrigen Tiefen sind in dem Zeitraum von 1901 bis 1906 seewärts gerückt, namentlich an der Aussenseite der Südmole; hinter ihr hat sich die Küstenlinie um 100 Saschehn (= 215 m) seewärts verschoben; hinter der Nordmole ist sie an einigen Stellen vorgerückt, an anderen zurückgegangen.

Während der Herbst- und Winterstürme versandet die Barre an der Hafeneinfahrt bisweilen insofern, als auf eine Länge von 120 Saschehn (= 256 m) sich die Tiefe von 25 Fuss (= 7,6 m) auf 20 und 22 Fuss (6,1 und 6,7 m) vermindert. Alljährlich muss man ausserhalb dieser Barre 15 000 bis 25 000 Kubik-Saschehn (145 000 bis 243 000 cbm) Sand fortbaggern.

Da es nötig ist, die Rinne durch die Barre schnell, in einem oder zwei Tagen, wieder zu vertiefen, um den Schiffen die Durchfahrt zu ermöglichen, sind die Verfasser der Ansicht, dass es unerlässlich ist, im Windauer Hafen einen Saugebagger zu haben, der stündlich 100 Kubik-Saschehn (= 971 cbm) Sand fortschaffen kann, und der, wenn er nicht im Hafen arbeitet, auch an anderen Stellen der Ostsee Verwendung finden kann.

Die Verfasser rechnen auch mit der Notwendigkeit, in früherer oder späterer Zukunft entweder die Molen zu verlängern oder Baggerungen in bedeutend grösserem Umfange auszuführen. Die Sandablagerungen, welche von der Windau innerhalb der Hafemolen in der Rinne verursacht werden, erfordern nach ihrer Ansicht auch periodische Baggerungen, durch die nur alle 2 oder 3 Jahre 15 000 bis 20 000 Kubik-Saschehn (= 145 000 — 195 000 cbm) Sand fortzuschaffen wären.

Die Berichterstatter formulieren ihre Schlussfolgerungen demgemäss :

Es ist unmöglich, ohne systematische jährliche Baggerungen die Einfahrt und die Reede der Ostsee-Häfen an sandiger Küste in der für die Schifffahrt nötigen Tiefe zu erhalten. Ohne Zuhülfenahme solcher Mittel erscheint sogar der Bestand dieser Häfen in Frage gestellt.

Nach den vorliegenden Berichten kann man folgende allgemeine

Schlussfolgerungen für den Bau von Häfen an sandigen Küsten aufstellen :

1. Der seeseitige Zugang der Lagunenhäfen, in den der Ebbe und Flut unterworfenen Meeresteilen kann gesichert werden durch den Bau eines Molenpaares in der Hauptrinne der Lagune; die Ebbe- und Flutströmung von und zu der Lagune genügt gewöhnlich zur Abschwemmung der Sände von der Barre, die sich ausserhalb der Molenköpfe bildet; Baggerungen braucht man nur gelegentlich als Hilfsmittel vorzunehmen. Es empfiehlt sich in den Lagunenhäfen alle Massnahmen zu treffen, welche dazu beitragen können, die Wirkungen der Gezeitenströmung auf die Abschwemmung der Barre zu verstärken; diese Massnahmen müssen darauf hinzielen, die Wassermasse der Lagune zu vergrössern und die Nebenrinnen zu sperren;

2. Für einen Lagunenhafen an einem der Ebbe und Flut nicht unterworfenen Meere, für einen Binnenhafen an der Ausmündung eines Flusses oder Kanales, und für einen in die Küste eingeschnittenen Hafen, dessen Einfahrt schon durch zwei parallele Molen mit geringem gegenseitigem Abstände geschützt ist, wird das beste Mittel zum Schutz der Einfahrt gegen Versandung eine Verlängerung der Molen bis auf eine solche Tiefe sein, in welcher der stärkste Seegang keine Wirkung mehr auf den Meeresboden auszuüben vermag. Zur Erhaltung der Tiefe an der Einfahrt solches Hafens kann man nicht mehr auf die Wirkung einer Strömung des Flusses oder der Rinne einer Lagune rechnen; man kann nur zu mächtigen Saugebaggern mit eigener Fortbewegung greifen, die imstande sind, bei Seegang auf der Barre zu arbeiten, die sich ausserhalb der Molenköpfe bildet.

Bei der Herstellung neuer Häfen mit Ausnahme der Lagunenhäfen an Meeresteilen mit Ebbe und Flut, kann man den Bau zweier paralleler Molen nicht empfehlen; diese Hafenbauart würde immer einen schweren Fehler besitzen, das Fehlen einer Reede. Bezüglich der Versandung bieten die Häfen mit zwei parallelen Molen keinerlei Vorteil vor denen, bei welchen die Molen in einem gewissen gegenseitigen Abstände so erbaut sind, dass sie eine Reede mit angemessener Wasserfläche bilden;

3. Bei der Herstellung von Häfen, welche an sandiger Küste durch Aussenwerke gebildet werden, die eine grosse Reede schützen, kann der Schutz entweder aus zwei Molen mit ausreichendem gegenseitigem Abstände und mit Anschluss an das Ufer

bestehen, oder aus einem Wellenbrecher ohne Verbindung zum Ufer oder mit Verbindung durch einen offenen Viadukt.

Die erste dieser beiden Bauweisen ist bisher meistens angewendet; sie liefert verhältnismässig gute Ergebnisse in Meeren, wo die längs der Küste in Bewegung befindlichen Sandmassen nicht sehr beträchtlich sind.

Die Molen müssen in jedem Falle bis zu einer möglichst grossen Tiefe vorgetrieben werden, wo ein heftiger Seegang keine Einwirkung mehr auf den Boden hat. Diese Bauten, und zwar namentlich diejenigen, welche den Hafen auf der Seite der beweglichen Sände schützen, müssen unter einem gewissen Winkel zur Küste angeordnet werden, damit ein Teil der Sände leicht an dem Hafen vorbeikommt. Aber selbst wenn man zu Molen von grosser Länge seine Zuflucht nimmt, wird die Einfahrt in diese Häfen stets versanden, und man muss dem Ueberhandnehmen der Sände entgentreten durch mächtige Saugebagger mit eigener Fortbewegung, die imstande sind, bei Seegang zu arbeiten.

Die zweite Art der Herstellung eines Hafens, welche in dem Bau von Wellenbrechern besteht, hat noch keine genügende Anwendung gefunden, um ein Urteil über ihre Vor- und Nachteile gegenüber der ersten zuzulassen, und um eine Erklärung über den wissenswerten Punkt zu ermöglichen, ob die sich zwischen dem Ufer und dem Wellenbrecher ablagernden Sände leichter durch Baggern zu bekämpfen sind, als die bei der ersten Art sich vor der Hafeneinfahrt auf hoher See absetzenden, wenn also die Molen bis zur Küste reichen.

Allem Anscheine nach wird man die Wahl der Wellenbrecher empfehlen können, wenn die der Küste entlang treibenden Sandmassen beträchtlich sind. Die Wellenbrecher müssen dann möglichst weit ab von der Küste gelegt werden. Bei freistehenden Wellenbrechern, und namentlich bei Wellenbrechern mit Landverbindung durch einen offenen Viadukt, lassen sich die Sandablagerungen in dem abgetrennten Gebiete im Schutze der Wellenbrecher mit Hülfe von Eimerbaggern beseitigen.

A. A. BRANDT,

Direktor und Professor
am Institut für Ingenieure der Verkehrswege.