

22

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt

4. Frage

Bauart der äusseren Molen der Häfen

MIT

Rücksicht auf die Gewalt der Wellen,

DENEN SIE WIDERSTEHEN MÜSSEN.

SCHÄTZUNG DIESER KRAFT

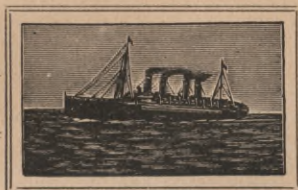
GENERALBERICHT

VON

M. LO GATTO

Chief-Ingenieur des Genio Civile.

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



11-354 224

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316812

3PA-3-14/2019

Bauart der äusseren Hafendamme mit Rücksicht auf die Kraft der Wellen, denen sie widerstehen sollen. Schätzung dieser Kraft.

GENERALBERICHT

VON

M. LO GATTO

Ingenieur en chef du Génie Civil

Die dem Congress vorgelegten Berichte über die 4^{te} Frage sind acht an Zahl, nämlich :

1. Von *L. F. Vernon-Harcourt*, Mitglied des Vereins der Civilingenieure zu London.
2. Von *de Joly*, Ingenieur der Brücken und Wege zu Paris.
3. Von *E. Simoncini und Genossen*, italienische Civilingenieure.
4. Von *W. Dyce Cay*, Mitglied des Vereins der Civilingenieure zu London und der Königlichen Vereinigung der schottischen Ingenieure.
5. Von *Bernardini*, italienischer Civilingenieur in Genua.
6. Von *E. Coen Cagli*, italienischer Civilingenieur in Neapel.
7. Von *Anderson*, vortragender Rat in Berlin.
8. Von *C. Bech*, Ingenieur bei der Direction für die Wasserbauten Dänemarks.

Diese Berichte behandeln gröstenteils fertige oder im Bau befindliche Werke in den Ländern der Berichterstatter ; einige enthalten sehr bemerkenswerte Betrachtungen über die Bauart der äusseren Molen, welche Anlass zu interessanten allgemeinen Schlussfolgerungen geben. Die Frage der Schätzung der Wellenkraft ist von einigen Berichterstattern studiert worden ; andere beschäftigen sich damit nicht.

Der Generalberichterstatter ist der Ansicht, dass sein Bericht in zwei Teile zerfallen muss, indem er die Schätzung der Wellenkraft trennt von der Bauart der Molen, die auf diese Kraft Bezug nimmt.

I. — Schätzung der Kraft der Wellen.

Diese Frage ist weder von Simoncini und Genossen noch von Anderson oder Bech behandelt worden.

Vernon-Harcourt bemerkt, dass die Kraft der Meereswogen abhängt von ihrer Höhe, der Wellenlänge und ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit, sowie dass die grössten Wellen an Orten entstehen, wo die Ausdehnung des offenen Meeres am grössten ist und wo die grossen Tiefen bis an die Küste reichen; ferner, dass die Sandbänke oder Untiefen, die sich in einigem Abstand vom Ufer ausdehnen, die Wellen mässigen, indem sie Brandung verursachen und dass das Vorhandensein einer trichterförmigen Bucht wie z. B. von Wyck in Schottland und von Genua in Italien die Höhe und Kraft der Welle vermehrt.

Man hat manchmal versucht, die Kraft der Wellen nach ihren zerstörenden Wirkungen zu berechnen, aber nach dem Bericht-erstatte hat man nur sehr selten und in ganz besonderen Fällen zu nur sehr groben Schätzungen gelangen können. Der Bericht-erstatte schätzt sehr die directe Messung des Wellenstosses mittels Dynamometer des verstorbenen Thomas Stevenson, welches Stösse im Maximum von $33\text{--}39 \frac{t}{m^2}$ an den West- und Nordküsten von Schottland festzustellen gestattete; er schätzt sie umso mehr als Sir William Bailey aus Manchester das Instrument vervollkommnet hat, indem er Mittel zur zeichnerischen Darstellung der Angaben anbrachte.

Der Bericht-erstatte glaubt, dass hinsichtlich der Stärke, welche man den Molen zu geben hat, um ihren Widerstand der Heftigkeit der Angriffe anzupassen, Beobachtungen über die Kraft der Wellen während der Stürme, an verschiedenen Punkten der Küste mit einem Dynamometer nach Bailey'scher Bauart ausgeführt, in Verbindung mit Feststellungen über den Winddruck an den gleichen Punkten, einen beträchtlichen Wert haben würden.

Dyce Cay erörtert die Formeln, welche die Kraft der Wellen zu berechnen gestatten. Nachdem er die Wirkung des Wellenstosses, wie die einer — unabhängig von der inneren Kreisbewegung der Wasserteilchen — mit gewisser Geschwindigkeit gegen ein Hindernis geschleuderten Wassermasse betrachtet hat, findet er, dass die obengenannte Wirkung eine grössere Aehnlichkeit mit dem Druck einer strömenden Flüssigkeit gegen

eine untergetauchte Platte hat und bezieht sich auf die wohlbekannte Formel des Lord Rayleigh :

$$P = \frac{2 \pi \sin \alpha \cdot \rho \cdot A \cdot v^2}{4 + \pi \sin \alpha \cdot 2g}$$

wo ρ das spezifische Gewicht des Wassers, v die Stromgeschwindigkeit, A die getroffene Oberfläche, g die Beschleunigung, α den Neigungswinkel der Platte zur Strömung bedeutet.

Für den Druck in der Richtung der Bewegung $\alpha = 90$ ist:

$$P = \frac{2 \pi \rho \cdot A \cdot v^2}{4 + \pi \cdot 2g}$$

welches sich schreiben lässt :

$$P = m \cdot \rho \cdot \frac{A v^2}{2g} \text{ wo } m = 1.96$$

Dieselbe Ansicht wird, nach dem Berichterstatter, durch Gaillard, Hauptmann in amerikanischen Ingenieurskorps, ausgedrückt, welcher dieselbe Formel setzt $P = m \cdot \rho \cdot \frac{A \cdot v^2}{2g}$ jedoch m den Wert 1,31 giebt. Uebrigens würde nach Mariotte dieser Wert 1,25 sein, nach Joessel 1,62, nach Dubuat und Thibault 1,85.

Der Hauptmann Gaillard fügt nach dem Berichterstatter hinzu, dass die Geschwindigkeit v , wenn die Welle bricht, ersetzt werden muss durch $v + v''$ wobei v'' die zutretende Geschwindigkeit ist, welche der Wellenscheitel beim Brechen erhält. Da

$v'' = \frac{1}{3} v$ wird die Gleichung :

$$P = \frac{m \cdot \rho \cdot A \left(\frac{4}{3} v \right)^2}{2g}$$

und ist ziemlich genau anwendbar in dem Falle, wo eine Welle unmittelbar vor der Berührung eines Werkes bricht.

Der Berichterstatter bemerkt schliesslich, dass bis jetzt keine Versuche gemacht worden sind, um die in verschiedenen Punkten der Wellenhöhe ausgeübten Drucke zu bestimmen. Daher wird man sich, solange diese Werte nicht bestimmt worden sind, damit begnügen müssen, die wirklichen Angriffe, denen die dem Wellenstoss ausgesetzten Werke unterworfen sind,

durch Anwendung der oben gegebenen Formeln roh zu schätzen, wobei man den Erfahrungen der Praxis Rechnung trägt. Coen Cagli macht eine Anwendung der vorgenannten Formel auf die im Bau befindliche Mole im Hafen von Neapel. Indem er $v=13,50$ m setzt, findet er einen Angriff von $13\,000\text{ kg/m}^2$, was gar nicht sonderbar ist. Uebrigens sollte die Mole von Neapel nur sehr mässige Angriffe aushalten zufolge ihrer verhältnismässig schwachem Wellengange ausgesetzten Lage.

Bernardini berechnet die Gewalt der Wogen während des Wellenschlages am 27. November 1898 in Genua nach der zerstörenden Wirkung, die durch den Umsturz der Schutzmauer an der Galliera Mole dargeboten wurde.

Da die Verteilung der Angriffe auf die Schutzmauer nicht gleichmässig ist und diese Angriffe ihren Höchstwert nahe dem Wasserspiegel erreichen, findet er die angreifenden Kräfte P_1 P_2 am Fuss und an der Krone der Mauer, deren Höhe $6,60$ m ist, indem er in der obigen Formel für $\frac{v^2}{2g}$ die Druckhöhe H der senkrecht zur Mauer gerichteten Wasserstrahlen setzt und schreibt $P = m \cdot p \cdot A \cdot H$. Unter der Annahme von $m = 1,19$ nach Dubuat und da der Gesamtangriff auf die Schutzmauer dargestellt wird durch ein Prisma $\frac{P_1 + P_2 \times h}{2}$ wobei

$$P_1 = 1,19 \times 1,000 \times H = 1,190 H$$

$$P_2 = 1,19 \times 1,000 (H - 6,60) = 1,190 (H - 6,60)$$

sind, so ergibt sich das Druckprisma zu :

$$6,60 \times 1,190 \left(\frac{H + H - 6,60}{2} \right) = 3,30 \times 1,190 \times (2H - 6,60)$$

und da der Gesamtstoss durch die Reibung des Mauerwerkes aufgenommen werden muss (welche sich bei einem Betrage von $35\,000\text{ kg/m}^2$ auf $164\,630\text{ kg}$ für 1 lfm beläuft) setzt er die Gleichung :

$$3,30 \times 1,190 \times (2H - 6,60) = 164\,630,$$

woraus $H=24$ m folgt, der nach der Formel des Professor Cappa die wirkliche Höhe von

$$S = 0,8367 H - 0,003333 H^2 = 18,16\text{ m} \text{ entspricht.}$$

Der Berichterstatter findet demnach Drucke, am Fusse und an der Krone der Schutzmauer von 27 500 kg bezw. 20 700 kg. Er schliesst jedoch, dass, da Wasserstrahlen von 20 m Höhe beim Abnehmen des Orkans beobachtet wurden, möglicherweise bei der Stärke des Unwetters der Wellenschlag zu stärkeren Angriffen als oben berechnet geführt hat. Bei der allgemeinen Betrachtung über die Frage der Wellenwirkung auf die Bauwerke bemerkt Bernardini, dass in der Regel die grössten Angriffe auf die Bauwerke sich nur nach und nach auf beschränkten Teilen geltend machen und an Punkten, die weit genug von einander entfernt sind ; es folgt daher bei dem Zusammenhang des Bauwerkes (es handelt sich besonders um Mauerwerk) dass die am heftigsten getroffenen Teile eine Stütze in den benachbarten weniger getroffenen finden, was den Widerstand des Bauwerkes in einem Masse vermehrt, dass es überhaupt unmöglich ist, ihn zu bestimmen.

de Joly ist der Meinung, dass die Angriffe der Wellen auf die äusseren Hafenmolen wesentlich dynamische sind und nicht unter der Form statischer Drucke geschätzt werden dürfen. Deshalb kann man nicht als Ausgangspunkt für die Schätzung dieser Angriffe die Beschädigungen, die an Molen vorgekommen sind, nehmen, was übrigens — sei es hinsichtlich der Mörtelfestigkeit, sei es hinsichtlich der Reibung — Annahmen erfordern würde, die der Wahrheit nicht entsprechen können.

Vernon-Harcourt ist, wie man gesehen hat, derselben Meinung.

de Jolly hat kein Vertrauen zu dem Stevenson'schen Dynamometer und erkennt die Höchstwerte von 30 000 kg nicht an, die als Ergebnisse der klassischen Messungen von Thomas Stevenson gefunden wurden ; übrigens handelt es sich bei der Anwendung eines aussergewöhnlichen Angriffes darum, auch die Grösse der Angriffsfläche zu kennen, welche nur sehr gering sein könnte, wie es zahlreiche Versuche zeigen. Für die Schätzung der dynamischen Wirkungen mittels Rechnung muss man, wie de Joly bemerkt, die Eigentümlichkeiten der Wellen und die Coefficienten kennen. In Frankreich macht man, seit langem an Bord der Feuerschiffe, planmässige Beobachtungen über die Bewegungen des Meeres und die Höhe, Länge, Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Schwingungsdauer der Wellen bei stürmischem Wetter ; aber diese Beobachtungen sind unglücklicherweise nicht überall in einer geordneten Weise durchzuführen. Uebrigens wird, wie Vernon-Harcourt auch bemerkt hat, der Wellenschlag in der See durch die Bildung der Ufer

unmittelbar an den Zugängen eines Hafens und durch den Verlauf der Tiefen, welche sich längs der Ufer vorfinden, gründlich beeinflusst. Da sich schliesslich die Kraft der Wellen jeder genauen Messung entzieht, um ohne übermässige Kosten den Molen oder Dämmen die erforderliche Widerstandsfähigkeit zu geben, und da es keine Formel zu ihrer Berechnung giebt (folgt de Joly), dass der Ingenieur nützliche Werte zur Schätzung bei der Prüfung der bestehenden Bauwerke finden kann und beim aufmerksamen Studium nicht nur des Wesens des Seeganges sondern auch der Einflüsse, welche Ufergestaltung und Tiefenlinien in der Nähe der Häfen auf ihn ausüben.

Der Generalberichterstatter stimmt der Ansicht de Joly's vollständig zu, wenn er auch einige der von den anderen Berichterstattern entwickelten Betrachtungen würdigt.

Er fügt noch seinerseits hinzu, dass selbst wenn die Kraft der Wellen und die grössten Angriffe auf die Seebauten geschätzt werden könnten, diese Angaben nicht zu Widerstandsberechnungen für die Bauwerke führen könnten, da es sich bei Orkanen um die taktmässige Wiederholung dynamischer Wirkungen während einer bestimmten Zeit handelt, und Zerstörungswirkungen, welche sich zuerst nicht zeigen, nach und nach eintreten können, wenn das Unwetter ankalt.

Der Generalberichterstatter schlägt dem Congress folgende Beschlussfassung vor :

Die Kraft der Wellen und die wesentlich dynamischen Wirkungen, die sie auf die äusseren Molen ausüben, entgehen jeder genauen Messung.

Die Zerstörungswirkungen an den Seebauten sind veranlasst durch eine taktmässige Wiederholung der dynamischen Angriffe, die sich durch keine noch so empfindliche Messung voraussagen lässt.

Bei den Entwürfen von neuen Seebauten kann der Ingenieur nur in der Prüfung der bestehenden Bauwerke seine Zuflucht nehmen, indem er vergleichsweise Rechnung trägt dem Wesen des Seeganges, der Uferlinie und dem Verlauf der Tiefen in der Nähe des Hafens und jedem anderen Umstand, der imstande ist, ihm nützliche Grundlagen zur Schätzung zu geben.

II. — Bauart der Molen mit Rücksicht auf die Kraft der Wellen.

Wie der Generalberichterstatter schon bemerkt hat, beschäftigen sich die vorgelegten Berichte besonders mit ausgeführten oder in den Ländern der betreffenden Berichterstatter in Ausführung begriffenen Bauwerken ; jedoch derjenige von Bernardini, welcher sonst sehr interessant ist, betrachtet nur die Ausbesserungsarbeiten der sehr schweren Beschädigungen, die an einem Teil der Mole von Galliera in Genua infolge des Novembersturmes 1898 vorgekommen sind. Aber in allen Berichten giebt es manche Betrachtungen über die Bauart der Werke, welche der Generalberichterstatter zusammenfassen will.

Der Generalberichterstatter glaubt überdies, dass sein Bericht eine Teilung in verschiedene Paragraphen erfordert, wobei jeder einen Bauwerkstyp betrachtet, gemäss der folgenden Einteilung, die ungefähr der von de Joly angenommenen angepasst ist.

- 1.) Dämme ganz aus Steinschüttung hergestellt ;
- 2.) Dämme aus Steinschüttung und aus unversetzten Blöcken hergestellt ;
- 3.) Dämme aus Steinschüttung und versetzten Blöcken hergestellt ;
- 4.) Dämme mit senkrechten Wänden ;
- 5.) Dämme gemischter Bauart, bestehend aus einem Unterbau von Steinschüttung und einem senkrechten Aufbau.

§ 1. Dämme ganz aus Steinschüttung hergestellt.

Das sind die ältesten Arten von Molen, welche selbst in den Meeren mit Flutwechsel angenommen worden sind, als man keine andere Bauweise kannte und bei denen die Aufbauten oder Schutzmauern, welche sie trugen, manchmal keinen wesentlichen Teil des Baukörpers ausmachten, wie de Joly bemerkt.

Vernon-Harcourt sagt, dass diese Dämme sich nur bei der Herstellung eines bestimmten Profiles anwenden lassen, welches später nur durch das Meer gegeben wird ; sie geben Veranlassung zu einer Material-Verschwendung, da sie eine beträchtliche Grundfläche auf dem Meeresgrunde bedecken.

Bernardini bemerkt zunächst, dass diese Dämme einem ganz bestimmten Grundgedanken entsprechen, nämlich, dass sie eine

flache Böschung darbieten, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen beim Auflaufen durch die Wirkung der Schwerkraft allmählich erlahmen zu lassen und sagt, dass sie als aufgegeben betrachtet werden können, weil sie für den Bau sehr beträchtlich Zeit und Geld erfordern sowie eine fortgesetzte und kostspielige Unterhaltung infolge der Unmöglichkeit, die äussere Böschung in einen Zustand des stabilen Gleichgewichtes zu bringen und zu erhalten. Diese Schlussfolgerungen werden durch Coen Cagli bestätigt, welcher die Hauptregel aufstellt, dass dieser Typ zweckmässig ersetzt werden kann durch den gemischten Dammbau aus Steinschüttung mit Aufbau.

de Joly ist der Meinung, dass diese Dämme heutzutage nur in sehr geschützten Gegenden und in unbeträchtlichen Wassertiefen zulässig sind ; indess ist in Frankreich das einzige neuere Werk dieser Art die Ostmole der neuen Zufluchtsreedee von Brest, welche an der Spitze durch die 3 m hohen Wellen, die sich auf der grossen Reedee begegnen, getroffen wird. de Joly vergisst jedenfalls nicht zu bemerken,— was sehr wichtig ist — dass diese Dämme ebenso gut auf weichem Boden wie auf fester Sohle geeignet sind.

§ 2. *Dämme aus Steinschüttung und nicht versetzten Betonblöcken hergestellt.*

Dieser Typ ist gleichbedeutend mit dem vorbeschriebenen, wo man aus Mangel an natürlichem Material von sehr grossen Abmessungen für die Abdeckung der äusseren Böschung Betonblöcke nimmt, die unregelmässig durcheinander geworfen werden und deren Inhalt so gross sein kann, als man es verlangt. Die für den ersten Typ angestellten Betrachtungen sind auf dieses System anwendbar.

Ein klassisches Beispiel dieses zweiten Typ ist die Mole Napoléon zu Marseille ; auch in Italien hat er wichtige Anwendungen in den Wellenbrechern der Häfen von Catania, Bari, Molfetta, Ortona gefunden, wo die Abdeckung mit Blöcken bis zu verschiedenen Tiefen hinabreicht je nach der Bedeutung des Wellenangriffes. Simoncini und Genossen bemerken, dass dieser Typ in Italien bald aufgegeben wurde wegen der hohen Unterhaltungskosten, welche er erforderte. In der That, die Blöcke von 10 bis 16 cbm Inhalt und unabhängig von einander, werden leicht durch die See fortgeführt, welche sie nach dem Inneren des Hafens wälzt, wie dies in Catania vorgekommen ist oder

häufiger rollt sie die Blöcke auf die untere Böschung und verschleppt sie in die offene See. In Catania indess erkannte Simoncini, welcher die Bauten leitete, dass die obige Wirkung dem Mangel einer breiten Berme zum Schutze der Blöcke zuzuschreiben ist, welche bei dem Molenbau hätte vorgesehen werden müssen.

Bernardini, der gänzlich die Meinung seiner italienischen Fachgenossen teilt, erkennt in der Anordnung der durcheinander geworfenen Blöcke, Vorteile.

Nach Bernardini, giebt sie zu sehr geringer Brandung Anlass, weil die Kraft der Welle zum grossen Teil aufgezehrt wird und wenn ein Block fortgerissen wird, die benachbarten Blöcke seine Stelle einnehmen, indem sie so das Unheil beim Beginn aufhalten. In Frankreich hat man nach dem Bericht von de Joly die italienischen Auffassungen nicht geteilt und wenn der Typ, um den es sich handelt, keine Anwendung an den Küsten des Aermelmeeres und des Ozeans gefunden hat, abgesehen von sehr geschützten Gegenden, so ist er fast ausschliesslich für neuere Bauwerke in den Häfen des mittelländischen Meeres angewendet worden, wo die See sehr rauh ist, wo es aber Hilfsquellen an gutem Material im allgemeinen im Ueberfluss giebt. So z. B. findet man diesen Typ angewendet bei der Verlängerung des Wellenbrechers zu Marseille, bei dem grossen Wellenbrecher von Philippeville, bei der Verlängerung des Agha in Algier und bei dem ursprünglichen Profil der Nordmole in Bizerta. Auch de Joly ist der Ansicht, dass dieser Typ mit Erfolg anwendbar ist bei der rauhesten See unter Voraussetzung einer sorgfältig durchdachten Umrisslinie der Abdeckung, welche tief genug unter den Wasserspiegel reichen muss, keine senkrechte Wand darbieten darf, welche die Brandung erhöht, und in sehr flacher Böschung über Wasser und steiler unter Wasser angeordnet sein muss, so dass die Wellen in Höhe des Niedrigwassers brechen. Eine Variante dieses Typ, bei dem man die obigen Betrachtungen anwenden kann, bildet die Zusammensetzung des ganzen Schüttungskörper aus wild durcheinander geworfenen Betonblöcken. Dieser Typ wurde im Jahre 1850 für die 1200 m lange Mole des Hafens von Livorno angewendet.

§ 3. *Dämme aus Steinschüttung und versetzten Blöcken.*

Dieser Typ weist im allgemeinen die Abdeckung bis zu einer gewissen Tiefe nur an der äusseren Böschung einer gewöhnlichen Steinschüttung auf, wobei Betonblöcke verwendet werden, die regelmässig mit horizontalen Fugen versetzt werden. Diese Blöcke werden einer neben den anderen versetzt und zwar so, dass ihre grösste Abmessung senkrecht zur Axe des Bauwerkes steht.

In Italien ist man weitergegangen, d. h. bis zur Herstellung einer Mole die im Kern aus einfachen Moëllons besteht, mit Abdeckung durch versetzte Blöcke auf der See- und Hafenseite. Dieser Typ ist bei Civita-Vecchia für die nordwestliche Verlängerung des Wellenbrechers von Trajano und in Livorno für den Bau eines neuen Wellenbrechers im Süd-Westen des Hafens gewählt worden.

A. Abdeckung nur der äusseren Böschung.

Was die Abdeckung mit versetzten Blöcken nur der äusseren Böschung anbetrifft, so sind die Meinungen der Berichterstatter geteilt.

Simoncini und Genossen finden dieses System vernünftig und erinnern, dass es gewählt worden ist, für die Mole Galliera in Genua und für die Molen von Cagliari, Neapel, Cotona und Amalfi ; ihre Erklärungen beschränken sich jedoch darauf.

Vernon-Harcourt sagt nur, dass man festgestellt hat, dass die versetzten Blöcke weniger einer Verschiebung durch die Wellen ausgesetzt sind als wenn sie einfach durcheinander auf die Böschung geworfen werden. de Joly findet, dass die Kosten des eigentlichen Versetzens hoch sind ; dass die schlammige Beschaffenheit des Bodens und die Höhe der Steinschüttung Spannungen und innere Drucke hervorrufen, die in einem Körper von zusammenhängenden Blöcken gefährlich sind ; ferner dass es nicht möglich ist, die Hohlräume unter den Blöcken, die durch das Sacken und den Seegang entstanden sind, auszufüllen, ohne den Grundgedanken des Systems aufzugeben.

Coen Cagli sagt, dass diese Abdeckung zuerst in Genua für die Mole Galliera vorgeschlagen, mit einer Böschung 1 : 1 einen grössten Widerstand bei kleinstem Inhalt zu erreichen schien, dank der Standfähigkeit, welche die Blöcke in ihrer gegenseit-

gen Unterstützung und in der durch jede Fuge des fertigen Aufbaus übertragenen Auflast gefunden haben würden. Man fürchtete indess bald, wie er hinzufügt, dass jede Lockerung des Zusammenhanges, durch Wasserangriff oder durch Sacken in dem Blockkörper veranlasst, sehr schwere Zerstörungen nach sich ziehen würde und man ging deshalb dazu über, die Abdeckung durch Steinschüttung zu schützen. In der That kamen sehr schwere Unfälle vor besonders in Italien, veranlasst durch natürliche Sackungen nicht nur am Fusse, sondern auch im Innern des Körpers selbst und durch fehlerhaftes Versetzen der Blöcke, sei es aus Nachlässigkeit der Taucher, sei es infolge von Schwierigkeiten, hervorgerufen durch das Vorhandensein des Steinkernes, der es nicht erlaubte, die gegenseitige Stützung der Blöcke zu erreichen, und dazu zwang, in dem Körper zahlreiche Wege für das Eindringen der See zum inneren Kern bestehen zu lassen.

Di Mole Saint-Vincent in Neapel hatte keinen sehr schweren Schaden zu leiden, dank ihrer der schweren See weniger als anderswo ausgesetzten Lage. Indessen öffnen sich jedes Jahr Lücken in der Bekleidung, deren Wiederausbesserung die sehr hohe Ausgabe von etwa 120 M/m erfordert. Andererseits wurde auf der Mole Galliera in Genua die fragliche Abdeckung durch den Sturm von 27. November 1898 sehr schwer beschädigt ; auf einer Strecke von etwa 100 m wurden die Blöcke bis zu Tiefen von 2-6 m fortgerissen.

Es folgt aus dem sehr interessanten Bericht Bernardinis dass, da der Druck entsprechend der Wellenhöhe 27-30 t/m² erreicht oder vielleicht überschritten hat, die Blöcke mit einem Gewicht von 20 t oder mehr im Wasser nicht genügend Reibungswiderstand entgegensetzen konnten und das Gleiten trotz der gegenseitigen Verspannung möglich war. Es hat das Gleiten eines einzigen Blockes genügt, dass die Zerstörungen sich auf die ganze Bekleidung erstreckten, da das Unwetter mehrere Stunden mit äusserster Heftigkeit anhielt und, wie Bernardini mit wenig Worten sagt, ein fortgerissener Block den Anfang einer Lücke kennzeichnet. Vielleicht würden die Zerstörungen nicht veranlasst worden oder geringer gewesen sein, wenn die Blöcke grösser und mit fast vertikaler Böschung versetzt worden wären ; dies ist jedoch nur eine Vermutung.

Kurzum, die fragliche Bekleidung befriedigte in Genua nicht und — was noch schwerwiegender ist — die Schäden konnten nicht durch eine gänzliche Wiederherstellung der Bekleidung ausgebessert werden, die durch eine ungeordnete Schüttung

neuer Blöcke ersetzt wurde, was, wie de Joly bemerkt hat, gleichbedeutend mit dem Aufgeben des System-Grundsatzes selbst ist. Zur grösseren Sicherheit hat man die Bekleidung obenauf durch Blöcke von 200 t Gewicht, die von einander unabhängig sind, belastet.

B. Was den zweiten Typ mit Kern aus einfachen Moëllons und doppelter Bekleidung von versetzten Blöcken auf der See- und Hafenseite anbetrifft, der in Civita-Vecchia und Livorno angewendet ist, so ist davon nur in dem Bericht von Vernon-Harcourt die Rede, welcher ihn sparsam und einfach findet und in dem von Coen Cagli, welcher seine Unzulänglichkeit anerkennt, hauptsächlich wegen des Vorhandensein des Steinkernes hinter den Blöcken, der Ungleichheit des Setzens in diesem Kern und in der Bekleidung, und der oft zu schwachen Neigung, die der äusseren Böschung gegeben wird. Der Generalberichterstatter muss hinzufügen, dass dieser Typ bei den beiden oben erwähnten Ausführungen, wo es sich nun sehr rauche Süd-West See handelte, nicht befriedigt hat.

Wenn man von dem Fall Livorno absieht, wo man Blöcke von 10 m^3 verwendet hatte, ohne die erforderliche Verbindung und bei Vorhandensein von weichem Untergrunde, so zeigt der Fall Civita-Vecchia die Fehler des Systems zur Genüge.

In Civita-Vecchia, wo die Blöcke den Inhalt von 16 m^3 hatten, mit Sorgfalt bis zu 13 m Tiefe versetzt waren und die äussere Böschung in doppelter Lage abdeckten, wurde das zweite Stück der Mole, welches durch die Wellen des Süd-West voll (unter einem Winkel von 90°) getroffen wurde, bis zu einer Tiefe von 2-6 m durch den Sturm vom 9. Mai 1902 vollständig fortgerissen.

Das erste Stück widerstand, allerdings wurde es durch die Süd-West Wellen schräg angegriffen und die Höhe des Unterbaues in Steinschüttung ist wohl geringer als bei dem zweiten.

§ 4. Dämme mit senkrechten Wänden.

Diese Art Dämme gestattet, wenn die Wassertiefe mässig ist, den Aufbau von Baukörpern mit senkrechten oder sehr wenig geneigten Wänden unmittelbar auf dem Grunde, zu dem Zweck, den Querschnitt des Bauwerkes zu verringern oder sogar das Anlegen von Schiffen zu gestatten. Vernon-Harcourt findet, dass dieser Typ am besten den Wellen widersteht, während

auf Dämmen mit geneigter Böschung die Wellen brechen und einen concentrierten, daher um so zerstörenden Angriff auf eine beschränkte Fläche ausüben. Man kennt indess jetzt zur Genüge die Gefahren dieses Typ, veranlasst durch die Brandung am Fusse der Baukörper, wenn der Boden nicht fest ist.

Die Zerstörung des nördlichen Wellenbrechers an der Tyne und die unvermuthet eingetretene Beschädigung am Fusse der neuen Mole von Zeebrugge sind neuere Thatsachen, denen man für die Zukunft grösste Beachtung schenken muss. Für diese Dämme ist die Frage der Ausführung des Baukörpers sehr wichtig. Im neuen Hafen von Pallice im Jahre 1884, noch mehr in neuerer Zeit, in St. Nazaire und theilweise für die Molenköpfe in Havre und in Dieppe hat man zur Druckluft seine Zuflucht genommen ; dieses System ist indes, wie de Joly bemerkt, nicht wirtschaftlich und überhaupt nur anwendbar in geschützten Küstenstrichen. In England hat man für die Molen von Tynemouth und Dover und noch in neuerer Zeit für die von Malta seine Zuflucht zu Betonblöcken von 50-60 t. Gewicht genommen, welche mit der grössten Regelmässigkeit mittels gewaltiger Krane versetzt worden sind, und man hat die Verbindung zwischen den Blöcken durch eine Reihe von Dübeln hergestellt, welche durch Betonsäcke gebildet wurden, die in längs der Blöcke angebrachten Rillen eingebettet waren.

Dieser Typ scheint sich in England gut bewährt zu haben, da die Zerstörung eines Theiles der Nordmole an der Tyne nur durch die Wirkung der Brandung am Fusse des Bauwerkes veranlasst zu sein scheint, was ein Auswaschen des Sandbettes, auf welchem das Werk ruhte, hervorrief.

In England und anderswo hat ein anderes System sehr gute Erfolge gehabt, nach Dyce Cay, welcher sein Erfinder ist ; d.h. die Konstruktion des Baukörpers mittels grosser Betonsäcke, die durch Leichterschiffe versenkt werden und deren Gewicht 100 t. erreicht ; dies bildet den Ausbau des Systems, welches zuerst durch den Erfinder bei der Ausgestaltung einer Fundierungsbasis und einer Reihe von Schutzblöcken am Fusse der Mole von Aberdeen (Schottland) angewendet worden ist. Die ziemlich zahlreichen Anwendungen dieses Systems, die in Trajerburgh (Schottland), Sunderland, Newhaven, Bilbao und in einigen Häfen Neuseelands gemacht worden sind, beweisen nach Dyce Cay seinen Wert ; jedenfalls bemerkte de Joly, dass dieses System hohe Ausgaben nach sich zieht und ein Risiko nicht ausschliesst. Vernon-Harcourt erkennt mit de Joly an, dass das Verlegen von Betonsäcken unter Wasser mit grosser

Vorsicht geschehen muss, um das Abbinden des Betons, die Gleichmässigkeit und den Zusammenhang des Unterwasserkörpers zu sichern ; er erklärt indess, dass wenn diese wesentlichen Punkte erfüllt sind, die Anwendung des Beton in Säcken Ergebnisse liefert, die mindestens ebensogut sind als beim sorgfältigen Versetzen der Blöcke, wobei die Ausführung noch viel wirtschaftlicher und schneller vor sich geht, besonders auf unregelmässigem felsigem Grunde.

In Dänemark hat man für die Molen von Vorupös und Hanstholm, nach Blech, eiserne Kaissons ohne Boden vorgeschlagen, welche an Ort und Stelle gebracht, mittels Taucher versetzt und schliesslich mit Betonblöcken gefüllt werden, die in regelmässigen horizontalen Lagen versetzt und deren Fugen mit Cement ausgegossen werden. Diese Arbeit ist noch nicht begonnen und kann im Voraus nicht beurteilt werden.

Was die Anwendung grosser Kaissons als Einzelkörper anbetrifft, so wird der Generalberichterstatter darüber noch sprechen, denn dieses System fällt unter die

Dämme gemischter Bauart bestehend aus einem Unterbau von Steinschüttung und einem Ueberbau mit senkrechten Wänden.

Nach Coen Cagli ersetzt dieser Typ stets mit Vorteil den Typ mit Steinschüttungen, während nach de Joly dieser Typ sich in Meeren mit Flutwechsel in sehr dem Seegang ausgesetzten Küstengegenden vorfindet, wobei der senkrechte Aufbau im Niedrigwasserspiegel aufhört. (Mole Carnot in Boulogne, auf der Westseite in Cherbourg, auf der Südseite in Brest, zu Artha in St. Jean de Luz, neue Molen des Hafens zu Havre.) Der Aufbau in Mauerwerk von Niedrigwasserspiegel an, bietet keine Schwierigkeiten in der Ausführung. Diese Ausführung ist andererseits in den Meeren mit schwachem Flutwechsel eine wichtige Frage.

Coen Cagli meint, dass die beste Wahl die in Neapel und in anderen italienischen Häfen angenommene ist, welche für die neue Mole auf der Süd-Ost Seite gewählt ist und welche darin besteht, den Baukörper von dem Meeresspiegel bis 9,5 m darunter nach dem Typ von Dovre, Tynemouth, und Malta vollständig aus Blöcken herzustellen, die aber nur durch Schwimmkrane ohne Verbindungen versetzt sind. Indessen drängt sich

eine unabweisbare Bedingung auf : Man muss eine grosse Festigkeit nicht nur für den Oberbau, sondern auch für die Steinschüttung haben, da die Sackungen des Fundamentes eine mehr oder minder gefährliche Lösung des Zusammenhanges im Oberbau veranlassen können.

In Neapel boten sich nennenswerte Schwierigkeiten für die regelmässige Anordnung der Materialien wegen der Meerestiefe, in Anbetracht des Umstandes, dass die Höhe der Steinschüttung 25 m erreichte ; man hat indess die Sorgfalt angewandt, den Unterbau allmählich stückweise herzustellen und die Steine der verschiedenen Grössen in jedem Bauabschnitt durch einander zu schütten, um die Hohlräume auf ein Minimum zu bringen ; anderswo sind strenge Regeln auch für den Bau und die Anordnung der Blöcke aufgestellt worden, zu dem Zweck, einen vollständigen Zusammenhang zwischen den angrenzenden Blöcken zu erreichen.

Zum Schluss meint Coen Cagli, dass der in Neapel gewählte Typ sich in allen Fällen vollständig bewähren wird, vorausgesetzt indess, dass seine Ausführung vollkommen sein würde.

Die günstige Meinung Coen Cagli's wird nicht von de Joly geteilt, der auch bemerkt, dass dieser Typ niemals in Frankreich gewählt worden ist ; auch nicht von Vernon-Harcourt, welcher meint, dass Sackungen sich bei allen Unterbauten in Steinschüttungen einstellen, wenn sie die Auflast des Oberbaus bekommen, und wenn dieser stufenweise vorgetrieben wird, ergeben sich unregelmässige Sackungen und folglich Spalten, in welche die Wogen eindringen und Bresche legen können.

Um diese Spalten zu vermeiden, sagt Vernon-Harcourt, hat man die Bauart mit geneigten Fugen gewählt (Hafen von Karaki 1870 und Madras 1876), die von grossen Betonblöcken gebildet werden, welche durch einen gewaltigen Laufkran, der auf dem fertigen Teil läuft, versetzt werden.

Nach Vernon-Harcourt stützt sich bei diesem System jede Kante gegen die vorhergehende, kann aber der Sackung der tragenden Steinschüttungen folgen, ohne zu Spalten Anlass zu geben. Nach de Joly muss sogar diese Lösung, welche in Mostaganem in Algier angewendet ist, aufgegeben werden, da nur auf eine ungenügende Weise die Unabhängigkeit der Bewegung der Blöcke in Folge des gegenseitigen Kantendrucks gesichert ist.

Der Generalberichtersteller denkt, dass der Typ von Neapel sich daselbst vielleicht ganz gut bewähren wird, vorausgesetzt, dass die Mole nicht sehr schwerem Seegange ausgesetzt sein

wird ; dass allerdings im allgemeinen dieser Typ, was die Sackung des Unterbaues anbetrifft, Unvollkommenheiten darbietet von derselben Art wie sie für die einfachen Bekleidungen gekennzeichnet worden sind. Derselbe Typ — vielleicht ein wenig schwächer wegen des geringeren Inhaltes der oberen Blöcke — bewährte sich in Civita Vecchia nicht und musste auf der Ausenseite durch eine Schüttung unregelmässig geworfener Blöcke gesichert werden.

Der Ersatz der Schwimmkrane zum Versetzen der Blöcke durch grosse Laufkrahne nach dem System wie beim Molenbau an der Tyne-Mündung und bei Doore angewandt, scheint auf den ersten Blick vorteilhaft sein zu können, es ist jedoch nicht schwer, zu erkennen, dass diese Vorteile durch die Sackung der Steinschüttung des Unterbaues zu Nichte gemacht werden, der gegenüber die Genauigkeit des Versetzens ganz umsonst sein würde. Die Molen an der Tyne-Mündung und zu Dovre haben keinen Unterbau aus Steinschüttung oder die Höhe dieses Unterbaues ist wenigstens auf ein Minimum beschränkt, während sie beispielsweise in Neapel 25 m beträgt.

Eine zugehörige Frage bezieht sich auf diesen Bauwerkstyp : das ist die Frage der Anordnung der Blöcke in der Längs- und Querrichtung. In der That fragt man sich, ob es vorteilhafter ist, die Blöcke genau so übereinander zu versetzen, dass sie senkrechte Reihen bilden, zwischen denen kein anderer Zusammenhang besteht als der, welcher sich aus dem Vorhandensein der Mauerbekrönung ergibt oder ob es wohl vorteilhafter ist, sie in Längs- und Querrichtung im Fugenverband zu versetzen. Coen Cagli denkt, dass mit Blöcken von 20-30 cbm, bei welchen jeder für sich dem Wogenanprall einen genügenden Widerstand bieten könnte, der Vorteil, die Blöcke in unabhängigen Reihen übereinander zu versetzen, nicht ersichtlich ist ; während de Joly entgegengesetzter Meinung ist und erklärt, dass das Versetzen im Verbande den Blöcken nicht gestattet, die Sackungen, die durch die Höhe des Steinkernes und manchmal durch die weiche Bodenart verursacht werden, mitzumachen und daher die Ursache ist von Spannungen und inneren Kräften, die in einem Baukörper festgefügtter Blöcke gefährlich sind.

Ueber diese Frage ist der Generalberichterstatter derselben Ansicht wie de Joly, auch wegen der Schwierigkeit des Versetzens, welche, mit den Fugen im Verbande sehr viel grösser ist, besonders in der Längsrichtung, da man bei diesen Arbeiten fortwährend die Versetzungsfehler der vorhergehenden Blöcke

beim Versetzen der nachfolgenden wieder gut machen muss. Das System der Herstellung der Baukörper mittels gewaltiger künstlicher Blöcke von 5 000-7 000 t, was kürzlich in Bizerta, Bilbao, Zeebrugge, Scheveningen angewandt und für den neuen Hafen von Valparaiso in Aussicht genommen ist, hat mehreren Berichterstattern zu interessanten Bemerkungen Anlass gegeben.

Vernon-Harcourt sagt, dass diese Blöcke sich ganz besonders durch ihre grosse Masse dazu eignen, dem Angriff der Wellen Widerstand zu leisten und den raschen Bau eines Wellenbrechers zu gestatten. Coen Cagli sagt, dass dieses System bis jetzt das Vollkommenste ist, da die aus einem Stück bestehenden Bauteile fähig sind, jedes für sich dem Wellenstoss zu widerstehen. Er erklärt jedoch, dass die Länge der Blöcke nicht zu gross sein darf, um die Schwierigkeit für den Oberbau zu verringern, der Steinschüttung bei ihrem Absacken zu folgen, ohne dabei irgendwie den Zusammenhang zu verlieren; ferner, dass die Bauart jedes Teiles gleichartig sein muss, was anderswo, in Bizerta und Zeebrugge, erreicht worden ist. Er erkennt endlich an, dass der Preis für die Einrichtungen und für die zum Bau und zum Versetzen der gewaltigen Blöcke erforderlichen Vorkehrungen sehr hoch ist, was dazu zwingt, die Anwendungen nur auf Fälle von grosser Wichtigkeit auszudehnen. Er bemerkt noch, dass der neue Typ bis jetzt nur unter besonders günstigen Umständen angewandt ist, sowohl was den Bau der grossen Blöcke anbetrifft, als auch hinsichtlich der Lage der Baustellen und der Meerestiefe.

Bernardini schliesst sich, nachdem er erklärt hat, dass diese grossen Blöcke hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit zweifellos sachgemäss erscheinen, Coen Cagli darin an, was die Ausnahmebedingungen betrifft, unter denen das System bis jetzt ausgeführt worden ist, ferner darin, was die Länge der Blöcke anbetrifft, welche in Zeebrugge, Bizerta auf 30 m festgesetzt wurde und mit der Nachgiebigkeit vereinbar sein muss, die eine Mole notwendigerweise haben muss, um den unregelmässigen Absackungen ihres Unterbaues zu folgen. Die Wirkungen der Brandung beschäftigen ganz besonders Bernardini, welcher meint, dass falls die Schüttung des Unterbaues ungenügend belastet wäre, an gewissen Punkten das Material, woraus sie besteht, durch die Brandung in Unordnung gebracht und weggerissen werden könnte, was den Einsturz des Bauwerkes nach sich ziehen würde.

Dyce Cay ist der Meinung, dass, wenn auch die grossen Cais-

sons sich recht wohl für gewisse Sonderwerke wie z. B. die Molenköpfe eignen, dieselben ein so aufmerksames Studium der Seeverhältnisse, der Strömungsrichtungen verlangen und trotzdem ein so grosses Risiko des Zusammenstosses und des Scheiterns in sich schliessen, dass ihre Bauausführung zu langsam wird, als dass sie für gewöhnliche Fälle des Molenbaues sich eignen.

Dyce Cay drückt auch ernsthafte Zweifel über die Frage des Ausfüllens der Kaissons aus und fürchtet, dass die Wände an gewissen besonders ausgesetzten Stellen durch Wellenschläge eingedrückt werden könnten. de Joly macht über die grossen Baukörper von Bizerta Angaben, die um so wertvoller sind als es sich um Thatsachen und nicht um theoretische Betrachtungen handelt. Er lässt uns wissen :

1. dass, abgesehen von den Molenköpfen, wo die Abmessungen am grössten sind und das Gewicht der Blöcke 6 500 t beträgt, die durchlaufenden Blöcke 8 m Breite und 31 m Länge bei 8 m Höhe und ein Gewicht von 5 000 t haben ; dass sie auf einer Steinschüttung versetzt sind, welche alles in allem über die Blöcke 10 m auf der Seeseite und 5 m auf der Hafenseite vorspringt und in ihrem oberen Teile nicht aus ausgewähltem Material zusammengesetzt ist ;

2. dass trotz ihrer Abmessungen die Standfähigkeit der Blöcke keine unbedingte ist und dass ein Nordweststurm im Februar 1904 in einigen Stunden die schöne Regelmässigkeit des Wellenbrechers zerstört hat ; die Blöcke sind ungleichmässig gesackt und haben sich ein wenig nach aussen geneigt ; einige sind in die Steinschüttung eingesunken, nachdem sie sich um ihre westliche Kante gedreht haben ; dass ausserdem ein zweites Unwetter im November 1904 in dem Wellenbrecher bedeutende örtliche Zerstörungen hervorrief, und es ist zu fürchten, dass die nächsten Stürme diese Schäden noch vergrössern und die Blöcke selbst in senkrechtem Sinne spalten.

Aus diesen Beschädigungen schliesst de Joly :

1. dass die Breite von 8 m welche die 5 000 t Blöcke besitzen, ein wenig gering ist, dass 10 m Breite vorzuziehen gewesen wäre ;

2. dass es unbedingt notwendig ist, den oberen Teil der Steinschüttung durch besseres Steinmaterial zu bilden, um seine Zerstörung unter dem Einfluss des Gewichtes der Blöcke und

dem hinzutretenden Druck des Wellenstosses zu vermeiden, der — indem er sich an einer senkrechten Wand von grosser Höhe bildet — eine sehr starke Brandung hervorbringt. In Bizerta ist, trotzdem die Berme und die Böschung des Unterbaues standfähig schienen, der Angriff auf der inneren Seite durch die über den Oberbau überschlagenden Wassermassen so heftig gewesen, dass Schäden hervorgerufen wurden und die Blöcke sich nach der Innenseite neigten ; man hat diesen Angriffen begegnen müssen durch Verbreiterung der inneren Berme um 5 m mittels grosser natürlicher Blöcke. Der Unterbau könnte indes bei neuen Stürmen die Brandung zu fühlen bekommen, die an der Aussenseite am Fusse der gewaltigen Blöcke, die die senkrechte Mauer bilden, entsteht.

de Joly bemerkt noch, dass, da die Bauwerke von Bizerta nicht sehr heftigem Wellenschlage ausgesetzt sind, die neuen Fortschritte, die bei dem Werke in Bizerta gemacht worden sind, trotzdem sie dem Ingenieur eine wertvolle Quelle bieten, nicht die Feuerprobe in sehr rauher See bestanden haben und selbst mit den angegebenen Verbesserungen und Vorsichtsmassregeln nicht als durchaus zuverlässig gelten könnten in sehr dem Unwetter ausgesetzten Küstenstrichen und bei sehr rauher See, wo der Einfluss der Brandung am Fusse der Werke eine viel grössere Bedeutung haben würde. Diese schlimme Aussicht hat, in Verbindung mit dem billigen Preis und dem ausgezeichneten Steinmaterial dazu geführt, für die Verlängerung der grossen Mole des Hafens von Oran einen Profil-Typ ähnlich dem von Bizerta — jedoch viel stärker — aufzugeben und einen Baukörper aus Steinschüttung mit Abdeckung durcheinander geworfener Betonblöcke bis 9 m unter Wasserspiegel zu wählen.

Der Generalberichterstatter schlägt dem Congress betreff des Molenbaues in Bezug auf die Kraft der Wellen die folgende Beschlussfassung vor :

Die Molen in Steinschüttung, obgleich in der Unterhaltung kostspielig, eignen sich in sehr geschützten Küstenstrichen bei mässigen Wassertiefen, wenn man billiges und gutes Material zu seiner Verfügung hat ; auch werden sie nicht durch die weiche Beschaffenheit des Untergrundes beeinflusst. Wenn die Bauwerke sehr schwerer See ausgesetzt sind, kann man, unter den vorerwähnten Bedingungen, seine Zuflucht zu den Steinschüttungen nehmen, wenn man aussen und bis zu einer gewissen Tiefe eine Bekleidung von Betonblöcken hinzufügt. Was die Widerstandsfähigkeit und Unterhaltung dieser Blöcke anbe-

trifft, so scheint die Verteilung durch unregelmässiges Verstärken die beste zu sein, vorbehaltlich, dass in geeigneter Weise das Profil der Abdeckung studiert wird, um die Welle in Höhe des Wasserspiegels zu brechen ; während das regelmässige Versetzen sehr ernste Schwierigkeiten darbietet, zu Unregelmässigkeiten in Folge Absackungen der Steinschüttung und zu vollständiger Zerstörung bei Stürmen hinneigt und in allen Fällen die Unterhaltung nur unter Aufgabe des Grundgedenkens des Systems selbst zulässt, was durch die Beschädigungen an der Mole von Genua bei Gelegenheit des Novembersturmes 1898 bewiesen worden ist.

Die Molen mit einem Kern von Moëllons mit doppelter Bekleidung von versetzten Blöcken bieten keine Sicherheit bei sehr rauher See, wie die Unfälle von Livorno und Civita-Vecchia beweisen, während in geschützten Küstenstrichen und bei mässigen Wassertiefen dieser Typ gute Dienste leisten kann, vorausgesetzt, dass es sich um Bauwerke geringer Bedeutung handelt.

Die Molen mit senkrechten oder nahezu senkrechten Wänden eignen sich ganz besonders für die mässigen Tiefen und auf festem Boden, wo Schädigungen, durch Brandung und Strömungen veranlasst, nicht zu befürchten sind. Bei ihrem Bau kann man zur Herstellung des Mauerwerkes zu Druckluft seine Zuflucht nehmen, wenn die Küste mässig geschützt ist ; oder, wenn diese Bedingung fehlt, zum Versenken grosser Betonsäcke mittels Leichter oder zum regelmässigen Versetzen von Betonblöcken, die mittels gewaltiger Laufkrane und mit gegenseitiger Verbindung versetzt werden ; diese Systeme erfordern alle sehr hohe Ausgaben und könnten nicht bei Bauwerken untergeordneter Bedeutung angewandt werden.

Die Molen gemischter Bauart mit Unterbau in Steinschüttung und Oberbau mit senkrechten Wänden eignen sich ganz besonders in den Meeren mit Flutwechsel und in den Meeren mit schwachem Flutwechsel, wenn die Wassertiefe sehr beträchtlich ist.

In den Meeren mit Flutwechsel bietet der Aufbau vom Niedrigwasserspiegel an keine Schwierigkeit.

In den Meeren mit schwachem Flutwechsel kann man an geschützten Küsten zu der Herstellung des Oberbaues ganz ausversetzten Blöcken seine Zuflucht nehmen nach dem für die neue Mole von Neapel gewählten Typ ; bei sehr rauher See bietet dieser Typ nicht genügend Sicherheit und kann in manchen Fällen mit Vorteil durch grosse Kaissons nach dem Typ von

Bizerta ersetzt werden, vorausgesetzt, dass die Breite der Blöcke zu ihrer Länge in ein gutes Verhältnis gebracht wird, der Unterbau aus Schüttsteinen die vollkommenste Festigkeit erlangt und die sehr gefürchteten Wirkungen der Brandung am äusseren Fuss der Blöcke, sei es durch ausgewähltes Material im oberen Teil der äusseren Berme, sei es durch die Belastung dieser Berme mit Schutzblöcken am Fusse der Kaissons, wieder aufgehoben werden.

Livorno, den 3. Juni 1905.

LO GATTO.
