

## Abteilung II — Seeschifffahrt

## Frage 2

**Schiffsstöße, die beim mehr oder weniger harten Anlegen auf Kaimauern ausgeübt werden; Kräfte durch Wind und Strömung; Wirkungen der Schiffsstöße und -züge, die auf Fender und Festmachevorrichtungen sowohl der Schiffe als auch der Kaimauern ausgeübt werden; Gegenmittel gegen diese Wirkungen.**

## Erster Bericht

Von Dr.-Ing. Förster, Oberbaurat

bei der Behörde für Wirtschaft und Verkehr, Strom- und Hafenbau, Hamburg.

(1. Teil: Hamburg)

Dipl.-Ing. R. Lutz, Hafenbaudirektor in Bremen

(2. Teil: Bremen und Bremerhaven)

Zusammenfassung: Es ist festzustellen, daß in Hamburg und Bremen keine Messungen über die Kräfte, die ein Schiff beim Anlegen auf die Kaje oder beim Liegen vor der Kaje auf das Bauwerk ausüben, vorgenommen wurden. Diese Kräfte wurden nur nach eingetretenen Unfällen oder aus der Zerreißfestigkeit der vom Schiff benutzten Trossen beurteilt.

Die Dimensionierung der sogenannten Schwergewichtskaimauern erfolgte bisher lediglich nach Maßgabe der auftretenden Erd- und Wasserdruckkräfte. Die Masse des aufgehenden Mauerwerks bzw. Betons bot den Schiffskräften ausreichenden Widerstand.

Nach heutigen Anschauungen wären diese auf Pfahlrost gegründeten Bauwerke bei späterer Vertiefung der Häfen zu schwach bemessen, da man sie nicht auf Gleitsicherheit untersucht hatte. Die seit etwa 30 Jahren übliche Winkelstützmauer auf Stahl- oder Stahlbetonpfählen besitzt durch ihre breite Rostplatte eine sehr gute Längsversteifung auf Bauabschnittslänge zwischen den Bewegungsfugen (i. M. 25 bis 40 m), so daß auch dadurch die Gewähr einer unschädlichen Aufnahme der statischen Schiffskräfte gegeben ist (Verteilung des Trossenzuges bzw. des Winddrucks auf Abschnittslänge).

Die Spundwandbauwerke werden in beiden Häfen mit kräftigen Holmen ausgerüstet, die sie über ihre Aufgabe, für Erddruck und Ankerzugkräfte lastverteilend zu wirken, hinaus gegenüber gewissen Schiffskräften unempfindlich machen. Speziell in Hamburg hat man durch die Verstärkung älterer Käistrecken mittels dicht davor gerammter und am Kopf mit dem alten Bauwerk zusammenwirkender Spundwände sehr widerstandsfähige Konstruktionen geschaffen.

Zum Schutz der Bauwerke gegenüber dynamischer Beanspruchung bedient man sich in beiden Häfen der alten Konstruktionen, nämlich:

- a) Streichbalken bzw. -pfähle oder Reibehölzer,
- b) Fender verschiedener Konstruktionen,
- c) Haltevorrichtungen, wie Poller, Haltekreuze und Festmacheringe.

Hamburg hat darüber hinaus erstmalig Stoßdämpfer am Steubenhöft, Cuxhaven, eingebaut, da dort (manchmal) größere Schiffe ohne Schlepperhilfe anlegen. Bemerkenswert ist, daß Bremen beim Bau von ausgezeichneten Strecken der Wasserbegrenzungen, wie z. B. Molen, Kajevorsprünge usw., den Fall in der Konstruktionsart berücksichtigt, daß die sich bewegenden Schiffe die genannten Strecken zerstören können.

## 1. Teil: Hamburg.

### Allgemeines

Die Beantwortung der Frage 2 bleibt auf Seeschiffhäfen beschränkt, wobei hinsichtlich der zu behandelnden Bauwerke zweckmäßig unterschieden werden:

1. Kaimauern in den Stückgutumschlaghäfen in Hamburg,
2. Kaimauern und Uferbefestigungen in Fischereihäfen (Hamburg und Cuxhaven),
3. Spezialanlegestellen für Groß-Fahrgastschiffe und dergleichen.

#### a) Kräfte, die beim Anlegen des Schiffes auf die Kaimauer übertragen werden einschließlich der Einflüsse aus Wind und Strömung.

Das Anlegen der Seeschiffe an der Kaimauer geschieht in Hamburg allgemein mit Schlepperhilfe. Eine Ausnahme bilden kleinere Schiffe (etwa bis 500 BRT) sowie die Fischdampfer, die regelmäßig mit eigener Kraft an den Kai gehen. Außerdem ist es in Cuxhaven am Steubenhöft (Anleger für Fahrgastdampfer an der freien Elbe) üblich, daß ortskundige Kapitäne ihr Schiff ohne Schlepper durch eigenes Manövrieren gegen den Tidestrom an den Kai bringen.

Bei Verwendung von Schlepperhilfe treten dynamische Kräfte aus der Eigenbewegung des Schiffes theoretisch nicht auf, da es ja gerade der Zweck der das Schiff vorn und achtern haltenden Schlepper ist, die Fahrt aus dem Schiff so herauszubringen, daß es mit der Endgeschwindigkeit 0 an den Kai verholt. Die letzten 20 bis 30 m (der Schiffsbreite der benachbart am Kai liegenden Schiffe entsprechend) werden zumeist von dem Schiff selbst durch Heranholen an den Kai mit den eigenen Trössen und Winden überwunden. Bei aufländigem Wind oder landwärts gerichteter Strömung müssen die Schlepper das Schiff davor bewahren, ungewollt heftig auf die Kaimauer zu treiben. Im Regelfall braucht also mit dynamischen Kräften nicht gerechnet zu werden.

Trotzdem war es in Hamburg üblich, beim Bau der Kaimauern beachtliche dynamische Kräfte zu berücksichtigen, selbst wenn man diese rechnerisch nicht recht erfassen kann. Das mit Beginn des modernen Seeschiffbaues, also seit etwa 100 Jahren, hier verfolgte Prinzip der sogenannten »Schwergewichtskaimauer« hatte den Sinn, neben der statisch günstigen lotrechten Vorbelastung des Pfahlrostes vor allem den unkontrollierten Kräften der an- und ablegenden Seeschiffe »genügend Masse« entgegenzusetzen. Allerdings kann lebendige Energie nur »längs eines Weges« vernichtet werden; die Kaimauern sind jedoch starr und müssen daher mit federnden Elementen zur unschädlichen Stoßaufnahme ausgerüstet werden (praktische Ausführung siehe unter d). Man verfolgte stets das Ziel, der Schiffahrt möglichst alle Wünsche nach zweckmäßiger Ausrüstung des Hafens zu erfüllen. Die alleinige Aufzehrung etwaiger Bewegungsenergie an starren Ufermauern ohne elastische Zwischenglieder durch die Eigenelastizität oder gar Deformation der Schiffswandungen wurde bisher abgelehnt.

Kräfte aus Wind und Strömung können die lebendige Energie des Schiffes beim Anlegen jeweils verstärken oder abschwächen. Selbständige Bedeutung gewinnen sie in den Betrachtungen zu b).

Aufländiger Wind kann allerdings, besonders wenn es sich um Sturmböen handelt, das Anlegen ohne Schlepperhilfe gefährlich machen. Ein Ansatz dieser Kräfte würde die dann rechnerisch notwendige Eigenmasse und Bruchfestigkeit der Kaimauer auf ein praktisch nicht mehr zu realisierendes Maß hinauftreiben.

**b) Kräfte, die durch Wind und Strömung über das festliegende Schiff auf die Kaimauer übertragen werden.**

Die Kräfte aus Winddruck sind im allgemeinen nur berücksichtigt worden, soweit bei ablandigem Wind Trossenzug auf die Poller ausgeübt wird. Man nahm bisher regelmäßig eine Kraft von 25 t in Richtung senkrecht zur Kaimauer an. Den Anforderungen der Großschiffahrt entsprechend ist man in letzter Zeit auf 40 t Pollerzug gegangen.

Es handelt sich hier um durchschnittliche Erfahrungswerte aus der Praxis; denn die Windangriffsflächen der Schiffe bedingen in Sturmböen ein Vielfaches der genannten Zahl. Diese großen Kräfte werden aber durch die Gesamtmasse des Schiffes gemildert und verteilen sich im allgemeinen auf 4 bis 6 Pollerzüge je Schiff; auch können die Kaimauern in den Kraftkomponenten parallel zur Anlegekante ein Vielfaches des rechtwinklig dazu eingesetzten Trossenzuges ohne Gefahr aufnehmen.

Die Kräfte in umgekehrter Richtung, wenn also das Schiff durch Wind oder Strom gegen die Kaimauer gedrückt wird, sind zwar dem Absolutwert nach größer als die Pollerzugkräfte, da hierbei die Kraft auf nur 1 bis 2 ausgezeichnete Punkte übertragen wird (Druckmittelpunkte als Auflager des wie ein Balken auf 2 Stützen wirkenden Schiffes, sobald es sich gegen die Kaimauer lehnt). Nur im Falle zahlreicher gleichmäßig unterstützter Fender oder Streichbalken wird die örtliche Beanspruchung der Kaimauer kleiner sein als beim Fehlen derartiger lastverteilender Zwischenglieder.

Zu beantworten ist außerdem die Frage nach dem Angriffspunkt der genannten Kräfte. Pollerzugkräfte der Seeschiffe werden in Hamburg stets in Höhe der Oberkante der Kaimauer übertragen auf die sogenannten Kantenpoller. Nur ausnahmsweise werden Spezialpoller in einiger Entfernung hinter der Anlegekante angeordnet.

Dagegen können Druckkräfte praktisch in jeder Höhe auftreten, wenn man sie nicht wie hier üblich durch Streichpfähle abfängt, die tiefliegende Druckkräfte zum Teil unmittelbar in den Boden weiterleiten. Höherliegende Kräfte werden anteilmäßig durch das obere Sattelholz in die Mauer übergeleitet. Man ist der Auffassung, daß hölzerne Pfahlroste unter den Schwergewichtsmauern auf jeden Fall gegen Schiffsberührung geschützt werden müssen. Gleiches galt bisher auch für Stahlspundwände, insbesondere, wenn sie im oberen Teil von der Hinterfüllung freigehalten werden.

**c) Wirkung der nach a) und b) entstandenen Zug- und Druckkräfte auf die Festmachevorrichtungen und Fender der Kaimauer und des Schiffes.**

Die Wirkungen der unter a) und b) genannten Kräfte auf die Poller der Kaimauern und der Schiffe sind wechselseitig natürlich die gleichen. Der Einbau der Pollerverankerungen erfolgt mit üblicher statischer Sicherheit, so daß die Zugkraftkomponente quer zur Mauer auf das 2 $\frac{1}{2}$ - bis 3fache des Nennwertes anwachsen kann, sofern nicht Abreißvorrichtungen eingebaut sind, die eine Überschreitung ausschließen. Da ähnliche Sicherheiten am Schiffspoller vorhanden sind, wird im allgemeinen die Trosse brechen, falls die Vertäuung überlastet wird. Jedenfalls sind herausgerissene Poller in Hamburg bisher nicht beobachtet worden.

#### d) Gegenmittel gegen diese Wirkung.

Als Gegenmittel zum Schutz der Kaimauern und der Schiffe sind in Hamburg verwendet worden:

1. Streichpfähle (auch Reibepfähle genannt),
2. Streichbalken (auch Reibehölzer genannt),
3. Fenderdalben (auch Streichdalben genannt),
4. Fender (wirken lediglich als Kissen),
5. Stoßdämpfer (haben bewegliche Teile zur Trennung von Stoßaufnahme und Energievernichtung).

#### 1. Streichpfähle.

Der speziell hamburgische Typ des Streichpfahles hat 3 Hauptaufgaben:

- I. Schutz des Schiffes gegen Beschädigung an der Kaimauer.
- II. Schutz der massiven Teile der Kaimauer gegen Beschädigung durch das Schiff.
- III. Schutz der empfindlichen Gründungspfähle der Kaimauer oder der vorn gelegenen Spundwand unter Wasser gegen Schiffsberührung (Abb. 1). Insbesondere die wechselseitige Gefährdung der Schlingerkiele am Schiff und der Kaimauergründungspfähle haben in Hamburg eine nicht unbeträchtliche Rolle gespielt.

Die Streichpfähle werden tief genug gerammt, um sie als unten eingespannt betrachten zu können. Möglichst tief im massiven Teil der Kaimauer erhalten sie eine feste Auflagerung, eine zweite am Kopf der Mauer besteht aus einem Auflagerholz, das nur am Pfahl befestigt ist und sich gegebenenfalls von der Mauer abheben kann.

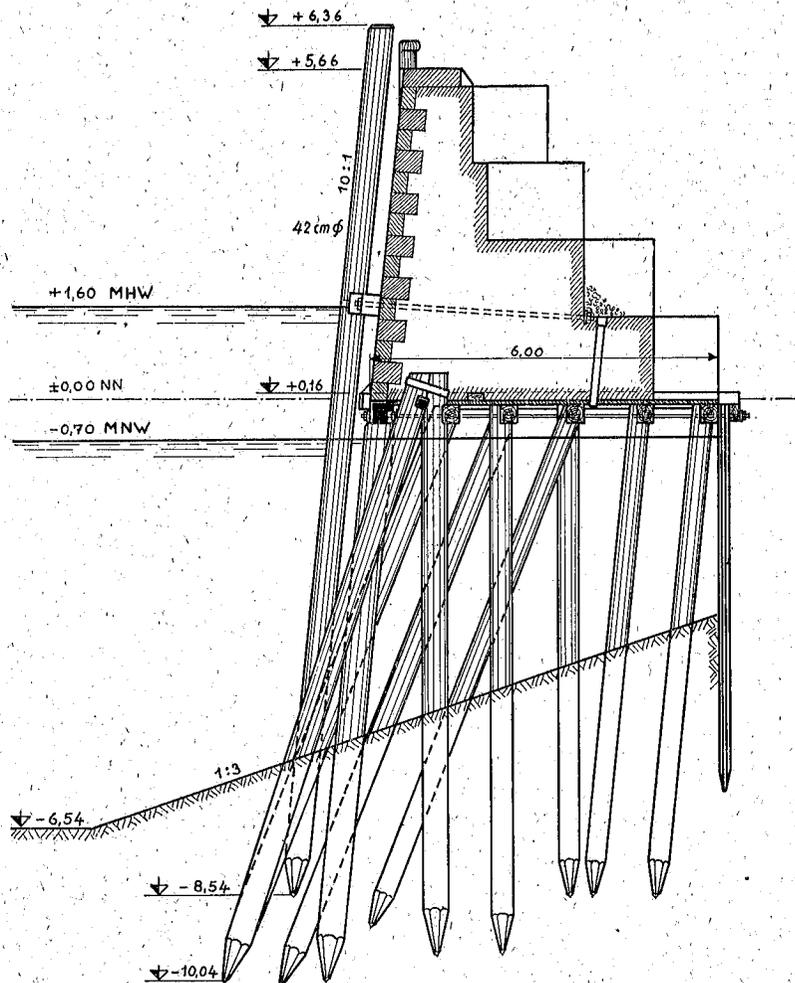
Diese genügende tiefe Lage des Hauptauflagers schützt den Pfahl im allgemeinen vor übergroßen Bieungsbeanspruchungen. Die neuen, sehr hoch liegenden Rostplatten der Stahlbetonkaimauern, die auf die »Fäulnisgrenze« der Holzpfähle keine Rücksicht zu nehmen brauchen, befördern jedoch das Brechen der Streichpfähle, da die freie Länge zu groß wird (Abb. 2). Man ist also ernsthaft gezwungen, andere stoßempfindliche Mittel in Hamburg anzustreben, da die Unterhaltungskosten der Streichpfähle in den letzten Jahren unverhältnismäßig groß geworden sind.

Fast alle Kaimauern mit lotrechter Vorderkante (die älteren Mauern und damit zwangsläufig ihre Verstärkungsbauten, waren 20 : 1 bis 10 : 1 geneigt) kann man recht einfach durch Streichbalken schützen, die bedeutend weniger Aufwendungen in Herstellung und Reparatur verlangen.

#### 2. Streichbalken und 3. Fenderdalben.

Um an Kosten zu sparen, hat man auch streckenweise abwechselnd Streichpfähle und Streichbalken an einer Mauer verwendet bzw. 3- bis 4pfählig Fenderdalben in 25 bis 30 m Abstand angeordnet und dazwischen in 8 bis 10 m Abstand Streichbalken für die Hafenfahrzeuge angebracht. Diese wurden auch häufig zum Schutz von vor die Kaimauer gehängten Steigeleitern unentbehrlich. Die einzige auf Senkkästen gegründete Hamburger Kaimauer (Predöhl-Kai) besitzt demgemäß zwangsläufig kräftige Streichbalken nach Abb. 3, die sich im Betrieb als den Streichpfählen gleichwertig herausgestellt haben.

Fenderdälen wurden vielfach auch dort benötigt, wo man einen größeren Abstand zwischen Schiff und Kaikante halten mußte, um die Kranportale und die Drehkräne selbst gegen unbeabsichtigtes Berühren mit dem Schiff zu schützen.

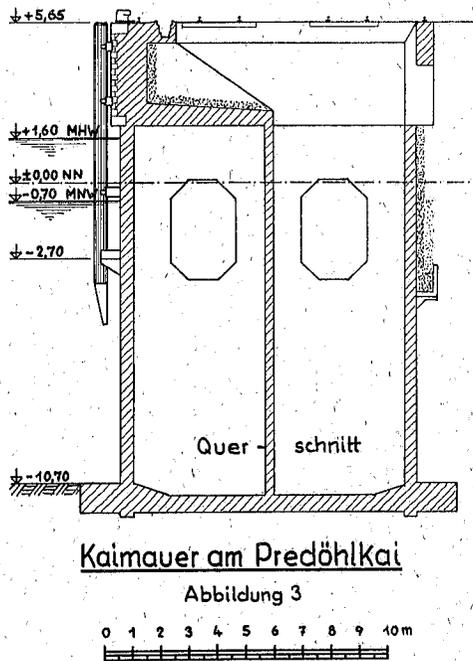
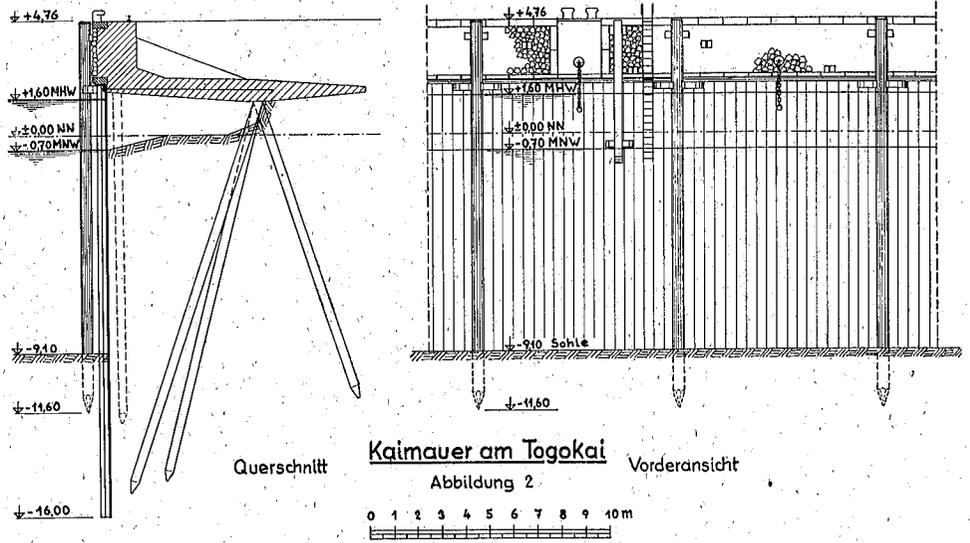


### Kaimauer am Bremer-Ufer

Abbildung 1



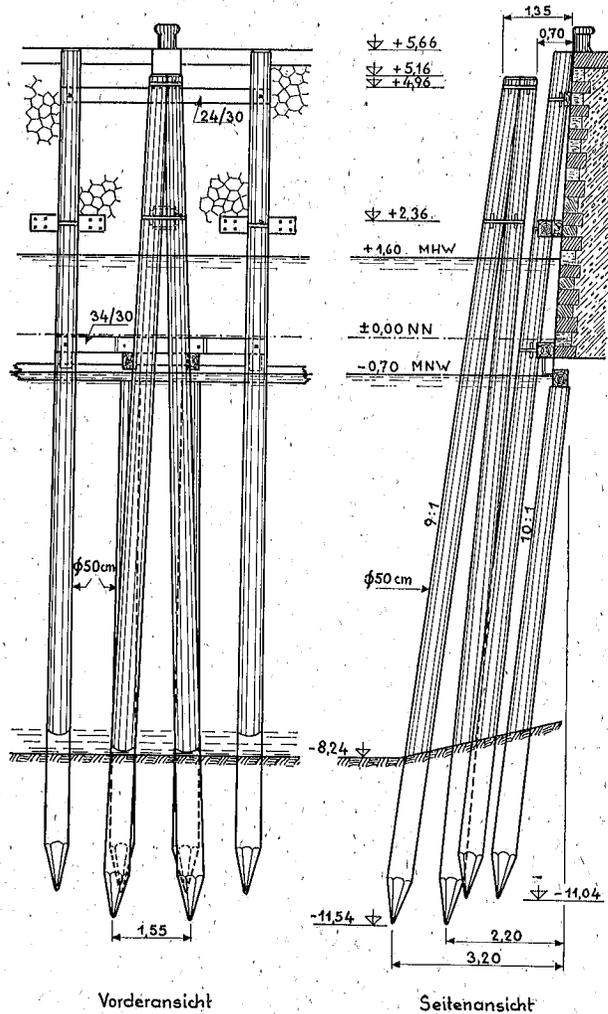
(Abb. 4). Schließlich sind unter dem alten Steubenhöft in Cuxhaven Fenderdälen verwendet worden, um die Stöße der dort anlaufenden großen Fahrgastschiffe möglichst weich aufzufangen. Außerdem sollten sie Wind- und Strömungsdruck



des vertäuten Schiffes auf den Boden übertragen bzw. in den betreffenden Abschnitten nach Überwindung ihrer Durchbiegung auf den massiven Hafenkopf, der dort an Stelle einer Kaimauer angeordnet war, weiterleiten. Die beachtliche Anlage (Abb. 5) umfaßte 8 Stück 45pfählige und 11 Stück 27pfählige schwer verzimmerte Holzdalben, die sich 40 Jahre hindurch ausgezeichnet bewährt haben

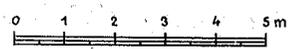
4. Fender.

Fender aus verzimmertem Kantholz (Abb. 6), aus gebündeltem Rundholz mit oder ohne Rohrgeflecht bzw. Buschlagen sind in Hamburg neben der Ausrüstung der Kaimauer mit Streichpfählen durchaus nicht selten verwendet worden. Selbstverständlich können solche mehr oder weniger weich arbeitenden Fender für



Schutzdückdalben an Kaimauern

Abbildung 4



den Schutz des Schiffes und der Kaimauer mehr leisten, als es von der üblichen Ausrüstung erwartet werden kann. Diese, einen Abstand von 1 bis 2 m haltenden, unter den Pollern vor der Kaimauer aufgehängten Fender bewahren die Streichpfähle vor allzu großem Verschleiß und verhüten vorzeitiges Abbrechen, weswegen von den privaten Reedereien die von ihnen vorgehaltene Fender-

ausrüstung im Vergleich zu ihren andernfalls notwendigen größeren Unterhaltungskosten für wirtschaftlicher gehalten wird.

**5. Stoßdämpfer.**

Wenn auch dank der guten Kaimauerausrüstung in Hamburg und der wirksamen Fenderdalbenanlage unter der früheren Pierkonstruktion des Steubenhöftes ernsthafte Havarien vermieden werden konnten, so hat man doch über die dynamische Beanspruchung der neuen Pierkonstruktion in Cuxhaven Über-

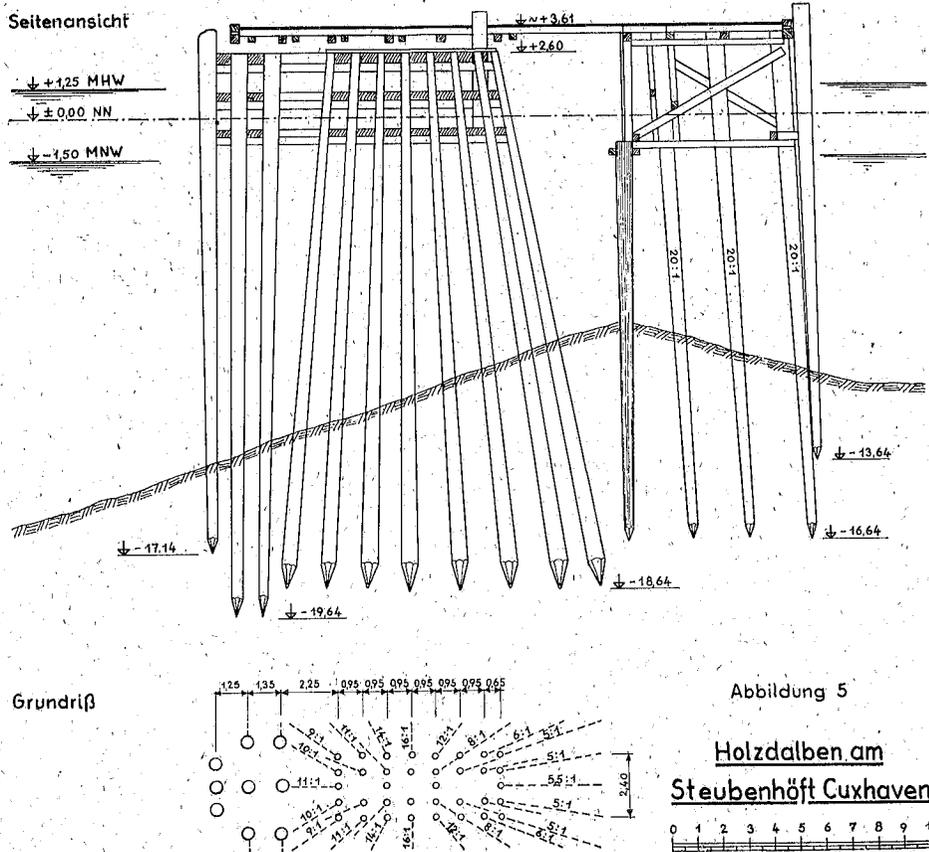
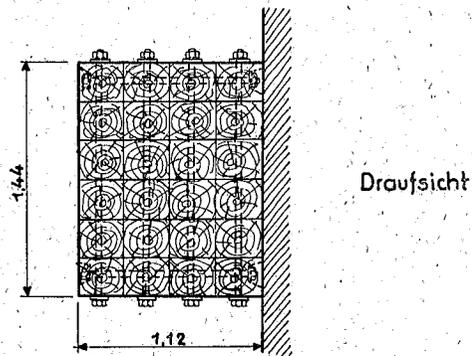
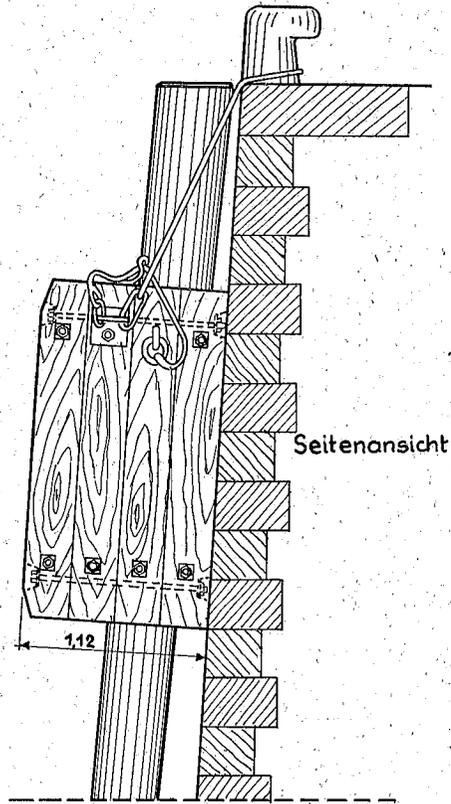


Abbildung 5

**Holzdalben am Steubenhöft Cuxhaven**

legungen angestellt. Bei einer diesbezüglichen Ausschreibung, in welcher sowohl Fenderdalben wie technisch wirkende Stoßdämpfer unter technisch gleichen Bedingungen angeboten worden sind, stellte sich die geforderte Stoßaufnahme (30 tm je Bauabschnitt) durch Stoßdämpfer preislich um etwa 33% günstiger als entsprechende Dalben. Man entschied sich für eine neuartige Anordnung, welche die Verdrehungsarbeit geeigneter Torsionsglieder für die Energievernichtung nutzbar macht.

Damit schaltet sich Hamburg ein in die Reihe der in letzter Zeit um einige interessante Konstruktionen dieser Art vermehrten Pieranlagen mit mechanischen Stoßdämpfern. Eine Beurteilung kann erst nach praktischer Erprobung in den kommenden Jahren vorgenommen werden.



Fender am Sthamer Kai

Abbildung 6



## 2. Teil: Bremen und Bremerhaven.

### Allgemeines

Der Wasserstand vor der Kaje und somit die Größe des vorliegenden Schiffes bestimmt die Größe der angreifenden Kräfte.

Ein Schiff kann in Längsrichtung und mit der Breitseite Kräfte auf Bauwerke oder Hindernisse bringen. Schiffe fahren im Hafenrevier mit geringer Geschwindigkeit. Es ist trotzdem mit umfangreichen Zerstörungen zu rechnen, wenn das Schiff in Längsrichtung auf ein Bauwerk aufläuft. Die Größenordnung dieser Kräfte kann

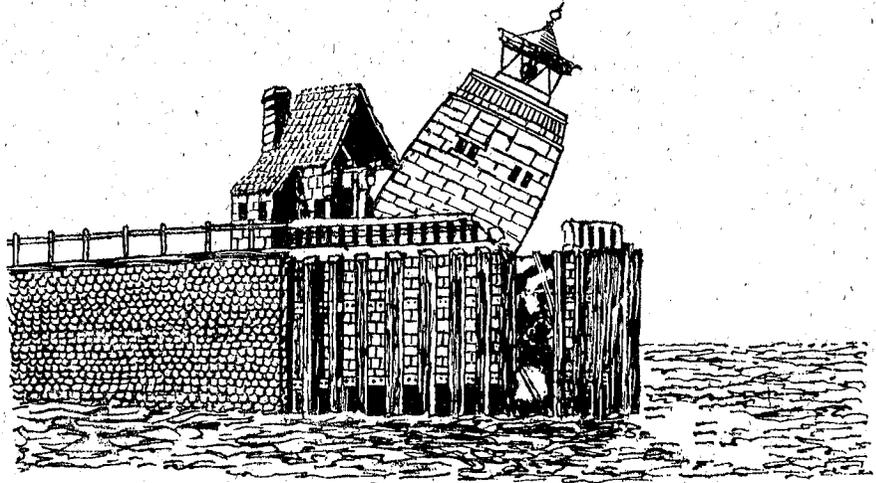


Abb. 1. Bremen, Südmole Wendebecken.

nicht genau ermittelt werden. Ihre Wirkung kann nur an eingetretenen Unfällen beurteilt werden. Es wird auf folgende Unfälle hingewiesen:

1. Aufspaltung der Südmole des Wendebeckens Bremen 1925 durch D. »Brookfield«, Abmessungen unbekannt, geschätzt 4000 BRT (Abb. 1).
2. Unfall Vorhafen Kaiserschleuse Bremerhaven 1950 durch D. »American Ranger«, 8211 BRT, 138 m Länge und 19 m Breite (Abb. 2).
3. Eindringen der Torkammer, Außenhaupt Schleuse Oslebshausen, Bremen, durch D. »Bandeirante«, 1948, 3913 BRT, 100 m Länge und 15 m Breite (Abb. 3).

In den 3 genannten Fällen kam das Schiff in Längsrichtung. Die Wiederherstellungskosten waren in allen Fällen beträchtlich. Beschädigungen am Schiff waren unwesentlich.

Bei Kraftübertragung über die Längsseite des Schiffes ist mit geringeren Zerstörungen zu rechnen, da die Schiffswand Verformungen erleidet, durch die ein Teil der Kräfte vernichtet wird.

#### a) Kräfte, die beim Anlegen des Schiffes auf die Kaimauer übertragen werden einschließlich der Einflüsse aus Wind und Strömung.

Messungen dieser Kräfte sind in Bremen und Bremerhaven nicht ausgeführt. Die Belastung der Haltevorrichtungen am Kai wird in Bremen entsprechend der Zerreißeigenschaft der vom Schiff benutzten Trossen bemessen.

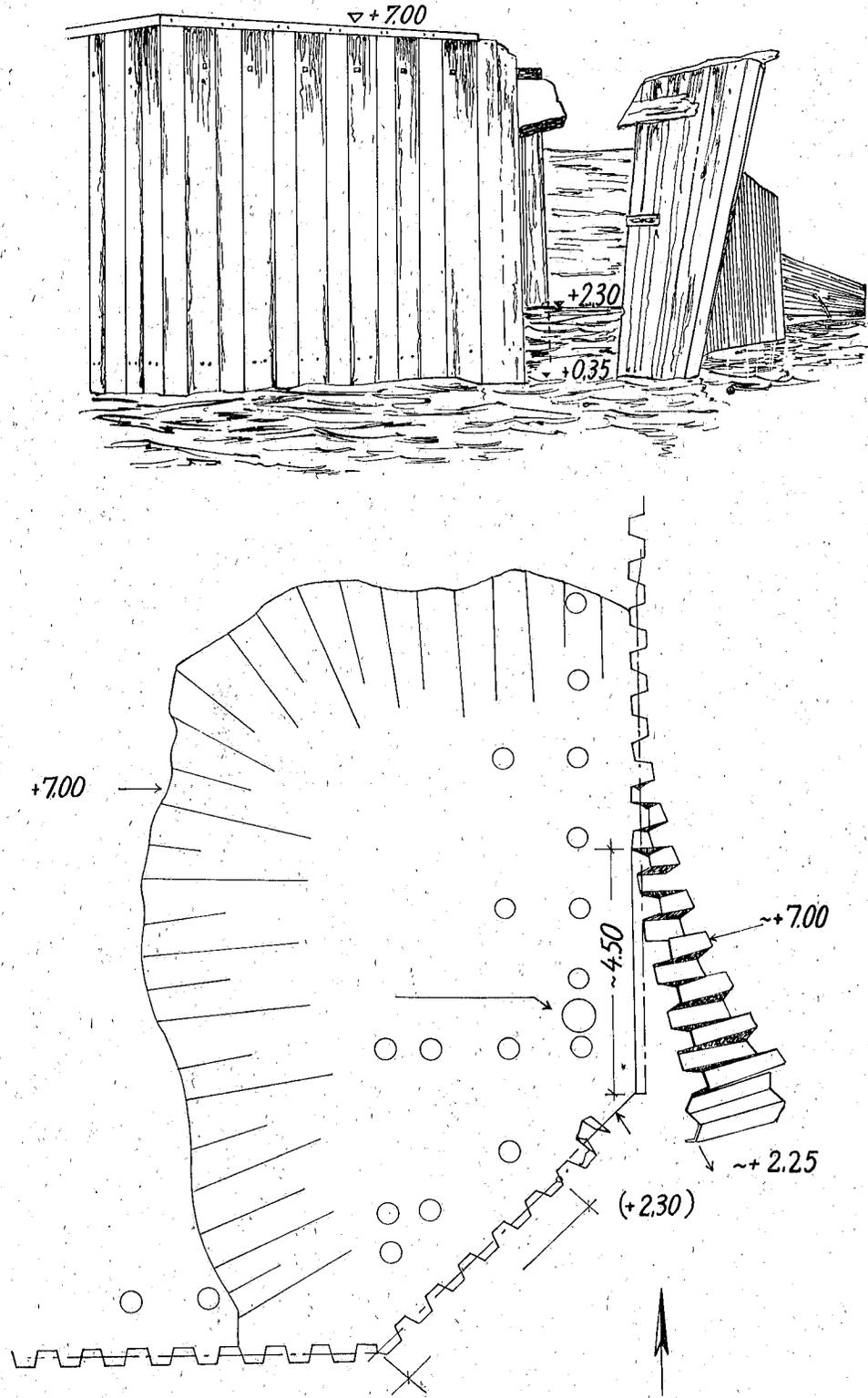


Abb. 2. Molenkopf am Vorhafen der Kaiserschleuse Bremerhaven.

b) und c): Zu diesen Abschnitten des 1. Teils (Hamburg) ist diesem gegenüber nichts wesentlich Neues zu sagen.

d) Gegenmittel.

Die auf Kajen beim Anlegen ausgeübten Kräfte wie auch Schiffsstöße werden in Bremen und Bremerhaven durch konstruktive Maßnahmen abgefangen. Hierunter sind zu verstehen:

1. starr eingebaute Konstruktionen,
2. starr aufgesetzte Konstruktionen,
3. weiche, vorgelegte Konstruktionen, das sind Bauelemente, die infolge des Stoßes Verformungen ausführen und dadurch Teile der Kräfte in sich selbst vernichten.

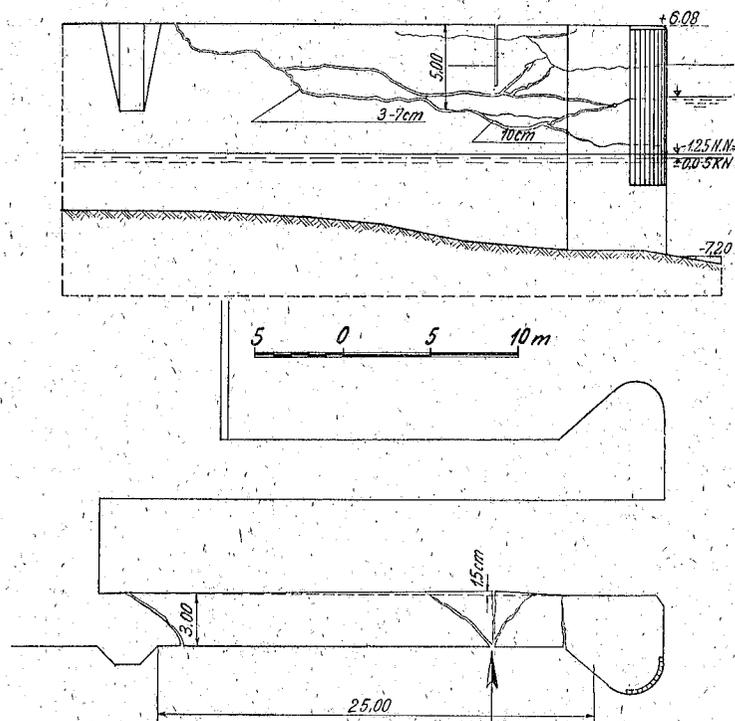


Abb. 3. Außenhaut der Schleuse Oslebshausen, Bremen.

1. Starr eingebaute Konstruktionen.

Endstücke oder Vorsprünge von Kaimauern sowie alle Strecken von Kaimauern, in deren Bereich die Fluchtlinie der Kaimauer verändert wird, sind gefährdet durch Schiffe. Um Zerstörungen an diesen Stellen zu begegnen, ist man in Bremen zwei Wege gegangen. Entweder hat man die Ecke oder gefährdete Stelle so leicht gebaut, daß nach Zerstörungen durch Stöße mit verhältnismäßig geringem Kostenaufwand das Bauwerk wieder erstellt werden kann.

Als Beispiel sei genannt: Mole Columbuskaje (Abb. 2).

Der Molenkopf ist gebildet aus Spundwandisen. In Höhe des MNW ist eine horizontal liegende Betonplatte eingebracht, die selbständig auf Pfählen ruht. Die der Konstruktion zugrunde liegende Theorie hat sich an dem bereits erwähnten Unfall bewährt.

Der andere Weg wäre, die Ecke so steif auszubilden, daß nach menschlichem Ermessen die Konstruktion nicht zerstört wird. Da aber, wie eingangs gesagt, der

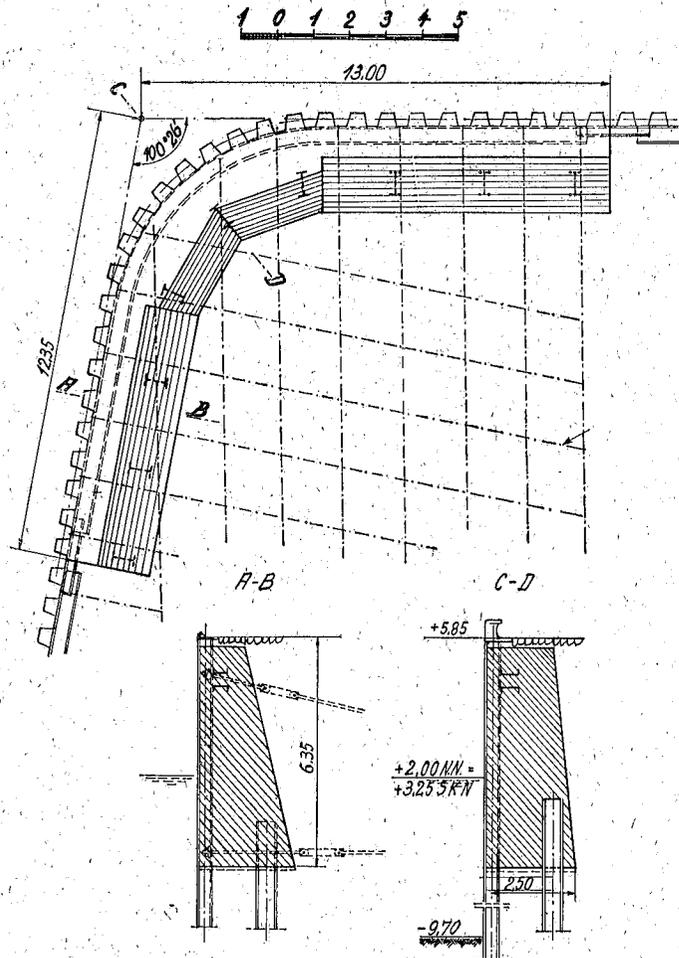


Abb. 4 a. Kühlhauskaje Bremen, Ecke Holzhafen.

Stoß in Längsrichtung des Schiffes sämtliche Kräfte auf das Bauwerk überträgt, ist dieses nicht möglich, und man hat nur eine Kompromißlösung gefunden, nämlich daß die Stöße kleinerer Schiffe abgehalten werden können, die von größeren Schiffen jedoch das Bauwerk vermutlich zerstören werden.

Hierfür ein Beispiel: Kühlhauskaje (Abb. 4 a und 4 b).

An der gefährdeteren Seite Wendebassin/Binnenschiffshafen wurde eine aussteifende, horizontale Betonplatte eingebracht. An der nicht so gefährdeten Ecke

wurde die Spundwandkonstruktion durch Beton hinterbaut, um dem ankommenden Stoß mehr Masse entgegenzusetzen.

Wird der Kai in Spundwandweisen erstellt, erscheint die Konstruktion gefährdet, da in den Wellentälern der Bug havarierender Schiffe sich fangen kann. Um das zu vermeiden, hat man beim Molenkopf Vegesack in Höhe der Berührung der Schiffe Streichbalken eingebaut.

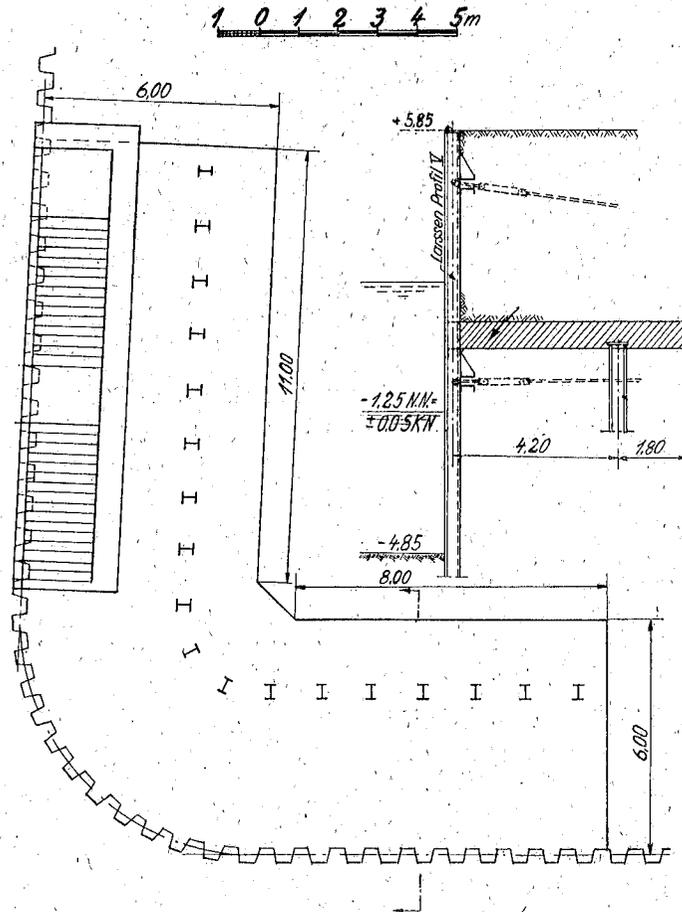


Abb. 4b. Kühlhauskaje Bremen, Ecke Binnenschiffhafen mit Niedergang.

## 2. Starr aufgesetzte Konstruktionen: Poller, Festmacheringe Haltekreuze.

Kleine Poller, Festmacheringe und Haltekreuze sind Hilfselemente für kleinere Seeschiffe wie Binnenschiffe und Hafenhilfsschiffe. Sie haben keine eigene Fundierung oder Verankerung, sondern sind am Kai verankert.

Poller für Seeschiffe werden auf oder am Kai befestigt, bekommen aber noch zusätzlich Verankerungen. Sie dienen den Seeschiffen zur Befestigung und zum Festlegen der Trossen beim Anlegemanöver. Die Poller haben bis auf zwei Fälle den Anforderungen genügt.

An der Columbuskaje hat bei ungünstigen Windverhältnissen Anfang der 20er Jahre der D. »York« 8909 BRT, 147 m lang und 17,5 m breit, trotz Schlepperhilfe einen Poller mit 30 m<sup>3</sup> Mauerwerk der Gründung herausgerissen.

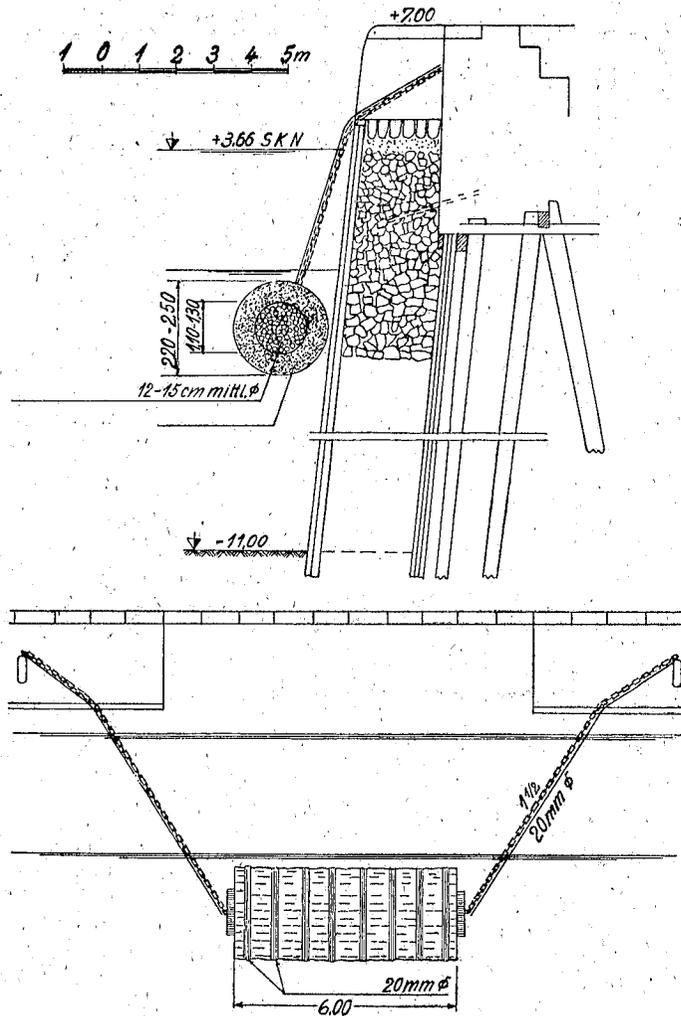


Abb. 5. Schwimmfender an der Kolumbuskaje Bremerhaven.

An der Pier A der Getreideanlage Bremen wurde ein doppelköpfiger Abreißpoller am 6. September 1952 abgerissen. Am Poller waren 3 Stahltrossen des Dampfers »Saarstein«, 2693 BRT, befestigt. Bei auflaufendem Wasser wurden die Trossen nicht gefiert. Entsprechend den gebrochenen Eisenquerschnitten der Abreißbolzen betrug die Zugkraft 28 t.

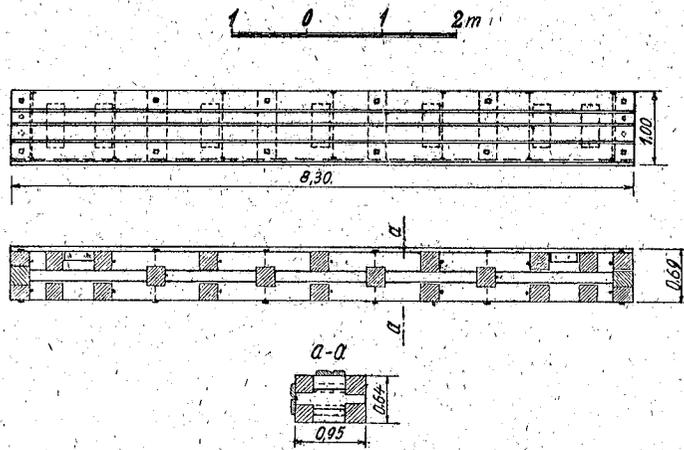


Abb. 6. Schwimmfender an der Fischereihafen-Doppelschleuse Bremerhaven.

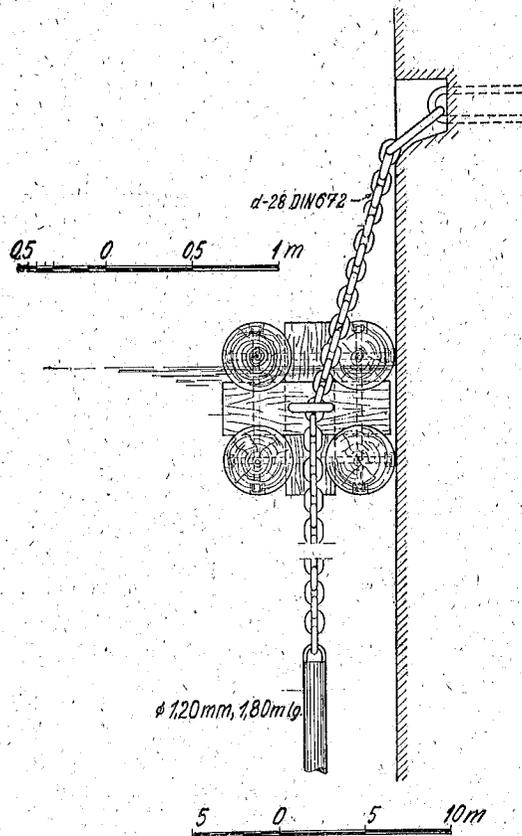


Abb. 7. Schwimmfender der Schleuse Oslebshausen, Bremen, Südfestmachebrücke.

### 3. Weiche Konstruktionen.

Als weiche Konstruktionen werden bezeichnet; Buschfender, Schwimmfender, Hängefender, Reibehölzer.

Buschfender (Abb. 5) werden in Bremerhaven im Bereich der Columbuskajé verwandt. Die Elastizität dieser Fender ist sehr groß, da sie sich unbelastet voll Wasser und Schlick saugen und bei Belastung diesen Inhalt teilweise abgeben. Ihre Lebensdauer beträgt höchstens 5 Jahre.

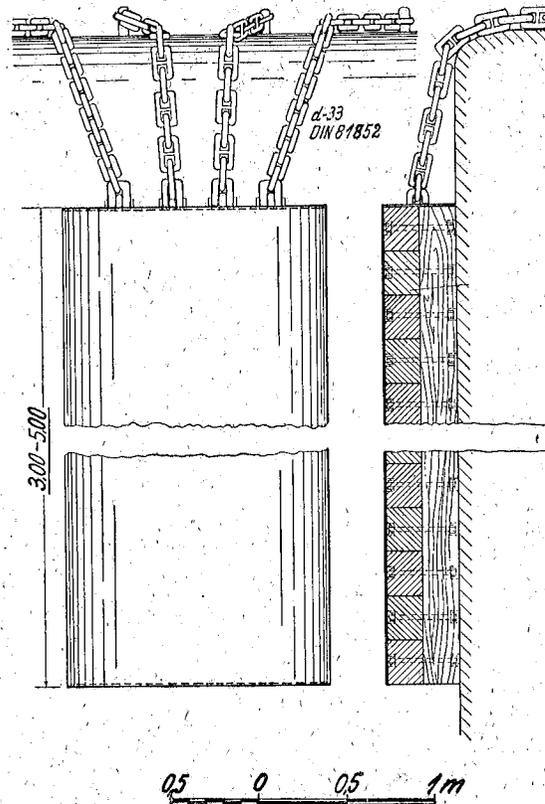


Abb. 8. Hängefender an der Schleuse Oslebshausen, Bremen.

Die Schwimmfender (Abb. 6 und 7) sind geeignet, nicht nur senkrechte Kräfte aufzunehmen, sondern auch solche in Längsrichtung. Sie werden in Bremen verwandt an Kais, wenn irgendwelche Bauelemente vor die Flucht der Kaimauer reichen, wie z. B. die Abdeckung des Pfahlrostes unter Winkelstützmauern, oder wenn Aufbauten auf der Kajé; z. B. Krane, mit ihrer Konstruktion das Schiff berühren könnten, darüber hinaus wenn der Treidelpfad zu schmal und die Gangways der Schiffe bei scharf anliegenden Schiffen zwischen Kranbahn und Schiffsaußenwand nicht untergebracht werden können. In Bremerhaven werden Schwimmfender in den Schleusen zwischen Schleusenmauer und Bordwand angeordnet. Die Fender werden in Fichte und Tanne ausgeführt. Ihre Lebensdauer beträgt ungefähr ein Jahrzehnt.

Hängender (Abb. 8) werden in Bremen in der Hauptsache benutzt, wenn Kraftübertragungen auf Kais erfolgen müssen bei streichenden Schiffen, wie z. B. an der Einfahrt der Oslebshuser Schleuse. Diese Konstruktion ist etwas hart.

Reibehölzer werden in Bremen angewandt, wenn der Kai in aufgelöster oder nicht ebener Konstruktion errichtet ist, wie z. B. Überseehafen, Südseite des Holz- und Fabrikhafens und auch Pier A der Getreideanlage. Reibehölzer müssen, wenn die von ihnen geschützte Konstruktion zu schwach ist, Teile eines Pfahlbündels einer Dalbe werden, wie z. B. Pier B der Getreideanlage. Es ist auch üblich, an Dalben Reibehölzer anzubringen, wenn eine starke Beanspruchung der Dalben beim Längsverholen von Schiffen zu erwarten ist. Der Abstand der Reibehölzer ist von der Größe der vorliegenden Schiffe und somit von der Wassertiefe abhängig.

## Abteilung II — Frage 2

### Zweiter Bericht

#### **Unterschiede der Verteilung von Trossenzügen bei zentrischem und exzentrischem Kraftangriff auf die einzelnen Pfähle verdrehbarer und verdrehfester stählerner Bündeldalben.**

Von F. Müller, Regierungsbaurat  
bei der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Kiel

Zusammenfassung: Die zur Zeit neuartigste Ausbildung des beweglichen Stahldalbens als verdrehfester Bündeldalben hatte die deutsche Wasser- und Schiffahrtsverwaltung veranlaßt, im Binnenhafen Holtenau des Nord-Ostsee-Kanals Großversuche an fünf verschiedenen neuzeitlichen beweglichen Stahldalben auszuführen, um die theoretischen Vorteile des verdrehfesten Dalbens praktisch zu überprüfen. Zur Untersuchung gelangten zwei torsionsfreie Dalben, der eine nach System Mannesmann, der andere nach System Wedekind verholmt, ferner ein verdrehfester Bündeldalben nach System Minnich sowie zwei holzverzimmerte Bündeldalben. Die Versuche zeigten, daß ein verdrehfester Dalben dem torsionslosen Dalben insofern um 50% überlegen ist, als beim torsionslosen Dalben bei exzentrischer Beanspruchung nur  $\frac{2}{3}$  seines Arbeitsvermögens bei zentrischer Beanspruchung ausgenutzt werden können, während beim verdrehfesten Dalben bei exzentrischer Beanspruchung nahezu kein Verlust an Arbeitsvermögen eintritt. Die durch die verdrehfeste Ausbildung der Verholmung in den Pfählen zufolge Torsion entstehenden Schubspannungen sind unmaßgeblich, sie setzen die zulässige Spannung etwa um  $\frac{1}{2}\%$  herab. Diese Spannungen sind geringer, als sie sich rechnerisch ergeben. — Der Gang der Versuche und die Auswertung werden eingehend beschrieben, das Ergebnis wird durch Diagramme und schematische Darstellungen belegt. Eine für die Auswertung herangezogene geometrische Eigenschaft der Biegelinie wird behandelt.

- Gliederung:
1. Vorwort.
  2. Einführung, Veranlassung und Inhalt der Versuche.
  3. Die Versuchsobjekte.
  4. Beschreibung der Versuche.
  5. Ergebnis der Durchbiegungsmessung.
  6. Ergebnis der Schubspannungsmessung: zufolge Verdrillung.