

RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATERSTAAT.

Nº. 20.

INHOUD.

I. VERSLAG BETREFFENDE EEN STUDIEREIS NAAR
DUITSCHLAND EN FRANKRIJK, ONDERNOMEN IN MAART
EN APRIL 1921, IN VERBAND MET DEN BOUW VAN EEN
SCHUTSLUIS TE IJMUIDEN, OPGEMAAKT DOOR DEN
HOOFDINGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT JHR. C.
E. W. VAN PANHUYS, DE INGENIEURS J. A. RINGERS EN
J. P. JOSEPHUS JITTA EN DEN TIJDELIJK INGENIEUR
C. TELLEGEN.

II. VERSLAG OMTRENT PROEVEN TER BEPALING VAN DE
DRAAGKRACHT EN DE ELASTICITEIT VAN HET BODEM-
MATERIAAL, DAT TE IJMUIDEN OP HET TERREIN VAN
DEN SLUISBOUW WORDT AANGETROFFEN, OPGEMAAKT
DOOR DEN INGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT
C. WOLTERBEEK.

UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE
VAN WATERSTAAT.

'S-GRAVENHAGE — ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ — 1922.

Prijs f 3.—.

DE „RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATER-
STAAT" VERSCHIJNEN OP ONREGELMATIGE TIJDSTIPPEN EN
WORDEN SLECHTS, INDIEN DIT UITDRUKKELIJK IS AANGEGEVEN,
TEGEN BETALING ALGEMEEN VERKRIJGBAAR GESTELD. DE
INHOUD DER RAPPORTEN, MEDEDEELINGEN, ENZ., BLIJFT
GEHEEL VOOR REKENING VAN DE SCHRIJVERS.

RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATERSTAAT.

N^o. 20.

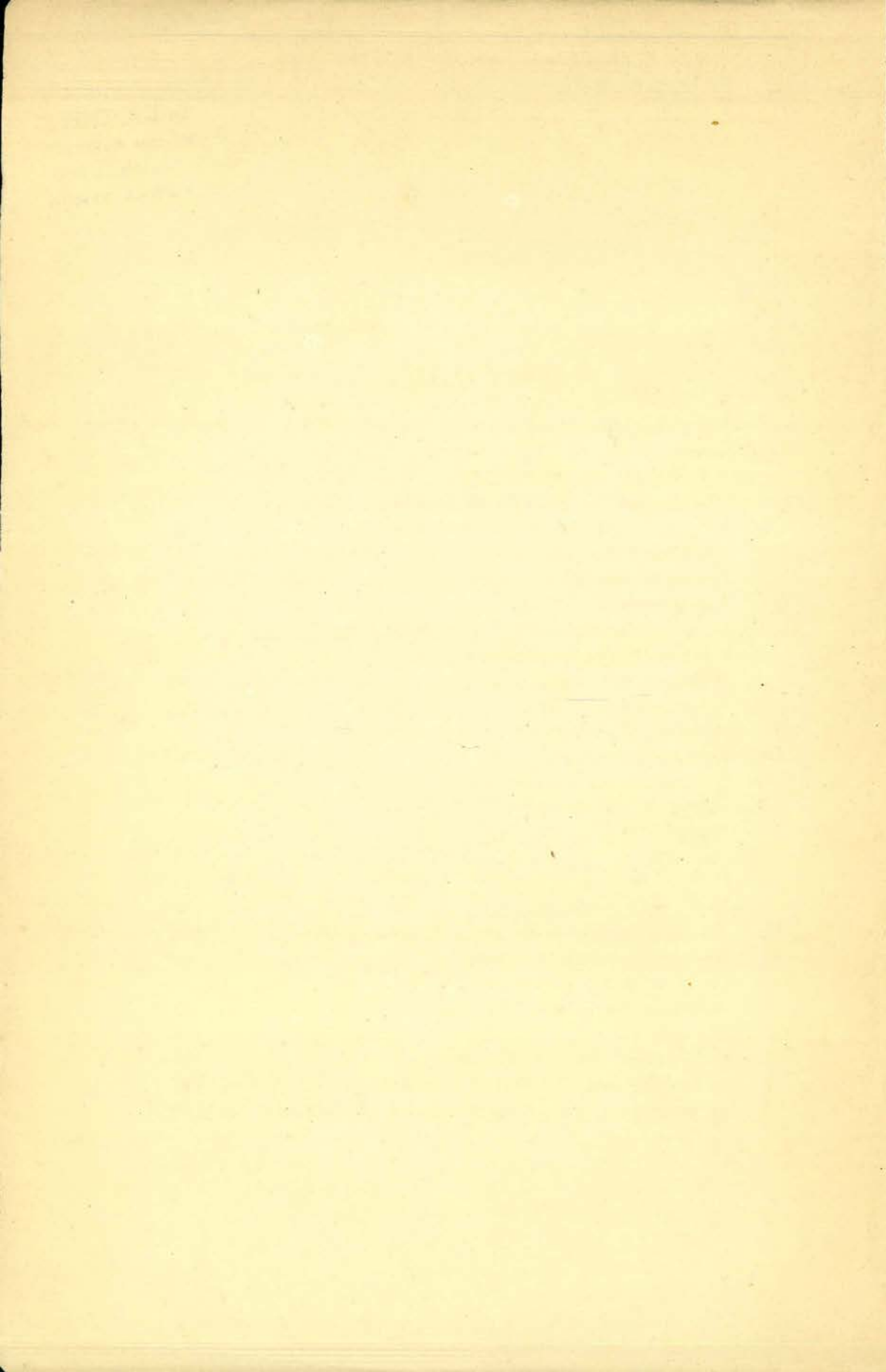


INHOUD:

I. VERSLAG BETREFFENDE EEN STUDIEREIS NAAR
DUITSCHLAND EN FRANKRIJK, ONDERNOMEN IN MAART
EN APRIL 1921, IN VERBAND MET DEN BOUW VAN EEN
SCHUTSLUIS TE IJMUIDEN, OPGEMAAKT DOOR DEN
HOOFDINGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT JHR. C.
E. W. VAN PANHUYS, DE INGENIEURS J. A. RINGERS EN
J. P. JOSEPHUS JITTA EN DEN TIJDELIJK INGENIEUR
C. TELLEGEN.

II. VERSLAG OMTRENT PROEVEN TER BEPALING VAN DE
DRAAGKRACHT EN DE ELASTICITEIT VAN HET BODEM-
MATERIAAL, DAT TE IJMUIDEN OP HET TERREIN VAN
DEN SLUISBOUW WORDT AANGETROFFEN, OPGEMAAKT
DOOR DEN INGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT
C. WOLTERBEEK.

UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE
VAN WATERSTAAT.



I.

INHOUD.

	Bladz.
INLEIDING	5
A. WERKEN IN DUITSCHLAND.	7
I. De sluizen van het Kaiser-Wilhelmkanaal.	7
<i>a.</i> De groote schutsluizen te Holtenau.	7
1. Constructie der sluisdeuren.	8
2. Beweging der deuren.	10
3. Sluisgebouw	11
<i>b.</i> De groote schutsluizen te Brunsbüttelkoog	12
1. Constructie der sluisdeuren.	13
2. Beweging der deuren.	15
3. Sluisgebouw	17
II. Werken te Wilhelmshaven.	18
<i>a.</i> Derde haventoeegang	19
1. Constructie der deuren	20
2. Beweging der deuren.	21
3. Sluisgebouw	24
<i>b.</i> Keersluis	24
1. Constructie van de deur.	24
2. Beweging van de deur	26
<i>c.</i> De afsluitingen van de nieuwste droogdokken	28
III. De nieuwe zeesluis te Emden	29
1. Constructie der sluisdeuren.	29
2. Beweging der deuren.	32
3. Sluisgebouw	35
IV. De Deutsche Werft te Hamburg	36
V. De bruggen over het Kaiser-Wilhelmkanaal	37
VI. De uitbreiding van de visschershaven te Cuxhaven.	38

	Bladz.
B. WERKEN IN FRANKRIJK	40
VII. Droogdokken te Toulon	40
1. Aanleiding tot het bezoek	40
2. Algemeene beschrijving en toestand tijdens het bezoek	40
3. Beschrijving constructiewijze	41
4. Beschrijving uitvoeringswijze	43
5. Wijze van aanneming.	48
6. Vroegere uitvoeringen te Toulon.	49
VIII. Havenwerken te Marseille	49
a. Algemeene beschrijving	49
b. Caissons der kade aan de binnenzijde van den golfbreker	51
c. Caissons voor de landtongen volgens aanvankelijke uitvoering.	53
d. Caissons voor den noordelijken kademuur van de Traverse du Cap Janet	55
e. Bouw der Zschokke caissons	56
IX. Werken te Le Havre	58
a. Droogdok.	58
1. Algemeene beschrijving	58
2. Korte beschrijving constructiewijze	61
3. Uitvoeringswijze.	65
b. Kademuren	67
c. Ontwerp Keersluis.	68
C. NOTA betreffende de samenstelling van rol- en schuifdeuren, opgemaakt naar aanleiding van de bezichtigde werken, door den Ingenieur J. P. JOSEPHUS JITTA	69
1. Deurtype in het algemeen	69
2. Uitdrijven	71
3. Constructie	72
a. Regeldeuren	72
b. Stijldeuren	76
4. De beplating.	79
5. Verstijvingen van de beplating	83
6. Aanslaglijsten	84
7. Het bewegen van rol- en schuifdeuren.	84
Lijst van figuren	87

I.

VERSLAG BETREFFENDE EENE STUDIEREIS NAAR
DUITSCHLAND EN FRANKRIJK, ONDERNOMEN IN
MAART EN APRIL 1921, IN VERBAND MET DEN BOUW
VAN EEN SCHUTSLUIS TE IJMUIDEN, OPGEMAAKT
DOOR DEN HOOFDINGENIEUR VANDEN RIJKSWATER-
STAAT JHR. C. E. W. VAN PANHUYS, DE INGENIEURS
J. A. RINGERS EN J. P. JOSEPHUS JITTA EN DEN
TIJDELIJK-INGENIEUR C. TELLEGEN.

INLEIDING.

De bewerking van het ontwerp der sluisdeuren voor de nieuwe schutsluis te IJmuiden, waarvoor zijn gekozen rol- of schuifdeuren, alsmede van het ontwerp voor den bouw van die sluis met behulp van caissons gaven aanleiding tot het stellen van enkele vragen, welke, wat betreft de sluisdeuren, vermoedelijk konden worden opgelost door een bezoek aan de in Duitschland in de laatste jaren vóór den oorlog gebouwde groote zeesluizen en waarvoor, wat betreft de bijzonderheden bij de bouwwijze met caissons, het gewenscht scheen inlichtingen te vragen in Frankrijk, waar eenige dergelijke werken van buitengewone afmetingen in uitvoering zijn.

Daartoe werd door de ondergeteekenden, Jhr. C. E. W. VAN PANHUYS, Hoofdingenieur van den Rijkswaterstaat, thans met verlof, en J. A. RINGERS, Ingenieur van den Rijkswaterstaat, te zamen met den Ingenieur van den Rijkswaterstaat J. P. JOSEPHUS JITTA, voor zooveel de sluisdeuren betreft en met den tijdelijk Ingenieur bij den Rijkswaterstaat C. TELLEGEN, voor zooveel den caissonbouw betreft, eene reis naar bedoelde landen ondernomen, waarbij zich

tevens de gelegenheid voordeed inlichtingen te verkrijgen omtrent den bouw in het algemeen van groote zeesluizen en van kaaimuren, het gebruiken van kabelkranen bij bouwwerken en het ontwerpen van groote ijzerconstructiën.

Het bezoek omvatte de volgende werken:

A. Werken in Duitschland.

- I. Sluiswerken te Holtenau en Brunsbüttelkoog. (Noord-Oostzeekanaal);
- II. Marinedok en sluiswerken te Wilhelmshaven;
- III. Sluis te Emden;
- IV. Deutsche Werft te Hamburg;
- V. Bruggen over het Noord-Oostzeekanaal;
- VI. Uitbreiding van de visschershaven te Cuxhaven;

terwijl een bezoek gebracht werd aan de teekenbureaux van de afdeeling Bruggenbouw van de Gute Hoffnungshütte te Sterkrade, waar de detailteekeningen van tal van sluisdeuren werden bezichtigd en besproken.

B. Werken in Frankrijk.

- VII. Dokken in uitvoering te Toulon;
- VIII. Havendammen en kaaimuren in uitvoering te Marseille;
- IX. Dok in uitvoering en kaaimuren te le Havre.

Aan het verslag van het bezoek aan de zeesluizen in Duitschland voegen wij als bijlage toe eenige opmerkingen van den mede-ondergeteekende JOSEPHUS JITTA, over de verschillende vraagpunten, die zich bij het ontwerp van een schuif- of roldeur van een groote zeesluis kunnen voordoen, waaruit nader kan blijken op welke onderwerpen het bezoek aan de Deutsche sluisdeuren vooral moest worden gericht.

A. WERKEN IN DUITSCHLAND.

I. *De sluizen van het Kaiser-Wilhelmkanaal.*

De groote sluizen, die een onderdeel vormen van de voornamelijk voor militaire doeleinden in de jaren 1905—1914 ondernomen verruiming van het Kaiser-Wilhelmkanaal, zijn ingericht voor de grootst mogelijke bedrijfszekerheid. Zoowel de nieuwe sluizen te Holtenau (het Oostzee-einde) als die te Brunsbüttelkoog (het Noordzee-einde) zijn, evenals de oudere 25 M. wijde sluizen, tweelingsluizen (twee gelijke sluizen naast elkaar). Elke sluis is door een middenhoofd nog eens verdeeld in twee deelen van ongelijke lengte.

De beweging van de deuren geschiedt met behulp van eenige zware motoren, welke tevens elkaars reserve zijn. De deuren zijn roldeuren, doch kunnen ook als schuifdeuren worden gebruikt.

De nieuwe sluizen zijn gebouwd onmiddellijk nevens de oorspronkelijke; de toeleidingskanalen vallen gedeeltelijk samen tengevolge van een zeer groote plaatselijke verbreeding. Het toeleidingskanaal te Holtenau mondt uit in de Kieler Bocht, een inham van de Oostzee, waarin zoo goed als geen tijverschil wordt waargenomen, terwijl het zeer korte toeleidingskanaal te Brunsbüttelkoog uitmondt aan den ter plaatse sterk gekromden hollen rechteroever van de Beneden-Elbe, waarin een belangrijk tijverschil wordt waargenomen.

a. *De groote schutsluizen te Holtenau (fig. 1).*

De wijde van iedere sluis is 45 M. in den dag gemeten. (fig. 3)

De grootste nuttige schutlengte is 330 M.; het middenhoofd verdeelt de schutkolk in deelen, die een nuttige schutlengte hebben van resp. 221.15 M. en 100 M. De drempels liggen rond 14 M. onder den gemiddelden buitenwaterstand.

Het door de deuren te keeren verval is in den regel gering en kan alleen van eenige beteekenis worden, zoodra de waterstand in de Oostzee door opwaaiing bij storm aanmerkelijk wordt verhoogd.

1. **Constructie** De deuren zijn roldeuren lang ± 47 M., hoog ± 18 M. der sluisdeuren. en breed over de beplating 7.94 M. (fig. 1 en 2).

Zij behooren tot het stijldeurtype, waarvan de stijlen worden gesteund door de luchtkistregels, een onderregel ter hoogte van den onderdorpel en een bovenregel boven de luchtkist.

Van de 6 deuren, die in bedrijf zijn, zijn drie deuren gebouwd om te kunnen dienen voor drooglegging der sluishoofden (zware deuren) en drie om alleen den waterdruk in het gewone sluisbedrijf op te nemen (lichte deuren).

De zware deuren wegen ± 1280 ton, de lichte ± 1125 ton per stuk.

De onderregel der zware deuren wordt bij drooglegging van de sluishoofden zeer zwaar belast en kan, daar in den onderdorpel van den noodaanslag een zeeg gelegd is met een pijl van 8 cM., vrij doorbuigen.

De beplating bestaat, behalve het gedeelte dat tot de luchtkist en tot de eindvelden behoort, uit zoogenaamde buckelplaten, die met de bolle zijde van den waterdruk zijn afgekeerd. Thans reeds zijn er in de deuren verschillende platen, die door aanvaring zijn beschadigd. De wrijfhouten, die op iederen regel zijn bevestigd, beschermen de uitstekende buiken van de platen onvoldoende, aangezien zij bij aanvaring spoedig worden afgekneld.

Aanvaringen met de sluisdeuren komen bij wijde sluizen dikwijls voor, omdat daar een remmende opstuwing van het water bij het binnenvaren van een schip in den regel ontbreekt, terwijl die bij in verhouding tot het grootspant van het schip nauwere sluizen, wèl zal voorkomen.

De gezagvoerder, die gewend is met zijn schip nauwere sluizen te bevaren, zal onwillekeurig met een te groote snelheid de sluis binnenvaren, zoodat zijn schip te ver zal „doorschieten”.

In de sluizen te Holtenau hebben gemiddeld per jaar vijf aanvaringen tegen de deuren plaats, terwijl de reparatie van een deur soms twee à drie maanden duurt.

De luchtkist vormt als geheel den zwaarsten regel van de deur. Lek- en ballastwater kan met luchtdruk uit de kist verwijderd worden, op dezelfde wijze als dit bijv. ook te Hansweert kan gebeuren.

De deuren rusten op twee rolwagens (fig. 4 en 5), die geheel los er onder zitten. Men heeft dan het voordeel, dat ze gemakkelijk zijn uit te wisselen. Hiertoe heeft men slechts de deuren op te drijven totdat de nokken van de wagens vrij onder de dwarsverbindingen van den onderregel kunnen doorrollen. Een ander voordeel is, dat de deur, die aan weerskanten een speling van 5 c.M. heeft tusschen de slagstijlen, zich daartegen kan zetten, zonder de wagens mede te nemen. De radkransen van de wagens hebben dan ook een dubbele flens. Door middel van balansen wordt gezorgd, dat de raderen twee aan twee eenzelfde druk krijgen. Duikerklokken, teneinde de wagens uit te wisselen of te onderzoeken, zijn hier niet noodig en ontbreken dan ook.

De wagens worden uitgewisseld, indien de deur 10 m.M. is gezakt door het te veel afgesleten zijn van de assen. Het slijten geschiedde aanvankelijk te spoedig.

Men schreef dit toe aan de bronzen bussen, waarmede de raderen om de assen draaiden. Tegenwoordig zijn die bussen van hardstaal gemaakt, terwijl men om eventueele schokken op te nemen in de lagers een viltlaag heeft aangebracht; ze houden nu langer stand. Maar waarschijnlijk ligt het kwaad in het feit, dat de assen niet meedraaien, waardoor de raderen inwendig uitslijten, wat zonder geheele vervanging moeilijk te verhelpen is. Bij de sluisdeuren te Emden zijn de raderen op de assen gespied, waarbij dus de as in de lagers draait en, naar men mededeelde, behoeften de raderen aldaar nog nimmer te worden uitgewisseld. Indien de wagens afwezig zijn, kan de deur als schuifdeur worden gebruikt.

De rails, waarover de deuren rollen, zijn van het type kraanprofiel N°. 4. Ze rusten op een laagje cementmortel van 2 c.M. dikte, dat op het beton is aangebracht. De bevestiging geschiedt door bouten, die met doken in het beton zijn ingelaten.

De zware deuren zijn gebouwd door de Gute Hoffnungshütte A.-G., de lichte door Flender Brückenbau A.-G. De deuren zijn allen gemonteerd in de schutkolk van eene sluis, terwijl de naastliggende nog in bouw was. Die kolk werd door de bronbemaling van de tweede zonder extra kosten drooggehouden.

De uitdrijving is mogelijk gemaakt door een van de aanslaglijsten van de deur op een console van 0.55 M. hoogte te bevestigen. Een van de slagstijlen van de deurkaszijde is dienovereenkomstig 0.55 M. teruggeplaatst. Alvorens met de uitdrijving te beginnen moeten duikers eerst de gedeelten van den onderaanslag en van de wrijfhouten, die bij uitdraaiing tegen den slagstijl zouden komen, demonteeren. Dit is nogal onpractisch.

De deurkas kan met behulp van een caissondeur worden afgesloten, waarna de deur in de deurkas voor onderhoud kan worden nagezien. De caisson weegt 120 ton. (fig. 6.)

2. Beweging der deuren. (fig. 7.) De beweging van iedere deur geschiedt door middel van tandheugels, die aan het achtereinde van de deur zijn bevestigd en die met de deur medebewegen. Als de deur geheel in de deurkassen is teruggetrokken, reiken de heugels ongeveer een deurlengte achter de deurkas, wat te Holtenau geen bezwaar oplevert. De heugels bestaan uit twee verticale zware platen, waartusschen zware bouten. Tegen het knikken worden ze om de 4 M. door rollen geleid. Ze bewegen zich in plaatijzeren kokers, die zoo ruim zijn, dat een man ter inspectie over de heugels kan voortkruipen. De verbinding van de heugels met de deuren, in fig. 8 voorgesteld, bedoelt een juiste krachtsoverbrenging te geven.

Ter toelichting van fig. 8 diene het volgende:

De punten A, B en C zijn scharnieren. Aan de punten A is de deur bevestigd; de punten B zijn bevestigd aan een balans, aan welker einde de heugels vastzitten en de punten C zijn door een zware ronde staaf onderling verbonden.

Het machinegebouw met de bewegingsinrichting staat op het sluisgebouw direct achter de deurkas. Ter voortbeweging van de deuren zijn vier motoren aanwezig van 87.5 P.K. Om de deuren in $1\frac{3}{4}$ min. te openen zijn 60 K.W.-uren noodig; om haar in 5 minuten te openen de helft. Men gebruikt twee motoren naast elkaar of vier achter elkaar. De motoren brengen tandraderen in beweging, die in de heugels grijpen. Slipkoppelingen zorgen er voor, dat beide heugels met gelijke snelheid worden bewogen.

De bediening geschiedt vanuit een centraal bedieningshuisje op den middenmuur tusschen beide sluizen, doch kan ook van uit de machine-kamers zelve geschieden. In het bedieningshuisje

is de stand van de deuren steeds na te gaan, daar aan den muur een plattegrond van de sluis hangt met beweegbare deurmodellen, wier beweging gelijkvormig is aan die van de werkelijke deuren. Indien de deuren geheel geopend of gesloten zijn, wordt de bediening automatisch gewaarschuwd en worden de motoren vanzelf uitgeschakeld, terwijl kort voor het einde van de beweging de snelheid automatisch wordt verminderd; (ook de beweging van de schuiven geschiedt vanuit dit gebouwtje en is in de voornoemde verkleinde plattegrond te volgen).

De bewegingsinrichting en de electrische installatie van de sluizen zijn respectievelijk door de firma's HANIEL und LUEG en SIEMENS-SCHUCKERT geleverd.

3. Sluisgebouw. De sluizen zijn geheel van beton gemaakt en op staal gefundeerd. De sluishoofd vloeren zijn door voegen van de muren gescheiden, ten einde daarin te ontgaan het moment, dat anders gevormd zou worden door de gewichten van de muren, den gronddruk tegen de muren, den waterdruk tegen de muren en de opwaartsche drukkingen tegen den sluishoofd vloer. Nergens komt het beton in den dag; het opgaand muurwerk is bekleed met baksteen, dat tands-gewijze in het beton grijpt (fig. 9). Drijvende remmingwerken beschermen de muren tegen beschadiging. Deze bestaan uit een drijvend houten raam van $\pm 1\frac{1}{2}$ M. breedte en 1 M. hoogte, dat door kettingen, waaraan gewichten van ± 40 K.G. hangen, bij het wisselen van den waterstand op zijn plaats wordt gehouden (fig. 9). Mochten de drijf-houtwerken door de schepen een eind worden verplaatst, dan trekken de kettingen door het daaraan hangend gewicht ze weer terug. De voorkant van de balken vormt tamelijk wel een doorgaande rechte lijn, zoodat van de sponningen der noodaanlagen geen last wordt ondervonden.

Het hart van den aanslag der slagstijlen in de deurkas ligt op 0.75 M. uit den dag der sluis.

De slagstijlen hebben ter plaatse van de zeer zwaar belaste luchtkist (stijldeureigenschap) een zware ijzerwapening (zie fig. 1, arceering).

De riolen hebben ieder een doorsnede van 11 M². De riolen in den gemeenschappelijken muur tusschen de beide sluizen zijn recht, de andere zijn om de drie deurkassen geleid. Door middel van

spruiten staan de riolen in gemeenschap met de schutkolk. Het gezamenlijk oppervlak van de spruiten is ruim $1\frac{1}{2}$ maal de riooldoorsnede. De beweegbare afsluitingen in de riolen zijn vlakke houten schuiven, die door heugels worden bewogen en die loopen op raderen, die op zijde daaraan bevestigd zijn. Een tegengewicht vermindert het eigen gewicht van iedere schuif. De kettingen, waaraan dit hangt, roesten soms door, zoodat het tegengewicht dan naar beneden valt.

Het was niet mogelijk geleidelichten aan te brengen ten dienste van het invaren in de sluizen. Ter vervanging is op de naar de schutkolk gekeerde zijde van de deuren in het midden een breede verticale witte streep geschilderd, die 's avonds wordt verlicht. Met de rij van lichten ter weerszijden langs de schutkolk, geeft deze verlichte streep, die daar midden tusschen ligt, een redelijk goede geleiding.

Het invaartkanaal naar de sluis is begrensd door houten paalwerken, welke in het beloop zijn geplaatst en waarlangs mede drijvende houten remmingen aanwezig zijn.

Ten tijde van het bezoek aan deze sluis was Baurat HAYSEN belast met het onderhoud van de oostelijke helft van het Kaiser-Wilhelmkanaal en met de bij dat gedeelte behorende kunstwerken. Zoowel voornoemde hoofdingenieur als de hem toegevoegde Regierungsbaumeister LINNEMANN waren zoo welwillend inlichtingen te verschaffen.

b. *De groote schutsluizen te Brunsbüttelkoog.* (fig. 10.)

De hoofdafmetingen van deze sluizen zijn nagenoeg dezelfde als van die te Holtenau. De breedte van iedere sluis is 45 M. in den dag gemeten; de grootste nuttige schutlengte is 330,50 M.; het middensluishoofd verdeelt de sluis in deelen die een nuttige schutlengte hebben van resp. 221,5 M. en 100 M. De onderdorpels liggen op rond 14 M. onder den gemiddelden buitenwaterstand.

Het verschil tusschen de hoogste en de laagste waterstanden van de Elbe is hier ongeveer 9 M., terwijl het kanaalpeil ongeveer 5 M. boven den laagsten waterstand en 1.60 M. boven gewoon laag water is gelegen.

Het normaal tijverskil bedraagt 2.80 M.

1. **Constructie** De deuren zijn roldeuren, lang 47.05 M., hoog der sluisdeuren. 20 M. en breed over de beplating 8.3 M. (fig. 11).

Zij behooren tot het regeldeurtype. Ook hier zijn drie deuren gebouwd, geschikt om bij drooglegging van een sluishoofd als afsluiting te dienen (zware deuren) en drie die alleen het maximum waterverschil tusschen buiten- en binnenwater hebben te keeren. De deuren wegen $\pm$ 200 ton meer dan de overeenkomstige deuren te Holtenau.

De onderste regel is zwaar genoeg om den waterdruk zonder hulp van den slagdrempel op te nemen; aan deze drempels is een zeeg van 0.025 M. gegeven, aan de drempels van de noodafsluiting nog meer.

De beplating bestaat, voor zoover niet tot de luchtkist behorende, uit buckelplaten, die met hun buiken buiten de regels van de deur uitsteken.

Verschillende platen vertoonen dan ook beschadigingen door aanvaring, die ook in deze sluizen veelal voorkomen. Den dag, voordat deze sluizen werden bezocht, had juist weder een ernstige aanvaring plaats gevonden, veroorzaakt door een schip van 3500 ton. De kosten van herstel werden geschat op ongeveer 1 miljoen Mark, destijds gelijk aan f 47 000. Het gevolg van de aanvaring is te zien in fig. 12, die de beschadiging, gezien schuin van boven naar beneden in het binnenste der deur, voorstelt. Ware een bijzondere ijersoort, zooals nikkelstaal, voor deze deuren gebruikt, dan zouden de verbogen liggers en staven gebroken zijn en zouden de kleine hoeveelheden te vernieuwen profielijzer, die dan extra in deze bijzondere ijersoort zouden moeten worden gewalst, buitengewoon kostbaar worden.

Door deze aanvaring is de luchtkist lek gestooten; dank zij de waterdichte schotten is ze slechts plaatselijk vol water gelopen.

Met de beplatingen van de deuren van Holtenau heeft die van deze deuren gemeen, dat de buckelplaten in de lasschen koud tegen elkaar aanloopen en dat de naden met strippen zijn afgedekt (geen scheepshuidconstructie).

De luchtkist is door in de deuren aanwezige centrifugaalpompompen zoo noodig leeg te pompen. De pompinstallatie is groot aangelegd in verband met het feit, dat de pompen tevens de deurkassen en zelfs de sluishoofden bij reparatie moeten kunnen droogpompen.

De deining maakt het soms noodzakelijk in de luchtkist zoodanige waterballast te laten, dat de druk op de rolbaan tot 65 ton wordt verhoogd (de gemiddelde druk bedraagt 40 ton, als maximum is aangenomen 80 ton).

Terwijl men bij Holtenau geen last heeft van slibafzetting, is de aanslibbing bij de thans beschouwde sluizen buitengewoon groot (een $\pm$ 10 M. dikke laag slib per jaar).

De stroomingen, die ontstaan bij het bewegen van de deuren zijn niet voldoende om de rolbaan slibvrij te houden, zoodat per week gedurende $2\frac{1}{2}$ uur slib moet worden gezogen door een slibzuigconstructie, die in de deur aanwezig is. De zuigbuizen zijn zeer wijd; anders zouden ze zeker verstopt raken. Het met water vermengde opgezogen slib wordt gestort in een gemetseld hellend kanaal, dat boven naast iedere deurkas aanwezig is en dat afbuigt naar zee, zoodat deze massa daarheen kan afvloeien.

Het slibzuigen geschiedt gedurende het langzaam heen en weer bewegen van de deuren. Men heeft nog een dunne persleiding in de deur aangebracht om het slib te kunnen losmaken, maar deze heeft nooit gewerkt, omdat ze dadelijk verstopt raakte. Ze is bovendien overbodig.

Een van de vier verticale aanslagen van iedere deur is op een console van 55 c.M. bevestigd ter wille van het uitdrijven van de deur (fig. 10 platte grond). Teneinde een deur uit de deurkas te kunnen verwijderen, wordt deze eerst door uitpompings van ballastwater opgedreven, zoo, dat de deur geheel vrij over den onderdorpel kan heenzwenken. Om genoemde console is een der slagstijlen aan de deurkaszijde 55 c.M. teruggeschoven, zoodat men de deur zoover kan draaien, dat, voordat de horizontale aanslag tegen dezen slagstijl stoot, de aanslag A in den dag van de sluis komt. Het is dan mogelijk de deur zoodanig te verhalen, dat ze met haar lengteas evenwijdig aan de sluisas komt te drijven.

De deurkassen zijn ruim t. o. v. de deur, zoodat het water bij het bewegen van de deur gemakkelijk daar langs kan stroomen.

De zware deuren zijn gebouwd door de firma HARKORT, de lichte door de Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg. De montage geschiedde op gelijke wijze als te Holtenau in een der schutkolken.

2. Beweging der deuren Het bewegen der deuren is te vergelijken met het kruien van een kruiwagen.

De kruiwagen is dan de deur zelve; de man die kruit is hier een electrische locomotief of rolwagen, waaraan de deur hangt en waarop meerdere motoren zijn geplaatst; de locomotief of wagen is overdekt en heeft daardoor den vorm van een rijdend machinegebouw. De locomotief rolt boven over de deurkas en trekt de deur mede of duwt haar vooruit (fig. 14 en 15).

De deur heeft slechts onder haar vooreinde rollen, welke ter weerszijden van de as van de rolbaan vereenigd zijn tot rolwagens.

De rolwagens loopen over een spoor van 82.5 c.M. spoorwijdte en hebben ieder vier raderen met dubbele flenzen. De zijdelingsche verplaatsingen van de deur, die hier 7 c.M. naar weerskanten bedragen, worden niet door de wagens medegemaakt.

De deur is door middel van een slingeroplegging op elken wagen opgelegd, waardoor bovengenoemde verplaatsing bij vasten stand van de wagens, in dwarsrichting mogelijk is. De slingers, die centrisch tusschen beide assen van de rolwagens op deze zijn opgelegd, zorgen er voor, dat de raddruk voor alle raderen gelijk is.

De rails, (in het geheel vier stuks), waarover de wagens rollen, bestaan uit gegoten stukken (gietstaal) van 4 M. lengte. Om deze, zoomede de rolwagens te kunnen nazien en om ze zoo noodig te kunnen uitwisselen is boven deze wagens een duikerklok aangebracht, die van boven af door een luchtsluis (zie fig. 16) is te bereiken en die tevens dient ter inspectie van de rolbaan. Gedurende het bewegen van de deur loopt dan een man onder deze met de deur mede. Weliswaar loopt hij door het laagje water, dat tusschen den vloer van de sluis en den onderkant van de duikerklok aanwezig blijft, doch dit levert geen bezwaar op.

De genoemde electrische locomotief heeft den vorm van een ruim machinegebouw met een machinekamer van 13.60 M. bij 8.20 M., waarin ter voortbeweging twee motoren, ieder van 175 P.K., 600 omwentelingen in de minuut en 440 Volt spanning aanwezig zijn. De motoren zijn derhalve zeer krachtig, hetgeen noodig werd geacht om de deur bij een niveauverschil van 20 c.M. nog te kunnen bewegen en omdat een snel bewegen gewenscht kon zijn in verband met het militaire belang van deze sluis. De motoren kunnen samen of afzonderlijk werken.

Gedreven worden twee assen, waarop tandraderen zijn bevestigd, die grijpen in horizontale heugels aan weerszijden van de deurkas. Ter voorkoming van ongelijke beweging der tandraderen zijn slippokkelingen aangebracht. Het bezwaar van de horizontaal liggende heugels is de last, die sneeuw kan veroorzaken (fig. 16).

Aan deze locomotief hangt een balans (schematisch in fig. 17 voorgesteld), die om A kan scharnieren. Aan de eene zijde hangt de deur, aan de andere een contragewicht B. De hoogteligging van het achtereinde van de deur kan men vanuit de machinekamer regelen door het contragewicht hooger of lager te stellen. Mocht om een of andere reden het gewicht van de deur te groot worden, dan wipt B op en de deur zet zich op glijdhouten, die onder de deur zijn bevestigd, zoodat in dit geval gedurende de beweging het vooreinde van de deur zal rollen en het achtereinde zal schuiven.

Reeds werd gezegd, dat de deur door den waterdruk 7 c.M. naar den eenen of naar den anderen kant verschuift.

Deze beweging maakt de locomotief niet mede. Vandaar dat de radkransen van haar raderen dubbele flenzen moesten hebben en dat de deur beweeglijk met haar moest worden verbonden, hetgeen op vernuftige wijze is geschied. De verbinding bestaat uit een staaf D, waarvan het eene einde scharnierend aan de balans is verbonden en het andere zoodanig scharnierend aan de deur, dat een beweging in alle richtingen mogelijk is. Door bladveeren (zie fig. 17) wordt staaf D (dus ook de deur) gedurende het bewegen in den middenstand gehouden. De staaf D rust met conische rollen op ligger C C.

De locomotief met bijbehooren weegt 300 ton.

De bediening van de locomotief kan geschieden in deze zelve, doch in het algemeen gebeurt deze vanuit een centraal bedieningshuisje, dat halverwege den middenschutkolkmuur is gebouwd. Wijzers geven daar den stand van de deuren aan. Het is echter noodzakelijk, dat de bestuurder van de deuren naar deze kijkt, omdat de wijzers niet al te nauwkeurig aanwijzen en de bewegingsmotoren vanuit dit bedieningshuisje niet automatisch worden uitgeschakeld.

Een voordeel daarvan is, dat het bedieningspersoneel meer hart voor het bedrijf heeft dan te Holtenau, waar uitkijken minder

noodig is. Als de deur bijna dicht, resp. open is, wordt echter het bedieningspersoneel wel automatisch door een schelsignaal gewaarschuwd.

Het openen van de deur met niveauverschil tusschen het water binnen en buiten geeft een groote slijtage in haar aanslagen. Daarom vermijdt men dit zooveel mogelijk. Een gereduceerde peilschaal (luchtdruk-waterstandsmelder) van de firma FUESS te Berlin—Strelitz geeft aan, wanneer de waterstanden buiten en binnen de deur gelijk zijn, hetgeen evenwel bij verschillend zoutgehalte nog niet waarborgt, dat bij het openen der deur geen strooming zal plaats hebben en op de deur dan geen druk meer wordt uitgeoefend.

De bewegingsinrichting en de electriche installatie zijn geleverd door BERGMANN A. G. Berlijn.

3. Sluisgebouw. De sluishoofden van deze sluizen gelijken in vele opzichten op die te Holtenau; kenmerkend is echter te Brunsbüttelkoog de zooveel hoogere opbouw inzonderheid van het buitensluishoofd in verband met het belangrijk tijverskil en de zeer hoge stormvloedstanden op de Beneden-Elbe (fig. 18).

Ook hier is alle beton in den dag bekleed met baksteen.

De voegen tusschen de vloeren en de muren zijn even onder de bovenzijde van den vloer gedicht door middel van met grint gevulde draineerbuisen, die in de richting van de voegen loopen en het lekken van de naden bij drooglegging van hoofden moeten voorkomen.

De bouwgrond bestaat uit klei, waaronder zand en grind. De kleilaag was 20 M. dik; diensgevolge zijn de sluishoofden op staal gefundeerd en moest voor de minder diepe schutkolkmuren een andere fundeeringswijze gekozen worden.

Het maken van den bouwput voor deze sluizen had als gevolg, dat de klei onder de toen reeds bestaande sluizen naar den put werd gedreven. Deze zakten dan ook 50 c.M.! Om erger te voorkomen, maakte men gebruik van een afheijng met ijzeren damwand, systeem LARSEN.

De schutkolkmuren moesten wegens de kleilaag op palen worden gefundeerd. Daarom is getracht de muren zoo licht mogelijk te houden, zoodat de riolen daar niet in opgenomen zijn, maar slechts in de sluishoofden zijn aangebracht.

Hoewel de vulling van de schutkolk daardoor slechts uit twee groote openingen aan de uiteinden van de schutkolk kan geschieden, hebben de schepen daarin toch weinig last van onrustig water gedurende het schutten. Door proeven, verricht in een miniatuursluisje en in het *Zentralblatt* der Bauverwaltung van 13, 20 en 27 Juni 1914 door H. KREY beschreven, heeft men dit reeds tijdens het ontwerpen onderzocht. Een voorwaarde voor een rustige vulling is echter, dat de schuiven langzaam worden bewogen.

Ondanks het feit, dat in de trossen, waarmede de schepen in de schutkolk vastliggen, geen te groote krachten optreden, ware het, achteraf beschouwd, beter geweest de riolen door vele spruiten te laten uitmonden in de schutkolk, omdat men dan het slib, dat zich daarin afzet, beter kan wegspuien (de hoeveelheid slib die per jaar wordt weggebaggerd, zou een 5 M. dikke laag slib in de schutkolk vormen).

Een spruit, die van het riool naar de deurkas is aangebracht om deze slibvrij te kunnen spuien, beantwoordt slecht aan zijn doel, omdat zijn invloedsfeer te gering is. Het is dan wel te begrijpen, dat men thans met de riolen het slib niet uit de kolk kan spuien.

Ook voor het invaren in deze sluizen heeft men op de deuren in het midden een verticale witte streep geschilderd tot geleiding.

Houten remmingwerken met drijvende remmingbalken daarvoor begrenzen het invaartkanaal (fig. 19).

Baurat BOHLMANN, belast met het onderhoud van de westelijke helft van het Kaiser-Wilhelmkanaal, die den geheelen bouw van deze schutsluis meemaakte, was zoo welwillend belangrijke inlichtingen over dit kunstwerk te geven.

II. *Werken te Wilhelmshaven.*

Wilhelmshaven is in het jaar 1858 gesticht aan een uitspringende landpunt van den westelijken oever van den Jadeboezem (een inham van de Noordzee, waarvan de 800 M. breedte en minstens 10 M. diepe vaargeul hier dicht langs den oever loopt) ten einde van dit gunstig gelegen punt een oorlogshaven te maken.

De zeer uitgestrekte Jadeboezem werkt als spuikom, hetgeen de diephouding der geul ten allen tijde verzekert.

Door de groote wisseling van waterstand bij eb en vloed en door de sterke slibafzetting (theoretisch 8 M. per jaar) was men genoodzaakt de haven van den Jadeboezem door sluizen af te sluiten. In den loop der tijden zijn hiervoor drie door sluizen afgesloten toegangen gemaakt. De oudste toegang (de middelste) is in de jaren 1858 tot 1869 gemaakt; de zuidelijke in de jaren 1870 tot 1886, en de noordelijke na 1900.

Het militair belang van al deze werken is oorzaak, dat over den aanleg weinig bekend is, waardoor een duidelijke overzichtskaart ook niet beschikbaar is.

De haven bestaat uit twee hoofdafdeelingen, welke gevormd worden door het oude en het nieuwe gedeelte.

Het oude gedeelte, dat een zijtak heeft, waarin een zestal droge dokken zijn gebouwd, werd bestemd om na de totstandkoming van de uitbreiding te worden gebruikt voor torpedojagerhaven; het nieuwe werd voor slagschepenhaven aangelegd. Onder bepaalde omstandigheden moet deze laatste haven op peil kunnen worden gehouden, terwijl de andere haven gedurende een gedeelte van het getij in open gemeenschap met den Jadeboezem kan worden gelaten en de sluizen dan kunnen blijven openstaan, wat voor het gebruik als ligplaats van een groot aantal marineschepen een groot voordeel is.

Daarom sloot men de nieuwe haven van de oude af door middel van een keersluis. Hierbij was tevens het voordeel verkregen, dat het dek van de deur als spoorverbinding van beide oevers te gebruiken was en het bouwen van een tweede beweegbare spoorbrug onnoodig werd.

a. *Derde Haventoeegang.*

Vóór de voltooiing van den derden haventoeegang was de haven bereikbaar door een schutsluis lang 130 M., wijd 24 M. en diep onder normaal laag water 6.5 M., welke afmetingen derhalve geheel onvoldoende waren geworden.

Zooals vermeld, is in 1900 met het maken van de nieuwste toegang tot de haven begonnen. Deze is door een dubbele schutsluis afgesloten, welke is gebouwd van 1903—1909. De nuttige schutkolk lengte is 250 M. Oorspronkelijk wilde men een doorvaart-

wijdte aanhouden van 35 M., doch tijdens den bouw, toen de deuren ook reeds waren aanbesteed, besloot men die wijdte op 40 M. te brengen. Aangezien men reeds met den bouw van de sluishoofden op 35 M. breedte te ver gevorderd was, wilde men voorloopig slechts de schutkolken 40 M. breed maken. Een bouwongeluk bij de meest noordelijke sluis, waarbij de onder een duikerklok in horizontale lagen opgetrokken onderdorpel afschoof en waarbij een deur werd vernield, is echter oorzaak geworden, dat men slotte de noordelijke sluishoofden toch op 40 M. breedte heeft gebouwd en de hiervoor bestemde deuren dienovereenkomstig heeft veranderd. De toestand is dus zoo, dat de noordelijke sluis overal 40 M. breed is, terwijl van de zuidelijke slechts de schutkolk die breedte heeft, doch de hoofden op 35 M. gebleven zijn (fig. 21).

Het normaal tijverskil bedraagt 3.35 M.

Het grootste verschil der buitenwaterstanden bedraagt ongeveer 9.00 M.; de waterstand in de haven, welke niet onder alle omstandigheden dezelfde is, kan op ongeveer halftij tot hoogwater gesteld worden, het verschil tusschen hoogwater en stormvloed bedraagt 4.00 M.

De drempel van deze beide sluizen ligt 10.5 M. onder gewoon laag water.

1. Constructie der deuren. De deuren zijn schuifdeuren van het stijldeuren. (fig. 20 en 22.) deurtje, $\pm$ 2 M. langer dan de dagwijdte der sluishoofden, hoog 18.50 M. en breed over de beplating 6 M.

De hoogte is gemeten tusschen den onderkant van den onderaanslag en den bovenkant van de loopbrug.

Aan de hooge waterkeerende zijde was naast deze loopbrug nog gelegenheid een 2.50 M. hoog schot, samengesteld uit buckelplaten, aan te brengen (fig. 20 en 22).

De beplating van de deuren bestaat, voor zoover niet behorende tot de luchtkist en uiterste verticale strooken, uit buckelplaten met de buiken naar het inwendige van de deur gericht. Zij worden dus als gewelf belast en zijn daarom plaatselijk verstijfd door horizontale hoekijzers (fig. 27).

In verband met de uitdrijving is de deur in platte grond trapeziumvormig; bij uitdrijving is de speling slechts 0.02 M.

2. Beweging der deuren. De beweging van de deuren is hydraulisch. (fig. 25.) Hiertoe zijn de deurkassen smal gehouden (aan weerszijden is 2.5 c.M. speling tusschen de deur en de deurkas-muren!).

Het verhoogen of verlagen van den waterstand achter de deur geschiedt door pompen volgens het patent van de Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, welke pompen een groote capaciteit hebben bij een kleine opvoerhoogte. Per deurkas is aanwezig een batterij van vier pompen, die ieder 3 à 4 M³. per sec. kunnen verwerken. De pompen bevatten waaiers met nikkelstalen messen, die om een verticale as 230 toeren in de minuut kunnen maken. Oorspronkelijk had iedere deur één dwarsschot (de doorgang van water in de lengterichting van de deur tusschen de beplatingen is afgesloten door één plaatijzeren dwarswand, samengesteld uit buckelplaten). De waterdruk tegen dit schot beweegt de deur.

Zooals bekend, is op deze bewegingsinrichting veel kritiek uitgeoefend, waaromtrent het volgende werd vernomen:

In de praktijk vertoonden zich al dadelijk de volgende onvolmaaktheden:

a. Onzuiverheden in het water beschadigden de snel ronddraaiende messen van de pompen.

b. Het in beweging krijgen van de geheel gesloten deur ging moeilijk. Ter verduidelijking diene fig. 25.

Indien in de deurkas het water werd afgezogen, teneinde de deur te gaan openen, werd tevens het water binnen de deur onder en boven de luchtkist aan de van de deurkas afgekeerde zijde van het drukschot mede afgezogen (zie pijlen in de figuur). Het water had in de nauwe deurnis tegenover de deurkas geen gelegenheid snel genoeg toe te stroomen om voldoende druk tegen het dwarsschot te geven.

Nadat het waterniveau in de deurkas voldoende was gedaald, werd plotseling de deur in beweging gebracht. Hierdoor stuwde ze het water in de deurkas op en bleef na eenige seconden weer staan.

Het water onder de luchtkist nu stootte door haar levende kracht tegen den onderkant van de luchtkist nabij C, en lichtte de deur op, die dan de afdekking van de deurkas raakte. De deur bewoog zich dus al steigerende en met schokken.

c. Door de trapeziumvormige horizontale doorsnede van de deur verliet de verticale aanslag A het eerst de deurkas. Hierdoor kon het water, dat bij verhoogden waterstand in de deurkas langs A' lekte, plotseling vrij naar buiten afstroomen, terwijl de aanslag B het lekwater aan de andere zijde nog tegenhield. Een gevolg hiervan was, dat de deur een zijdelingschen druk kreeg, die ruim 300 ton kon bedragen. Deze druk deed den aanslag A' sleepen langs den deurkasmuur.

d. De kopwand van de luchtkist is wegens den trapeziumvorm scheef. De waterdruk staat daar loodrecht op. Een gevolg hiervan is, dat deze druk ontbonden kan worden in een kracht in de bewegingsrichting van de deur en in een kracht loodrecht daarop. Deze laatste component werkt natuurlijk schadelijk bij de beweging.

e. Reeds zeer spoedig na het in bewegingstellen van de pompen, ten einde de deur te sluiten, begint ze te bewegen. Het volume water achter de deur is dan nog klein. Zoodra de deur begint te schuiven, wordt de wrijving geringer, zoodat ze dan zoover zal doorschieten, dat het waterniveau achter de deur niet door de pompen op peil kan worden gehouden (het water achter de deur moet door de pompen allengs worden aangevoerd).

Hierdoor zal niet alleen de stuwkracht verdwijnen, doch zal het zelfs kunnen voorkomen, dat het niveau in de deurkas daalt onder het vlak van het water buiten. De beweging der deur zal dan vertragen en de deur zal zelfs geheel tot stilstand kunnen komen, tenzij haar levende kracht zoo groot is, dat, eer de deur stilstaat, zooveel water is bijgepompt, dat het voor beweging benoodigde niveauverschil weer aanwezig is. In ieder geval zal de deur toch onregelmatig loopen.

Deze bezwaren zijn thans grootendeels opgeheven.

Het onder *a* genoemde is verholpen door een rooster aan te brengen.

Het onder *b* genoemde bezwaar is opgeheven door in de beplating van de deuren boven de luchtkist in het gedeelte voor het drukschot schuiven D aan te brengen, die gedurende de beweging geopend moeten zijn. Het water kan dan vrij toestroomen, zoodat het waterniveau aan de van de deurkas afgekeerde zijde van het drukschot gelijk blijft aan dat van het water buiten de deur.

Het aanbrengen van een kort, niet af te sluiten riool van de deurnis om de slagstijl heen naar de schutkolk ware ook afdoende geweest, doch in een bestaande en veel gebruikte sluis is dit niet aan te brengen.

Om het steigeren van de deur te voorkomen zijn onder de luchtkist nog twee schotten S aangebracht.

Het onder *c* genoemde bezwaar is ook overwonnen door de hierboven genoemde schuiven. Ook had men overwogen het aanbrengen van een verticale houten lijst bij A''.

Het onder *d* genoemde bezwaar is niet te verhelpen. Het is trouwens niet zeer hinderlijk.

Als voordeel van de hydraulische voortbeweging wordt genoemd de grootere bedrijfszekerheid dan de machinale. Weerstand en gedurende de beweging worden eerder overwonnen dan bij machinale voortbeweging. Het verschil in waterniveau, dat in het algemeen varieert tusschen 0.30 M. en 0.90 M., wordt dan slechts grooter.

Ondanks het genoemde voordeel heeft men de te Wilhelms-haven gebruikte bewegingsinrichting nooit nagevolgd, omdat de beweging van de deur te ongelijkmatig is (men heeft de deur niet volkomen in zijn macht) en omdat ze wegens de groote hoeveelheid energie, welke voor het drijven der pompen gevorderd wordt, ook niet economisch is gebleken.

Zooals reeds is medegedeeld is de aanslibbing te Wilhelmshaven buitengewoon groot. Het slibvrij houden van de glijdbaan geschiedt door de strooming, die bij het bewegen van de deur ontstaat. Aan de vooreinden van de glijdhouten zijn slibruimers aanwezig, die het slib naar het hart van de baan schuiven.

De constructie van een van de deuren (die van het buitensluishoofd van de noordelijke sluis) is te zwak gebleken. Een van de deurenkwaden kwam naar voren. Men vertrouwde tevens de dichtheid van den betonmuur niet meer en durfde niet langer door te gaan met het veelvuldig verhoogen of verlagen van den waterstand in de deurenkas, als noodig was voor de beweging van de deur. Vandaar dat men uit deze deur de drukschotten verwijderd heeft en haar thans niet meer hydraulisch beweegt. De beweging geschiedt door een buitengewone zware trekstang, bestaande uit een zwaren geconstrueerden ligger, waar bovenop heugels

zijn bevestigd (fig. 7 en 23). De ligger met de heugels wordt door een vaststaande machine (evenals bij de sluizen te Holtenau) met de deur mede bewogen. De deur moest zoo laag mogelijk worden aangegrepen gedurende haar beweging om te voorkomen, dat zij zou opwippen (in verband met de afschuiningen onderaan, die in zij aanzicht in fig. 7 en 25 zijn te zien). Vandaar dat een andere constructie dan die, welke te Holtenau is toegepast, voor de heugelstangen moest worden gekozen. De ligger moest zeer zwaar zijn geconstrueerd wegens zijn groote belasting.

De deuren zijn geleverd door de Naamløze Vennootschap Flender, door de Gute Hoffnungshütte en door de Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, welke laatste tevens de hydraulische bewegingsinrichting maakte.

3. Sluisgebouw. De sluisconstructie en de uitrusting van de sluis gelijken op die te Holtenau en te Brunsbüttelkoog. Ook hier zijn voegen in de sluishoofd vloeren en is geen beton in den dag. Men treft er ook drijvende remmingwerken aan, die hier echter de baksteenbekleding voor de schutkolkmuren zeer hebben beschadigd. Ook de c. q. te verlichten witte streep midden op de deuren ontbreekt niet (fig. 21). Als tweede geleiding is hier een licht, dat aan een kraan hangt, die op den tusschensluismuur staat en dat vóór het binnenvaren van het schip naar het hart van de invaartopening wordt gedraaid. Evenals bij de sluizen te Brunsbüttelkoog zijn de riolen kort. Hun doorsnede is een vierkant met een zijde van 2.5 M. en met afgeronde hoeken. Hun afsluitingen zijn cylinderschuiven van 3.5 M. diameter (fig. 24).

b. *Keersluis.*

1. Constructie De reeds genoemde keersluis is 65 M. wijd in den van de deur. dag en is derhalve, voor zoover bekend, de wijdste sluisopening ter wereld. Ter wille van de uitdrijving is aan eene zijde van de deur de dagwijdte van de sluis 65.50 M. Aan de eene zijde is de deur tusschen haar uiteinden 68.50 M. lang en tusschen de harten van de verticale aanslagen 67.82 M., aan de andere resp. 70 M. en 69.32 M. Hieruit volgt, dat de harten van de aanslagen ongeveer 1.40 M. vanaf de dagzijde van de sluis tegen de slagstijlen rusten. De breedte van de deur is 8.00 M.,

gemeten tusschen de beplating. In tegenstelling van de verhouding tusschen lengte en breedte van ongeveer 6 : 1, die gebruikelijk is bij de meeste deuren, is die verhouding hier ruim $8\frac{1}{2}$: 1. De hoogte van de deur van den onderkant van de schuifhouten tot den bovenkant van het brugdek is 13 M. Over het te keeren verval, dat naar omstandigheden uiteenloopt, werden geen inlichtingen verschaft; volgens sommigen zijn de deuren berekend op 5 M. verval.

Daar de luchtkist hoog is gelegen, is de stabiliteit groot, niettegenstaande de betrekkelijk geringe breedte van de deur. In verband met het feit, dat hier geen deining voorkomt en dat de deur slechts weinig boven het water uitsteekt, zoodat ze weinig wind vangt, behoeft de druk op de schuifvlakken niet meer dan 30 ton te zijn. In dit geval zou de luchtkist boven den laagsten buitenwaterstand mogen uitsteken, omdat de deur bij zulke waterstanden niet bewogen wordt. De inhoud van de luchtkist, die in drie hoofdafdeelingen is verdeeld, waarvan de middelste voor waterballast is bestemd, is bijna 1200 M³., terwijl het gewicht van de deur 1070 ton is.

Bij het op haar plaats drijven van de deur wordt de luchtkist vergroot door het deurvak boven die kist aan de uiteinden van de deur met schuiven af te sluiten. Men voorkomt daarmee, dat de deur in haar lengte-richting ongelijkmatig zakt door het eenzijdig toestroomen van het water, zoodra de luchtkist onder water komt. De schuiven worden verwijderd zoodra de deur aan den grond is gebracht.

Het geraamte van de deur bestaat uit vijf regels, waartusschen dwarsverband. De onderste regel ligt boven den onderdorpel van de sluis. De stijlen, waarop de beplating rust, loopen door van de luchtkist tot geheel onderaan; ze zijn liggers op drie steunpunten (de regels), zoodat dus de hoogte van de regels tweemaal de stijlhoogte minder is dan de afstand tusschen de beplatingen. De genoemde verhouding $8\frac{1}{2}$: 1 wordt dus voor de regels nog grooter.

De beplating bestaat in hoofdzaak uit buckelplaten, die als gewelf worden belast (dus de buiken steken in het inwendige van de deur). Alleen de verticale eindvelden en de beplating onder den onderregel zijn uit vlakke platen samengesteld. Terwille van de stijfheid van het geheel zijn nog op de regels, die de luchtkist begrenzen, breede strippen bevestigd. Tusschen luchtkist en onderregel is slechts één rij buckelplaten, die op zij op de stijlen, boven op den onderregel van de luchtkist en onder op een horizontale

verstijving tusschen de stijlen rusten, welke buckelplaten ieder uit twee gelijke deelen bestaan (fig. 27).

De deur is een schuifdeur (fig. 26 en 27). In tegenstelling met de schuifhouten van de deuren van den derden haventoeegang die gedurende den geheelen oorlog goed bleven, sletten die van deze deur zeer spoedig. Zelfs groenharthout hield het niet langer dan vijf jaar uit. Eindelijk is men er in geslaagd de groote slijtage te voorkomen door de deur te laten schuiven op kopshout (moahout).

De deur is gemonteerd boven de deurkas. Men liet haar gedurende den bouw allengs zakken.

2. Beweging van de deur. (fig. 13.) De deur wordt bewogen met behulp van Gall'sche kettingen zonder einde, die ter weerszijde van de deurkas zijn aangebracht en die draaien om tandraderen, geplaatst vooraan en achterin de deurkas. De achterste worden gedreven en wel door twee draaistroommotoren van 100 P.K., die tevens elkaars reserve zijn (één motor geeft echter slechts de halve snelheid). Het openen van de deur duurt normaal 6 à 7 minuten, zoodat de snelheid dan ongeveer 0.13 M. per seconde is.

De kettingen zijn ieder berekend op 30 ton trek (breukbelasting is 150 ton). De deur is door middel van een balans aan de kettingen verbonden. Tusschen de balans en de deur zijn vier veeren van 60 ton capaciteit samen. Slipkoppelingen garandeeren gelijke beweging van beide kettingen. De bewegingsinrichting voldoet goed. Gedurende den oorlog echter, toen de waterstand in de haven extra was verhoogd, draaiden de kettingen in zeewater en roestten daarom na korten tijd door, zoodat zij dikwijls moesten worden vernieuwd.

De beweging kan ook uit de hand geschieden. Zes en dertig man openen of sluiten de deur in drie uur.

De deurkas is grootendeels zoodanig overdekt, dat de deur onder de afdekking kan doorgaan. De leuning van de brug op de deur worden daartoe gestreken (fig. 28).

De rails op het dek van de deur loopen boogvormig en zetten zich voort op een brug, die het voorste gedeelte van de deurkas dekt (zie fig. 26). Daar deze brug in één niveau ligt met de rails op het deurdek, moet bij het in de deurkas brengen van de deur dit voorste deel (brug) geheven zijn; de rest van de deurkas bedekking is, zooals gezegd, onbeweegbaar.

Het heffen van deze brug geschiedt op een wijze, die in de figuur voldoende duidelijk is weergegeven. Als regel geschiedt de beweging machinaal, maar in geval van nood kunnen acht man het mechanisme drijven.

Met het machinaal heffen resp. neerlaten van de brug mede, duurt het openen en sluiten van de deur normaal ongeveer 8 minuten.

Met deze deur heeft de Gute Hoffnungshütte, die haar in de jaren 1912 tot 1913 bouwde en die ook de bewegingsinrichting leverde, proeven verricht om den weerstand bij openen en sluiten te leeren kennen. De waterstand in de haven was toen 3.90 M. +. De berekening der resultaten zijn welwillend door genoemde firma afgestaan en volgen hieronder.

Proeven verricht op 7 Januari 1913 en op 7 en 8 April 1913:

Datum.	Voortbewegings-snelheid per sec.	Weerstand bij begin.		Weerstand gedurende de beweging.		Gewicht op glijdvlakken.
		Sluiten.	Openen.	Sluiten.	Openen.	
7/1 1913	0.203	38.8 t.	30.0 t.	24.4 t.	19.6 t.	35 t.
7/1 1913	0.203	38.8 t.	30.0 t.	24.4 t.	19.6 t.	35 t.
7/1 1913	0.203	38.8 t.	30.0 t.	24.4 t.	19.6 t.	35 t.
7 en 8/4 1913	0.203	50.4 t.	56.0 t.	28.2—24.4	39.2—20.6	50 t.
7 en 8/4 1913	0.203	50.4 t.	50.4 t.	24.4—16.8	39.2—20.6	35 t.
7 en 8/4 1913	0.101	41.0 t.	41.0 t.	30.0—24.4	30.0—20.6	50 t.
7 en 8/4 1913	0.101	39.2 t.	41.0 t.	30.0—18.8	30.0—20.6	35 t.

Bij het sluiten steeg in den eindstand de weerstand bij V = 0.203 weer tot 56 ton. De kettingen worden dus samen tot bijna 60 ton, zijnde de belasting waarop ze berekend zijn, belast.

De motoren waren gedurende het bewegen van de deur steeds half belast (met ongeveer 54 Amp., terwijl volle belasting 108 Amp.).

Wat de motoren betreft bleek het volgende:

belasting	arbeidsfactor	nuttig effect.
1/1	0.87	90 %
3/4	0.84	89.5 %
1/2	0.78	87.1 %

Uit het laatste belastingsgeval volgt de bij de proeven benodigde arbeid, uitgedrukt in P.K.

$$N = \frac{E \cdot J \cdot \sqrt{3 \cos. \varphi}}{736} \eta = \frac{2.500.54.1.73.078}{736} 0,87 = \pm 86 \text{ PS.}$$

$$\text{Uit deze waarde zou een trekkracht volgen } S = \frac{86,75}{0,203} = 31,8 \text{ t.}$$

De gemiddelde weerstand, die uit de proeven volgt, bedraagt gedurende het bewegen van de deur ongeveer 25,8 t. waaruit het nuttig effect van de geheele bewegingsmachinerie volgt.

$$\text{Dit is } \eta = \frac{25,8}{31,8} = \text{ongeveer } 0,81.$$

De weerstanden werden met behulp van geijkte hydraulische persen van zeer groot nuttig effect (92 tot 94 %) gemeten door manometers.

c. *De afsluitingen van de nieuwste droogdokken.*

Zooals nader in de aan het slot van dit rapport gevoegde nota is medegedeeld is een ongeluk bij den bouw van de grootste dokken (gebouwd zijn in 1909 twee dokken, ieder breed in den dag 31,60 M., lang 192 M.) oorzaak, dat de daarvoor gemaakte stijldeuren verbouwd zijn in regeldeuren en niet meer als roldeuren, doch als schipdeuren worden gebruikt. De deurkassen zijn thans volgestort met beton. De noodaanslagen van de dokken, die daarom nu dagelijks worden gebruikt, eischen op het oogenblik na veeljarig gebruik reparatie.

Ten einde ze daartoe te kunnen droogleggen heeft men één deur onlangs verbouwd. De buitenwand van deze deur is onder en op zij zoodanig verlengd, dat de op deze verlengingen bevestigde aanslagen rusten tegen het front van de dokken (fig. 29). De buitenwand is nu de waterkeerende geworden, zoodat thans de regels anders worden belast dan vroeger, toen natuurlijk de binnenwand de waterkeerende was. Sommige trekstaven worden nu drukstaven en zijn dienovereenkomstig eerst versterkt.

De beplating van alle deuren is samengesteld uit tonvormige platen, die in het algemeen als ketting worden belast (de holle zijde naar den waterdruk toegekeerd), doch in het bijzondere, hierboven beschreven geval, juist andersom, waaruit blijkt, dat men het niet noodig oordeelt om de platen om te zetten, noch om ze

te verstijven, dus dat men hier vertrouwt op haar weerstand tegen druk op de bolle zijde.

Obermarinebaurat FREDE, onder wien de kunstwerken te Wilhelmshaven ressorteeren, was zoo welwillend de gevraagde inlichtingen te geven.

III. *De Nieuwe Zeesluis te Emden.*

Nadat in 1901 het Dortmund-Emskanaal geopend was, ontwikkelde de haven van Emden zich zoodanig, dat al spoedig vergrooting noodig bleek. Het liefst had men een nieuw open havenbassin gemaakt als zijarm van de bestaande in 1901 aangelegde buitenhaven. Maar gezien de groote slibafzetting, die bij deze buitenhaven voorkomt en die het op diepte houden van een grooter bassin zeer kostbaar zou maken, is men toch er toe overgegaan, de uitbreiding der haven door een schutsluis af te sluiten. Door spuien met de riolen van deze sluis raakt men het slib, dat er nog inkomt, kwijt.

De nieuwe sluis is 40 M. breed in den dag gemeten; de nuttige schutlengte is 260 M. De bovenkant van den dorpel ligt op 13 M. onder gemiddeld hoogwater en 10 M. onder gemiddeld laag water; de hoogste waterstand is 3.75 M. boven hoog water, de laagste 1.70 M. onder laag water; het maximum verschil in buitenwaterstanden is dus 8.45 M.

1. Constructie der De deuren zijn roldeuren, die ook als schuifsluisdeuren. (fig. 30 deuren kunnen dienst doen. Zij zijn lang en 31.) ± 42 M., hoog ± 18 M. en breed over de beplating 7.15 M. (fig. 30).

De hoogst voorgekomen waterstand is 0.32 M. onder den waterkeerenden bovenkant van de deur. Bij dergelijke zeer hooge stormvloeden is de windrichting steeds noordwest tot noord en derhalve niet op de deur gericht; de richting van den havenmond is ongeveer zuid-zuidwest.

De deuren, die behooren tot het regeldeurtype, zijn berekend op drooglegging der sluishoofden en wegen zonder de rollen en verdere uitrusting 835 ton per stuk. De druk op den sluisbodem is normaal ongeveer 50 ton, doch wordt door het inlaten van waterballast bij harden wind en zeer hoogen waterstand nog vergroot,

teneinde zwenkingen van de deur te beletten. Medegedeeld werd dat bij windsterkte 7—8 (schaal van BEAUFORT) nog niet noodig was het overwicht te vergrooten.

De beplating bestaat voor een groot gedeelte uit buckelplaten met afgeronde hoeken, (men zou ze dus tonvormige platen, waarvan alle bevestigingsvlakken in hetzelfde vlak liggen, kunnen noemen), welke platen twee aan twee in hetzelfde vlak liggen. Waar vier platen samenkomen, zijn de hoeken van de platen die in hetzelfde vlak liggen, over elkaar heen gewerkt. De beplating is dus als scheepshuid opgevat.

Ter wille van de stijfheid van het geheel zijn de twee uiterste verticale strooken van de beplating en het gedeelte daarvan onder de luchtkist samengesteld uit vlakke platen.

Behalve bij de luchtkist worden de buckelplaten belast als gewelf. Proeven, ook in de nota aan het slot van dit rapport gememoreerd, verricht door de Machinefabriek Augsburg-Nürnberg in Gustavsborg hebben den weerstand van de platen tegen gewelfbelasting leeren kennen. Waar deze weerstand geen zelfde zekerheid gaf als die, welke voor het vloeijsijzer voor de deur was aangenomen, heeft men de platen door horizontale hoekijzers verstijfd. Dat men hier de beplating van de luchtkist uit buckelplaten samenstelde en die van het onderste vak van de deur niet, vindt waarschijnlijk zijn reden in het feit, dat bij de luchtkist de buckelplaten juist gunstig worden belast (holle zijde naar waterdruk toegekeerd), terwijl ze daaronder de grootste belasting zouden krijgen (bij drooglegging van de sluishoofden) en dan tevens ongunstig zouden worden belast (bolle zijde naar den waterdruk toegekeerd).

De luchtkist, die zeer laag is aangebracht, heeft een inhoud van bijna 1400 M³. Gedurende het bedrijf zijn de twee uiterste afdeelingen van de luchtkist met ballastwater gevuld (320 ton). De lage ligging van de luchtkist maakte het noodig, dat een groote blijvende ballast, bestaande uit 232 ton gietijzer, dat door middel van beton tusschen de staven van den onderregel werd bevestigd, in de deur werd aangebracht. In de luchtkist zijn twee afdeelingen bestemd voor pompinstallaties, noodig voor het eventueel leegpompen van de luchtkist en van de droog te leggen sluishoofden. Boven de luchtkist zijn in vier dwarsramen puntdeuren aangebracht, die het vak tusschen de luchtkist en den

daarboven liggenden regel in vijf nagenoeg waterdichte afdeelingen kunnen verdeelen.

Bij normaal gebruik van de roldeuren zijn deze kleine deuren open. Slechts als men de roldeur wil zinken of opdrijven sluit men ze. Men heeft dan het voordeel, dat de luchtkist naar boven toe wordt verhoogd tot boven den waterstand, waarbij men de deur laat zinken of opdrijven, zoodat de stabiliteit gedurende het drijven grooter wordt en zoodat het is buitengesloten, dat dan het water over de afdekking van de luchtkist eenzijdig toe- of afstroomt, hetgeen als gevolg zou hebben, dat de deur helt in langsrichting. Door middel van schuiven kan men het thans beschouwde vak met water vullen. De einddwarsramen zijn zeer stijf en zeer weinig ijl geconstrueerd. Indien de deur in de deurkas is teruggetrokken, loopt het voorste einddwarsraam (waartegen natuurlijk geen drijvende remmingwerken kunnen liggen) kans op aanvaringen. Bij de einddwarsramen van verschillende andere bezochte deuren kan men sporen van de gevolgen van aanvaringen zien. Te Emden heeft men die kans zeer verminderd, door op het voorste einddwarsraam ter hoogte van de regels wrijfhouten te bevestigen. Een schip zal deze wrijfhouten wel nooit bijna loodrecht op hun richting raken, zoodat ze niet zullen worden afgekneld, zooals geschiedt bij de aanvaringen, die b.v. van Brunsbüttelkoog zijn vermeld.

De deur, die op vier stellen van twee raderen (twee stel $\pm$ 10.5 M. vanaf het vooreinde, en twee evenveel vanaf het achter-einde) rolt, rust daar zoodanig op, dat ieder rad een gelijken druk krijgt. De raderen zitten op de assen vastgespied. Deze draaien dus met de raderen mee, hetgeen zeer weinig slijtage veroorzaakt en beter voldoet dan indien (zooals te Holtenau) de raderen op de assen draaien. In het laatste geval is door slijtage herhaaldelijk de vernieuwing der assen noodig. Bovendien is bij mogelijk wrikken der raderen de Emdensche constructie veel zekerder en bestaat er dan minder kans op breken der assen.

De raderen, die met de deur mede op zij gaan, mogen geen flenzen hebben, terwijl een breede wielband noodzakelijk is.

Om bij de rollen te kunnen komen voor inspectie, reparatie e.d., zijn ze in een duikerklok gebouwd, die van boven af door middel van een luchtsluis toegankelijk is en die ook gebruikt moet worden

om de rollen buiten gebruik te stellen en dan de deur te doen glijden op de glijdhouten.

Het zware einddwarsverband en de duikerklokken zijn oorzaak, dat het water bij het voortbewegen van de deur zeer moeilijk onder en boven de luchtkist tusschen de beplatingen kan doorstroomen. Het feit, dat de deur slechts 10 c.M. smaller is dan de deurkas is reden, dat het water dan ook zeer moeilijk langs de deur kan stroomen. De aanwezigheid van een slibruimer, bestaande uit een plaat, die weliswaar horizontaal ligt om een zoo klein mogelijke weerstand te geven, bemoeilijkt de doorstrooming onder de deur door (deze slibruimers voldoen echter niet en zullen binnenkort verwijderd worden). Een en ander is dan ook oorzaak, dat bij het begin van het sluiten van de deur de niveauverlaging achter de deur 25 c.M. is! Deze zeer ongunstige omstandigheid is een van de redenen, dat de motoren, aanwezig om de deur te bewegen, zeer zwaar moesten zijn.

De groote weerstand door de waterverplaatsing is tevens de reden, dat het in stroomverbruik praktisch geen verschil maakt, of men de deur laat glijden of rollen.

De uitdrijving is mogelijk gemaakt door aan een zijde de verticale aanslagen op consoles van 35 c.M. hoogte te plaatsen. Hun voorkant springt dus 35 c.M. voor dien van den onderaanslag uit.

Wanneer de deur moet worden uitgedreven, moeten aan ééne zijde de wrijfhouten, die op de twee bovenste regels bevestigd zitten en waarvan de voorkant in het vlak van de voorkanten van de op consoles bevestigde verticale aanslagen ligt, gedemonteerd worden over het gedeelte, dat bij uitdraaiing tegen den slagstijl zou stooten. Bij het uitdrijven is de geringste speling 7.7 c.M., hetgeen ruim voldoende is gebleken.

De deuren zijn geleverd door de Maschinenfabrik Augsburg—Nürnberg A. G. Werk Gustavsborg en zijn gemonteerd op soortgelijke wijze als de deur van de keersluis te Wilhelmshaven.

2. Beweging der deuren. (fig. 13.) De beweging van de deur geschiedt door een electriche locomotief (fig. 30, 33 en 34), eenigszins van het type, dat te Brunsbüttelkoog is gebruikt. Het principiele verschil tusschen de bewegingsinrichting van de sluizen te *Emden* en te *Brunsbüttelkoog* is, dat bij de eerste de deur aan

de locomotief hangt (kruiwagensysteem), terwijl dit bij de laatste niet het geval is.

Aangezien bij de sluis te Emden de locomotieven onder de gedeeltelijke afdekking van de deurkassen moeten kunnen doorrijden, rijden zij niet boven over, maar gedeeltelijk in de deurkas en heeft men ze een gedrongen vorm gegeven. Desondanks reikt hun onderkant onder de hoogst voorkomende waterstanden, zoodat ze bij een zeer hoogen vloed door het water rijden. Ze bestaan dan ook uit een waterdicht geklonken ijzeren machinekamer, waarin de machines zijn ondergebracht (fig. 33). Bij hoog water worden de deuren, die toegang geven tot de machines met behulp van rubber waterdicht gesloten, zoodat dan het inwendige van de locomotieven slechts van boven af door mangaten is te bereiken. Dit is echter geen bezwaar, omdat men slechts zelden in de machinekamer behoeft te komen, daar de bediening van de locomotieven vanuit de deuren zelve geschiedt. Om grootere machine-deelen te kunnen uitwisselen moet de afdekking van de machinekamer worden afgeschroefd.

Iedere locomotief heeft twee gelijkstroommotoren van 195 P.K. en 440 à 500 Volt spanning, die, of gelijktijdig, of afzonderlijk werken.

Voor de beweging van de deuren is in het algemeen 150 P.K. noodig, terwijl voor het bewegen van de afgekoppelde locomotief alleen niet minder dan 60 P.K. noodig zijn.

De motoren zijn in staat de deuren bij 20 c.M. verval te openen. Ze brengen twee horizontale tandraderen in beweging, grijpende in heugels, welke aan de deurkasmuren, op zij van de locomotieven, zijn bevestigd. Deze wijze van bevestiging van de heugels, waarbij de tanden dus verticaal staan, blijkt beter te voldoen dan de te Brunsbüttelkoog toegepaste constructie, omdat men bij de eerste geen hinder heeft van sneeuwval (fig. 34).

De bevestiging van de locomotieven met de deuren is zoodanig, dat een speling van 10 c.M. in verticalen zin mogelijk is. Ze bestaat uit twee zware verticale bouten aan weerszijden van de deur. „Tellerfedern” (schaalveeren), een specialiteit van KRUPP, (zie fig. 33) maken de verbinding iets minder stijf.

Daar de locomotieven de zijdelingsche bewegingen van de deuren medemaken, is een bijzondere voorziening noodig geweest, om te

zorgen, dat beide genoemde tandraderen steeds in de beugels blijven grijpen (fig. 35). Ter toelichting diene, dat de punten A scharnierpunten zijn, die ten opzichte van de locomotief steeds een vaste plaats behouden. Om deze punten kunnen hefboomen bewegen, aan wier eene einde (C) de rondsels draaibaar zijn bevestigd, en wier andere einde (B) onderling scharnierend zijn verbonden. Dat de beide tandraderen steeds een gelijke snelheid behouden, is gevonden door het aanbrengen van een tusschenkoppeling, die te vergelijken is met de differentiaal van een automobiel.

Iedere locomotief weegt in totaal 125 ton en loopt op vier rollen, zoodat de raddruk ruim 30 ton is. De raderen mogen geen uitstekende flenzen hebben, omdat zooals reeds gezegd, de locomotief de zijdelingsche bewegingen van de deur medemaakt. De rails, waarop de locomotief rijdt, waren oorspronkelijk direct op granietblokken van 25 c.M. dikte bevestigd. De enorme raddruk werd echter in deze dunne blokken niet over een voldoende draagvlak verdeeld, zoodat deze nabij de ter bevestiging van de rails aanwezige gaten (de zwakste plaatsen dus) braken. Thans heeft men tusschen de rails en het graniet, hetzij breede planken, hetzij ijzeren strippen gelegd om den raddruk over een grooter vlak te verdeelen. Het is echter waarschijnlijk dat binnenkort meer afdoende voorzieningen zullen moeten worden getroffen.

In het algemeen worden de deuren in $2\frac{1}{2}$ minuut geopend of gesloten, zoodat dus de snelheid 0.27 M/sec. is. Wordt in bijzondere omstandigheden het overwicht van de deur vergroot, dan leert de ervaring, dat het gewenscht is de snelheid van beweging te verminderen. Gedurende de beweging worden de deuren geleid van uit een bedieningsruimte, welke vóór in de deur is gebouwd en vanwaaruit de bestuurder de omgeving van de deur goed kan overzien (fig. 36).

In de deurnis, tegenover de deurkas, is kort onder de dekzerken een centrale buffer aangebracht, die feitelijk niets anders is dan een plunjer, die zich in een vloeistofcilinder kan bewegen. Deze plunjer ving tevens de deur op ten einde de slijtage van haar aanslaglijsten te verminderen, indien begonnen werd met het openen van de deur bij aanwezigheid van een klein verval (fig. 30). Aangezien de plunjer hierdoor steeds op buiging werd belast,

leed de dichtheid van den cylinder zoodanig, dat het practisch onmogelijk bleek de vloeistof (glycerine) daarin opgesloten te houden. De buffer wordt dan ook niet meer gebruikt, waarvan geen nadeelige gevolgen zijn ondervonden. In den kopwand van iedere deurkas is eveneens een dergelijke buffer aanwezig, die voorzien is van schaalveeren. Deze buffer werkt nog goed, behoeft echter zeer zelden in werking te treden en wordt dan nog steeds centrisc belast.

De beweging kan, in geval van nood, uit de hand geschieden in $1\frac{3}{4}$ uur. De geruime tijd, die dan noodig zou zijn voor het schutten, maakt het dan gewenscht, indien het weer het eenigszins toelaat, de waterballast gedeeltelijk uit de deur te verwijderen, de locomotief af te koppelen en gebruik te maken van aanwezige kaapstanders om de deur te bewegen.

Drijfijzen kan hinderlijk zijn voor het sluiten van de deur, omdat het zich ophoopt tusschen de voorzijde van de deur en de deurnis tegenover de deurkas. Om dit ijs, dat een harde en dikke koek vormt, kwijt te raken laat men meestal eenvoudigweg de deur eenige keeren achter elkaar naar de ijskoek toe bewegen en dan weer terug, waardoor bereikt wordt, dat de ontstane beweging van het water het ijs loszuigt, zoodat het dan gemakkelijk is te verwijderen. Het ijs wordt echter, zoo mogelijk, verwijderd door sleepbooten met de schroef naar de deurnis toe te leggen en deze gemeerd te laten draaien, waardoor het drijfijzen in beweging geraakt. Eerst, wanneer dit niet mogelijk blijkt, verwijderd men het drijfijzen op de andere wijze.

3. Sluisgebouw. Van de schutsluis zelve zij hier vermeld, dat beide sluishoofden op drooglegging zijn berekend. Ook bij deze sluis zijn voegen in de sluishoofdvloeren gemaakt.

Deze voegen, die zoover vóór de muren zijn aangebracht, dat daaronder de teendruk niet grooter is dan 5 K.G./c.M^2 ., zijn gevormd door een houten schot, dat van onderen, terwille van de waterdichtheid bij drooglegging, is afgesloten door middel van een looden slab, die aan weerskanten in het beton is bevestigd (fig. 37).

In de verticale noodaanlagen is een groote hoeveelheid ijzerwapening, bestaande uit rond ijzeren staven en geconstrueerd ijzeren liggers, verwerkt. Om te voorkomen, dat de horizontale noodaanlagen op afschuiving worden belast, heeft men deze met

hun voorkant 8 c.M. (= de berekende doorbuiging van den ondersten regel bij den hoogsten waterstand) achter dien van de verticale gelegd. De hierdoor ontstane leknaad hoopt men bij drooglegging te kunnen dichten.

Ieder riool heeft een doorsnede van 12.06 M². Door middel van twaalf spruiten, die tezamen een doorsnede hebben, die ongeveer anderhalf maal zoo groot is, monden ze uit in de schutkolk.

De beweegbare waterkeeringen van de riolen bestaan uit met hout bekleede ijzeren schuiven, waaraan rollen zijn bevestigd om de wrijving gedurende de beweging te verminderen. Ter beweging zijn motoren van 40 P.K. aanwezig. Het is echter gebleken, dat motoren van 12 P.K. voldoende zouden zijn geweest.

Om de 27 M. zijn in de schutkolkmuren krimpvoegen gemaakt, loopende tot aan den bovenkant van de riolen.

Ook bij deze sluis treft men de reeds vroeger beschreven drijvende remmingwerken aan (fig. 32).

De havenwerken te Emden werden ten tijde van het bezoek beheerd door Baurat GÄHRS, bijgestaan door Regierungsbaumeister Dr. LOHMEIJER, die zoo vriendelijk waren inlichtingen te verstrekken.

De havenwerken te Emden zijn in 1915 uitvoerig beschreven door Baurat ZANDER in „die Erweiterung des Emden Hafens”, opgenomen in het „Zeitschrift für Bauwesen”, waarin verschillende nadere gegevens omtrent het bovenstaande voorkomen.

Over de terloops bezochte werken zal hier tot besluit nog een kort woord volgen.

IV. *De Deutsche Werft te Hamburg.*

De Deutsche Werft is een zeer moderne groote werf, die hoewel nog niet geheel voltooid, reeds vele schepen bouwt. Men treft er langs- en dwarsshellingen aan. De distributie van materiaal voor een groep van zes langshellingen geschiedt door middel van achttien kabelkranen van 280 M. overspanning, bevestigd aan twee vakwerkliggers, elk steunende op vier kolomconstructies.

De eene vakwerkligger draagt tevens de bewegingsinrichting der kranen.

De kabelkranen kunnen niet zijdelings worden bewogen, doch

aangezien de kabels zich een vijftigtal meters boven den beganen grond bevinden, is het toch mogelijk het geheele terrein te bestrijken, doordat de kabels een weinig zijwaarts kunnen slingeren, waardoor men de neergelaten materialen, terwijl ze nog aan de loopkatten zijn opgehangen, kan verhalen, hetgeen begrijpelijkerwijze zeer weinig arbeid vergt. De kabelkranen zijn Noord-Zuid gericht en zoodanig opgesteld (fig. 39) dat de beladen loopkatten zich onder geringe helling afwaarts bewegen (besparing van arbeid). In plaats van torens aan weerszijden, heeft men ter ondersteuning portalen gekozen, teneinde de te verplaatsen materialen onder het eene portaal te kunnen aanvoeren (de werkloodsen liggen in het verlengde der kranen) en ten einde de schepen onder het andere portaal door te water te kunnen laten. De bediening geschiedt vanaf het hoogste portaal, zoodanig, dat de bestuurders van de kabelkranen de zon nooit in het gezicht hebben (hetgeen zou verblinden). Daarom wordt voor de bediening het zuidelijk portaal gebruikt. De bestuurders, die zich niet op de loopkat, doch op de brug bevinden en dus vrij ver van het werk zijn verwijderd, hebben te letten op seinen door werklieden beneden gegeven door middel van borden als hier te lande tegenwoordig aan de spoorwegstations door de stationschefs worden gebruikt.

Het maximum gewicht van de te verplaatsen lasten bedroeg 3 ton, de snelheid van beweging der kabels 3 M. per seconde; een maximum vervoer per tijdseenheid kan bezwaarlijk worden opgegeven, daar het aanbrengen van scheepsdeelen zeer onregelmatig gaat, doch een vervoercapaciteit van 30 ton per uur per kraan kan allicht worden aangenomen.

Bij avond wordt het platenterrein onder de kranen verlicht door slechts één lamp van 2000 kaars, die, dank zij een vernuftige ophanging, ter hoogte van de kabels, verhaald kan worden naar de plaats, waar ze noodig is.

De kabelkranen zijn geleverd door de firma BLEICHERT en voldoen, naar het oordeel der directie van de scheepswerf, uitnemend.

V. *De bruggen over het Kaiser-Wilhelmkanaal.*

Over het Kaiser-Wilhelmkanaal zijn in verband met de verruiming daarvan enkele beweëgbare bruggen door vaste vervangen. Met het oog op de scheepvaart zijn de nieuwe bruggen met hun

onderkant zeer hoog boven den kanaalwaterstand gebracht (42 M.). De eenige laag gelegen brug bevindt zich nabij Rendsburg en is een dubbele draaibrug met 100 M. doorvaartwijdte.

De oudste, reeds bij den eersten aanleg van het kanaal gelegde, is die te Levensau, nabij Holtenau, waarvan de opritten bestaan uit aarden dammen. Nieuw is de hooge vaste brug te Rendsburg. Deze reusachtige spoorwegbrug voor dubbel spoor in de hoofdlijn van Hamburg naar Denemarken dient ter vervanging van een thans niet meer bestaande draaibrug. De hoofdpijlers staan 140 M. uit elkaar; het gewicht van de ijzerconstructie bedraagt 3600 ton. De opritten worden over een groot gedeelte gevormd door een viaduct van plaatijzeren bruggen op pijlers van geconstrueerd ijzer, zoodat de geheele brug een lengte heeft van 2.5 K.M. Om aan de noordzijde te kunnen stijgen, zonder het nabijgelegen station Rendsburg te verhoogen, ontbrak de noodige ruimte, zoodat de oprit aldaar spiraalvormig is gemaakt (straal 600 M.), teneinde aldus de noodige lengte voor den oprit te verkrijgen.

De baan loopt van het station Rendsburg in een boog naar den kanaaloever, onder de brug door, stijgt dan landinwaarts in een grooten cirkelboog, om ten slotte tot de volle brughoogte op het bovenbedoelde viaduct te stijgen.

De montage van het middenvak geschiedde zonder stelling door vrijen uitbouw vanaf beide oevers, om de scheepvaart niet te hinderen.

Aan den onderrand van de middenopening hangt een verrolbaar platform (pont transbordeur).

De derde hooggelegen vaste brug is gelegen in den spoorweg van Hamburg naar de Sleeswijksche kusthavens (Tondern, enz.) bij Hochdonn en heeft eveneens zeer lange, ten deele gebogen, opritten, waarvan een gedeelte gevormd wordt door ijzeren viaductbouw. Aangezien er geen gelegenheid was ook deze van nabij te bezichtigen, wordt hiervan slechts medegedeeld, dat de montage van het middenvak geschiedde door vooruitschuiving over het reeds voltooide gedeelte van de brug.

VI. *De uitbreiding van de Visschershaven te Cuxhaven.*

De haven van Cuxhaven is gelegen aan den linkeroever van de alhier zeer diepe vaargeul aan de Beneden-Elbe en is, daar de

stroom hier in beide richtingen loopt, loodrecht op de rivier gemaakt.

In aansluiting aan deze haven wordt thans eene belangrijke visschershaven aangelegd, waarvoor de plannen reeds in 1914 in voorbereiding waren en waarbij men onder anderen met de ervaringen te IJmuiden heeft rekening gehouden.

Van deze uitbreidingswerken werd in hoofdzaak bezichtigd het maken van damwanden van gewapend beton als onderdeel van de te bouwen kaaimuren. De betonnen damplanken werden op een werkvloer van beton gemaakt.

Op dezen vloer waren houten balkjes bevestigd, waartusschen op eenvoudige wijze de vorm voor de damwanden werd verkregen. Na losnemen van deze balkjes kon de betonpaal worden verwijderd. Om de adhaesie voor het oplichten bijna geheel te doen verdwijnen, werd krantenpapier tusschen vloer en planken gelegd. Het opnemen van de damplanken geschiedde machinaal. Ten einde deze bij het oplichten niet te breken, werden ze vastgegrepen in uitgespaarde uithollingen, die zoodanig waren aangebracht, dat het moment gedurende het opnemen zoo klein mogelijk werd. Gedurende het inheien met een blok van 3500 à 4000 K.G. werden de damplanken, zwaar 5 ton, gericht door schuifhouten, onderaan de stoomheikar bevestigd, waartusschen eenige reeds ingeheide planken en de in te heien plank werden gekneld. Het resultaat van deze methode was zeer gunstig: de damplankenrij vertoonde geen onregelmatigheden, zelfs niet in een gebogen strekking van den muur.

Vermelding verdient nog de door de uitvoerders, de firma CHRISTIANI en NIELSEN te Kopenhagen, gepatenteerde bijzondere wijze van spannen der verbindingswapening van de dampalen (fig. 38).

De Hoofdingenieur en Ingenieurs van den Rijkswaterstaat,

C. E. W. VAN PANHUYS.

J. A. RINGERS.

J. P. JOSEPHUS JITTA.

B. WERKEN IN FRANKRIJK.

VII. *Droogdokken te Toulon.*

1. **Aanleiding tot het bezoek.** De aanleiding tot het bezoek aan deze haven vormde een kort artikel in de *Annales des Ponts et Chaussées* 1919, n^o. III, blz. 363, met het opschrift:

„Note sur la construction de deux bassins de radoub à double entrée au port de Toulon et sur la production des matériaux pierreux door M. THIRION, Ingenieur des Ponts et Chaussées.”

Hoewel dit artikel in hoofdzaak behandelde de verkrijging, het transport en de verwerking van de zeer groote hoeveelheid benodigde betonmaterialen, was daaruit ook op te maken, dat de constructiewijze van de beide droogdokken een bijzondere en in ons land nog niet toegepaste was. Er bleek nl. uit dat één geheel droogdok werd samengesteld uit slechts „deux caisses métalliques”, twee ijzeren caissons dus, die drijvende op hun plaats gebracht, opgebouwd en tijdens den opbouw geleidelijk gezonken werden. De verwachting, dat een zeer bijzonder bouwwerk zou kunnen worden bezichtigd is dan ook niet beschaamd.

2. **Algemeene beschrijving en toestand tijdens bezoek.** Het werk bleek te bestaan uit: Het bouwen van twee vaste droogdokken met ingangen aan beide uiteinden van de volgende afmetingen:

totale lengte van elk dok	420 M.
normale bodembreedte binnen de zijmuren	36 „
normale bovenbreedte	41.67 „
bovenbreedte met inbegrip zijmuren	53 „
drempeldiepte onder normalen waterstand *)	12 „
bodemdiepte onder idem	13.40 „
hoogte dekzerk boven idem	2 „

*) Het getijverschil is te Toulon zeer gering en maximum ± 0.50 M.

vloerdikte	7.50 M.
wanddikte boven.	5.65 „
en ter hoogte van den vloer	8.50 „

De afsluiting zal geschieden door schipdeuren.

In elk dok zijn ongeveer in het midden drie sponningen voor schipdeur, elk met drempels naar weerszijden, aanwezig, zoodat het dok gebruikt kan worden in twee gedeelten van de halve lengte of iets meer of minder en deze door de aanwezigheid van een uitgang aan *beide* uiteinden onafhankelijk van elkaar kunnen worden behandeld.

De dokken komen onderling evenwijdig naast elkander te liggen en worden na opruiming van een oud havenhoofd in open water gemaakt. Na voltooiing der dokken wordt de ruimte tusschen de dokken en de terreinen aan weerszijden opgevuld, gedeeltelijk door kaaimuren omgeven, gedeeltelijk aansluitend aan bestaand terrein, zoodat beide dokken met terreinen een landtong vormen en de schepen aan beide zijden van deze landtong de dokken kunnen binnenkomen of verlaten.

Ten tijde van het bezoek was één dok practisch gereed, in drooggelegden toestand werd de laatste hand aan de bekleeding daarvan gelegd.

Een en ander zooals fig. 40 en 41 te zien geven.

De definitieve schipdeuren waren bij het bezoek niet aanwezig en het dok was aan beide uiteinden afgesloten door de tijdelijke ijzerconstructies (zgn. batardeau), welke bij het geleidelijk zinken van de caissons tijdens den opbouw successievelijk mede wordt opgetrokken.

Het tweede dok was in volle uitvoering, er werd beton gestort in de eerste van de twee het dok samenstellende drijvende caissons. De tweede caisson was nog niet aanwezig en ook nog niet in aanbouw op de daarvoor ingerichte bouwplaats.

3. Beschrijving In lengte-richting is elk dok samengesteld uit **constructiewijze.** 2 caissons (zie fig. 42), nl. één van 190 M. en één van 230 M. Het verschil in lengte vindt zijn oorzaak in het geheel in één caisson opnemen van het groote dwarsriool in den vloer op de halve lengte van het dok, welke het buitenste langsriool in verbinding brengt met het centrale pomphuis, dat tusschen

de beide dokken is geplaatst in het midden van de lengte. Behalve dit lengteverschil zijn beide caissons gelijkvormige uit ijzeren spanten en beplating samengestelde drijvende bakken van zeer groote afmeting (zie fig. 43 en 49). Bij de genoemde lengtemaat van 230 (of 190 M.) hebben zij een buitenbreedtemaat van 45 M. op den bodem, welke door den schuinen stand der zijwanden nog toeneemt tot 53 M. Fig. 44 geeft een verticale doorsnede over het dok in afgebouwden toestand, waarin de staven van de loodrecht op de dokas geplaatste vakwerkspanten zijn aangegeven. Deze vakwerkspanten vormen de hoofdconstructie van de caissons en zijn hart op hart op 2 M. afstand geplaatst, zooals in de langsdoorsnede fig. 45 aangegeven. Behalve door de beplating van den bodem en zijwanden is er slechts onderling verband tusschen de spanten door diagonaalverband in de verticale vlakken gaande door de punten *a* van fig. 44. De caisson is dan ook in lengterichting zeer slap, zoolang de vloer nog niet gebetonneerd en de zijwanden nog niet opgetrokken zijn. Het doklichaam wordt in deze caisson verder geheel gevormd uit stampbeton van hydraulische kalk, samenstelling 350 K.G. hydraulische kalk op 1 M³. zand en 2 M³. mortel op 3 M³. grint. De bekleding van de in-vaarten buiten de deuren en van de deuraanslagen is natuursteen, de bekleding van het dok zelf geschiedt door betonblokjes van 35 à 45 c.M. dikte van samenstelling 550 K.G. Portland cement per M³. In fig. 44 rechts is door een bloklijn aangegeven het betongedeelte dat allereerst wordt gemaakt, het overige volgt later tegelijk met de bekleding.

Het ijzeren vakwerk der caissons wordt geheel opgenomen in de beton (fig. 45), de beplating blijft als buiten-bekleding aanwezig. Per caisson is gemiddeld noodig 4000 ton ijzer en 125 000 M³. beton.

In fig. 44 zijn verder aangegeven de beide in lengterichting doorlopende kamers W, waar de bodembeplating *boven* over heen gaat (de staven van de spanten lopen aan de onderzijde echter wel door) en welke kamers eerst na het aan den grond brengen van de caisson met luchtdruk drooggemaakt en dan met beton worden gevuld. Deze kamers vormen aanéengerijd onder elke dokmuur een strook, welke na vulling doorgaande aansluitende opleggingen van het doklichaam op den fundeeringsgrond vormen.

Bij de sterkteberekening van het doklichaam is verondersteld, dat eventueel het dok alleen op deze strooken rust.

4. Beschrijving uit-voeringswijze. Deze caissons worden op een daarvoor ingerichte ondiepe bouwput (2 M. onder waterspiegel) aan den baaiouever te *La Seyne* aan de overzijde van de baai van Toulon afgebouwd tot ongeveer het punt waar de schuine wand in een verticale overgaat (zie fig. 43).

Ter meerdere afdichting van de beplating wordt vervolgens op den bodem een dunne laag beton aangebracht. De caisson, die dan slechts 1.20 M. diepgang heeft, kan daarna worden opgedreven door waterinlating in dien bouwput en gesleept worden naar de definitieve bouwplaats. Daar ter plaatse is onderwijl de bodem, welke in de diepere lagen bestaat uit een mengsel van kalksteen en zand (plaatselijk „safre” genoemd), uitgebaggerd tot een diepte van 21 M. onder den waterspiegel (het getijverschil is maximum $\frac{1}{2}$ M.), zijnde dit de diepte waarop na volledige afbouw de onderkant vloer komt.

De genoemde grondsoort heeft een goede draagkracht, doch is sterk doorlaatbaar voor water en ook zeer waterhoudend, doordat het van de kustbergen komende water daarin doordringt. De zeer sterke wateraanranding, die men dus in een fundeeringsput moet verwachten is een der redenen (ook reeds bij vroegere constructies) dat men de voorkeur geeft aan de gevolgde drijvende bouwwijze. *Het kenmerkende van de werkwijze is nu verder, dat de caisson naar gelang van de gewichtsvermeerdering door het betonstorten voor den vloer en de zijwanden geleidelijk dieper zinkt en dus niet door inbrenging van waterballast of op andere wijze eerst aan den grond gebracht wordt.* Er wordt dus gewerkt op een drijvend lichaam, dat eerst na 6 tot 8 maanden langen arbeid op zijn definitieve diepte is gezonken en zijn rust op den uitgebaggerden zeebodem gevonden heeft. Bij het reeds voltooide dok heeft het doen zinken van een der caissons aanmerkelijk langer geduurd ten gevolge van de oorlogsomstandigheden, welke de werkzaamheden vertraagden.

Geleidelijk met het betonneeren worden nu de ijzeren stijlen en de beplating van de zijwanden opgetrokken, aan de zijde van de definitieve dokopening de tijdelijke afsluitdeur (batardeau) geplaatst en aan

de zijde van de aansluiting aan de tweede caisson een tijdelijke geheel verticale wand gezet, bestaande uit een ijzeren vakwerk geschoord op den vloer. Met het zinken en vullen van de tweede caisson wordt gewacht tot de eerste geheel geplaatst is. Ook deze caisson krijgt een verticale beplating als afsluiting naar de zijde van de eerstgeplaatste. Is ook de tweede caisson op diepte dan bestaat er dus tusschen beide een doorgang over de volle hoogte, waarvan de breedte ongeveer 2 M. bedraagt. Ter samenkoppeling van beide caissons gaat men dan als volgt te werk (zie fig. 42, 46 en 47).

Langs de zijwanden van de caissons zijn uitstekende verticale lijsten A gebouwd, in schuine richting naar de caissonuiteinden. Hier tusschen wordt nu geplaatst een gebogen verstijfde ijzeren plaat B. Vervolgens wordt in de door beide eerder genoemde verticale wanden C en de platen B afgesloten ruimte een betonlaag van ± 3 M. dikte onder water gestort en daarna de ruimte leeggepompt. De gebogen platen B worden door den waterdruk stijf tegen de lijsten A gedrukt en sluiten dus de zijden volkomen af. De betonlaag van 3 M. dikte sluit den bodem af zoodat het na leegpompeling mogelijk is de verticale wanden af te breken en men nu verder in den droge de resteerende 4 M. vloerdikte en de moten der zijmuren kan maken. De foto fig. 47 geeft den toestand weer na drooglegging, terwijl aangevangen is met afbreken van de verticale wanden rechts. Na afwerking loopt dus de dokdoorsnede normaal door en is van den geheelen voeg niets meer te bespeuren; alleen konden bij ons bezoek, waar de bestrating op den dokmuur nog niet was aangebracht, het bovineinde van de plaat B en de lijsten A worden aangewezen bij het reeds afgebouwde dok.

De bovenstaande beschrijving van de wijze van onderlinge aansluiting loopt eenigszins vooruit op den normalen gang, immers geschiedt deze aansluiting eerst wanneer beide caissons gezonken en afgebouwd zijn, zoodat nazetting niet meer te vreezen is. Inderdaad was dan ook in het reeds geheel gereed zijnde dok, niet de minste aanwijzing van, zetting der helften ten opzichte van elkander te zien, welke zich anders zeer zeker onmiddellijk in de bekleding van vloer of wanden had moeten afteekenen.

Nu evenwel de afbouw zelf.

Zooals hierboven opgemerkt is de caisson in lengterichting oorspronkelijk zeer slap; ook in de dwarsrichting moeten te groote

momenten bij het betonstorten in de drijvende bak worden ontgaan, waarom tevoren uitgebreide becijferingen gemaakt waren op welke wijze de beton geplaatst kon worden. Daartoe is de dwarsdoorsnede verdeeld gedacht in ± 900 , ongeveer gelijke, onderdeelen (zie fig. 48). Van elk onderdeel is de inhoud over 2 M. lengte (dus van spant tot spant) 1 M³. en waar het betonstorten ook geschiedt met bakken van 1 M³. inhoud, is het mogelijk dit te voren berekende stort-programma practisch te volgen.

Het betonstorten geschiedt door middel van twee zeer groote portaalkranen, welke op de drijvende caisson geplaatst zijn (zie fig. 48, 49, 50 en 51), en zich daarop in lengterichting kunnen verplaatsen. Boven het langsverband, aanwezig onder de punten *a* (zie fig. 48, 50 en 52), zijn tijdelijk kraanrails aangebracht, welke zich alzoo op ± 30 M. onderlingen afstand bevinden. Op dezelfde rails hebben zich ook reeds lichte bouwkranen bewogen tijdens het monteeren van de caisson, zooals duidelijk in fig. 43 is te zien. De „stijlen” van de portaalkraan zijn uitgebouwd tot vakwerktorens van 4.20 bij 8.20 M. met 4 etages. Op de bovenste (4de) etage bevinden zich reservoirbakken voor grint en zand, op de 3de etage daaronder maatbakken voor dezelfde materialen precies voldoende voor één vulling, op de 2de etage de betonmolen en op de 1ste etage een kort stuk Decauvillespoor, waarop wagentjes met 1 M³. bakken, welke uit den betonmolen gevuld worden. Deze wagentjes kunnen dan naar beide zijden worden gereden op een uitstekend bordes, waar de bak van het wagentje wordt afgepikt door de takel van een der boven over de kraan rijdende loopkatten, die de beton in de richting loodrecht op de lengteas van het dok op elke gewenschte plaats kunnen brengen, terwijl door verplaatsing van de *geheele* kraan in de richting van die lengteas elk punt in dien zin is te bereiken. De horizontale bovenligger van de portaalkraan bestaat uit twee helften, in de open ruimte waartusschen zich bewegen 2 loopkatten met grijpemmers voor aanvoer van materialen, die te water in bakken langs zijde van de caisson worden aangevoerd en door deze grijpemmers worden gestort in de reservoirbakken op de 4de etage van de kraanpijlers. De bovenliggers steken daartoe nog ± 10 M. buiten de dokzijde uit (fig. 48, 49 en 51).

Op beide deelen van de bovenliggers loopen dan verder ieder

twee loopkatten, die op bovenbeschreven wijze de betonplaatsing bedienen door middel van takels langs de buitenzijde van de kraan. Daarvoor zijn dus 4 loopkatten aanwezig tegen eveneens 4 bordessen, waar gevulde betonbakken kunnen worden aangereden en leeg in ontvangst genomen. De geheel verwerking van de beton geschiedt aldus mechanisch, waarbij op vernuftige wijze is rekening gehouden met de drijvende bouw wijze. De materialen komen van een steengroeve ongeveer 5 K.M. uit de kust bergopwaarts en worden naar een aan de baai gebouwden laadsteiger voor de bakken vervoerd langs een kabelspoor. Ook deze installatie is geheel mechanisch. Zij is beschreven in het genoemde artikel van de *Annalen des Ponts et Chaussées*, doch door ondergeteekenden wegens tijdsgebrek niet bezocht. De bezwaring van de drijvende caissons met dergelijke zware kranen brengt mede, dat men er twee gebruiken moet op ongeveer symetrische wijze geplaatst. Zij werken dus steeds op plaatsen ongeveer op gelijken afstand van uit het caissonmidden om een zuivere spanningsverdeeling te verkrijgen.

Naar gelang van de plaatsing ondergaat de caisson nog vrij belangrijke vormveranderingen; op de totaal-lengte van 230 M. wordt, wanneer beide kranen in 't midden of wanneer zij ieder aan een uiteinde staan een pijl van 0.50 M. geconstateerd, zoolang de caisson nog niet zijn meerdere stijfheid tengevolge van de reeds gemaakte vulling gekregen heeft. Teneinde verrassingen te voorkomen en ook de regelmatige betonstorting te controleren worden dagelijks twee waterpassingen gedaan en de resultaten met aangifte van de plaats der kranen in teekening gebracht. Op fig. 52 is de doorbuiging van de linker kraanbaan eenigermate zichtbaar.

De beton in fig. 44 aangegeven als op deze wijze allereerst te plaatsen is ongeveer 100.000 M³. per caisson. Met een dagcapaciteit van 600—800 M³. rekent men, dat daarmee voor één caisson ongeveer 6—8 maanden gemoeid zijn. In 't algemeen wordt de bouw tijd voor een dok (twee caissons) als volgt verdeeld gedacht:

één jaar opbouw ijzeren caissons, één jaar vullen en zinken, één tot anderhalf jaar afbouwen, waarbij de tijden der onderdeelen voor beide caissons door elkaar heen grijpen. Voor één dok werd dus ongeveer 3 à 4 jaar bouw tijd gerekend.

Rust de caisson eenmaal op den bodem, dan is er geen bezwaar meer om met één kraan er in te werken en waar de aannemer

drie dergelijke kranen op het werk heeft, kan dan ook, zoodra de eerste caisson zoover gekomen is, de tweede caisson met weder twee kranen worden aangepakt en blijft in de gezonken caisson één kraan achter voor aanvoer van de beton voor de luchtdrukkamers en voor de afwerking van vloer en zijmuren.

De kranen kunnen door een op de reede van Toulon aanwezige drijvende bok in groote stukken uiteen genomen en van de eene caisson op de andere geplaatst worden.

Is de caisson aan den grond gebracht, dan wordt overgegaan tot vulling van de vroeger genoemde werkkamers onder luchtdruk. Op deze wijze wordt dus feitelijk tusschen de dokmuren en den ondergrond een volkomen gesloten vaste ondersteuning tot stand gebracht, waardoor men nadien (eerst bij het water inlaten in het dok loopt de fundeeringsdruk in belangrijke mate op) *onafhankelijk* is van de aansluiting tusschen de geleidelijk tot zinken gebrachte caisson en den gebaggerden bodem.

Deze werkwijze brengt per dok mede een verwerking van $\pm 7000 \text{ M}^3$. beton door luchtdruksluizen, waarvoor men een tijd van ± 6 maanden rekent. (Arbeidsdag van 7 uur in luchtdrukkamer). Geschat wordt 1 M^3 . beton per uur per sluis te verwerken.

Het doklichaam is, zooals reeds opgemerkt, er op berekend, dat eventueel het dok alleen op deze zijstrooken rust, het oefent dan een druk op den bodem uit van ongeveer 4 K.G. per c.M^2 . Door de aannemersfirma (die volgens eigen ontwerp uitvoerde) werden deze luchtdrukkamers, gezien de aangetroffen homogene fundeeringsgrond, feitelijk overbodig geacht. De peilingen in raaien op 5 M. onderlingen afstand na het afbaggeren hadden geen grootere verschillen dan 5 tot 10 c.M. opgeleverd, *terwijl gedurende de maanden dat de caisson zich boven de bouwplaats drijvende bevindt, zich daaronder een bezinkingslaag neerzet van wellicht 0.20 tot 0.30 c.M. dikte welke, als zijnde zeer los van samenstelling, bij het neerkomen van de caisson als een verdeelkussen werken kan.*

Bovendien is het doklichaam door de in verhouding tot de wijde groote vloerdikte en de daarin opgesloten spanten *eenmaal geheel afgebouwd* constructief zeer sterk. Men was voor den aanvang van den bouw van het tweede dok over wijziging in bedoelden zin met den bouwheer (de Marine) nog in onderhandeling getreden, doch dit had niet geleid tot overeenstemming omtrent afwijking van het

oorspronkelijke ontwerp. In het midden van de caisson waren ook enkele kleinere luchtdrukkamers aangebracht, die echter geen aaneengesloten strook vormen en ook niet gevuld werden, daar zij slechts bedoeld waren om ook in 't midden bij en na het neerbrenge van de caisson den bodem te kunnen inspecteeren.

In de fig. 49, 50 en 52 zijn de kokers, welke naar de werkkamers leiden zichtbaar, waarop later de luchtdruksluizen zijn te plaatsen.

Tijdens ons bezoek was men in het gereed zijnde dok in het vloergedeelte, dat buiten de deursponningen uitsteekt (en waar dus later bij drooggelegd dok de volle waterdruk blijft staan) bezig met inspuiten van cementmortel onder 6 atmosfeeren luchtdruk door in den betonbodem op regelmatige afstanden geboorde gaten. Volgens ontvangen inlichting moesten in de beton veel nesten of plaatsen zijn, waarin een betrekkelijk flinke hoeveelheid mortel werd opgenomen. De werkwijze tot verbetering van de dichtheid der dokuiteinden werd ook toegepast in de caisson welke in bouw was, waar deze insputingen reeds werden gedaan in den ongeveer ter halve hoogte gestorten bodem.

Nog moge vermeld worden, dat de caissons tijdens het werken door 2×4 kabels aan de zijden en 2×2 kabels aan de uiteinden waren verankerd en dat men opgaf er in geslaagd te zijn de caisson op 1 c.M. op 100 M. lengte nauwkeurig te plaatsen. Overigens heeft men bij afbouw en bekleeding de juiste maatvoering nog in de hand.

5. Wijze van Het werk werd uitgevoerd naar het ontwerp en **aanneming.** onder verantwoordelijkheid van de aannemersonderneming, FOUGEROLLES FRÈRES. Deze onderneming heeft een dok naar dezelfde grondbeginselen ontworpen en gebouwd te Diego-Suarez op Madagascar. In het rapport van den Hoofdingenieur van de Ponts et Chaussées J. BARBÉ voor het XIe Internationale Scheepvaartcongres (St. Petersburg 1908), is van dit laatste dok een korte beschrijving gegeven.

Wij genoten het voorrecht te worden rondgeleid door den Hoofdingenieur BOUVIER, den uitvoerder van de firma FOUGEROLLES ter plaatse, tevens in hoofdzaak ontwerper van het werk.

6. **Vroegere uitvoe-** Voor deze dokuitvoeringen bevindt men zich **ringen te Toulon.** te Toulon op historischen grond. Immers zijn reeds in de jaren 1878—1881 twee droogdokken (les deux premiers bassins de Missiessy, zie Mémoires de la Société des Ingenieurs civils 1881) van 133 M. lengte bij 25 M. bodemwijdte en 9.40 M. drempeldiepte volgens de drijvende methode in één caisson uitgevoerd en kwam in 1898 wederom een dok (le troisième bassin de Missiessy, zie Annales des Ponts et Chaussées 1899) tot uitvoering van 175 M. lengte bij dezelfde wijdte en drempeldiepte.

Bij deze uitvoeringen waren evenwel werkkamers onder den *geheelen* bodem aanwezig, zoodat, nadat de caisson aan den grond gekomen was, deze over het *geheele* oppervlak onder luchtdruk definitief werd gefundeerd, overeenkomstig dus de nu nog gevolgde methode te Le Havre, waarvan verderop in dit verslag melding is gemaakt.

Verder is reeds in 1774 te Toulon door den Ingenieur GROIGUARD een gemetseld droogdok geconstrueerd op één groote houten „caisson” met vlakken bodem, welk dok in 1880 nog goede diensten bewees, hoewel het niet geheel waterdicht was, tengevolge van scheuren ontstaan door onvolledige aansluiting van den vlakken bodem aan den ondergrond.

VIII. *Havenwerken te Marseille.*

Op de terugreis uit Toulon werd van de door het Ministerie van Buitenlandsche Zaken te Parijs welwillend geboden gelegenheid gebruik gemaakt om enkele in uitvoering zijnde werken in de haven van Marseille te bezichtigen.

In de haven van Marseille zijn het grootste deel der exploitatie en alle uitbreidingswerken in handen van den Staat, vertegenwoordigd door den dienst der Ponts et Chaussées. Ten tijde van ons bezoek was met de Havendirectie belast de Hoofdingenieur RENARD en de hem toegevoegde ingenieurs HERMIL en SAINFLOU, welke laatste zoo bereidwillig was ons op een rondgang door de haven een en ander te laten zien.

a. *Algemeene beschrijving.*

Zooals algemeen bekend mag worden geacht wordt de haven van Marseille in hoofdzaak gevormd door een evenwijdig met de

kust loopenden golfbreker; in het daarachter gelegen beschutte water zijn verschillende „bassins” gevormd door evenwijdig aan den golfbreker en loodrecht daarop kademuren te bouwen (zie fig. 53). Van de landtongen door deze laatste gevormd, loopen eenige door tot den golfbreker en zijn in die tongen doorvaartopeningen gehouden, waarvan er enkelen door eenarmige draai-
bruggen worden overspannen ten behoeve van de verbinding tusschen den vasten wal en de kadestrook, welke men aan de naar het land gekeerde zijde van den grooten golfbreker heeft aangebouwd. De verbinding van deze kade aan de landzijde op den golfbreker gelegen en den vasten wal blijft intusschen op deze wijze een gebrekkige. Toch heeft men daarin nog geen aanleiding gezien om van het maken van bedoelde kadestrook langs de binnenzijde van den golfbreker bij de jongste nog in uitvoering zijnde uitbreiding af te zien, wat ook daarin wel zijn oorzaak zal vinden, dat het profiel van den geheel van steen opgestorten golfbreker slechts zeer weinig behoeft te worden verbreed om daarop een kade met 12 M. waterdiepte en een bruikbare breedte van 35 M. te verkrijgen (zie fig. 54).

De nieuwste uitbreiding der haven is het op de situatie fig. 53 aangegeven Bassin de la Madraque, later omgedoopt in Bassin President Wilson.

Het werk bestond uit het verlengen van den golfbreker met bovenbedoelde kade langs de binnenzijde en uit het maken van twee landtongen, nu niet als alle voorgaande loodrecht op de kust, maar meer in de richting van het in- en uitvaren gericht. Tijdens de uitvoering van dit werk is nog besloten de uiterste landtong (la Traverse du Cap Janet), welke eerst alleen aan de bassinzijde van kademuur zou worden voorzien, ook aan de noordzijde dadelijk door de definitieve kade af te sluiten.

De kaden in het bassin reiken van 2.40 M. $\perp$ tot 12 M. — . De kade langs de noordzijde van de uiterste landtong nog $\frac{1}{2}$ M. dieper tot 12.50 M. — . De waterstand is gemiddeld 0.0 M.; tijverschil van beteekenis bestaat te Marseille niet. Behalve een groote lengte kademuur met 12 M. zal Marseille in den loop van 1921 dus ook reeds kadeligplaats kunnen bieden met 12.50 M. diepte.

Hoewel verder op deze havenuitbreiding niet wordt ingegaan, is bovenstaande korte uiteenzetting gegeven, om duidelijk te maken

hoe de omstandigheden er toe leiden bij deze uitbreiding drie verschillende kadeconstructies toe te passen n.l.:

1. de kade geplaatst op de steenstorting van den golfbreker;
2. de kade langs de landtongen als voorzien in het aanvankelijk project;
3. de kade langs de noordzijde van la Traverse du Cap Janet gebouwd als verbeterd type van de kaden onder 2.

Uit de hieronder volgende beschrijving zal kunnen blijken, dat tusschen type 1 en de typen 2 en 3 twee principieele verschillen bestaan n.l.:

a. bij 1 moet gerekend worden op de mogelijkheid van zeer belangrijke zettingen, terwijl de fundeeringswijze van 2 en 3 in dat opzicht veel gunstiger is;

b. een beteekenend verschil in uitvoering, terwijl daarenboven duidelijk zal worden hoe de kade onder 3 bedoeld is gegroeid uit het type 2.

Het bij vroegere uitbreidingen te Marseille gevolgde kadestelsel is bij deze constructies verlaten; voor den opbouw van den geheelen muur als monoliet met behulp van een groote duikerklok is in de plaats gekomen het gebruik maken van drijvende caissons, die, na plaatsing op een vooraf gemaakte fundeering, gevuld en van een bovenbouw voorzien worden.

Daarbij zijn niet als in Rotterdam en in onze Indische havens toegepast caissons van gewapend, doch van *ongewapend* beton.

b. *Caissons der kade a/d binnenzijde van den golfbreker.*

Deze zijn uitgevoerd volgens het project van den dienst der Ponts et Chaussées. Op de teekening weergegeven in fig. 55 zijn aangegeven de hoofdafmetingen (lengte 24.2 M., bodembreedte 9 M., bovenbreedte 5.55 M., hoogte 13 M.), alsmede de dikten van de voor naamste onderdeelen. Daaruit zal duidelijk zijn, dat door het geleidelijk verminderen van de dikte van alle wanden en schotten naar boven, een maatverandering, die alle cirkelvormige overgangen medemaken, de doorsnede van de caisson op elke hoogte in bijna alle maten verschillend is. Dit brengt noodzakelijk met zich dat althans de binnenbekisting over de volle hoogte van 13 M. tijdens den opbouw van de caisson moet worden opgebouwd, terwijl deze bekisting bovendien een bewerkelijke is.

De plattegrond van de caisson laat zien, dat de verstijving in hoofdzaak geschied door dwarsschotten op 2.30 M. hart op hart geplaatst, terwijl aan de uiteinden ook een tweetal langsschotten is geplaatst, die echter in de opvolgende ruimten telkens lager zijn beëindigd. De vloerdikte is 1 M., de voor- en achterwand worden begrensd uitwendig door de rechte voor- en achtervlakken en inwendig door halfcirkelvormige overgangen naar de dwarschotten, waardoor een zeer massief geheel verkregen is. Een bepaalde diktemaat van voor- en achterwand is daardoor niet te noemen, doch wordt daarvoor beter naar fig. 55 verwezen.

Zooals op fig. 54 is aangegeven worden deze caissons nu geplaatst op een verbreeding van den binnenvoet van den door steenstorting verkregen golfbreker, welke daartoe onder een duikerklok wordt gevlaakt.

De caisson wordt daarna geheel gevuld met vulbeton van hydraulische kalk en vervolgens door een stapeling van zware betonblokken, als gebruikt worden op de buitenzijde van den golfbreker, bezwaard (zie fig. 59 en 60). Dit heeft ten doel de onvermijdelijke zetting, welke deze op steenstorting geplaatste kademuur verkrijgt, zooveel mogelijk dadelijk te veroorzaken eer de opbouw wordt geplaatst. Deze zettingen zijn inderdaad zeer belangrijk, zooals werd getoond aan een reeds gereed zijnd gedeelte kademuur, waarvan de voorzijde een gebogen lijn vormde met ongeveer 1 M. pijl, terwijl opgegeven werd, dat die caissons ook 1 M. waren gezakt.

Het is duidelijk, dat bij dergelijke zettingen de constructief sterke vorm van de caisson, hare korte lengte en de algeheele vulling met beton tot hun recht komen.

De achteraanvulling van dezen kademuur geschiedt geheel met steenstukken en groefafval, ter beperking van den gronddruk.

De bouw van deze caisson geschiedde in een daarvoor speciaal bestemd ijzeren dok (zie fig. 56 en 57), dat door bovenbelasting met zware betonblokken zoo wordt bezwaard, dat het ook na algeheele droogpompung blijft rusten op den havenbodem, die daarvoor plaatselijk is gevlaakt. Dit dok biedt in lengterichting plaats voor twee caissons achter elkaar, doch is nauwelijks breeder dan de caisson, wat het voordeel heeft, dat de buitenbekisting wordt bevestigd en op haar plaats gehouden door aan den dokwand daarvoor aangebrachte armen. Door het verschil in lengte

van deze armen wordt op zeer eenvoudige wijze de muurhelling aan voor- en achterzijde verkregen, zoodat het stellen der buitenbekisting eenvoudig verloopt.

Boven over het dok loopt een kraan ter hanteering van de bekistingsgedeelten.

De plaatsing van het dok is zoodanig dat ééne der korte zijden dicht bij een bestaande kade ligt, waar de betonmenging plaats heeft. De beton wordt in kipkarren over een steigertje in het dok gereden en, waar de caisson in het dok *onder* het kadeniveau geplaatst is, kan de beton op eenvoudige wijze door middel van stortgoten worden verwerkt. De werkverdeling is zoodanig, dat men met beide caissons, waarvoor het dok ruimte biedt, gelijk opwerkt en wanneer voor de eene gestort, voor de andere een volgende bekistingslaag gesteld wordt. De caissons worden in dit dok tot volle hoogte afgestort (er is dus geen zgn. drijvende opbouw) en zij blijven nog één maand droog in het dok ter algeheele verharding om vervolgens te worden uitgevaren en geplaatst. Het moment van uitvaren is in beeld gebracht op fig. 58, waarop tevens de ballastblokken op de dokwanden zichbaar zijn; fig. 59 vertoont twee juist geplaatste caissons.

Bij de plaatsing wordt een voeg van ongeveer 60 c.M. tusschen de caissons gehouden. Na vulling en ballasting worden door een duiker aan voor- en achterzijde tusschen uitstekende lijsten aan de caissons muurtjes van $\pm \frac{1}{2}$ M. dikte gemetseld, daartusschen beton in den natte gestort en, zoodra men het mogelijk acht tot leegpompen van de ruimte tusschen de muurtjes over te gaan, de beton verder in den droge verwerkt.

c. Caissons voor de landtongen volgens aanvankelijke uitvoering.

Hiervoor zij allereerst verwezen naar fig. 61. Deze uitvoering is het gevolg geweest van een inschrijving met vrij project (een zoogenaamd „concours”), welke geleid heeft tot de keuze van de onderneming van M. C. ZSCHOKKE te Aarau (Zwitserland) als aanneemster van dit werk. De door haar ontworpen caissons, alsmede de gevolgde uitvoeringsmethode, welke twee zaken hier in nauw verband tot elkaar staan, zijn verschillend van de te voren beschrevene. Allereerst wat betreft de hoofdafmetingen:

De caissonbreedte zelve vermindert nu naar boven toe niet, de

doorsnede is een rechthoek van 12.60 M. hoogte bij 7.50 M. breedte. De caissonlengte is hier ook groter gekozen nl. 30 M. De verstijving wordt, behalve door de op 2.50 M. voorkomende dwarsschotten, nu ook bereikt door twee over de volle lengte en tot de volle hoogte doorgaande langsschotten. Bij voor- en achterwand is een boogvormige binnenbegrenzing aanwezig, overigens zijn de wanden en schotten begrensd door verticale platte vlakken, ook de genoemde boogvormige begrenzingen staan verticaal. Vermindering van dikte van wanden en schotten wordt verkregen door horizontale versnijdingen. Voor de verschillende detailmaten wordt verwezen naar fig. 61, waarbij er de aandacht weer op moge worden gevestigd, dat de caisson uit ongewapend beton wordt opgetrokken. Door deze vormgeving is bereikt, dat de caissons kunnen worden gebouwd met ijzeren bekistingen, waarmede telkens slechts 1 M. caissonhoogte wordt bekleed, waarna dezelfde ijzeren bekisting na lossing opgetrokken, weer voor de volgende M. dienst doet en alzoo voor één caisson 13 maal gebruikt wordt. Eenige aanwijzing hoe dit in de voor deze caissons gebruikte werkput is ingericht volgt nog hieronder.

Eerst vestigen wij nu de aandacht op de fundeering, waarop deze caissons komen te rusten, waarvan de verschillende oplossingen zijn weergegeven in fig. 62.

Bij voorkeur wordt steun gezocht op het „terrain dur” een soort rotsachtige grondslag, die met pikhouweel is te bewerken. Deze grondslag wordt evenwel op zeer verschillende diepten aangetroffen, doordat in 't algemeen de grondlagen naar zee aflopen. Wordt hij hoger aangetroffen dan de toekomstige havendiepte dan wordt zooals in het eerste schetsje van fig. 62 is aangegeven onder de duikerklok een bekleedingsmuur gemaakt en een caisson van geringere hoogte gebruikt. Is de ligging dieper dan de havendiepte, doch nog boven — 14.70 M., dan wordt onder de duikerklok op den vasten grondslag een doorgaande betonkoek gemaakt. Wordt de vaste grond dieper aangetroffen, doch in de met de duikerklok bereikbare diepte een goede zandbodem bereikt, dan wordt de betonkoek op die zandlaag gefundeerd.

Is ook dit niet mogelijk dan moet eerst een steenstorting worden aangebracht en wordt daarop een dunnere betonlaag (dikte 1 M.) gelegd. Op al deze wijzen wordt bereikt, dat voor de ongewapend-

betoncaissons een vlakke betonfunderingsvloer gereed ligt. Na plaatsing daarop worden ook deze caissons met hydraulische kalkbeton gevuld, uitgezonderd de achtervakken over ongeveer twee derden van hun hoogte, waarin een losse steenaanvulling komt. Het aanbrengen van de vulbeton geschiedt in den droge. Ter vermindering van den gronddruk wordt, als op fig. 62 aangegeven, een storting van steen en groefafval achter de caissons gebracht, vóór tot aanvulling van het terrein wordt overgegaan. Tusschen de caissons onderling worden weder voegen van ongeveer 0.60 M. gehouden, welke op de vroeger beschreven wijze gedicht zijn.

De beton voor de caissonwanden was van de samenstelling 350 K.G. cement op 400 liter zand en 800 liter grint, de vulbeton met 400 K.G. hydraulische kalk op 1 M³. zand als mortel en van den mortel 2 deelen op 3 deelen steenslag.

d. *Caissons voor den noordelijken kademuur van de
Traverse du Cap Janet.*

Uit de zooeven gegeven beschrijving van de fundeering der Zschokke-caissons zal duidelijk zijn, dat getracht is zooveel mogelijk een fundeering te verkrijgen, die niet aan zettingen onderhevig is. Men is daarin nog verder gegaan door bij de kade langs de noordzijde van de Traverse du Cap Janet de betonfundeeringen onder de duikerklok te maken tot een diepte van — 20 M. Hierdoor wordt bereikt, dat van deze kade alleen het uiterste puntje op een steenstorting moet worden geplaatst en de kade dus bijna geheel de betere fundeering kan verkrijgen. Bij het plan voor deze kade zijn echter ook nog andere tevens economische wijzigingen gemaakt, welke duidelijk blijken uit fig. 63. De onder de duikerklok gemaakte fundeering is niet meer een doorgaande betonkoek, doch deze is gesplitst in een aantal afzonderlijke pijlers. De ruimten tusschen de pijlers worden aangevuld met steen en groefafval. De caisson, welke op deze pijlers komt te rusten, wordt nu ook niet meer geheel gevuld. Wel worden van betonvulling voorzien de caissoncellen vallende boven de fundeeringspijlers, doch in de tusschen deze pijlers gelegen vakken worden van de zes cellen alleen de beide achtersten gevuld; over de onge vulde vakken wordt dicht aan de bovenzijde van de caisson een vooraf gereedgemaakte boogvormige gewapende plaat ter afsluiting gelegd en daarop

tot steun van den bovenbouw en van den bovengrond nog een gewelf van vulbeton van ongeveer 1 M. topdikte gevormd. Op deze wijze ontstaat dus de kadeconstructie op fig. 63 weergegeven, welke in doorsnede den indruk maakt van een massief gebouwde kade met groote spaarbogen aan de waterzijde. Behalve besparing in vulbeton in de caissons is ook besparing verkregen in de fundeering, welke weer mogelijk gemaakt werd door het mindere gewicht van de niet geheel gevulde caissons, dat splitsing in pijlers toeliet. Opgemerkt moge nog worden, dat de afmetingen der pijlers uitvoering mogelijk maakten in één geheel in de aan de onderneming ZSCHOKKE toebehoorende duikerklok, welke 9 bij 16 M. grondvlak had en dat de voor deze kade gebruikte caissons geheel overeenkomstig de eerst gemaakte zijn, behoudens een verschil van 0.50 M. in hoogte, waardoor de uitvoering in hetzelfde bouwdok en met dezelfde ijzeren bekisting kon geschieden na gereedkomen van de caissons voor de bassinmuren.

Zooals gezegd, bleef noodzakelijk aan het uiterste gedeelte van de Traverse een steenstorting te maken; deze is toen tot — 15.50 M. opgeworpen en daarop een doorgaande betonkoek van 3 M. dikte gemaakt als fundeering voor de caissons.

Afgezien van dit dure gedeelte is met de nieuwste bouwwijze een groote besparing bereikt, welke voor een muur, waarbij de pijlers met hun onderkant op goed terrein op — 16 M. kunnen worden gefundeerd, op 20 % van den prijs van een muur met geheel gevulde caissons wordt becijferd.

e. *Bouw der Zschokke-caissons.*

Daartoe was een bouwdok ingericht in een ongebruikte havenhoek. Na versterking van de aanwezige kade door een voorbouw en omringing van de benodigde ruimte aan de twee open zijden door een dam, waarbij gebruik werd gemaakt van later weer in de nieuwe kade te verwerken kleinere caissons, werd de havenbodem plaatselijk verdiept en ontstond het bouwdok, waarvan fig. 64 een dwarsdoorsnede en fig. 65 een binnenaanzicht te zien geeft.

Dit bouwdok bood ruimte voor 4 caissons (2 achter en 2 naast elkaar); de diepte was weer zoodanig, dat de caissons tot volle hoogte daarin werden afgebouwd. Dit geschiedde met gebruik-

making van de genoemde ijzeren bekisting op de volgende wijze (zie fig. 66): Evenwijdig aan de lange zijden van de te bouwen caissons werden op den bodem van het bouwdok ijzeren stijlen geplaatst; de buitenrijen daarvan werden geschoord op de muren van het dok, de binnenrijen konden onderling worden verbonden. Aan deze stijlen werden opgehangen horizontale liggers dwars over de op te bouwen caissons geplaatst, aan welke liggers de ijzeren bekisting werd opgehangen. Deze bekisting bestond uit ijzeren platen van 1 M. hoogte, welke op den juiste afstand waren te stellen en te houden door schroefstangen, welke voor de buitenschotten hun steun vonden tegen langs de stijlen aangebrachte U-balken en voor de binnenschotten in een inwendig raamwerkje, dat in elke cel aan genoemde horizontale liggers was opgehangen. Door uit- en inschroeven dezer stangen kon de bekisting overal op de juiste maat worden gesteld en na betonstorting gemakkelijk ontkist. Dit ontkisten werd na 24 uur toegestaan. Ter plaatse van een horizontale versnijding werd de mindere dikte van den hooger gelegen wand verkregen door een meerder uitdraaien van de schroefstangen. Op deze wijze werd de geheele caisson in lagen van 1 M. hoogte gestort. Tot verband tusschen de lagen werden bij afstorting van een laag korte einden staafijzer in de beton gestoken. Na elke storting werden de horizontale liggers met de daaraan hangende bekisting met behulp van een over de dokranden verrijdbare kraan 1 M. hooger gesteld. De afwezigheid van eenige wapening vergemakkelijkt de bouwwijze. Behalve de zooeven genoemde kraan was nog een tweede op de dokranden verrijdbare kraan aanwezig, waarop een dwars op de dokas zich bewegende loopkat: hiermede werd de beton, die op een centrale plaats op den vasten wal werd aangemaakt en op een langs de dokrand loopend spoor werd gereden, opgepikt en boven de caissons gebracht. Beide kranen zijn op fig. 64 duidelijk te zien. Doordat aan vier caissons tegelijk gewerkt kon worden, konden de verschillende werkzaamheden als bekisting ophalen en stellen, betonstorten en verharderen steeds vlot voortgang hebben. Ook voor deze caissons werd na algeheele afbouw een maand verharding in den droge geëischt vóór tot uitdrijving wordt overgegaan.

IX. *Werken te Le Havre.*

a. *Droogdok.*

Te Le Havre werd een bezoek gebracht aan het aldaar onder directie van den dienst der Ponts et Chaussées in aanbouw zijnde vaste droogdok. Evenals te Marseille wordt ook de haven te Le Havre geheel van Staatswege geëxploiteerd en zijn dus zoowel de bestaande werken als de in aanbouw zijnde uitbreidingen toevertrouwd aan de zorg van de Ingenieurs der Ponts et Chaussées, zijnde de Hoofdingenieur CORBEAU en den hem toegevoegden Ingenieur OUTREY, welke beiden zoo welwillend waren ons ter plaatse rond te leiden. In tegenstelling met het bezochte werk te Toulon waren hier het project en de hoofdgedachten der uitvoering afkomstig van de Directie. Wel was bij de inschrijving voor het werk gelegenheid gegeven in een zgn. concours ook gewijzigde projectvoorstellen in te dienen en is o. a. door de firma FOUGEROLLES, die het werk in Toulon heeft ontworpen en uitgevoerd, een afwijkend voorstel ingediend, doch het slot van de besteding is geweest, dat men zich bij het oorspronkelijke Directie-ontwerp is blijven bepalen en het werk dus dienovereenkomstig door de aannemers SCHNEIDER en HERSENT wordt uitgevoerd.

Een oorspronkelijke beschrijving van den dokbouw wordt reeds aangetroffen in het rapport van den Ingenieur A. GUIFFART, uitgebracht aan het XIIe Scheepvaartcongres te Philadelphia 1912.

Een tweede publicatie is verschenen van de hand van den Nederlandschen Ingenieur J. H. HINSE in „de Ingenieur” Nr. 30 van 24 Juli 1920, waarin reeds foto's van het eerste uitvoeringsstadium voorkomen.

Waar niet wenschelijk geoordeeld wordt veel in herhaling te treden, moge ook naar deze publicaties worden verwezen, en zal in dit verslag, naast een algemeen overzicht van het werk, slechts nadere mededeeling worden gedaan over de nu reeds weder verder gevorderde uitvoering.

1. Algemeene beschrijving. Het dok vormt een onderdeel van de op 100 miljoen francs geraamde havenuitbreiding (zie fig. 67) waartoe bij wet van 11 Februari 1909 is besloten en welke in 1910 in haar geheel is aangevat door het openen van een inschrijving

onder daartoe uitgenoodigde ondernemers voor het geheele werk. Het was evenwel bij voorbaat onderverdeeld in drie parten (trois lots) nl.:

1°. het maken van de dijken, die de nieuwe voorhaven en getijhaven (Bassin de la Marée) van de Seine-monding afscheiden, alsmede het in profiel baggeren van die havens;

2°. het maken van den kademuur langs de noordzijde van de getijhaven;

3°. het maken van het groote vaste droogdok.

Het dok werd noodig geacht, omdat tot dusver de grootere te Le Havre thuisbehoorende schepen voor reparatiën van het marinedok te Cherbourg moeten gebruik maken.

Uit het ons ter inzage verstrekte inschrijvingsprogram zijn de volgende bijzonderheden te vermelden:

Inschrijving kon geschieden voor het geheel of voor één of meer gedeelten, bepalingen voorzagen in de mogelijkheid van gunning aan verschillende aannemers, waarbij voor regelingen van transporten, in elkaar grijpende werkzaamheden enz., door de Directie kon worden gezorgd.

Eigen constructie- en uitvoeringsvoorstellen konden worden gedaan, waartoe in het inschrijvingsprogram de essentieele eischen voor de te maken werken werden opgesomd; in verband hiermede moesten ook door de inschrijvers zelf de uitvoeringstijd en betalingsregeling, die zij voor het werk stelden, opgegeven worden.

Tevens werd in een afzonderlijk voorschrift in het program precies bepaald, welke verdere gegevens en stukken bij de inschrijving waren over te leggen. Overigens waren ter beschikking van de inschrijvers de ontwerpen en hoeveelhedenstaten door de ingenieurs der Ponts et Chaussées opgemaakt. Voor het indienen van de inschrijving werd een termijn van zes maanden gesteld en de aanbidding moest gedurende acht maanden gestand worden gedaan. De Directie bleef geheel vrij in hare beslissing. Bij toewijzing moest een waarborgsom van frcs. 500 000 voor elk „lot” gestort worden.

Voor elk „lot” waren twee premies beschikbaar, die konden worden uitgekeerd aan de beste der inschrijvingen, die niet voor uitvoering waren aangenomen. Deze projecten werden daardoor eigendom der Directie.

Door het uitbreken van den oorlog is de regelmatige uitvoering van deze uitbreiding verstoord, doch wordt zij nu — zij het met eenige vertraging — toch tot stand gebracht.

Van de algemeene uitbreiding geeft fig. 67 een beeld; ook is daarin duidelijk hoe deze uitbreiding weer een onderdeel vormt van een grooter geheel, dat een haast onbelemmerde uitbreiding naar het oosten toelaat.

Te Le Havre wordt de oplossing der havenproblemen bemoeilijkt door het groote tijverschil, hetwelk normaal ongeveer 4 à 5 M. bedraagt en waarbij de grenzen van hoogst en laagst voorkomenden waterstand ongeveer 9 M. uit elkander liggen.

De kaden worden opgetrokken tot 9.50 M. boven peil, dat samenvalt met den laagst mogelijken waterstand.

In de bestaande haven liggen bijna alle kaden aan bassins, die door keersluizen zijn afgesloten, en waarin het water ongeveer op het peil van hoog water wordt gehouden; in de nieuwe uitbreiding wordt daarvan afgeweken en is een kade van ongeveer 1000 M. lengte opgenomen, liggende aan het met de zee in open verbinding staande Bassin de la Marée. Voor deze kade is de bodem plaatselijk verdiept tot 12 M. onder den laagsten waterstand, zoodat de schepen, eenmaal aan de kade liggende, ten alle tijde een diepte van ruim 12 M. vinden. Waar de toegangsgeul tot de haven en het grootste gedeelte van dit Bassin de la Marée tot 10 M. onder den laagsten waterstand worden verdiept, zullen schepen met 9 tot 10 M. diepgang ook bij laag water ongehinderd kunnen binnenkomen en zonder passage van sluizen aan deze kade kunnen meren. Aan het noordoostelijk uiteinde van het Bassin de la Marée wordt het groote droogdok gebouwd, dat dus eveneens buiten de keersluizen ligt. Om van dit voordeel partij te trekken is de dokdrempel op 8 M. onder den laagsten waterstand ontworpen, wat tengevolge heeft, dat de hoogteafmetingen van het dok zeer belangrijk werden; de dekzerk van den dokmuur is op 9.50 M. + gelegen en komt alzoo 17.50 M. boven den drempel en 18.60 M. boven den dokvloer. De totale hoogte van de dokconstructie van onderkant vloer tot bovenkant dekzerk is daardoor 29.50 M. Het dok is bestemd tot opname van de grootste Oceaanstoomers (mailbooten der Compagnie Générale Trans-Atlantique), waardoor dus verder ruime maten voor lengte en wijde werden vereischt.

De afmetingen van het dok, die uit deze overwegingen zijn bepaald, zijn:

totale lengte	345 M.
dokvloerlengte achter drempel, zijnde dus	
de normale maximum schiplengte. . .	300 „
bodembreedte binnen de muren	40 „
bovenbreedte „ „ „	52.8 „
doorvaartwijdte dokhoofd	38 „
drempeldiepte onder laagsten waterstand .	8 „
bodemdiepte „ „ „	9.1 „
hoogte dekzerk boven „ „	9.5 „
vloerdikte	10.9 „
muurdikte boven	2.35 „
en ter hoogte van den vloer	10 „

2. Korte beschrijving De bouw wijze van dit dok is een variant van constructiewijze. de methode te Toulon bij den bouw der eerder genoemde Bassins de Missiesy toegepast. De bodem of onderste gedeelte van het geheele lichaam van 60 bij 345 M. is als één ijzeren bak gebouwd in een bouwput van geringe diepte, vervolgens opgedreven en boven de definitieve plaats, welke tevoren op de vereischte diepte was uitgebaggerd, gebracht en wordt nu door volmetseling en door optrekken der dokwanden geleidelijk bezwaard en dieper gezonken.

Het dieper zinken geschiedt dus weer zeer geleidelijk en duurt vele maanden. Nadat het drijvende lichaam op de juiste diepte is gekomen zal in de onder den bodem voorloopig gespaarde werk-kamers onder de *geheele* oppervlakte de fundeeringsbodern worden nagezien en door vulling van deze ruimten met beton de aansluiting met den ondergrond worden tot stand gebracht.

Opgemerkt kan worden, dat de met de leiding der uitvoering belaste ingenieur de aanvulling van bedoelde luchtkamers op pneumatische wijze met beton voor de veiligheid van het werk niet noodig achtte en hij daarvoor meende evengoed ingespoten zand in de plaats te kunnen stellen; aan dit denkbeeld is evenwel door de beslissende autoriteiten geen gevolg gegeven.

Het drijvende lichaam heeft een oppervlak van ongeveer 2 H.A.; de fig. 68 en 69 geven een duidelijken indruk van die uitgestrektheid.

Ook hier moet met de opmetselingen en betonnering weer methodisch te werk worden gegaan en wordt door dagelijksche waterpassingen gecontroleerd of geen te groote vervormingen optreden, die ongewenschte spanningen ten gevolge zouden kunnen hebben.

Het ijzeren geraamte is weder samengesteld uit dwars op de dokas geplaatste, als vakwerkliggers geconstrueerde, spanten, die nu echter op veel grooter onderlingen afstand n.l. 6 M. in de nabijheid van de invaartopening en 8 M. over het normale gedeelte geplaatst zijn. In langsrichting is in deze constructie in vergelijking met Toulon meer verband; behalve de beplating langs de zijwanden zijn hier in langsrichting aanwezig 6 doorgaande vakwerkliggers (zie ook gedeelte langs- en dwarsdoorsnede in fig. 70 en 71). De spanten en liggers hebben een hoogte van ± 6 M.

Een duidelijk beeld van deze constructie geven de foto's en de figuren 4—10 in het genoemde artikel van Ir. HINSE.

De bodembeplating is tusschen de spanten aangebracht op 1.80 M. boven de onderkanten en daalt bij de spanten en liggers telkens tot den onderkant derzelve, zoodat deze reeds bij vulling van het drijvende lichaam geheel in beton kunnen worden gevat. De tusschen de spanten en liggers onder den bodem gesloten ruimten vormen de werkkamers, hoog 1.75 M., waarin later onder luchtdruk de aansluiting met den ondergrond wordt tot stand gebracht. In dwarsrichting van het dok staan deze kamers door openingen in de onderste gedeelten van de liggers met elkaar in verbinding, in langsrichting is elke rij kamers door de spanten aan weerszijden van de naburige geheel afgesloten. Blijkens het medegedeelde door den ingenieur GUIFFART op blz. 17 van zijn bovengenoemd rapport, is de dikte van den dokvloer, totaal bijna 11 M., niet geheel door de berekening vereischt, doch meer het gevolg van de omstandigheid dat eerst op — 20 M. een zeer betrouwbare grint- en zandlaag wordt aangetroffen, waarop men heeft willen fundeeren. De keuze der drijvende bouwwijze is zeer zeker mede het gevolg van deze zeer diepe ligging van den fundeeringsgrond. Als bijzonderheid mag worden opgeteekend, dat vóór de uitbreidingswerken te Le Havre naast 30 buisboringen 3 onderzoekingen met behulp van luchtdruk hebben plaats gehad, welke laatste wel een kostbare, doch een veel betrouwbaarder wijze van onderzoek dan de eerste vormen.

Hier moge worden gewezen op het groote verschil in plaatsing der spanten in de dokken te Toulon en te Le Havre, in 't algemeen in wapening dezer dokken, zooals blijkt uit de langsdoorsneden fig. 45 en 71. Hieraan kan nog worden toegevoegd, dat bij nagaan der berekening blijkt, dat na algeheelen afbouw van het dok te Toulon de spanten als wapening in den bodem trekkrachten blijven opnemen, terwijl te Le Havre het ijzerwerk slechts behoeft te functioneeren tijdens den drijvenden bouw. Na afbouw geeft te le Havre de aanwezigheid van het ijzeren geraamte in den bodem een groote mate van zekerheid, doch tengevolge van de zeer groote dikte van den vloer treden daarin nog alleen drukspanningen op, welke door metsel- en betonwerk geheel zouden kunnen worden opgenomen.

Wat betreft den opbouw van het dok moet er nog op worden gewezen, dat zulks voornamelijk geschiedt met metselwerk van stukken kalksteen. Dit vindt zijn oorzaak in de plaatselijke omstandigheid, dat de goede materialen zand en harde grind of steenslag voor beton van ver afgelegen plaatsen moeten worden aangevoerd en zeer kostbaar zijn. Het gebruikte rivierzand voor mortel kostte tijdens ons bezoek 60 francs per M^3 . op het werk aangevoerd, nog onverwerkt. Men heeft den middenweg gekozen door een laag bodembekleding en de omhulling der spanten te maken van cementbeton en het overige gedeelte van bedoeld metselwerk.

Dit metselwerk is als gewicht bij de dokberekening in rekening te brengen (in zooverre kan van de te groote vloerdikte partij worden getrokken), doch wordt voor de sterkteberekening buiten beschouwing gelaten. Op blz. 21 van zijn rapport deelt ingenieur GUIFFART mede, dat de berekeningen bij wijze van zekerheidsmaatregel gemaakt zijn alleen gebruikmakende van de doorsneden van het ijzer en de omhullende beton, onder toepassing van de Fransche voorschriften voor Staatswerken in gewapend beton op de balken door deze beide materialen gevormd en welke dus bezwaard zijn met het gewicht van het metselwerk (van de vastheid van dit laatste materiaal zelve werd dus geen gebruik gemaakt).

De beton bevat 300 K.G. cement per M^3 .

Het is de bedoeling de wanden der invaart met metselwerk te bekleden; de uitvoerende ingenieur achtte dezen maatregel echter onnoodig kostbaar.

Het totale ijzergewicht in het dok te verwerken wordt door ingenieur GUIFFART opgegeven als 8000 ton. Dit cijfer komt ongeveer overeen met het cijfer van 4000 ton voor elke caisson te Toulon, waar dus eveneens per dok een 8000 ton werd verwerkt, terwijl de dokken aldaar wel een iets geringere wijdde, minder dikken vloer en door de afwezigheid van tijvershil een geringere totale hoogte hebben, doch daartegenover 75 M. langer zijn dan het dok te Le Havre.

Gewezen zij nog op de afmetingen der zijmuren van het dok, die als grondkeerende muren boven bovenkant dokvloer een hoogte hebben van ± 18 M. en een aanlegbreedte van ± 10 M.

Over de toekomstige afsluiting van het dok zijn de volgende bijzonderheden te vermelden:

Het zeer groote tijvershil ter plaatse heeft tengevolge, dat de afsluitdeur van het dok naar twee zijden moet kunnen keeren; immers zal, nadat een schip bij vloed of bij vallend water in het dok is gevaren, men in het algemeen onafhankelijk willen zijn van den snellen val van het water en wanneer zulks voor het behoorlijk neerkomen van het schip op de stapelingen en het aanbrengen der zijstempelingen gewenscht is, het water in het dok op een peil boven laag water willen handhaven. Ook bestaat de mogelijkheid, dat het dok als droogdok niet zoo druk gebruikt zal worden, zoodat het onder bepaalde omstandigheden ook moet kunnen worden gebezigd als ligplaats voor schepen, waarbij de dokmuren een geschikte aanlegkade vormen. In dit geval moet het water in het dok eveneens op peil gehouden worden. Overwogen is daarom de afsluiting door middel van een rol of schuifdeur, doch is daarvan afgezien uit de overweging, dat een dergelijke deur met zich bracht het maken van een deurkas, welke bij de gedachte bouwwijze van het dok de gewenschte symetrie ernstig zou verstoren met, als bijkomstig gevolg, de groote moeilijkheid om de constructie een zoodanige stijfheid te geven, dat voor onregelmatigheden in de aansluiting van de rol- of schuifbanen tusschen deurkas en dokhoofd niet behoefde te worden gevreesd.

Waar bij het dokken geen al te groote eischen behoeven te worden gesteld aan de snelheid van deursluiting is begrijpelijk, dat men de voorkeur heeft gegeven aan een schipdeur, welke echter, en wat bewegingsinrichting en wat vorm betreft, overeen-

komst vertoont met een roldeur. Van de omstandigheid dat het dok aansluiten zal aan een nog te bouwen kade is gebruik gemaakt door het dokhoofd voor deze kade te doen uitsteken en is in een der dokmuren een opening gelaten ter breedte ongeveer van de deur, welke nu door deze opening loodrecht op de as van het dok langs de kade als geleiding kan worden weggetrokken en weer ingebracht (zie fig. 72). De deur verdwijnt dus feitelijk in een deurkas zonder vloer en met slechts één zijwand, welke bovendien in open gemeenschap met het buitenwater staat. Deze laatste omstandigheid noodzaakt tot afsluiting van de opening in den dokmuur door een afzonderlijk stel puntdeuren, die gebruikt moeten worden indien men in het dok een waterstand boven het buitenwater wil handhaven en de schipdeur dus naar buiten moet keeren. Daarbij zal zij immers aangedrukt worden tegen den buitenaanslag en zoude, in verband met de noodzakelijk aanwezige speling, het dokwater tusschen binnenaanslag en deur een uitweg kunnen vinden, hetgeen door de puntdeuren voorkomen wordt. Bij het naar buiten keeren zal de schipdeur steun moeten vinden tegen het door het maken van de opening in den dokmuur afgesneden vrijstaand stuk dokmuur. Teneinde deze belangrijke reactie te kunnen weerstaan is dit stuk tot een pijler met een grondvlak van 17 bij 11 M. en een bovenzvlak breed 14 M. verzwaaard en bovendien inwendig door extra ijzerwerk versterkt.

3. Uitvoeringswijze. Was het hoofdbeginsel de geleidelijke opbouw en het daarmee gepaard gaande geleidelijk doen zinken van één groote caisson hetzelfde als te Toulon, de wijze van uitvoering was een geheel andere. Nadat de bodem van de ijzeren caisson op een bij laag water droogvallend terrein was gereedgemaakt, werd deze gedreven naar de eigenlijke bouwplaats, een gedeelte der haven, dat door een tijdelijken dam van het Bassin de la Marée werd afgescheiden, waardoor een constante waterspiegel kon worden gehandhaafd in het bassin, waarin het dok in aanbouw dreef.

Door de vertraging, die de oorlog veroorzaakte, was de aldaar gebaggerde grondslag intusschen weder met 1.20 M. opgeslikt, welke opslukking gedeeltelijk is weggezogen en overigens later uit de luchtkamers zal worden weggespoten. Deze gebaggerde put, waarin de caisson nu dreef heeft beloopt van 3 op 1 en

over-breedte van slechts 3 à 4 M. aan iedere zijde. Aan de beide lange zijden van dezen „bouwvijver” waren 2×9 torens opgericht (fig. 68), waardoor 9 kabelbanen den vijver en het dok overspanden op ongeveer 40 M. onderlingen afstand en gemiddeld 200 M. spanning. De torens der kabelkranen waren niet verrijdbaar. Sommige torens waren wat hooger opgebouwd dan de andere, ten einde in verband met de meerdere spanwijdte de kabels in het midden toch op dezelfde hoogte te kunnen houden.

De bediening der kranen geschiedde vanuit de noordelijke torens.

De steenen, mortel en beton werden nu in smalspoormaterieel langs den noordelijken oever onder deze kabels gereden, de bakken van 1 M³. door de kabelkranen van de onderstellen gelicht, boven het dok getrokken en daar weder op gereedstaande onderstellen neergelaten om in het dok zelf over werkspoor naar de juiste plaats van verwerking te worden gereden (fig. 73). De kabel pikt terzelfder tijd een leege bak weer op. Doordat het smalspoor in dok op vaste plaatsen ligt, is ook de plaats, waar de kabelkraan zijn last moet laten dalen, steeds dezelfde en kan men dat door een merk op den kabel voor den bedienenden machinist vastleggen, zoodat de moeilijkheid van te juister plaatse neerkomen, wordt ontgaan.

De vaste opstelling van de kabelkraantorens is nu ook geen bezwaar, omdat de materialen in het dok zelve verreden worden. De foto's fig. 68, 69, 73 en 74 geven den toestand weer tijdens het bezoek van ondergeteekenden. Fig. 68 is genomen vanaf de centrale mortel- en betonmenginstallatie, waaruit is te zien, dat deze op aanmerkelijken afstand van de plaats van verwerking was opgesteld. In verband met de beschikbare geldmiddelen werd met deze installatie ongeveer 300 M³. beton of metselwerk per dag gemaakt; volgens den uitvoerenden Ingenieur zou evenwel het dubbele wel kunnen worden bereikt. Met de tegenwoordige werkwijze daalde de caisson ongeveer 20 c.M. per week en stelde men voor den geheelen afbouw en vulling der luchtdrukkamers nog een tweetal jaren, terwijl, ongerekend de oorlogsomstandigheden, het reeds verrichte werk anderhalf à twee jaar gevorderd zou hebben.

Voor het aanbrengen van de omhullingsbeton om het ijzerwerk werden geen bekistingen gebruikt, het metselwerk werd steeds eerst wat hooger opgetrokken en vervolgens in de daarin gehouden

gleuven rond spanten en liggers de beton gestort, waardoor een goede aansluiting met de ruwgemetselde zijvlakken van de metselwerkkolommen werd verkregen. Bij de geleidelijke volmetseling zinkt de caisson spoedig dieper dan de invaardtrempel en moet dus deze zijde tijdelijk worden afgesloten, hetgeen geschiedt met een afneembaren ijzeren wand, welke geschoord wordt op den dokvloer. Met het opstellen van deze schoren is in fig. 69, waar men juist van de zijde van de toekomstige invaartopening in het dok ziet, een aanvang gemaakt, terwijl men links het zware ijzerwerk ziet voor den pijler, waartegen later de afsluitdeur komt te rusten, wanneer deze naar buiten moet keeren.

Voor het op de juiste plaats houden van de caisson was deze aangedreven tegen drie aan den zuidwal en één aan de noordzijde verankerde pontonbruggen (fig. 74 en op fig. 69 rechts te zien) en bovendien aan het oost- en westeinde door zes kabels verankerd.

b. *Kademuren.*

Kennis kon worden genomen van de constructiewijze van de kade, welke een onderdeel van de uitbreiding vormt, aan de noordzijde van het Bassin de la Marée.

Het gedeelte AB (zie fig. 67) was reeds uitgevoerd en in gebruik, het gedeelte BC zou worden gebouwd nadat het dok gereed was, omdat dit gedeelte in den bouwput van het dok valt.

Het gedeelte AB is gebouwd door volgens de gewone pneumatische methode bodemcaissons in den bodem te doen zinken en daarop geleidelijk den muur op te metselen (zie fig. 75).

Voor het gedeelte BC was een ontwerp opgemaakt voor uitvoering door middel van groote drijvende metalen caissons, waarvan bodem en wanden door betonlagen worden bekleed en de vrijblijvende ruimten na plaatsing op een grondverbetering van geringe dikte met steen en zand zullen worden gevuld (zie fig. 76). Voor de afmetingen van deze beide kadeconstructies, welke door het groote tijverschil de zeer groote hoogte van ± 25 M. verkrijgen, wordt naar de figuren verwezen. De kosten waren geraamd op 20 000 francs per strekkende meter.



c. *Ontwerp keersluis.*

Als toegang naar de in de toekomst oostelijk van het Bassin de la Marée te maken havenbassins zal een keersluis van 40 M. wijdte moeten worden gemaakt (zie fig. 67). Voor deze keersluis was een voorontwerp gemaakt, waarbij deze werd uitgevoerd gedacht als een drijvende caisson van 100 bij 70 M., wederom na zinking pneumatisch definitief te fundeeren.

De Hoofdingenieur en Ingenieurs van den Rijkswaterstaat,

C. E. W. VAN PANHUYS.

J. A. RINGERS.

C. TELLEGEN.

BIJLAGE.

C. NOTA BETREFFENDE DE SAMENSTELLING VAN ROL- EN SCHUIFDEUREN, OPGEMAAKT NAAR AANLEIDING VAN DE BEZICHTIGDE WERKEN DOOR DEN INGENIEUR J. P. JOSEPHUS JITTA.

1. **Deurtype in Rol- en schuifdeuren** zijn deuren, die bewogen **het algemeen.** worden loodrecht op de sluisas. Zij bestaan uit een geraamte en een beplating.

Het verschil zit in de wijze, waarop de deuren zich bewegen over den bodem van de sluis. Zooals reeds uit den naam volgt rollen roldeuren en schuiven schuifdeuren. Soms maakt men deuren, die zoowel kunnen rollen als schuiven.

De druk op de rollen of schuifvlakken maakt men zoo klein mogelijk. De minimum druk wordt bepaald door de stabiliteit gedurende het rollen of schuiven in verband met de krachten, die loodrecht op de bewegingsrichting kunnen werken, zooals deining en wind. Deze druk is mede afhankelijk van den afstand tusschen de rollen of de schuifvlakken. (De deurbreedte is dus afhankelijk van het aangenomen maximum overwicht van de deur.) Een deur, die met te weinig gewicht op de rollen of schuifvlakken rust, zal door de deining en wind gedurende de beweging uit het evenwicht kunnen geraken.

In het algemeen varieert het gewicht van de deur op de rollen of schuifvlakken tusschen de 30 en 80 ton bij een totaal gewicht van de deur tusschen 400 en 1500 ton.

Het verschil in gewicht wordt weggenomen door de *lucht- of drijfkist*. Door het brengen van water in deze luchtruimte kan men den druk op het draaigvlak regelen.

De luchtkist dient tevens om de deur drijvend te kunnen vervoeren.

Voor een zoo groot mogelijke stabiliteit van de deur gedurende het drijven, is het noodig, dat het metacentrum zoo ver mogelijk boven het zwaartepunt ligt. Daarom is het goed de luchtkist zoo hoog mogelijk aan te brengen. Men is hierin beperkt door den

laagst voorkomenden waterstand, waarbij de deur moet kunnen worden „uitgedreven” (blz. 71) of bewogen. Dit laatste brengt mede, dat bij een sluis, waarbij een zeer groot verschil tusschen den hoogsten en laagsten waterstand aanwezig is, de luchtkist in verhouding tot de hoogte van de deur zeer laag moet worden aangebracht, zoodat dan in den regel een groote hoeveelheid vaste ballast onder in de deur noodig is om te voorkomen, dat het zwaartepunt boven het metacentrum komt. Deze vaste ballast, waarvoor veelal gietijzeren schuitjes worden gebruikt, die met behulp van beton aan den onderregel worden bevestigd, maakt weliswaar het gewicht van de deur grooter, doch verhoogt de kosten daarvan niet in evenredige mate. Het is echter gewenscht een vaste ballast zooveel mogelijk te ontgaan, omdat hierom de luchtkist grooter moet worden en de onderregel bestand moet zijn dezen ballast te dragen, terwijl deze laatste slechts hoogst zelden tot zijn recht zal komen, nl. slechts indien de deur drijft.

Wil men de deur door ondiep water kunnen vervoeren, terwijl een lage plaatsing van de luchtkist overigens niet noodig is, dan kan het onder bepaalde omstandigheden gewenscht zijn den diepgang te verminderen door gebruik te maken van drijvende caissons, waaraan de deur kan worden gehangen. Indien men over zulke caissons beschikt, kan men bij noodzakelijk lage plaatsing van de luchtkist een vasten ballast onder in de deur vermijden. Dergelijke caissons zijn bijv. voorhanden te Brunsbüttelkoog om de deuren van de sluizen aldaar of van die te Holtenau, zelfs met lekke luchtkist, door het Kaiser Wilhelmkanaal te kunnen vervoeren (de deuren worden dan aan twee caissons van ieder 600 ton drijfvermogen ter weerszijden daarvan opgehangen).

Meestal verdeelt men de luchtkist door waterdichte schotten in verschillende afdelingen. Dikwijls maakt men alleen dwarsschotten, soms echter ook een langsschot (Koningsschot). Men heeft dan het voordeel, dat bij lek niet dadelijk de geheele luchtkist vol water loopt. Tevens dienen de schotten om den waterballast te localiseeren.

Om de deur te doen drijven, moet men de met water gevulde vakken leegmaken, hetgeen geschiedt door wegpompen van het water of door dit weg te persen door verhooging van den luchtdruk in de kist. De laatste methode heeft het nadeel, dat voor

het verwijderen van een kleine hoeveelheid water (b.v. lekwater) uit een afdeeling van de luchtkist deze geheele afdeeling onder druk moet worden gebracht.

Afhankelijk van de methode, die men wil toepassen, zal de beplating van de luchtkist berekend moeten worden om weerstand te bieden tegen uitsluitend uitwendigen druk of afwisselend in- en uitwendigen druk. Uit den aard der zaak zal de inwendige overdruk steeds klein zijn.

Bij de deuren te Holtenau gebruikt men luchtdruk voor het verwijderen van het water, bij de overige bezochte deuren wordt dit water gewoon door pompen verwijderd.

Een voordeel van de pompinstallatie is, dat deze tevens dienstbaar gemaakt kan worden om het sluishoofd of de deurkas leeg te pompen als men in den droge reparaties in den dag van het hoofd of in de af te sluiten deurkas wil verrichten.

2. Uitdrijven. Vóór het vaststellen van den hoofdvorm van de deur moet men zich rekenschap geven van het zoogenaamde „uitdrijven” van de deur. Dit beoogt het uitzwenken (of het omgekeerde) van de deur in opgedreven toestand uit de deurkas, hetgeen b.v. noodig is, wanneer men een in bedrijf zijnde deur buiten haar deurkas wil repareren (b.v. in een droogdok).

Vroeger werd dit mogelijk gemaakt door aan de deur een trapeziumvorm te geven, hetzij in verticale langsdoorsnede (gelijkbeenig trapezium), hetzij in horizontale doorsnede (rechthoekig trapezium).

In het eerste geval moesten de sluishoofdmuren dezelfde neiging hebben als de kopwanden van de deur, en werd deze laatste voor het uitdrijven zoover opgedreven, dat ze vrij was van de wanden, slagstijlen en drempel; in het tweede geval daarentegen werd een der vier slagstijlen iets verder uit de as van de sluis aangebracht en moest de deur slechts zooveel opdrijven, dat ze vrij over den onderdorpel kon zwenken.

De eerste methode, die onpraktisch is (zeer hoog opdrijven, dus hierom noodzakelijk lage plaatsing van de luchtkist) en een dure deurconstructie geeft (scherpe en stompe hoeken), wordt voor sluizen niet meer toegepast.

De tweede manier wordt nog wel bij sluizen toegepast, doch de

scherpe en stompe hoeken, die weliswaar slechts aan één kopzijde voorkomen, verhoogen den eenheidsprijs per K.G. van de constructie.

Tegenwoordig wordt daarom meestal de deur in alle doorsneden rechthoekig gemaakt en wordt de mogelijkheid tot uitdrijven verkregen door minstens een der verticale aanslaglijsten aan de deurkaszijde op een console te bevestigen en dienovereenkomstig een of beide slagstijlen loodrecht op de as van de deurkas terug te plaatsen.

Het spreekt vanzelf, dat men de beschreven manieren kan combineeren.

3. **Constructie.** Het ijzerwerk van rol- en schuifdeuren bestaat uit twee hoofddeelen: het geraamte en de beplating.

Naar de constructie van het geraamte van een deur onderscheidt men regeldeuren (Riegeltore) en stijldeuren (Ständertore).

a. *Regeldeuren.*

Het geraamte van regeldeuren bestaat uit horizontale regels, waartusschen als dwarsverband stijlen en dwarsramen, waarop de beplating is vastgeklonken.

Iedere regel wordt voorloopig berekend op de trapeziumvormige belasting, die er tegen rust (fig. 77). Men laat meestal een spanning toe van 1200 tot 1600 K.G./c.M². Indien een deur berekend is op drooglegging van de sluishoofden, zoodat de maximale belasting slechts bij hooge uitzondering zal voorkomen, laat men wel eens 1600 K.G./c.M². toe; voor het gewone gebruik echter meestal niet meer dan 1400 K.G./c.M². Men gebruikt liefst geen materiaal waarin een hoogere spanning is toe te laten, zooals nikkelstaal e. d. en wel om zijn mindere taaiheid. Bovendien wordt de uitvoering bemoeilijkt doordat in bijzonder materiaal platen en profielijzers incourant zijn. Dit euvel zal vooral hinderlijk zijn, indien bij reparatie een zeer kleine hoeveelheid van dit materiaal noodig is.

Het gedeelte der beplating, dat op de regels en de stijlen is vastgeklonken en dat als randplaat van de regels en stijlen zou kunnen zijn te beschouwen, wordt inderdaad als zoodanig medegerekend.

Indien de drempel van de sluis recht is en de onderste regel van de deur daartegen rust, zal door dezen drempel bij voldoende

sterk dwarsverband de doorbuiging van een of meer bovenliggende verminderd worden, zoodat deze worden ontlast. De nog hoger gelegen regels worden dan aan een verhoogde belasting blootgesteld, zoodat het niet dadelijk te zeggen is of men door het ontlasten van de laaggelegen regels wel met minder ijzer zal uitkomen.

Ter toelichting hiervan diene het volgende:

Gesteld, men heeft een deur zonder dwarsramen, b.v. een die dienst doet voor drooglegging van de sluishoofden, terwijl de drempel van de sluis is weggedacht, dan zal voor het evenwicht de som van de oplegreacties van de regels, ΣO , gelijk moeten zijn aan den totalen horizontalen waterdruk W . Dus:

$$\Sigma O = \frac{1}{2} H^2 \gamma b = W$$

waarin:

H = de hoogte van het te keeren water boven het hart van den onderaanslag,

γ = het soortelijk gewicht van het water,

b = de lengte van de deur, gemeten tusschen de harten van verticale aanslaglijsten.

Het moment van den horizontalen waterdruk om den onderaanslag, M ., moet gelijk zijn aan de som der momenten van de oplegreacties om dien aanslag.

Dus, indien h = de afstand tusschen het hart van den onderaanslag en een regel:

$$\Sigma Oh = \frac{1}{6} H^3 \gamma b = M.$$

Indien thans een deur beschouwd wordt met dwarsramen, terwijl de regels allen evenveel doorbuigen, dan zal bij afwezigheid van den onderdorpel van de sluis de dwarsdoorsnede van die deur, die schematisch door de figuur $AA'E'E$ (fig. 78) is voorgesteld, zoodanig worden verplaatst, dat AE in den stand $A''E''$ komt door de overbuiging van de regels. (De afstand EE'' is de ordinat van de elastische lijn van de regels ter plaatse van het beschouwde raam). Is echter de drempel wel aanwezig, dan zal punt E op zijn plaats moeten blijven, zoodat daar dus een kracht K ontstaat, die als het ware E'' naar E terugbrengt. Door de krachten K ., die, behalve bij de einddwarsramen, bij ieder dwarsraam ontstaan, zal de som van de oplegreacties van de regels kleiner worden, want ΣO wordt $W - \Sigma K$.

De som van de momenten van de oplegreacties om den onderdorpel blijft echter gelijk aan M. Hieruit volgt, dat de oplegreacties van de laaggelegen regels kleiner moeten worden, terwijl die van de hooggelegenen grooter, m.a.w. *door de dwarsramen zullen de laaggelegen regels worden ontlast en de hooggelegene juist zwaarder worden belast*. Daartusschenin kan zich een regel bevinden, waarvan de belasting nagenoeg gelijk blijft, zoodat de dwarsramen door de krachten K als het ware iets om dezen regel gekanteld te denken zijn.

Hoe minder stijf de dwarsramen zijn, hoe minder ver naar boven toe de invloed van de krachten K en hoe kleiner die kracht zal zijn. (Indien men de stijfheid van de dwarsramen verwaarloozen kan, zullen ook de krachten K te negeeren zijn).

De krachten K worden eveneens geringer door aan den drempel van de sluis een zeeg te geven. Zij kunnen dan bij een bepaald verval nul worden. Is het verval kleiner, dan sluit de deur niet tegen den dorpel, dus dan is er geen sprake van een optreden van de krachten K; is het verval grooter, dan zijn deze weer aanwezig, hoewel in geringere mate. (Een zeeg heeft men b.v. toegepast bij de nieuwste sluizen te Brunsbüttelkoog. De pijl is daar 0.025 M.) Een zeeg kan ook in tegengestelden zin gemaakt worden in den aanslag van de deur.

Meer afdoende is om den onderregel hoger dan de drempels te leggen, in deze laatste een zeeg aan te brengen en de onderaanslaglijsten te bevestigen op slappe platen onder dien regel. Aangezien dan de deur gedurende haar beweging niet geleid kan worden door die aanslaglijsten, is het gewenscht de uiteinden van de platen stijf te maken. Dit is geen bezwaar, omdat aldaar, bij de einddwarsramen, de doorbuiging van de regels nul is.

Spanningloos zullen de dwarsramen echter zeer zelden zijn en dan nog maar voor een bepaald verval. Ter toelichting diene de volgende redeneering:

Indien b.v. een deur tevens moet dienen voor de drooglegging van het sluishoofd, verkrijgen alle regels een verschillende zwaarte, zoodat bij normaal gebruik van die deur, de doorbuiging van de regels verschillend is en naar onderen toe kleiner wordt. Indien de deur echter niet voor drooglegging heeft te dienen, zal toch de luchtkist, die als geheel stijver zal zijn dan de berekening

uitwijst, en dus minder zal doorbuigen dan te verwachten is, spanningen in de dwarsramen veroorzaken.

Als om de hierboven vermelde reden de hooggelegen regels zwaarder moeten zijn en de laaggelegen lichter, zal het zwaartepunt van de deur hoog komen te liggen, zoodat veelal een vaste ballast onder in de deur noodig zal moeten zijn om te voorkomen, dat dit zwaartepunt boven het metacentrum zal komen.

Een en ander maakt het wenschelijk de *dwarsramen zoo licht mogelijk te construeeren*, opdat iedere regel op zich zelf zoo vrij mogelijk kan doorbuigen.

De doorbuiging wordt, zooals reeds is opgemerkt, echter niet beïnvloed door de einddwarsramen, die een uitzondering kunnen maken, omdat ze rusten tegen de slagstijlen van de sluis (zoodat daarbij natuurlijk een kracht K zal ontbreken). Ze mogen dan ook stijf worden geconstrueerd, waardoor dan het scheeftrekken van het dwarsprofiel van de deur wordt belet.

De overige dwarsramen moeten slechts beletten, dat beide eindramen t. o. v. elkaar draaien.

Aangezien zich hiertegen reeds de zeer stijve waterdichte dwarsschotten in de luchtkist en de beplating van de deur zullen verzetten, hebben die overige ramen weinig te doen en kunnen dus inderdaad zeer licht geconstrueerd worden. Veelal geeft men ze dan ook slechts eenig montageverband, zoodat ze dan nagenoeg geen invloed zullen uitoefenen op de belasting van de regels. Wel zullen in dit verband secundaire spanningen optreden, die haar boutverbindingen zouden kunnen loswerken. Het is daarom goed dit verband met zooveel klinknagels in de knoopplaten te bevestigen, als noodig is om een kracht op te nemen, die de staven van het verband doen vloeien indien deze op trek worden belast. (Indien ze op druk worden belast zullen ze bij een veel geringere kracht reeds uitknikken.)

In de einddwarsramen eindigen de regels. Hoewel ze geheel zijn opgelegd op de slagstijlen, worden ze zeer stijf gemaakt, niet alleen ter wille van de stijfheid van de deur, doch tevens om de oplegreacties van de regels te verdeelen over den geheelen tegen den slagstijl rustenden rand.

Soms wordt de onderste regel vervangen door een langsverband, dat niet in staat is den waterdruk te keeren. In dit geval keert

de drempel van de sluis dezen, zoodat bij toepassing van een zeeg de onderaanslagen van de deur steeds bij druk goed sluiten, als ten minste de tusschendwarsramen niet te stijf zijn. Men moet dan den drempel zoodanig construeeren, dat hij in staat is de optredende schuifkrachten op te nemen.

Indien de profieldoorsneden van de onderdeelen van de deur voorloopig zijn bepaald, zoodat de regels en de dwarsramen bekend zijn en de eventueele zeeg is bepaald, kan ze definitief worden berekend. Het geraamte vormt dan een veelvoudig statisch onbepaald raamwerk, dat zonder moeilijkheden is uit te rekenen. Onder bepaalde omstandigheden (bijv. lichte, slappe dwarsramen) kan deze tijdroovende arbeid achterwege blijven.

b. *Stijldeuren.*

Het geraamte van stijldeuren, die vooral in Frankrijk veel worden toegepast, bestaat uit verticale stijlen, die boven steunen tegen een zwaren horizontalen regel en onder tegen den drempel van de sluis of van het dok. Het ligt voor de hand de luchtkist, beschouwd als kokerbint, te gebruiken als bovenregel. In plaats van een onderregel treft men bij dit type een langsverband aan, waaraan de onderaanslaglijsten zijn bevestigd.

Het deel van de deur boven de luchtkist is dan als console daarop op te vatten.

Er moet echter onderzocht worden of het niet voordeliger is, in plaats van het maken van consoles op de luchtkist, nabij het bovineinde van de deur nog een regel aan te brengen.

De overstaande stijlen zijn door vakwerkstaven met elkaar tot één geheel verbonden (stijlramen), om een kleiner gewicht te verkrijgen en voor de stijfheid van de deur (fig. 20).

Het is bij gebruik van stijldeuren, indien de luchtkist bij normale belasting eenige centimeters zal doorbuigen, zeer gewenscht een zeeg in den drempel (of in den deuraanslag) te maken en wel als gevolg van de volgende redeneering.

Indien geen zeeg aanwezig is, zouden de stijlramen, die uiteraard der zaak zeer stijf zijn, bij een stijldeur zonder regel boven de luchtkist, in verband met hetgeen op blz. 73 en 74 is betoogd, den onderregel van de luchtkist ontlasten ten koste van den bovenregel daarvan. Bij een stijldeur met een regel boven de luchtkist, zou

dan zelfs de geheele drijfkist worden ontlast ten koste van dien regel, die dan buitengewoon zwaar zou moeten worden, hetgeen nadeelig zou zijn voor de stabiliteit gedurende het drijven. Bovendien zouden zonder zeeg grootere secundaire spanningen optreden in de stijlramen en in de verstijvingen van de luchtkist dan bij aanwezigheid daarvan (het dwarsprofiel van de deur zal neiging hebben scheef te trekken).

Bij dit type deur zal de onderaanslag bij aanwezigheid van een zeeg steeds goed aansluiten, doch slechts bij een bepaald verval zal de elastische lijn van de luchtkist denzelfden vorm hebben als de zeeg, zoodat toch in het algemeen secundaire spanningen in de stijlramen zullen optreden.

Het is bij dit type deur gewenscht de luchtkist laag te maken, zoodat ten eerste de ongelijkheid van de belasting van beide regels van de luchtkist minder wordt en ten tweede, het perspunt hooger kan komen te liggen, hetgeen de stabiliteit gedurende het drijven ten goede komt. (Zooals hierachter zal worden betoogd, is deze bij stijldeuren in het algemeen kleiner dan bij regeldeuren.) Bovendien wordt de belasting van de luchtkist, als balk beschouwd, kleiner naar mate haar onderregel hooger kan komen te liggen.

Een breede stijldeur heeft daarom een voordeel boven een smalle, omdat men met een lagere luchtkist kan volstaan. Het gewicht blijkt vrijwel onafhankelijk van de deurbreedte te zijn en dus zal de inhoud van de luchtkist bij verschillende deurbreedten ongeveer gelijk blijven, zoodat haar benoodigde hoogte vrijwel omgekeerd evenredig met de deurbreedte is.

Zooals te begrijpen is, heeft de dorpel, vooral van een dok (of van een drooggelegd sluishoofd), zeer groote krachten op te nemen, hetgeen volgens velen het zwakke punt van het gebruik van stijldeuren is. Bij de groote marinedokken te Wilhelmshaven en bij den bouw van de noordelijke sluis van den derden haventoeegang aldaar heeft men daarmede slechte ondervindingen opgedaan. Als beweegbare afsluitingen zijn bij deze werken schuifdeuren van het stijldeurtype gemaakt. De onderdorpels van de dokken en van de sluizen in den derden haventoeegang zijn onder een duikerklok laagsgewijze van ongewapend beton opgetrokken. De lagen van de dorpels van een der dokken en van genoemde, toen nog niet voltooid, noordelijke sluis hechtten niet goed, zoodat deze afschoven

en de deuren bezweken. Men heeft thans de deuren van beide dokken dichtgestort, den dokvloer van het verongelukte dok versterkt en de stijldeuren van de dokken veranderd in regeldeuren. De deuren van den derden haventoeegang te Wilhelmshaven echter zijn thans nog stijldeuren.

De sluisdeuren van de groote sluizen te Holtenau zijn eveneens stijldeuren, doch men heeft aldaar een onderregel gemaakt, die de stijlreacties kan opnemen, zoodat de bedrijfszekerheid van deze deuren onafhankelijk is van de constructie van den drempel van de sluis. (Men zou deze deuren beter regeldeuren kunnen noemen, waarvan één regel is weggelaten.)

Stijldeuren hebben boven regeldeuren voor, dat ze lichter zijn, en dat ze kleinere dwarskrachten in de slagstijlen van de sluis veroorzaken, omdat in dit opzicht de onderdorpel deze in hooge mate zal ontlasten. Hun bedrijfszekerheid, vooral indien ze tevens voor drooglegging van de sluis moeten dienen, is echter niet zoo groot, omdat deze afhankelijk is van de dorpelconstructie van de sluis. Indien men echter de dorpels zorgvuldig construeert van gewapend beton, is er geen reden voor op grond hiervan stijldeuren te veroordeelen. Immers, het gevaar van afschuiven van het beton zal bij de verticale slagstijlen van een sluis, waarin regeldeuren worden gebruikt, nog grooter zijn, (de stijlreacties op den onderdorpel zijn kleiner dan de oplegreacties van de regels tegen de slagstijlen).

Indien men een regel- en een stijldeur, die op de drooglegging van de sluishoofden zijn berekend, vergelijkt, ziet men, dat bij de eerste soort het zwaartepunt lager zal liggen, hetgeen de stabiliteit ten goede komt. Immers bij goed geconstrueerde regeldeuren worden dan de regels naar onderen toe zwaarder en zal dus het zwaartepunt van deze, voor zoover onder de luchtkist, dichter bij den onderregel dan bij de luchtkist liggen. Bij stijldeuren daarentegen zal het zwaartepunt van de stijlen (eveneens voor zoover onder de luchtkist), die in de plaats van die regels treden, nagenoeg halverwege tusschen luchtkist en onderregel liggen, terwijl tevens het gedeelte onder de luchtkist bij een stijldeur lichter is dan bij een regeldeur (het verschil in gewicht tusschen beide deurtypen wordt in hoofdzaak juist veroorzaakt door dit laaggelegen deel).

Hiermede in overeenstemming kan de luchtkist, zonder gebruik

te maken van vasten ballast onder in de deur, bij een stijldeur niet zoo laag geplaatst worden als bij een regeldeur.

Ten slotte zij hier opgemerkt, dat bij een stijldeur de minimum breedte, behalve van de op blz. 69 genoemde factoren, afhankelijk is van de uitvoerbaarheid van de constructie van de regels van de luchtkist. Het kan nl. voorkomen, dat bij een aangenomen deurbreedte het constructief niet mogelijk is de luchtkist bestand te maken tegen het opnemen van de reusachtige momenten, die daarin door den horizontalen waterdruk zullen ontstaan. Men moet dan de aangenomen deurbreedte om deze reden vergrooten.

4. De beplating. De beplating van deuren kan bestaan uit vlakke of uit gewelfde platen. Bij gebruik van vlakke platen laat men de verticale lasschen verspringen ter wille van de stijfheid van het geheel. Bij gebruik van gewelfde platen (buckelplaten of cylindrisch gebogen platen) kan men deze niet tevens daarvoor gebruiken, omdat ze geen weerstand bieden tegen schranken en plooiën. Het heeft daarom ook geen zin de verticale lasschen dan te laten verspringen. De stijfheid van het geheel wordt dan verkregen door bv. de luchtkist en de uiterste verticale strooken van de beplating uit vlakke platen samen te stellen.

De vlakke platen, waaruit een beplating is samengesteld worden veelal berekend volgens de bekende formules $M = \frac{1}{8} q l^2$ (opgelegd), $M = \frac{1}{12} q l^2$ (ingeklemd) of $M = \frac{1}{10} q l^2$ (half opgelegd, half ingeklemd), waarin M = het maximum moment, q = de belasting per eenheid van oppervlak en l = de overspanning. Men zal dan echter in het algemeen vrij groote plaatdikten vinden. Daarom berekent men ze wel op de volgende wijze.

Men beschouwt de platen zoodanig opgelegd of ingeklemd, dat de oplegpunten resp. inklemmingen zich niet ten opzichte van elkaar kunnen verplaatsen. In deze gevallen ontstaan in de platen, behalve buigspanningen, ook nog trekspanningen.

Men neemt voor de berekening nu aan, dat van de belasting een gedeelte door de platen als draagbalk en de rest door deze als ketting wordt opgenomen.

In het eerste geval (opgelegd) zullen de grootste spanningen

ontstaan in het midden, omdat aldaar het moment het grootst is en de spankracht S als constant is aan te nemen.

Indien nu de platen zoo dun worden gemaakt, dat de vezels aldaar zullen gaan vloeien, zullen ze in het midden een blijvende doorbuiging f behouden na het verwijderen van de belasting.

Stel nu, dat van de belasting, die q ton per vlakke-eenheid is, een gedeelte, $z q$, door de platen als balk en de rest, $(1 - z) q$, door hen als ketting wordt opgenomen, dan kunnen de volgende vergelijkingen worden opgesteld:

$$y_0 = \frac{5}{384} \frac{z q l^4}{E I} = \frac{5}{384} \frac{z q l^4}{E I \frac{1}{2} h^3} \text{ (per breedte-eenheid)}$$

$$= \frac{5}{32} \frac{z q l^4}{E h^3}, \quad (1.)$$

waarin h = de plaatdikte,

E = de elasticiteitsmodulus,

l = de overspanning,

$$(y_0 + f) S = \frac{1}{8} (1 - z) q l^2 \text{ of } y_0 + f = \frac{\frac{1}{8} (1 - z) q l^2}{S} \quad (2.)$$

Uit deze formule volgt:

$$f + y_0 = \frac{q l^2}{8 S} - \frac{z q l^2}{8 S} = \frac{q l^2}{8 S} - y_0 \frac{4 h^3 E}{5 l^2 S} \text{ of}$$

na vermenigvuldiging met S

$$f S + y_0 S + y_0 \frac{4 h^3 E}{5 l^2} = \frac{q l^2}{8} \quad (3.)$$

Men kan aannemen, dat de elastische lijnen van de platen een parabolischen vorm hebben, zoodat hun lengte vóór de belasting gelijk is aan

$$1 + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l} \text{ en na het belasten } = 1 + \frac{8}{3} \frac{(f + y_0)^2}{l}.$$

Het verschil in lengte is dus $= \frac{8}{3} \frac{2 f y_0 + y_0^2}{l}$ of per lengte-eenheid $\frac{8}{3} \frac{2 f y_0 + y_0^2}{l^2}$.

Hieruit volgt, dat per breedte-eenheid

$$S = \frac{8}{3} \frac{2 f y_0 + y_0^2}{l^2} h E.$$

Indien we deze waarde voor S invullen in vergelijking (3.), dan vinden we na uitcijfering:

$$y_0^3 + f y_0^2 + 2 f^2 y_0 + \frac{3}{16} h^2 y_0 = \frac{3 q l^4}{64 h E}.$$

De onbekende y_0 is tastenderwijze snel op te lossen. Uit vergelijking (1.) is dan te vinden: $\alpha = \frac{32}{5} \frac{E}{q l^4} y_0$.

Nu α en y_0 bekend zijn, volgt uit vergelijking (2.):

$$S = \frac{1}{8} \frac{(1 - \alpha) q l^2}{y_0 + f}.$$

De maximum optredende spanning,

$$\sigma_{\max.} = \frac{S}{h} + \frac{\frac{1}{8} \alpha q l^2}{\frac{1}{6} h^2} = \frac{S}{h} + \frac{3}{4} \alpha q \frac{l^2}{h^2} \text{ is dan bekend.}$$

Indien men in bovenstaande formules getallen invult, zal men, na uitwerking, bemerken, dat een zeer kleine f de optredende spanningen reeds veel doet verminderen. Hoe grooter f , hoe kleiner de maximum spanning. Zal nu de spanning in de plaat toch nog te groot worden, dan zullen ter plaatse de vezels gaan vloeien, de permanente pijl zal grooter en dus de spanning kleiner worden. Hieruit blijkt dus, dat vlakke platen heel wat kunnen dragen!

Indien men platen op bovenstaande wijze wil berekenen, nemen men slechts een uiterste f aan, in verband met de overspanning van de platen.

In het tweede geval (ingeklemd) zullen de grootste spanningen ontstaan nabij de inklemmingen, omdat aldaar het moment het grootst is en de spankracht S weer als constant is te beschouwen. Het eerst zullen de vezels van de platen dan gaan vloeien nabij de inklemmingen, waardoor dan de blijvende doorbuiging f zal ontstaan.

Dank zij dit vloeien kan men de platen nabij hun inklemmingen scharnierend beschouwen. Weliswaar zal dan aldaar een moment worden genegeerd, maar dit is niet erg, omdat dit in gunstigen zin zal werken (dit zal de spanningen verkleinen).

Gezien het feit, dat bij bovenstaande wijze van berekenen de platen ingeklemd worden gedacht, is het raadzaam in de lasschen niet minder dan twee boutrijen te maken, al geeft de berekening aan, dat één voldoende is. Het minimum aantal klinknagels volgt uit de trekkracht S .

Bij rechthoekige platen is het voldoende als men slechts de kortste overspanning beschouwt.

Indien men volgens bovenstaande formules theoretisch een dikte vindt, die geringer is dan 10 m.M., maakt men de dikte van de platen ongeveer 2 m.M. grooter met het oog op roesten en onzuiverheden in de plaatdikten. De overige platen worden meestal 1 m.M. dikker gemaakt dan theoretisch noodig. Dunnere platen dan 7 m.M. treft men zelden aan; dikkere dan 12 m.M. evenmin.

Buckelplaten, die in roodgloeienden toestand worden geperst, geeft men een pijl, varieerend tusschen $\frac{1}{8}$ en $\frac{1}{15}$ van de kortste koorde. Ze kunnen, evenals tonvormige platen, worden berekend op de wijze als hierboven is beschreven. Men treft ze aan zoowel met de holle als met de bolle zijde naar den waterdruk toegekeerd. In Duitschland blijkt men daar niet steeds op te letten. Voor door drukken van de platen, als gewelf belast, is geen gevaar, omdat de indrukking van de vezels minder is dan het verschil in lengte tusschen koorde en boog van de welving. Aangezien er in het bedoelde belastingsgeval wel gevaar voor knikken bestaat, is het raadzaam platen, die als gewelf zullen worden belast, eerst te beproeven. Zulks geschiedde bijv. door de Machinefabriek Augsburg-Nürnberg in Gustavsborg vóór den bouw van de roldeuren voor de nieuwe sluis te Emden (zie bladz. 30). Waar de zekerheid tegen knik geringer bleek dan die, welke voor het overige ijzerwerk aangenomen was, heeft men de als gewelf belaste buckelplaten van deze deuren verstijfd door middel van horizontale hoekijzers.

Hoewel dit verstijven nooit noodig zal zijn voor platen, die andersom worden belast, is het toch aanbevelenswaardig, zoo eenigszins mogelijk, de buckelplaten met de bolle zijde tegen den waterdruk in te leggen. Hierdoor wordt het groote voordeel verkregen, dat de platen dan niet buiten de regels c. q. stijlen uitsteken, dus minder aan beschadiging door aanvaring zijn blootgesteld (men moet in acht nemen, dat de beplating aan de laagwaterzijde, voor zoover boven en onder de luchtkist, de waterkeerende is en dus de welvingen dan tusschen de regels naar het inwendige van de deur uitsteken).

Een kleine stoot van een schip kan in de platen reeds een gat doen ontstaan. Er is geconstateerd, dat bijv. van de deuren van de groote sluis te Brunsbüttelkoog, waar de holle zijden van de buckelplaten naar den waterdruk zijn toegekeerd, verschillende zijn lekgestooten (zie blz. 13).

Wanneer buckelplaten hoog worden, kan men ze in bijv. twee of drie deelen verdeelen. In het laatste geval is het middelste deel dan een cilindrisch gebogen plaat (fig. 79). Veelal zijn de scherpe kanten *a* afgerond (deur te Emden).

Een beplating, bestaande uit cilindrisch gebogen platen, treft men niet veel aan, omdat de aansluiting van de gebogen einden moeilijk en duur wordt. Ze is toegepast bij de deuren van de reeds genoemde dokken te Wilhelmshaven.

Het waterdicht maken van de naden van de beplating geschiedt meestal door koken of electrisch wellen. De lasschen moeten tevens waterdicht worden geklonken. Hoe minder te dichten naden, hoe beter en hoe goedkooper. Daarom is het te verkiezen de deuren een scheepshuid te geven (jijnen, wigvormige vulstukken, enz.). Ter toelichting diene, dat men vroeger algemeen de platen, vlak of gebogen, in de lasschen koud tegen elkaar aan liet loopen en de naden door middel van een strip afdichtte (fig. 80*a*). Het was dan noodig de boutrijen 1, 2 en 3 waterdicht te klinken en de naden *a*, *b*, *c*, *d*, *e* en *f* te koken. Bij uitwerking van dit systeem zal men bemerken, dat toch nog ondichtheden kunnen overblijven. Sinds de bouw van drijvende ijzeren dokken is gaan bloeien, is men veelal van deze constructie afgestapt en heeft men in de lasschen de platen over elkaar heen getrokken (fig. 80*b*). In dit geval heeft men slechts de boutrijen 1 en 2 waterdicht te klinken en de naden *a* en *b* te koken. Terwijl in het eerste geval bij gebruik van buckelplaten alle platen in één vlak liggen, liggen ze in het andere geval in twee verschillende vlakken. Waar dan de hoeken van twee platen, die in hetzelfde vlak liggen, elkaar ontmoeten, zijn deze plaatselijk verdund en over elkaar heen-gewerkt (deur te Emden).

Bij gebruik van vlakke platen denke men aan de huid van een ijzeren schip.

5. Verstijvingen Om bij vlakke platen de overspanning te ver-van de beplating. minderen, ten einde met een kleinere plaatdikte toe te kunnen komen, verstijft men ze door horizontale of verticale stijlen, die meestal niet dichter op elkaar staan dan 0.50 M. hart op hart.

Vroeger gebruikte men uitsluitend hiervoor $\square$ -ijzers; tegenwoordig meer en meer Γ -ijzers, (bulb-ijsers, scheepsprofielen). Deze laatste hebben voor, dat ze gemakkelijker zijn te klinken dan $\square$ -ijzers. Tevens vervalt bij deze het bezwaar van $\square$ -ijzers, dat de krachten in de van de beplating afgekeerde flens, die door het lijf moeten worden opgenomen, hierin groote secundaire spanningen zullen doen ontstaan, die gevaarlijk kunnen worden. Bovendien is bij Γ -ijzers het lijf dikker dan bij daarmede overeenkomstige $\square$ -ijzers.

Daarentegen dient men er bij Γ -ijzers rekening mede te houden, dat de verdikking minder weerstand tegen uitknikken zal bieden dan de daarmede overeenkomstige flens van $\square$ -ijzers, zoodat eerder de kans bestaat dat een bulb zal uitknikken, indien deze in de drukzône van de op buiging belaste stijl ligt, dan een flens.

In het algemeen bestaat voor dit uitknikken nooit gevaar bij de luchtkist, omdat daarbij in de voornaamste belastingsgevallen in de verdikking uitsluitend trekspanningen zullen optreden (zie blz. 71).

Voor de opleggingen van buckelplaten zal men wel niet met $\square$ - of Γ -ijzers uitkomen, zoodat dan hiervoor geconstrueerde profielen zullen noodig blijken.

6. Aanslaglijsten. Van de aanslaglijsten, die meestal van hout worden gemaakt, zij hier vermeld, dat hun verbinding met het ijzerwerk dient te geschieden door middel van korte hoekijzers, die op zekere tusschenruimte van elkaar worden geplaatst. Vroeger liet men die verbindingshoekijzers doorloopen over de geheele lengte van den aanslag. Aangezien men toen niet controleeren kon of de aanslaglijst werkelijk waterdicht aan het ijzerwerk sloot, is men van deze constructie afgestapt.

Bij stijldeuren komt het voor, dat men om de groote oplegreacties, ter plaatse van de luchtkist ijzeren aanslaglijsten moet hebben. De slagstijlen van de sluis of het dok hebben dan daarmee corresponderend ook ijzeren deelen (Frankrijk, Noord-Amerika).

7. Het bewegen van Rol- en schuifdeuren worden beide veel toe-rol- en schuifdeuren. gepast. De laatste bieden meer zekerheid, omdat beweegbare deelen onder water kunnen ontbreken. Een ander voordeel van schuifdeuren is, dat bij deze het overwicht van de deur (dat bij een door lekkage vol water gelooopen luchtkist

zeer groot kan zijn) verdeeld wordt over de geheele lengte van de deur, terwijl bij roldeuren dit overwicht slechts rust op enkele steunpunten (nl. de rollen). Hierom zal een roldeur bestand moeten zijn gemaakt tegen het opnemen van momenten, werkende in vlakken loodrecht op de lengte-as van de deur. Weliswaar is de wrijving bij de eerste soort kleiner, maar dit heeft geen belangrijken invloed op den arbeid, noodig om de deuren te bewegen. Verreweg de grootste weerstand, die overwonnen moet worden, is n.l. die, welke ontstaat door de waterverdringing.

De bewegingssnelheid van de deuren varieert in het algemeen tusschen 0.10 en 0.40 M. per sec. De meest gebruikte snelheid is ongeveer 0.20 M. per sec.; voor sluizen, waarin het schutten om militaire redenen b.v. snel moet kunnen geschieden, treft men in Duitschland snelheden aan van ongeveer 0.40 M./sec.

In het algemeen worden de deuren bewogen door machinale voortbeweging, terwijl ook wel is toegepast een voortbeweging door directen waterdruk (de sluisdeuren van den derden haven-toegang te Wilhemshaven).

Bij de eerstgenoemde soort voortbeweging is de toestand te vergelijken met het trekken van een plunjer (de deur) uit of het drukken daarvan in een cylinder (de deurkas, die altijd min of meer nauw is).

Aangezien het sluiten en het openen van de deur, wat den weerstand betreft, in principe gelijk is, zal hieronder slechts het eerste worden beschouwd.

De deur neemt een zeker volume water in. Zoodra men begint met de beweging van de deur, zal achter deze een niveauverlaging ontstaan. Het door de deur, voor zoover in de deurkas staande, ingenomen watervolume zal allengs weder moeten worden aangevuld. Dit kan geschieden langs de deur, door deze heen en onder deze door, doch, aangezien er voor dit toestroomen van water altijd een niveauverschil moet zijn, zal steeds de deur tegen waterdruk in moeten worden geduwd. De mate van niveauverlaging achter de deur is afhankelijk van de constructie van de deurkassen en van de deur zelve, benevens van de bewegingssnelheid.

Hoe nauwer de deurkas, hoe moeilijker het water langs de deur zal stroomen; hoe minder opening in de dwarsdoorsnede van de deur en tusschen den onderkant van deze en den sluisbodem,

hoe moeilijker het water door de deur heen en onder deze door kan toestroomen, dus hoe grooter de niveauverlaging zal zijn en hoe grooter de kracht moet wezen om de deur te bewegen.

De meeste bezichtigde deuren bewegen zich in deurkassen, die vrij ruim zijn t.o.v. de deuren, terwijl haar dwarsprofielen nogal ijl zijn geconstrueerd, zoodat het toestroomen van water tamelijk gemakkelijk gaat. Er is dan ook bij de meeste bezichtigde sluizen in de deurkassen bij normale snelheid van de deur slechts een afzuiging van 0.03 M. tot 0.06 M. geconstateerd.

Van opstuwing vóór de deur is practisch geen sprake, omdat het water aldaar overal heen kan.

Bij het bewegen van een deur door directen waterdruk is de toestand te vergelijken met een plunjer, die zich verplaatst door den waterdruk in den cylinder. Bij deze methode is een nauwe sluiting van de deur in de deurkas noodzakelijk en moet de dwarsdoorsnede van de deur geheel gesloten zijn door een plaat-ijzeren wand (drukschot, fig. 25).

Bij machinale voortbeweging onderscheidt men drie hoofdsystemen.

I. Voortbeweging door middel van een soort electriche locomotief, die in de bewegingsrichting van de deur boven over de deurkas rijdt (toegepast o.a. te Brunsbüttelkoog en te Emden, benevens hier te lande te Hansweert, fig. 13).

II. Voortbeweging met behulp van Gall'sche kettingen zonder einde (o.a. toegepast bij de keersluis te Wilhelmshaven, fig. 13).

III. Voortbeweging met behulp van heugelstangen, die aan de deur zijn bevestigd (o.a. toegepast bij de groote schutsluis te Holtenau en bij een der sluisdeuren te Wilhelmshaven, fig. 7).

Voor bijzonderheden, betreffende de verschillende bewegingsinrichtingen, wordt verwezen naar de beschrijving van de genoemde sluizen in het verslag.

De Ingenieur van den Rijkswaterstaat,

J. P. JOSEPHUS JITTA.

LIJST VAN FIGUREN.

A. DUITSCHE REIS.

	Bladz.
1. De groote schutsluizen te Holtenau	7, 8, 11
2. Foto van sluisdeur te Holtenau bij het openen	8
3. „ „ kleine zeeschepen in de sluis te Holtenau	7
4. Foto van rolwagen Holtenau	9
5. „ „ „ „ in reserve.	9
6. „ „ caisson tot drooglegging der deurkas te Holtenau	10
7. Schematische voorstellingen van bewegings- inrichtingen van rol- en schuifdeuren	10, 24, 86
8. Bevestiging van de heugels aan de deur (Holtenau).	10
9. Bevestiging drijfbalken	11
10. De groote schutsluizen te Brunsbüttelkoog	12, 14
11. Foto van sluisdeur te Brunsbüttelkoog	13
12. „ „ beschadigde constructiedeelen van sluisdeur te Brunsbüttelkoog	13
13. Schematische voorstellingen van bewegings- inrichtingen van rol- en schuifdeuren	15, 26, 32, 86
14. Foto van deur te Brunsbüttelkoog met locomotief (machinegebouw) in beweging	15
15. Foto van machinegebouw, bewegend over de deurkas te Brunsbüttelkoog	15
16. Foto van ingeschoven deur te Brunsbüttelkoog (met luchtsluis en tandreep)	15, 16
17. Ophanging deur aan de electrische locomotief te Brunsbüttelkoog.	16
	87

	Bladz.
18. Foto van buitensluishoofd te Brunsbüttelkoog	17
19. Foto van aanvaarhoofd met drijfremming langs invaart Elbezijde te Brunsbüttelkoog.	18
20. Normale doorsnede schuifdeur te Wilhelmshaven	20, 76
21. Foto van schutkolk der 35 M. wijde sluis te Wilhelmshaven	20, 24
22. Foto van buitendeur te Wilhelmshaven (wijde 35 M.)	20
23. Foto van ligger ter beweging van de buitendeur te Wilhelmshaven (wijde 40 M.)	24
24. Foto van cylinderschuif der sluizen derden haventoegang te Wilhelmshaven	24
25. Schematische voorstelling hydraulische bewe- ging schuifdeur te Wilhelmshaven	21, 24, 86
26. Schuifdeur in de keersluis te Wilhelmshaven.	26
27. Foto van schuifdeur keersluis en schuifdeur derden haventoegang (beide voor reparatie in een dok)	20, 26
28. Foto van deur van de keersluis te Wilhelms- haven (65 M. wijd).	26
29. Hulpkeering dok te Wilhelmshaven, schematisch voorgesteld.	28
30. Nieuwe zeesluis te Emden	29, 32, 34
31. Foto van reservedeur van de sluis te Emden in een dok	29
32. Foto van drijfremming invaart te Emden . .	36
33. Electriche locomotief voor de deurbeweging te Emden	32, 33
34. Foto van electriche locomotief voor de deur- beweging te Emden	32, 33
35. Balans voor gelijken tanddruk (Emden). . .	34
36. Foto van bedieningsruimte in de deuren te Emden	34
37. Dichting voeg in den vloer van de sluis te Emden	35
38. Foto van wapening van dampalen te Cux- haven	39

39.	Foto van groep kabelbanen en langshellingen van de Deutsche Werft te Hamburg. . . .	Bladz. 37
-----	--	--------------

B. FRANSCHÉ REIS.

40.	Foto van afgewerkt dok te Toulon	41
41.	Foto van dok Toulon in volle lengte, zeewaarts gezien	41
42.	Platte grond dokken te Toulon	41, 44
43.	Foto van montage caisson Toulon	42, 43, 45
44.	Dwarsdoorsnede dok Toulon	42, 46
45.	Langsdoorsnede „ „	42, 63
46.	Schets plattegrond aansluitingsvoeg Toulon .	44
47.	Foto van inwendige van de aansluitingsvoeg caissons Toulon	44
48.	Bouwwijze dok Toulon	45
49.	Foto van overzicht drijvende caisson Toulon met bouwkraan	42, 45, 48
50.	Foto van bovenvlak caisson Toulon met onder- gedeelte kraanpijler.	45, 48
51.	Foto van caissonbouw Toulon van de water- zijde gezien	45
52.	Foto van bovenvlak caisson Toulon met kraan- spoor	45, 46, 48
53.	Havenplan van Marseille	50
54.	Golfbreker met kademuur te Marseille . . .	50, 52
55.	Caisson kademuur binnenzijde golfbreker te Marseille	51, 52
56.	Doorsnede bouwdok caissons kade golfbreker te Marseille	52
57.	Foto van aanzicht bouwdok caissons kade langs golfbreker	52
58.	Foto van uitdrijven caisson uit bouwdok Marseille	53
59.	Foto van caissons, geplaatst in den golfbreker te Marseille	53
60.	Foto van tijdelijke bezwaring gestelde caissons met betonblokken te Marseille	52
		89

	Bladz.
61. Caisson kademuur van Bassin President Wilson	53
62. Dwarsdoorsneden kademuren van Bassin President Wilson	54, 55
63. Gewijzigd type caisson noordelijke kademuur van de Traverse du Cap Janet te Marseille .	55, 56
64. Doorsnede bouwput voor caissons Zschokke te Marseille	56, 57
65. Foto van bouwput voor caissons Zschokke te Marseille	56
66. Schema ophanging ijzeren bekisting bouwdok caissons Zschokke te Marseille.	56
67. Havenplan van Le Havre	58, 60, 67, 68
68. Foto van dok in uitvoering te Le Havre . .	61, 66
69. „ „ gezicht in drijvende caissons te Le Havre	61, 66, 67
70. Dwarsdoorsnede dok Le Havre.	62
71. Langsdoorsnede „ „ „	62, 63, 75
72. Schematische voorstelling afsluiting dok Le Havre	65
73. Foto van inwendige drijvende dokcaisson Le Havre	66
74. Foto van zijwand caisson met pontonbrug Le Havre	66, 67
75. Uitgevoerd gedeelte kademuur in Bassin de la Marée Le Havre.	67
76. Ontwerp verlenging kademuur in Bassin de la Marée Le Havre.	67

C. NOTA, BETREFFENDE CONSTRUCTIE SLUISDEUREN.

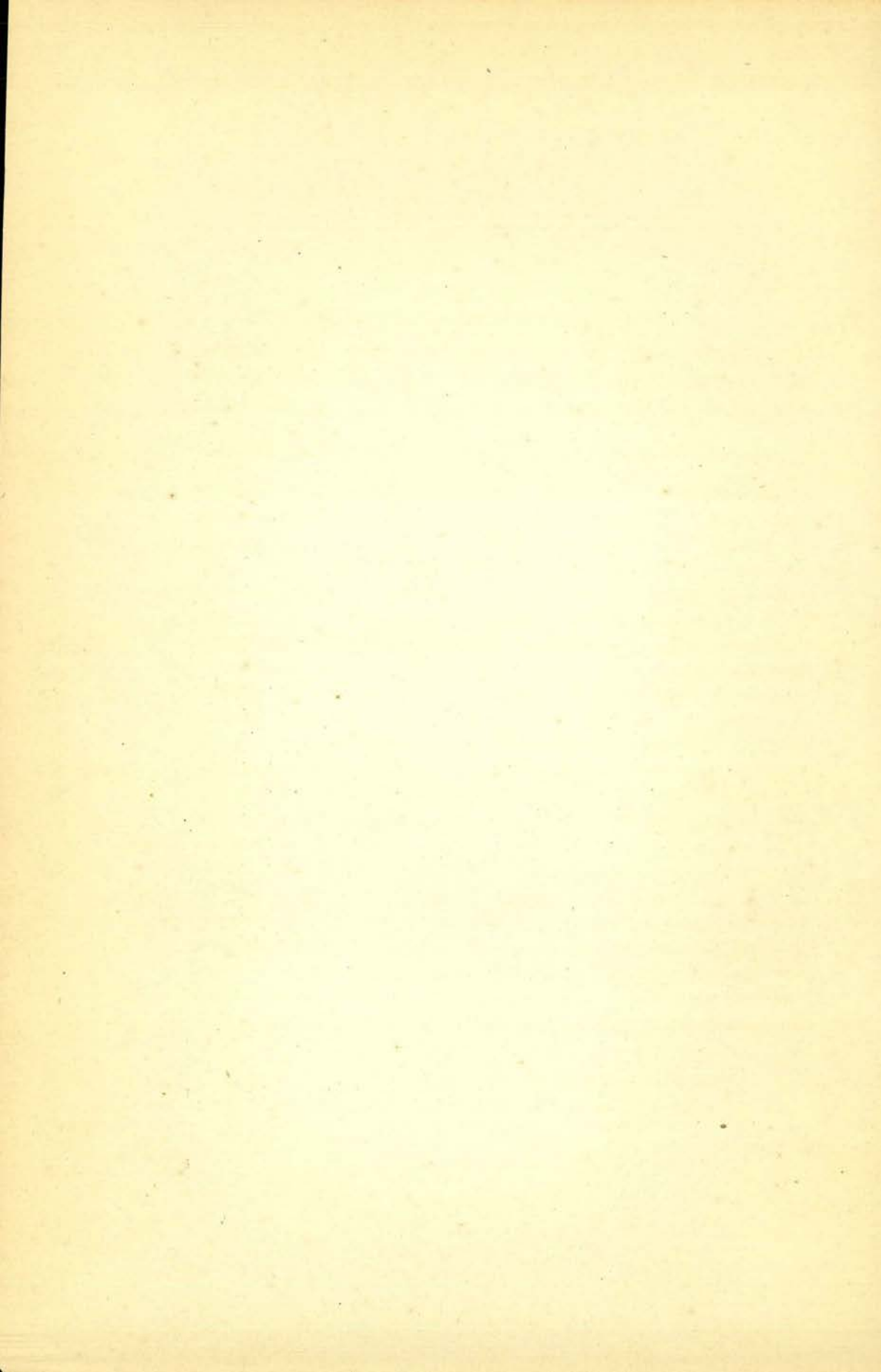
	Bladz.
77. Trapeziumvormige belasting tegen regeldeur .	72
78. Schematische dwarsdoorsnede deur	73
79. Buckelplaat met cylindrisch gebogen middendeel	83
80a en 80b. Lasschen in de beplating	83

II.

VERSLAG OMTRENT PROEVEN TER BEPALING VAN DE DRAAGKRACHT EN DE ELASTICITEIT VAN HET BODEM- MATERIAAL, DAT TE IJMUIDEN OP HET TERREIN VAN DEN SLUISBOUW WORDT AANGETROFFEN, OPGEMAAKT DOOR DEN INGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT C. WOLTERBEEK. ¹⁾

1. Inleiding. Wenschelijkheid van het nemen van belastingsproeven	93
2. Inrichting der belastingsproeven	99
3. Uitkomsten der belastingsproeven	102
4. Beschouwing van de uitkomsten der belastingsproeven .	103
5. Invloed van de grootte van het belaste oppervlak . .	109
6. Berekening van het moment in het midden van een sluisvloer volgens de theorie van evenredigheid tusschen indrukking en tegendrukking.	112
7. Bruikbaarheid voor de berekening van een sluisvloer van de theorie van evenredigheid tusschen indrukking en tegendrukking	118
8. Conclusies	120
Geraadpleegde litteratuur.	121
Bijlage I. Proeven. Uitkomsten.	123
„ II. Grafische voorstelling van de uitkomsten der belastingsproeven.	
„ III. Grafische voorstelling van het verloop van de grootte van het moment in het midden van den vloer bij wisselende E_0 voor drie belastingsgevallen bij drooggelegde sluis.	

¹⁾ In verkorten vorm reeds vermeld in „de Ingenieur” n°. 26 van 1921 bladz. 501 e. v.



VERSLAG.

BELASTINGSPROEVEN, IN VERBAND MET DE VRAAG,
IN HOEVERRE DE ELASTICITEIT VAN GROND VAN IN-
VLOED IS OP DE BEREKENING VAN EEN SLUISVLOER.

1. *Inleiding. Wenschelijkheid van het nemen van belastingsproeven.*

Het moment, dat in het midden van den vloer van een op staal gefundeerd sluisgebouw zal optreden, is alleen te berekenen, als bekend is hoe de tegendruk van den grond over de breedte van den vloer is verdeeld. Dat is bekend, als mag worden aangenomen, dat de optredende tegendruk van den grond in ieder punt evenredig is met de in dit punt optredende indrukking van den grond, m. a. w. als mag worden aangenomen, dat de belaste grondslag elastisch is. De aanname, dat de grond elastisch is, werd reeds ongeveer 30 jaar geleden aanvaard voor den bovenbouw der spoorwegen. In den laatsten tijd is aanbevolen deze aanname ook ten grondslag te leggen aan de berekening van fundeeringen van op staal rustende gebouwen, in 't bijzonder van op staal gefundeerde sluisgebouwen ¹⁾.

Voor men tot dit laatste zal mogen overgaan, zal het echter noodzakelijk zijn zich nader rekenschap te geven van den invloed, die de aanname van den elastischen grondslag heeft op de berekening van de mate, waarin de theoretisch in rekening gebrachte elasticiteit in werkelijkheid ook aanwezig is en van de wetten en eigenschappen, waaraan die elasticiteit onderworpen blijkt te zijn. Bij de berekening van een op elastischen grondslag rustenden, over de volle lengte ondersteunden, balk ²⁾, speelt een groote rol de coëfficiënt E_0 , aangevende den tegendruk van de elastische ondersteuning in K.G.

¹⁾ A. FREUND. Zeitschrift für Bauwesen 1918.

²⁾ Prof. J. KLOPPER. Leerboek der Toegepaste Mechanica, IIIe deel, bl. 178 e.v.

per $c.M^3$, welke optreedt bij een 1 c.M. groote indrukking van die elastische ondersteuning. In de gezochte uitkomst, het grootste in den vloer optredende moment, komt E_0 in het algemeen slechts voor onder een vierdemachtswortelteeken; maar de conclusie, dat de waarde, welke men voor E_0 aanneemt, daarom van minder grooten invloed is ¹⁾, kan niet juist geacht worden, daar de voor E_0 te kiezen waarden zeer uiteen blijken te loopen.

Een eerste vraag is nu of de invloed, die de toepassing van het beginsel van evenredigheid tusschen indrukking en tegendrukking van den grond heeft op de berekening van de vloerdikte van een sluis, zoo belangrijk is, dat een nader onderzoek naar de geldigheid van dat beginsel voor het aangegeven doel wenschelijk is.

Over de berekening van een sluisvloer met behulp van het bedoelde beginsel wordt later een en ander medegedeeld; het blijkt, dat de invloed, die de elasticiteit van den grond heeft, vooral afhangt van het overwicht van het sluisgebouw op den tegendruk van het water en van de stijfheid, die aan den vloer wordt gegeven, met dien verstande, dat voor een dikken, dus stijven, vloer de invloed van de elasticiteit van aanzienlijk minder beteekenis is dan voor een dunnen, dus slappen, vloer. Voorts hangt de bedoelde invloed af van de waarde, welke voor E_0 wordt gekozen.

Voor de toekomstige sluis te IJmuiden vindt men, bij aanhouding van een vloerbreedte tusschen de muren van 50 M. en een vloerdikte van 6 M. en bij aanhouding voor E_0 van 5 K.G. per $c.M^3$, een in den spoorwegbovenbouw gebruikelijk cijfer, dat het met behulp van het beginsel der elasticiteit berekende moment voor dezen, verhoudingsgewijs niet zeer stijven, vloer bij een met water gevulde sluis daalt tot ongeveer 20 % van het moment M_0 , dat men vindt bij aanname van een gelijkmatig over de vloerbreedte verdeelden tegendruk van den grond. Bij drooggelegde sluis is de invloed der elasticiteit in 't algemeen minder groot, maar toch bij het aanwezig zijn van een belangrijk overwicht op den tegendruk van het water nog zeer aanzienlijk; het moment kan dan bij de bovengenoemde gegevens dalen tot ongeveer 30 % van M_0 . Het moment M_0 is voor elk belastingsgeval het grootste moment, dat kan

¹⁾ A. FREUND. Zeitschrift für Bauwesen 1918.

optreden, daar de gelijkmatige verdeeling van den tegendruk van den grond de ongunstigste onderstelling is, die men heeft in te voeren bij een op staal rustend sluisgebouw ¹⁾. Zonder de aanname van een elastischen grondslag moet men voor de bepaling der sterkte van den vloer uitgaan van het moment M_0 ; het blijkt, dat het wel van belang is na te gaan, of op het beginsel van evenredigheid tusschen indrukking en tegendrukking een betrouwbare berekeningsmethode kan worden gebaseerd.

De in de litteratuur over het genoemde beginsel te vinden verhandelingen bepalen zich in hoofdzaak tot de verschijnselen, die zich voordoen bij de belasting van dwarsliggers. De meest volmaakte proefnemingen, die op dit gebied zijn genomen, zijn waarschijnlijk die van WASIUTYNSKI, waarbij het omhoog komen van den dwarsligger na het voorbijgaan van den trein zeer volledig is bepaald.

Onderzoekingen naar de elasticiteit van grond, niet in direct verband staande met den bovenbouw der spoorwegen, zijn die van FÖPPL; ook bij deze proeven werd het bestaan der elasticiteit duidelijk aangetoond.

Overigens zijn er meerdere gevallen van belastingsproeven bekend, waarbij de verrichte waarnemingen schijnen uit te wijzen, dat geen elasticiteit aanwezig was. Zoo werd mij b.v. door den leider der belastingsproeven op een zandbed te Huisduinen, van welke proeven een verslag gepubliceerd is in „de Ingenieur” 1918, n^o. 19, verklaard, dat na ontlasting geen omhoogkomen van den grondslag werd waargenomen. Waarschijnlijk moet dit echter worden toegeschreven aan onvoldoend nauwkeurige waarnemingen; de groote opgetreden blijvende zakkingen zullen de waarneming der geringe elastische bewegingen zeer hebben bemoeilijkt; ook is het mogelijk, dat andere invloeden, als b.v. groote droogheid van het zand, oorzaak zijn geweest, dat de voor het optreden der elasticiteit noodige samenhang tusschen de zandkorrels heeft ontbroken.

Bij de proeven te Huisduinen en de meeste andere ten behoeve van bouwwerken genomen belastingsproeven was echter hoofdzaak

¹⁾ Dr. Ing. L. BRENNECKE. „Handbuch der Ingenieurwissenschaften” 3er Teil, 8er Band.

„ „ „ „ „Zeitschrift für Bauwesen” 1892.

de bepaling van de draagkracht van den grond en was de zakking van den grondslag en vooral een weer omhoogkomen daarvan na ontlasting van minder belang. Uit het ontbreken van positieve gegevens betreffende de elasticiteit van den grond bij vele belastingsproeven kan daarom niet geconcludeerd worden, dat die elasticiteit niet aanwezig was.

Bijzondere aandacht verdienen voorts de eigenschappen, die bij het optreden der elasticiteit van invloed zijn. Met het oog daarop is het van belang goed te onderscheiden de begrippen „draagkracht van den grond” en „zakking van den belaste grondslag”. Onder „draagkracht van den grond” wordt verstaan de grootste druk per vlakke-eenheid, dien de grond kan ondergaan, zonder dat het evenwicht van de op dien grond rustende belasting door wegzakkingen of uitwijkingen wordt verstoord. De draagkracht van den grond en de zakking van een belaste grondslag schijnen beide, zij het op verschillende wijze, afhankelijk te zijn van de grootte en den vorm van het belaste oppervlak.

Reeds HÄNTZSCHEL, maar vooral WASIUTYNSKI, komen op grond van waarnemingen tot de conclusie, dat de coëfficiënt E_0 geen onveranderlijke waarde heeft voor een bepaalden grondslag. Dr. H. ZIMMERMAN zegt dan ook in het „Handbuch der Ingenieurwissenschaften”, 5er Teil, 2er Band: „Eine genauere Untersuchung des Vorganges der Eindrückung lehrt, dass des inneren Zusammenhanges der Teile wegen der Druck auf ein Flächenteilchen nicht nur von der Formänderung an der betreffenden Stelle, sondern auch von der Formänderung der Umgebung abhängig sein muss. Hieraus folgt, dass die Zahl E_0 eigentlich keine unveränderliche Grösze sein kann”. Toch wordt in den spoorwegbovenbouw voor den coëfficiënt E_0 , het „Bettungsziffer”, voor een bepaalde grondgesteldheid altijd een constante waarde genomen (meestal 3 tot 8 K.G. per c.M³), maar dit is alleen verdedigbaar door de omstandigheid, dat de verschillende te gebruiken dwarsliggers in vorm en afmetingen onderling betrekkelijk weinig verschillen.

In „de Ingenieur” 1903 N^o. 12 geeft HACKSTROH eenige beschouwingen over den invloed van de grootte van het belaste oppervlak bij belastingsproeven, welke beschouwingen echter niet berusten op een voldoende reeks waarnemingen. HACKSTROH bestrijdt de in het „Handbuch der Ingenieurwissenschaften”,

ter Teil, 3er Band voorkomende uitspraak, dat „bei gleicher Einheitsbelastung die Senkung mit der Grösze und der gedrängteren Form der Grundfläche zunimmt” en is op grond van hem bekende resultaten van belastingsproeven eerder geneigd het tegenovergestelde aan te nemen.

De vermelde uitspraak uit het „Handbuch” berust waarschijnlijk op de beschouwingen van ENGESSER ¹⁾. Deze komt op grond van theoretische overwegingen en na raadpleging van de uitkomsten van de proeven van SCHUBERT, KURDJÜMOFF e. a. tot de conclusie, dat de zakking van een belast oppervlak bij gelijken druk per vlakte-eenheid grooter zal worden met het grooter worden van het belaste oppervlak. Hij betoogt verder in zijn artikel uitdrukkelijk de wenschelijkheid, deze theorie door nadere zorgvuldige proeven te doen controleeren, hetgeen echter, zoover kan worden nagegaan, nimmer is geschied.

In het artikel van ENGESSER is ook sprake van de draagkracht van den grondslag. Deze is afhankelijk van de diepte van den belasten grondslag onder het maaiveld en neemt bij het grooter worden van het belaste oppervlak sterker toe dan de grootte van het oppervlak ²⁾. Gewoonlijk wordt de draagkracht van grond, in overeenstemming met de theorieën van RANKINE en JANKOWSKI, als een constante voor een bepaalde grondsoort beschouwd; volgens SCHWEDLER en ENGESSER is dat echter onjuist en zou die aanname bij sterk uiteenlopende omstandigheden tot foutieve en gevaarlijke conclusies kunnen leiden.

Volgens ENGESSER worden dus bij gelijk blijvenden druk per eenheid van oppervlak bij het grooter worden van het belaste oppervlak zoowel de zakking als de draagkracht grooter, zoodat met een grootere zakking een grootere draagkracht samengaat. De zakking op zich zelf geeft dus geen betrouwbare gegevens voor de draagkracht.

Het bovenstaande doet het waarschijnlijk lijken, dat de grootte van het belaste oppervlak van invloed is op de voor E_0 aan te houden waarde. De uit den spoorwegbouw bekende gegevens

¹⁾ ENGESSER. Zentralblatt der Bauverwaltung 1903. Zur Theorie des Baugrundes.

²⁾ SCHWEDLER. Zentralblatt der Bauverwaltung 1891.

voor E_0 , die overeenkomen met den vorm en de grootte van een dwarsligger, mogen dus niet zonder meer worden toegepast voor de berekening van een sluisvloer. In een artikel van ENGESSER ¹⁾ over de belasting van den grond bij de landhoofden van een boogbrug wordt gezegd: „Der Wert der „Bodenziffer“ E_0 hängt zunächst von der Bodenbeschaffenheit, dann auch von der Größe und Gestalt der Sohlenfläche ab. Zuverlässige Zahlenwerte von E_0 sind zur Zeit nicht bekannt. Es sei hier nur angeführt, dass sich nach Beobachtungen von WASIUTYNSKI für den auf Lokomotivenlänge gleichmäßig belasteten Untergrund einer Gleisbettung der Wert $E_0 = 5$ für Kilogramm und Centimeter ergab“. Of uit deze uitslating moet worden begrepen, dat ENGESSER meent, dat de invloed van de grootte van het oppervlak toch niet zoo heel groot is, zoodat voor de beschouwde fundeeringen bij gebrek aan andere gegevens toch wel $E_0 = 5$ K.G. per c.M². mag worden aangehouden, is niet duidelijk uit te maken.

In het reeds aangehaalde artikel van A. FREUND, „Berechnung von Schleusenboden nach der Elastizitätslehre“, Zeitschrift für Bauwesen 1918, maakt de schrijver zich van de moeilijkheid voor E_0 de juiste waarde te kiezen wel heel gemakkelijk af. In zijn berekeningen gebruikt FREUND zelfs de waarde $E_0 = 1000$ K.G. per c.M².; een dergelijke waarde is misschien juist voor rotsgrond, doch hiervoor zijn de berekeningen van FREUND zeker overbodig.

Over de volkomenheid der elasticiteit bieden de proeven met spoorwegdwarsliggers wel eenige gegevens, die over het algemeen schijnen uit te wijzen, dat in 't begin de elasticiteit tamelijk onvolkomen is, doch allengs volkomener wordt. Dr. H. ZIMMERMAN zegt dan ook, dat de elastische indrukkingen van den dwarsdrager pas tot hun recht komen nadat het spoor „durch wiederholtes Befahren und Stopfen in einem gewissen Beharrungszustand gelangt“. Ook dit is een omstandigheid, die de aandacht verdient met het oog op de toepassing van de theorie der elastische indrukkingen, op de berekening van een sluisvloer.

Uit het bovenstaande blijkt, dat de in de litteratuur voorhanden en bekende gegevens, wat betreft de bepaling van den coëfficiënt

¹⁾ ENGESSER. Zentralblatt der Bauverwaltung 1900.

E_0 , den invloed van de grootte van het belaste oppervlak en de volkomenheid der elasticiteit niet van zoodanigen aard zijn, dat zonder meer de theorie der elasticiteit van grond mag worden toegepast bij de berekening van een sluisvloer. Daar anderzijds de invloed der elasticiteit op de grootte van het moment in den vloer wel belangrijk blijkt te kunnen zijn, leek het wenschelijk om door proefnemingen te trachten ter zake meerdere gegevens te verkrijgen.

2. *Inrichting der belastingsproeven.*

Het doel van de te nemen belastingsproeven moest dus zijn het doen van een reeks waarnemingen betreffende de zakking en het omhoog komen van den belasten grondslag bij herhaalde belasting en ontlasting en het bepalen van E_0 uit waarnemingen. Om den invloed van de grootte van het belaste oppervlak na te gaan, moesten reeksen waarnemingen met belaste oppervlakken van verschillende grootten ten dienste staan. Naar den invloed van den vorm van het belaste oppervlak werden geen onderzoekingen ingesteld; voor alle belaste oppervlakken werd de vierkante vorm aangehouden.

Het was wenschelijk de proefbelastingen uit te voeren op een grondslag, die zooveel mogelijk zou gelijken op den grondslag, waarop later de vloer van de sluis zou rusten. Daartoe moest de grondslag bestaan uit ongeroerd zand, dat voordien een bovenbelasting gedragen heeft en dat verzadigd is met grondwater. Aan deze eischen voldeed vrij goed de grondslag in het terrein aan den noordelijken oever van het binnentoeleidings-kanaal naar de bestaande groote schutsluis te IJmuiden, gelegen nabij het haventje voor zandvervoer, in gebruik bij de Amsterdamsche Ballast Maatschappij. Vroeger bevond zich daarop een bovenbelasting van eenige meters zand; het zand was, zoover kon worden nagegaan, ongeroerd en door een geringe ingraving kon een grondslag even beneden kanaalpeil bereikt worden.

De belasting werd op den grondslag overgebracht door een draagconstructie, die op den grondslag rustte met — bij de eerste reeks proeven — een draagvlak van 1000 c.M². Figuur 1 geeft een afbeelding van het toestel.

De belasting werd gestapeld op het bord A, dat rustte op de balken B van het draagtoestel. De rechte stijl C en de schuine

stijlen D brachten den belastingdruk over op het eigenlijke belastingsoppervlak E.

Dit was aan de onderzijde glad afgeschaafd, had een oppervlak van 1000 c.M². en bracht den druk over op den grond.

De moeilijkheid was nu de zakkingen van het belaste toestel voldoende nauwkeurig te meten. Nadat eerst onderzocht was een meetmethode met draaiende wijzers, welke minder goed voldeed, werden goede uitkomsten verkregen met een meetmethode met schuine wiggen. De balken F zijn aan de bovenzijde glad afgeschaafd, loopen dicht langs den stijl C van het belastingstoestel, doch blijven daar volkomen vrij van en steunen tegen de paaltjes G. Deze zijn voor den aanvang van de proef met de handheij vast in den grond geslagen, ver genoeg uit het belaste oppervlak verwijderd om aan te nemen, dat dit grondvlakje niet door het heien beschadigd werd. De stand van de paaltjes G en van de balken F is dus onafhankelijk te achten van de zakking van het belaste grondvlakje. Aan weerszijden van den stijl C van het belastingstoestel stonden nu de platte houten stijlen S, die volkomen vrij van het belastingstoestel waren. Deze stijlen rustten op de bovenzijde van het belastingsoppervlak E, dat ter plaatse zuiver glad was afgeschaafd; aan de bovenzijde waren in de stijlen S ijzeren mesjes m met scherpe punten ingelegd.

Wanneer nu de stand van het belastingstoestel moest worden opgemeten, werd met de linkerhand de stijl S met matige kracht langs den stijl C van het belastingstoestel neergedrukt op het belastingsoppervlak E en werd met de rechterhand over den balk F een eikenhouten gladafgewerkte wig w ingeschoven, welks bovenzijde onder 20 op 1 schuin was afgewerkt. De wig werd ingeschoven, tot zij stootte tegen het scherpe ijzeren mesje m; de plaats, waar dit mesje tegen de wig stootte werd dan met een potloodstreepje op de wig aangeteekend. Als bij een volgende meting de wig dan minder ver doorgeschoven kon worden en het mesje van den stijl S dus afgeteekend werd op een dichter bij het smalle einde van de wig gelegen plaats, dan was de zakking van het belaste grondvlak het $\frac{1}{20}$ deel van den afstand der beide op de wig aangeteekende potloodstreepjes; met dien verstande, dat, daar aan twee kanten van den stijl C, voor en achter, de zakking werd gemeten, de juiste zakking werd genomen als het gemiddelde

der waarnemingen van de beide wiggen. In het algemeen stemden de waarnemingen der beide wiggen steeds goed overeen en wanneer de zakking aan de eene zijde iets grooter werd dan aan de andere, werd daar met de volgende bijstapeling der belasting mee gerekend. Op deze wijze werd een rechtstandige zakking nauwkeurig gecontroleerd, trouwens dit geschiedde ook reeds door tijdens het opbrengen der belasting voortdurend erop te letten, dat de stijlen S nimmer klem geraakten tusschen den stijl C en de balken F. Ten overvloede was met het oog op de mogelijkheid van scheefzakken en ter wille van de veiligheid nog aangebracht de omheining O, die met een geringe speling het belastingbord A omsloot en geheel los van het belastingstoestel rustte op de paaltjes P. Bij het opbrengen der belasting was als eisch gesteld, dat het belastingsbord A steeds aan alle kanten volkomen vrij moest blijven van de omheining O.

Uit bovenstaande beschrijving blijkt, dat de stijlen S vrij zijn van de samendrukking van den stijl C van het belastingstoestel. De vormveranderingen van het belastingstoestel zijn dus geëlimineerd op de samendrukking van het belaste oppervlak E na. Nu is het geheele belastingstoestel stevig geconstrueerd, maar in 't bijzonder is dit het geval bij het eigenlijke belastingsoppervlak E; daar kan de druk zich in het hout overal onder minstens 45° voortplanten.

Bovendien staan de stijlen S nabij het midden van het oppervlak E, waar de buiging, zoo die nog in beteekenende mate zou optreden, toch in elk geval nog zeer gering moet zijn. De samendrukking van de houtdikte van het belastingsoppervlak E verkrijgt eene grootte van eene orde, die te verwaarlozen is ten opzichte van de waargenomen zakkingen. Aangenomen mag dus wel worden, dat de uitkomsten van de belastingsproeven niet in beteekenende mate beïnvloed kunnen zijn door de vormveranderingen van het belastingstoestel.

De belasting bestond uit kleine palen van gewapend beton, die zeer handelbaar waren en gemakkelijk zonder schokken konden worden opgebracht. Deze paaltjes werden gerekend gemiddeld 39 K.G. te wegen. Er werden 50 paaltjes nagewogen. Het gemiddelde dier 50 gewichten was 38.95 K.G. terwijl het hoogste voorkomende gewicht 40.5 K.G. bedroeg en het laagste 37.9 K.G. Slechts 5 der paaltjes hadden niet een gewicht tusschen de 38 en 40 K.G. Er

werden waarnemingen gedaan met belastingsoppervlakken groot 1000 c.M²., 2500 c.M²., 5000 c.M²., 500 c.M². en 100 c.M².

Voor de proeven met 2500 en 5000 c.M². werden onder het belastingsoppervlak E nog dikke vierkante houten platen gebracht; voor de proeven met de oppervlakken van 500 en 100 c.M². werd een kleiner en lichter belastingstoestel gebruikt, overigens geheel overeenkomstig het boven beschreven toestel geconstrueerd.

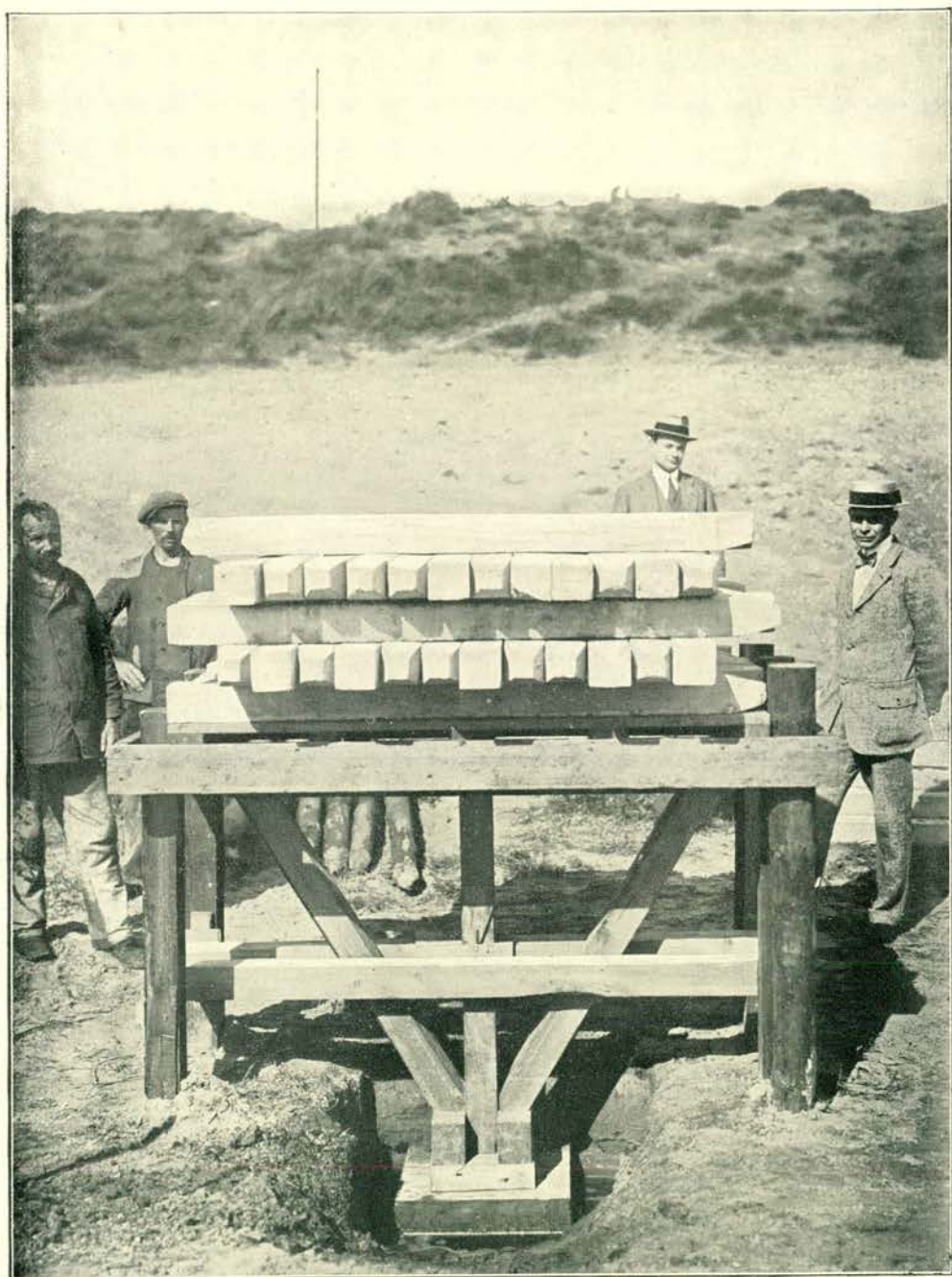
Vóór het plaatsen van het belastingstoestel werd de grondslag op een dag van betrekkelijk lagen kanaalwaterstand afgegraven tot een klein eind beneden kanaalpeil. Het laatste zand werd zorgvuldig horizontaal afgeschept, zoodanig, dat geen beschadiging van het te belasten grondvlak ontstond. Daarna werd het belastingstoestel op den nog drogen grondslag geplaatst. Door het toestroomen van het water bij een volgende geringe verhooging van den kanaalwaterstand, of na eenigen regenval, kwam dan het belaste grondvlak onder water te liggen.

Er werden belastingen en ontlastingen in allerlei volgorden waargenomen, waarbij ook op den invloed van den tijd gerekend werd.

De foto figuur 2 geeft het belastingstoestel te zien voor het oppervlak van 2500 c.M². Op de foto is te zien hoeveel de grondslag onder de belasting van 50 paaltjes is gezakt. De wig is ingeschoven tot een streep, waar 50 bij staat. Toen het toestel onbelast was, kon de wig ingeschoven worden tot de streep, waar 0 bijstaat. Er zijn echter 2 streepen waar 0 bijstaat: de eene is de 0-stand vóór het opbrengen der laatste belasting, de andere is de absolute 0-stand, waarvan uitgegaan werd, toen de grondslag nog in het geheel niet belast was geweest.

3. *Uitkomsten der belastingsproeven.*

De resultaten der waarnemingen zijn vermeld in de tabellen van bijlage 1. Voor iedere waarneming is daarbij opgegeven het nummer van de proef, het aantal der op het belastingsbord rustende belastingspaaltjes, de druk op den grondslag in K.G. per c.M²., de zakking in m.M., vanaf den vorigen onbelasten stand, dus sedert het begin der betrekkelijke proef (aangeduid als „zakking in m.M."), de totale zakking in m.M., die het betrekkelijke grondvlak heeft ondergaan sedert de eerste opstelling van dat grondvlak



Figuur 2.



(aangeduid als „totale zakking in m.M.”) en, onder het hoofd „Aanteekeningen”, c.q. de tijdsduur, die sedert de vorige waarneming verlopen is en een aanteekening over den waterstand bij den voet van het belastingstoestel, als daarin sedert de vorige waarneming eenige verandering kan zijn ingetreden, dus als de vorige waarneming een tijd geleden is.

Elk in de tabellen vermeld zakkingscijfer is gevonden door het $1/20$ deel te nemen van het gemiddelde van de aflezingen op de beide wiggen.

Bijlage II geeft een grafische voorstelling van de uitkomsten der belastingsproeven. Daarbij is ook weer voor elk grondvlak de zakking op twee wijzen aangegeven; in de eerste plaats (in de bovenste figuren) werden uitgezet de absolute zakkingen sedert den eersten onbelasten stand van het betreffende grondvlak en in de tweede plaats (in de onderste figuren) de zakkingen ten opzichte van den stand in den onbelasten toestand, onmiddellijk aan de belasting van de betreffende proef vooraf gaande.

4. *Beschouwing van de uitkomsten der belastingsproeven.*

Bij eerste beschouwing van de cijfers en diagrammen der zakkingen is het moeilijk een algemeene lijn in de uitkomsten der belastingsproeven te vinden. Wel valt echter dadelijk op, dat de grondslag in elk geval tot op zekere hoogte elastisch is; bij het verminderen der belasting werd geregeld een vermindering der zakking waargenomen. Vrijwel steeds was het omhoogkomen van den grondslag echter slechts onvolkomen, zoodat na de ontlasting de grondslag iets lager bleef dan voor de belasting.

Merkwaardig is ook de groote invloed van den tijd. Bij de proeven 1—3 van oppervlak 1000 c.M^2 , heeft na het eindigen van de proef geen rijzing van den bodem meer plaats, bij proef 4 vindt men na de ontlasting nog eens een rijzing van 0.5 m.M. , bij proef 5 wederom geen rijzing, bij proef 6 een rijzing van 0.3 m.M. , bij proef 7 van 0.1 m.M. , bij proef 8 van 0.2 m.M. en bij proef 9 van 0.1 m.M. Vergelijkt men nu de opmerkingen in de laatste kolom van bijlage I, dan blijken de rijzingen steeds in verband te staan met den tijd, dien de grondslag na afloop van de proef onbelast bleef. Een zelfde verschijnsel neemt men waar bij de proeven met de andere oppervlakken: als na de proef-

nemingen een tijd gewacht werd, had steeds een nawerking van de rijzing plaats, die in het algemeen grooter bleek, naarmate de wachttijd langer was (vergelijk b.v. de groote rijzingen bij proef 7 van oppervlak 2500 c.M^2 . en bij proef 2 van oppervlak 100 c.M^2 .), doch die waarschijnlijk ook wel afhankelijk was van het aantal malen, dat de grondslag reeds belast was. Slechts proef 5 van oppervlak 500 c.M^2 . vertoont na 48 uur wachten een verdere daling van 0.4 m.M. ; daar dit met de overige waarnemingen volkomen in strijd en onverklaarbaar is, moet hier waarschijnlijk gedacht worden aan een storenden invloed, niet met de proef in verband staande als b.v. een stoot tegen het toestel. Overigens blijkt ook de zakking, die men waarneemt bij een zekere belasting, in belangrijke mate afhankelijk te zijn van den tijd, dien men wacht met het waarnemen na het opbrengen der belasting (vergelijk de proeven 3, 4, 6, 7 en 10 van oppervlak 1000 c.M^2 .; proeven 5 en 6 van oppervlak 2500 c.M^2 .). Nadat de belasting geheel is opgebracht blijkt de zakking nog geruimen tijd voort te duren. De waarnemingen toonen dus aan, dat de elastische bewegingen van een belaste grondslag een langdurige nawerking hebben.

Uit de grafische voorstellingen der zakkingen is te zien, dat de zakkingslijnen voor de verschillende oppervlakken verschillende hellingshoeken hebben. In het algemeen heeft bij ieder oppervlak de eerste proef de zakkingslijn met den grootsten hellingshoek. Dat bij de eerste belasting van een oppervlak een afwijkend groote indrukking wordt gevonden (vergelijk b.v. proef 1 van oppervlak 500 c.M^2 .) behoeft niet te verwonderen en is te verklaren, doordat bij de eerste proef de grondslag nog niet volkomen effen en gelijk en de aansluiting tusschen het belastingsoppervlak en den grond nog minder volkomen zal zijn geweest. Voor de bij een bepaald oppervlak behorende hellingshoek van de zakkingslijn moet men dus vergelijken de bij de latere proeven meer permanent optredende hellingshoeken, zooals die uit de onderste grafische voorstellingen tamelijk sprekend te vinden zijn. Schakelt men dan het oppervlak van 100 c.M^2 . uit dan ziet men, dat met het grooter worden van het oppervlak de zakkingslijn een grooteren hellingshoek krijgt. Dat het oppervlak van 100 c.M^2 . hier en bij volgende gevolgtrekkingen wordt uitgeschakeld, vindt zijn reden in het feit, dat voor dit oppervlak slechts 3 proeven zijn opgeteekend. Wel werden

meerdere proeven genomen, doch die zijn mislukt; eenige malen werd reeds bij de eerste belasting een zoo groote zakking gevonden, dat deze met de wiggen niet kon worden opgemeten; bij andere proeven zakte het toestel dadelijk scheef. Deze groote blijvende zakkingen toonen overigens overeenstemming met de uitkomsten van proef 1 met oppervlak 500 c.M². De proeven met de kleine belastingsoppervlakken toonen over het algemeen weinig betrouwbaarheid; de vermelding der uitkomsten van de drie gelukte proeven met het oppervlak van 100 c.M². heeft dan ook eigenlijk alleen plaats om te doen zien, dat het gelukt is, ook bij dit kleine oppervlak het bestaan der elastische bewegingen van den grond duidelijk waar te nemen.

Uit de proeven 4, 7 en 10 met oppervlak 1000 c.M². en uit proef 1 met oppervlak 500 c.M². spreekt duidelijk de bolle vorm van de zakkingslijn, bol zoodanig, dat bij hoogere belasting de zakking per belastingseenheid grooter wordt. Dit resultaat komt overeen met de waarnemingen bij andere belastingsproeven, waar, vooral bij hoog opgevoerde belastingen, de bolle vorm van de zakkingslijnen sprekend aan den dag trad. Deze bolle vorm van de zakkingslijnen vertoont zich echter vooral bij eerste belasting van een grondslag; nadat de grondslag herhaalde malen is belast, vertoont de zakkingslijn een meer rechtlijnig verloop.

Bij de oppervlakken 2500 en 5000 c.M². blijkt de bolle vorm der zakkingslijnen niet uit de waarnemingen; zelfs vertoonen proef 1 met oppervlak 5000 c.M². en de proeven 2 en 3 met oppervlak 2500 c.M². een kromming in tegenovergestelden zin. Deze afwijkingen komen echter voor bij betrekkelijk zeer lage belastingen en betreffen de eerste belastingen van een oppervlak, zoodat wellicht de onvolkomen aansluiting tusschen belastingsoppervlak en grondslag daarbij een rol heeft gespeeld.

Bij de ontlastingslijnen vertoont zich in 't algemeen een eenigszins hol verloop (vergelijk bijv. de proeven 4, 7 en 10 met oppervlak 1000 c.M². en proef 6 met oppervlak 2500 c.M².). De bolle vorm der belastingslijnen en de holle vorm der ontlastingslijnen komen overeen met hetgeen boven reeds is geconstateerd over den langen duur der elastische nawerkingen. De zakking tengevolge van de eerste opgebrachte belasting duurt nog voort tijdens de zakking ten gevolge van den volgende last, zoodat bij dien volgende

last de waargenomen zakking grooter is dan bij de eerste belasting. Zoo ook bij de ontlasting: door de nawerking van de eerste ontlasting neemt men bij de volgende ontlasting een grootere rijzing waar dan bij de eerste.

Toch heeft de bolle vorm der belastingslijnen vermoedelijk nog wel een andere oorzaak. Immers wordt die vorm, nadat eenige proeven verricht zijn, bij de volgende proeven, voor zoover daarbij de belasting niet hooger wordt opgevoerd dan bij de reeds verrichte proeven, niet of ongeveer niet waargenomen. Een factor, die mede van invloed op de grootte der zakkingen en rijzingen zou kunnen zijn, is de grondwaterstand. Bij de verrichte proeven was meestal de voet van het belastingsstoestel onder water; als dat echter niet het geval was stond de grondwaterstand toch dicht onder het belaste oppervlak en bleef de grondslag vrijwel verzadigd met water. Daar bovendien de elastische vormveranderingen en verschuivingen toch steeds voor het belangrijkste deel in het zand beneden den grondwaterstand zullen plaats hebben, is het begrijpelijk, dat bij de gegeven omstandigheden uit de cijfers moeilijk eenige invloed van den grondwaterstand is te constateeren. Een enkele maal schijnt het, dat de verhooging van den grondwaterstand eenige meerdere rijzing van den ontlasten grondslag ten gevolge had (vergelijk proef 4 met oppervlak 2500 c.M²).

In het algemeen kunnen de gevonden cijfers echter worden aangehouden als geldig voor een met water verzadigten zandbodem van vast zand en worden beschouwd als onafhankelijk van eenige wisseling in den grondwaterstand.

Geconstateerd is reeds, dat de zakkingen gedeeltelijk elastisch blijken te zijn en gedeeltelijk blijvend. Hoewel het nu moeilijk is de totale waargenomen zakking te verdeelen in het elastische deel en het blijvende deel, lijkt het toch, om een juist inzicht te verkrijgen in hetgeen plaats heeft bij belasting van een grondslag, gewenscht om deze beide elementen der zakking zoo goed mogelijk uit elkaar te halen. Daartoe zal worden aangenomen:

dat onder „elastische zakking” moet worden verstaan dat gedeelte der zakking, dat na ontlasting van den grondslag na ongeveer 24 uur weer is verdwenen, en dat onder „blijvende zakking” moet worden verstaan, dat gedeelte der zakking, dat na ontlasting van den grondslag na ongeveer 24 uur nog aanwezig is.

De tijdsbepaling van 24 uur is natuurlijk willekeurig. Juister ware een veel grootere tijdsduur. Nadat bij de eerste proeven de groote invloed van den tijd gebleken was, werd bij de laatste reeksen proeven met de oppervlakken van 500 en 5000 c.M². steeds zooveel mogelijk een gelijke tijdsduur tusschen de proeven gelaten, die echter niet langer dan 24 uur kon gesteld worden. Tevens moge terloops worden opgemerkt, dat bij de eerste proeven met opzet niet een regelmatig schema van belasting werd gevolgd, om allerlei afwisselende omstandigheden te doen optreden (bijv. bij proef 8 en 9 van oppervlak 1000 c.M². is nagegaan of de elastische werkingen nog in dezelfde mate optraden, nadat de grondslag hooger belast geweest was), en dat bovendien niet gerekend was op een zoo belangrijke nawerking in verband met den tijd. Ook was de wenschelijkheid van het maken van een scherpe onderscheiding tusschen elastische en blijvende zakkingen vóór en tijdens het nemen der eerste reeksen proeven nog niet voldoende doorgedrongen. Achteraf is het wel jammer, dat met de oppervlakken 1000 en 2500 c.M². niet ook een regelmatigere reeks waarnemingen werd verricht, daar thans uit de beschikbare cijfers de elastische zakking niet zuiver kan worden bepaald. Ook de ongelijkheid der belastingen en de ongelijke volgorde der belastingen heeft op de te vergelijken zakkingscijfers waarschijnlijk een onzuiveren invloed. Wanneer hieronder dus worden gegeven de cijfers voor de gemiddelde elastische zakkingen van elk oppervlak, dan zijn die cijfers in verschillende gevallen benaderd en is het bovenstaande daarbij te bedenken. Voor de gemiddelde zakking vindt men bij een druk van 0.39 K.G. per c.M².:

voor een oppervlak 100 c.M². uit de proeven 1, 2 en 3 een zakking van 0.08 m.M.;

voor oppervlak 500 c.M². uit de proeven 3, 4, 5, 6, 7 en 8 een zakking van 0.20 m.M.;

voor oppervlak 1000 c.M². uit de proeven 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9 een zakking van 0.29 m.M.;

voor oppervlak 2500 c.M². uit de proeven 3, 4, 5, 6, 7 en 8 een zakking van 0.58 m.M.;

voor oppervlak 5000 c.M². uit de proeven 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9 een zakking van 1.34 m.M.

Ter vergelijking van de blijvende zakkingen voor de verschillende

oppervlakken kunnen uit de beschikbare cijfers op de beste wijze gegevens verkregen worden door voor elk oppervlak het cijfer der totale blijvende zakkingen te deelen door het aantal malen, dat in totaal een belasting van 0.39 K.G. per c.M². op dat oppervlak werd opgebracht. Wordt het oppervlak van 100 c.M². buiten beschouwing gelaten en worden bij het oppervlak van 1000 c.M². de proeven 7 en 10, waarbij de belasting hooger dan gewoonlijk werd opgevoerd, niet medegerekend, dan verkrijgt men per eenmaal belasting met 0.39 K.G. per c.M². een gemiddelde blijvende zakking:

voor oppervlak	500 c.M ² .	van	0.25 m.M.		
„	„	1000	„	„	0.12 „
„	„	2500	„	„	0.11 „
„	„	5000	„	„	0.06 „

Verder blijkt uit de proeven, waar de belasting hoog werd opgevoerd, als de proeven 7 en 10 van oppervlak 1000 c.M²., dat bij hoogere belasting de blijvende zakking ook per eenheid van belasting toeneemt. Bij deze proeven met hooge belasting blijkt de invloed van de blijvende zakking tegenover de elastische zakking zeer groot; de grondslag komt pas bij het wegnemen van het laatste deel der belasting in beduidende mate omhoog, maar ook na 24 uur blijft een zeer groote blijvende zakking over. Waar na voorafgaande herhaalde belasting de belasting slechts matig hoog werd opgevoerd, bleek daarentegen (vergelijk de proeven 5, 6, 8 en 9 van oppervlak 1000 c.M²., de proeven 3—8 van oppervlak 500 c.M². en 2—9 van oppervlak 5000 c.M².) de blijvende zakking tegenover de elastische zakking slechts klein te zijn, bij het groote oppervlak van 5000 c.M². zelfs vrijwel 0.

Het blijkt dus, dat de blijvende zakkingen vooral optreden bij de eerste belastingen van den grondslag, maar van minder invloed worden, nadat het oppervlak herhaalde malen is belast. Verder wordt de invloed der blijvende zakkingen grooter, naarmate de belasting hooger wordt opgevoerd.

De bolle vorm der zakkingslijnen is dus waarschijnlijk niet alleen te verklaren door den invloed van den tijd, maar ook door het grooter worden der blijvende zakkingen bij het hooger opvoeren der belastingen.

Uit de gegevens van de proeven 2, 3, 5, 6, 8 en 9 van opper-

vlak 1000 c.M²., 5—8 van oppervlak 2500 c.M²., 3—8 van oppervlak 500 c.M². en 2—9 van oppervlak 5000 c.M². blijkt voldoende, dat de elastische zakkingen, dat zijn dus de zakkingen ontdaan van alle storende invloeden, welke immers zijn samengevat in de blijvende zakkingen, vrij regelmatig en rechtlijnig plaats hebben, zoodat dus voor de elastische zakkingen de wet van evenredigheid tusschen druk en indrukking zeer bevredigend blijkt op te gaan.

Voor de berekening van den coëfficiënt E_0 moet dus uitsluitend worden uitgegaan van de elastische zakkingen. Uit de reeds eerder aangegeven cijfers voor de elastische zakkingen voor de verschillende oppervlakken bij een druk van 0.39 K.G. per c.M². blijkt, dat de elastische zakkingen sterk toenemen met de grootte van het oppervlak. De grootte van de elastische zakking en dus ook de coëfficiënt E_0 zijn dus blijkbaar functies van de grootte van het belaste oppervlak; men vindt uit de cijfers der elastische zakkingen voor E_0 :

voor oppervlak	100 c.M ² .	$E_0 = 49$	K.G. per c.M ³ .			
"	"	500	"	$E_0 = 20$	"	"
"	"	1000	"	$E_0 = 13.5$	"	"
"	"	2500	"	$E_0 = 6.7$	"	"
"	"	5000	"	$E_0 = 2.9$	"	"

Uit de cijfers voor de blijvende zakkingen per eenmaal belasting van 0.39 K.G. per c.M². blijkt, dat ook de blijvende zakkingen in verband staan met de grootte van het belastingsoppervlak en wel met het grooter worden van het belastingsoppervlak schijnen af te nemen. Daar de blijvende zakkingen echter in belangrijke mate verband bleken te houden met de grootte der belastingen en deze voor de verschillende oppervlakken ongelijk was, is deze conclusie slechts met eenig voorbehoud te stellen.

5. *Invloed van de grootte van het belaste oppervlak.*

In verband met het doel der proeven is de belangrijkste uitkomst der proefnemingen de grootte invloed van de grootte van het belaste oppervlak. De elastische zakking blijkt toe te nemen en E_0 blijkt af te nemen met de grootte van het belaste oppervlak, althans binnen de grootte-orde der oppervlakken, waarmee de proefbelastingen verricht werden.

Dat dit feit niet al vroeger duidelijk op den voorgrond trad is

waarschijnlijk te wijten aan het feit, dat men nooit gepoogd heeft systematisch de totale zakking te scheiden in een elastisch en in een blijvend deel.

Indien men die onderscheiding niet maakt, is het ook bij deze proeven, — doordat de blijvende zakkingen juist het grootste zijn bij de kleinste oppervlakken — zeer moeilijk om uit te maken of de totale zakkingen nu grooter of kleiner worden met het grooter worden van het oppervlak. Men denke in dit verband aan het reeds aangehaalde meningsverschil tusschen HACKSTROH en het „Handbuch”.

Toch bestaat er tusschen den hier gevonden invloed van de grootte van het oppervlak en vroeger gevonden uitkomsten wel verband, als men het volgende bedenkt. De draagkracht van den grondslag staat vermoedelijk in een vrij nauw verband tot de optredende blijvende zakkingen en is daarentegen waarschijnlijk in hoofdzaak onafhankelijk van de elastische zakkingen. Immers kan men de elastische zakkingen moeilijk anders verklaren dan door aan te nemen, dat het algemeene verband tusschen de grondkorrels onderling behouden blijft en alleen op de een of andere wijze elastische vervormingen of elastische verschuivingen hebben plaats gehad. Bij de blijvende zakkingen moet men echter denken aan blijvende verschuivingen der grondkorrels onderling, daarbij is dus al een begin aanwezig van de verbreking van den evenwichtstoestand van het dragende grondmassief. Het grooter worden van de optredende blijvende zakkingen zal dus in 't algemeen een zekere aanwijzing inhouden, dat men de grens van de draagkracht van den grondslag nadert. Indien men dus aanneemt, dat bij een groote draagkracht van den grond in 't algemeen een geringe blijvende zakking zal optreden, doch dat de draagkracht onafhankelijk is van de elastische zakking, dan ziet men, dat de resultaten der proeven geheel bevestigen, wat ENGESSER opmerkte in zijn reeds aangehaald artikel: „Zum Schluss möge noch einmal ausdrücklich auf das verschiedenartige Verhalten der Grundflächengröße bezüglich der Tragfähigkeit und der Senkung hingewiesen werden. Bei einer Steigerung der Gesamtbelastung auf das n -fache, genügt es, um die gleiche Sicherheit gegen Ueberschreitung der Tragfähigkeit einzuhalten wie bisher, die Grundfläche in einem geringeren Masse zu vergrößern: $F_n < nF$, da die Tragfähigkeit mit der Größe der

Grundfläche wächst. Soll jedoch die Senkung die Gleiche bleiben wie bisher, so ist hierzu im allgemeinen eine Grundfläche $F_n > nF$ erforderlich, da die Senkungen bei gleichen Einheitsbelastungen mit der Grösze der Grundfläche zunehmen".

Waar het grondmassief onder een belast grondvlak voor het grootste deel niet verkeert in een grenstoestand van evenwicht is het in het algemeen niet mogelijk den spanningstoestand in dat grondmassief te bepalen. Theoretisch kan dus geen betrouwbare afleiding worden opgesteld, slechts met behulp van vereenvoudigende aannamen kan men den invloed van de grootte van het belaste grondvlak op den spanningstoestand onder dat grondvlak benaderen.

Indien wordt aangenomen, dat de blijvende zakkingen worden veroorzaakt door verplaatsingen der grondkorrels en de elastische zakkingen door elastische vervormingen of verschuivingen en verder, dat de druk zich overal voortplant onder 45° , dan kan de volgende redeneering ter zake echter wel eenig inzicht geven.

Naast elkander worden vergeleken een oppervlak van a^2 c.M². (zijde a c.M.) en een van $(a \times n)^2$ c.M². (zijde $a \times n$ c.M.), beiden belast met p K.G. per c.M². Aangenomen wordt, dat de invloed der belasting niet meer van beteekenis is, als de druk in beide gevallen tot b.v. 0.1 per K.G. per c.M². is verminderd, dat is dus op diepten onder het maaiveld, die zich verhouden voor de beide oppervlakken als 1 tot n . Gedacht wordt nu, dat de druk van het belaste oppervlak op den omliggenden grond wordt overgebracht langs de zijden van de afgeknotte pyramide van belasten grond, welker bovenvlak het belaste oppervlak is en welker ondervlak ligt op de bovenbedoelde diepte onder het maaiveld. In de beide gevallen verhouden deze wandoppervlakken zich als 1 tot n^2 , dus juist als de belastingen, zoodat voor beide gevallen de grootte der in die oppervlakken optredende spanningen dezelfde zal zijn. De spanning in die vlakken wordt verder gedacht sprongsgewijs te veranderen. Bij het groote oppervlak zal iedere spanning dan naar de diepte toe voorkomen over een hoogte, die n maal zoo groot is als de hoogte, waarop dezelfde spanning voorkomt bij het kleine oppervlak. De elastische verschuiving zal dan ook bij het groote oppervlak n maal zoo groot zijn als bij het kleine oppervlak, daar de totale elastische verschuiving de som is van de elementaire elastische verschuiving in alle punten en bij het groote

oppervlak iedere elementaire elastische verschuiving over n maal grotere hoogte, dus in n maal zooveel punten voorkomt als bij het kleine oppervlak. Globaal mag dus de elastische zakking van een belast oppervlak evenredig gesteld worden aan de zijde van dat oppervlak, of als het oppervlak niet vierkant is, aan den vierkantswortel uit dat oppervlak.

Vergelijkt men dit resultaat met de uitkomsten der proefnemingen, dan blijkt, dat deze niet zoo heel ver daarvan afwijken.

De proefnemingen hadden slechts plaats met betrekkelijk kleine oppervlakken. Het is mogelijk, dat bij veel grotere oppervlakken de toename van de elastische zakking in minder sterke mate plaats heeft dan bij de kleine oppervlakken der belastingsproeven, doordat de druk zich niet in dezelfde verhouding naar de diepte zal blijven voortplanten. Uiteraard is dat echter zeer onzeker. Wat de blijvende zakkingen betreft, zij alleen nog opgemerkt, dat bij een grooter oppervlak, waarbij de druk zooveel dieper onder het oppervlak van den grond wordt overgedragen, de gevaarlijkste glijdvlakken ook zooveel dieper komen te liggen dan bij de kleine oppervlakken; en nu is het wel duidelijk, dat in het algemeen eerder verschuivingen kunnen optreden in een ondiep dan in een diep gelegen glijdvlak. Bovendien speelt nog een rol de stand der glijdvlakken, die waarschijnlijk echter ook ongunstiger wordt met het kleiner worden van het oppervlak. Bij de kleine oppervlakken is dus de kans op verplaatsing der gronddeeltjes het grootst.

6. Berekening van het moment in het midden van een sluisvloer volgens de theorie van evenredigheid tusschen indrukking en tegendrukking.

Om een juist inzicht te krijgen in den invloed, die het in rekening brengen van de elasticiteit en de grootte van de coëfficiënt E_0 hebben, is het noodig de berekening van een dwarsdoorsnede van een sluisgebouw met het in rekening brengen der elasticiteit voor verschillende waarden van E_0 uit te voeren. De wiskunstig juiste berekening van een belaste sluisdoorsnede voert, als de tegendrukking van den grond evenredig aan de indrukking wordt gesteld, tot de oplossing van een differentiaal-vergelijking van de 4e orde.

In het reeds genoemde artikel van FREUND, „Zeitschrift für Bauwesen” 1918 is de uitwerking van die differentiaal-vergelijking te vinden. De daarbij noodige becijferingen zijn echter veel te

omslachtig om ze een genoegzaam aantal malen voor de verschillende variaties in de gegeven grootheden te kunnen herhalen.

Beter bruikbaar is de door FREUND, en reeds eerder door BRENNECKE, aangegeven grafische methode. Met eenige routine is reeds de tweede aanname zoo te kiezen, dat een bevredigende overeenstemming tusschen gronddruklijn en elastische lijn wordt verkregen. Toch is ook dan nog voor iedere berekening heel wat teekenwerk te verrichten.

In verband met de onzekerheid der voor E_0 aan te houden waarde zijn de berekeningen gemaakt voor zooveel waarden van E_0 , dat voor variatie van E_0 van 0 tot ∞ de waarde van het bijbehorende moment in een kromme kon worden aangegeven. De hiervoor noodige berekeningen nu werden verricht aanvankelijk met de grafische methode van FREUND, maar later in hoofdzaak met behulp van een benaderingsmethode, welker opzet de ingenieur van den Rijkswaterstaat C. G. KRAIJENHOFF VAN DE LEUR mij het eerst aan de hand deed. Die methode is gegrond op het feit, dat blijkt uit de grafische methode van FREUND, dat de gronddruk bij kleinen totalen gronddruk ongeveer door een driehoek kan worden voorgesteld en bij grooteren totalen gronddruk bij benadering door een trapezium. Bij vergelijking met de resultaten der grafische methode blijken de afwijkingen vooral in het eerste geval zeer klein te zijn, zoodat de hulpmethode uitstekend bruikbaar is. Ook voor het tweede geval is de methode, hoewel de afwijkingen dan belangrijker worden, wel bruikbaar.

In figuur 3 is een halve sluisdoorsnede geteekend.

Het gewicht van den vloer bedraagt 9 K.G. per c.M². vloerbreedte, de opwaartsche druk van het water bedraagt 10 K.G. per c.M². vloerbreedte. De totale grootte van den tegendruk van den grond voor een moot van de halve sluisdoorsnede van 1 c.M. dikte bedraagt G K.G. De verdere berekening wordt opgesteld voor deze moot, waarbij alle lengtematen worden uitgedrukt in c.M. en alle krachten in K.G.

Zij nu A' B' C' D' de elastische lijn van den belasten sluisvloer, dan geeft de lijn A' B' C' D' de indrukking van den grond aan en eveneens, zij het op een andere schaal, de verdeeling van den tegendruk van den grond over de breedte van den sluisvloer. Ter

benadering zou nu in plaats van de lijn $A'B'C''D''$ kunnen worden aangehouden de gebroken rechte lijn $A'B'D''$.

Nu is echter de elastische lijn niet bekend en dus het punt B' onbekend. De gebroken rechte lijn $A'B'D''$ kan nu echter worden bepaald door den volgende eisch.

Bij de benaderingsmethode, waarbij de gronddruklijn recht wordt genomen, is niet meer zooals in de werkelijkheid, de hellingshoek van den onderkant van den vloer in ieder punt gelijk aan den hellingshoek van de gronddruklijn. De sluisvloer buigt door, van A tot C neemt de hellingshoek van den onderkant van den vloer toe, na C blijft die hellingshoek constant, daar de sluismuur den vloer daar zoo stijf maakt dat de verdere doorbuiging kan worden verwaarloosd. Nu wordt de werkelijke hellingshoek van den onderkant van den vloer in het punt C , welke hoek p wordt genoemd, aangehouden voor de gronddruklijn $B'D''$. De totale tegendruk van den grond, welke G is wordt dus voorgesteld door een driehoek, waarvan alleen bekend is, dat de hoek $D'B'D'' = p$. Deze driehoek zal niet precies gelijk zijn aan den oorspronkelijk beschouwden driehoek $D'B'D''$, maar zal daar toch slechts zeer weinig van afwijken.

Wordt nu de onbekende lengte $D'B'$ gelijk l_x gesteld, dan is $D'D''$ gelijk $l_x \operatorname{tg} p$ of, daar p zeer klein is, gelijk $l_x p$.

De indrukking van den grond in het punt D is dus $l_x p$ c.M., de tegendruk van den grond in het punt D is dus $E_0 l_x p$ K.G. per c.M². De totale tegendrukking van den grond is dan $\frac{1}{2} l_x \times E_0 l_x p$ dus $G = \frac{1}{2} l_x^2 E_0 p$, waaruit $p = \frac{2G}{E_0 l_x^2}$.

Zij M_0 het moment in M , het midden van den sluisvoer, bij gelijkmatig verdeelden tegendruk van den grond, dan is het moment in M bij de thans aangenomen verdeling van den tegendruk:

$$M_m = M_0 + \frac{1}{2} G (1 + b) - G (1 + b - l_x + \frac{2}{3} l_x) \text{ of} \\ M_m = M_0 - \frac{1}{2} G (1 + b) + \frac{1}{3} G l_x.$$

Op een afstand x uit het midden is het moment, zoolang $x < 1 + b - l_x$:

$$M_m + \frac{1}{2} x^2 (9 - 10)$$

en als $x > 1 + b - l_x$

$$M_m + \frac{1}{2} x^2 (9 - 10) - \frac{1}{6} p E_0 (x - (1 + b - l_x))^3.$$

De doorbuiging van den vloer van A tot C is dan:

$$\int_0^{1+b-l_x} \frac{(M_0 - \frac{1}{2} G (1+b) + \frac{1}{3} G l_x + \frac{1}{2} x^2 (9-10)) dx}{EI} +$$

$$\int_{1+b-l_x}^1 \frac{(M_0 - \frac{1}{2} G (1+b) + \frac{1}{3} G l_x + \frac{1}{2} x^2 (9-10) - \frac{1}{6} p E_0 (x-1-b+l_x)^3) dx}{EI}$$

en deze doorbuiging is gelijk p . De aldus verkregen vergelijking geïntegreerd levert:

$$(M_0 - \frac{1}{2} G (1+b) + \frac{1}{3} G l_x) (1 + \frac{1}{6} (9-10) l^3) - \frac{1}{24} p E_0 (l_x - b)^4 = E I p;$$

Na invoering voor $p = \frac{2 G}{E_0 l_x^2}$ verkrijgt men:

$$[(M_0 - \frac{1}{2} G (1+b)) (1 + \frac{1}{6} (9-10) l^3) l_x^2 + \frac{1}{3} G l l_x^3 - \frac{1}{12} (l_x - b)^4] =$$

$$2 G \frac{EI}{E_0}, \text{ wat een vergelijking in den 4en graad is, waaruit de on-}$$

bekende l_x vrij gemakkelijk door probeeren kan worden gevonden.

Het gezochte moment M_m in M blijkt dan te zijn:

$$M_0 - \frac{1}{2} G (1+b) + \frac{1}{3} G l_x = M_0 - G (\frac{1}{2} l + \frac{1}{2} b - \frac{1}{3} l_x).$$

Uit deze uitkomst blijkt, dat de grootte van G op het ten slotte te vinden moment van grooten invloed is. Is G klein dan zal M_m niet zeer belangrijk van M_0 kunnen afwijken. Verder zij de

aandacht gevestigd op het feit, dat de verhouding $\frac{EI}{E_0}$ op de uitkomst van grooten invloed is, dat is dus de relatieve stijfheid van den vloer ten opzichte van de samendrukbaarheid van den bodem. Is de vloer stijf ($E I$ groot) en de bodem slap (E_0 klein), dan heeft l_x een groote waarde en wordt de invloed van het in rekening brengen der elasticiteit geringer. Als l_x een zoo groote waarde krijgt, dat l_x de grootte $1+b$ nadert, hetgeen ook van de grootte van G afhangt, wordt het minder zeker dat de beschreven berekeningswijze tot juiste uitkomsten leidt en doet men goed, behalve de verrichte berekening, ook de volgende berekeningswijze toe te passen waarbij de tegendruk van den grond wordt voorgesteld door een trapezium. In

figuur 4 zij de kromme $A''C''D''$ de werkelijke indrukingslijn van den grond, deze wordt benaderd door de rechte $A'''D'''$, welke rechte weer bepaald wordt door de voorwaarde, dat de hellingshoek van de lijn $A'''D'''$ gelijk wordt gesteld aan den werkelijken hellingshoek van den doorgebogen vloer in C.

Zij M_0 weer het moment in M bij gelijkmatig verdeelden tegendruk van den grond, dan is $M_m = M_0 - \frac{1}{12} p E_0 (1+b)^3$.

Op een afstand x uit M is het moment:

$$M_m + \frac{1}{2} (9-10) x^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{G}{1+b} - \frac{1}{2} p E_0 (1+b) \right) x^2 - \frac{1}{6} p E_0 x^3.$$

De doorbuiging van den vloer in het punt C is dan

$$\int_0^l \frac{[M_0 - \frac{1}{12} p E_0 (1+b)^3 + \frac{1}{2} (9-10) x^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{G}{1+b} - \frac{1}{2} p E_0 (1+b) \right) x^2 - \frac{1}{6} p E_0 x^3]}{EI} dx.$$

Deze doorbuiging gelijk aan p gesteld en de verkregen vergelijking geïntegreerd levert:

$$M_0 l - \frac{1}{12} p E_0 (1+b)^3 l + \frac{1}{6} (9-10) l^3 - \frac{1}{6} \left(\frac{G}{1+b} + \frac{1}{2} p E_0 (1+b) \right) l^3 - \frac{1}{24} p E_0 l^4 = EI p \text{ waaruit:}$$

$$p = \frac{M_0 l + \frac{1}{6} (9-10) l^3 - \frac{1}{6} \frac{G}{1+b} l^3}{EI + \frac{1}{12} E_0 (1+b)^3 l + \frac{1}{12} E_0 (1+b) l^3 + \frac{1}{24} E_0 l^4}.$$

Ook in dit geval blijkt de verhouding EI tot E_0 een grooten invloed te hebben op de berekening, als de waarde voor p in de waarde voor M_m wordt ingevoerd. Ook hier blijkt de grootte van G van invloed op de grootte van M_m .

De tweede berekeningsmethode levert minder betrouwbare benaderingen dan de eerste, doch behoeft in het algemeen slechts toegepast te worden als G groot is en de vloer stijf is.

Met behulp van de aangeduide berekeningswijzen werden de krommen gevonden, die in bijlage II zijn geteekend en die het verloop van het moment in het midden van den vloer voor een dwarsdoorsnede over de toekomstige sluis te IJmuiden aangeven

voor eenige belastingsgevallen van de drooggelegde sluis bij een toename van E_0 tot een groote waarde.

Voor $E_0 = 0$, dat is dus bij gelijkmatig verdeelden tegendruk van den grond, wordt het moment in M gelijk M_0 .

Bij aangroeiing van E_0 daalt het moment dadelijk aanzienlijk om ten slotte asymptotisch te naderen tot een minimum waarde, die bepaald kan worden door den geheelen tegendruk van den grond te doen aangrijpen in het verst uit de sluisas verwijderde punt van de dwarsdoorsnede, hetgeen practisch nooit bereikt zal worden.

De berekeningen van bijlage III betreffen de drooggelegde sluis, waarbij de totale tegendruk van den grond, dat is dus het overwicht van het sluisgebouw op den opwaartschen druk van het water, vrij klein is. Als die tegendruk in totaal zoo klein is als in het 2de geval van bijlage 3, heeft de wijze van verdeling van dien kleinen tegendruk over de breedte van den sluisvloer geen grooten invloed meer op het moment. Waar het nu juist voor dat moment gunstig is, als de muren in verhouding tot den vloer licht worden geconstrueerd, is het zeer goed mogelijk, dat inderdaad de totale tegendruk van den grond slechts klein zal zijn.

De verdeling van den totalen opwaartschen druk in waterdruk en gronddruk is niet zeker aan te geven, daar het volstrekt niet vaststaat, dat werkelijk de volle waterdruk tegen de onderzijde van den vloer zal heerschen.¹⁾

Indien dat niet het geval is, is het op grond van die onderstelling berekende moment te groot. Immers is in dat geval de totale tegendruk van den grond te klein genomen; met het grooter worden van den gronddruk en het kleiner worden van den gelijkmatig verdeelden waterdruk, wordt de verdeling van den totalen opwaartschen druk voor het moment gunstiger. Wanneer de sluis vol water is, is de totale tegendruk van den grond veel grooter dan bij drooggelegde sluis en dus ook de invloed van het in rekening brengen der elasticiteit. Bij $E_0 = 0$ is het moment M_0 ; met het toenemen van E_0 daalt het in sterkere mate dan bij drooggelegde sluis tot het 0 wordt en daarna positief. Als het moment echter

¹⁾ Zie „de Ingenieur” 1917 n°. 52. Ir. R. LOMAN. Een en ander omtrent den druk van het grondwater onder bouwwerken.

positief wordt, verandert de grondslag der berekening geheel; een groote positieve waarde kan het moment echter niet verkrijgen.

De verrichte berekeningen laten nog in verband met het opgemerkte over de verhouding $\frac{EI}{E_0}$ een merkwaardig licht vallen op de dikte, die aan den vloer moet worden gegeven. Des te stijver men den vloer maakt, des te grooter wordt ook het op te nemen moment. Een buigzame en dunnere vloer verdient dus de voorkeur boven een even sterken, maar dikkeren vloer; en ijzer of gewapend beton verdient dus in dat opzicht als bouwstof voor den vloer de voorkeur boven gewoon beton. Wanneer voor E_0 groote waarden mochten worden ingevoerd, zou het dikker maken van den vloer het moment zelfs zooveel grooter maken, dat de materiaalspanningen bij een dikken vloer zelfs grooter zouden kunnen worden dan bij een dunneren vloer van dezelfde bouwstof.

7. Bruikbaarheid voor de berekening van een sluisvloer van de theorie van evenredigheid tusschen indrukking en tegendrukking.

Tegen de toepassing van het beginsel van den elastischen grondslag blijkt in de eerste plaats een bezwaar te zijn dat, behalve de elastische zakkingen, ook blijvende zakkingen optreden.

Toch leert een zich verdiepen in hetgeen plaats kan hebben bij ontlasting na belasting en weer volgende belasting, dat de invloed der blijvende zakkingen op de verdeeling van den druk waarschijnlijk niet zoo heel belangrijk zal zijn, ten minste zoolang de blijvende zakkingen niet te groot worden tegenover de elastische zakkingen. Waar het ondervlak van een sluisvloer zeer groot is en de druk per c.M². betrekkelijk laag blijft en bij een groot oppervlak en een lage belasting de blijvende zakkingen in het algemeen gering zijn, mag wellicht verwacht worden, dat aan dit gestelde bij op den duur optredende belastingswisselingen wel wordt voldaan.

Behalve de blijvende zakkingen zijn de trage werkingen der elastische verplaatsingen een bezwaar. Zoolang n.l. een grondslag niet volledig is opgekomen of gezakt, kan een andere en ongunstiger spanningsverdeeling optreden dan de met de regels der elasticiteit berekende. Daar het grootste deel der elastische vormverandering echter vrij spoedig is verkregen en de wijzigingen in de belasting van het sluisgebouw toch ook niet zoo heel snel verlopen (men

denke b.v. aan het leegpompen van een sluishoofd) zal de afwijking ten gevolge van deze oorzaak ook niet overwegend behoeven te zijn. Een groot bezwaar is echter de onmogelijkheid om voor E_0 een eenigszins juiste waarde in te voeren. Uit de proeven is gebleken, dat E_0 afneemt met de toename in grootte van het belastingsoppervlak. Men kan voor de bepaling van E_0 niet anders doen dan het nemen van belastingsproeven en het is vrijwel ondoenlijk belastingsproeven te nemen met een oppervlak, dat in grootte het grondvlak van een sluishoofd nabijkomt. Waar de verandering van de grootte van het belaste oppervlak buiten de oppervlaktegrootten, die bij de proefnemingen gebruikt werden, een onbekenden invloed op E_0 heeft, is de bij het bouwwerk optredende E_0 echter niet uit belastingsproeven te vinden.

Bovendien kunnen daarbij sommige factoren, die bij het bouwwerk optreden, moeilijk in rekening worden gebracht, zooals b.v. de diepte van het belaste oppervlak onder het maaiveld. Op de draagkracht van den grond is deze factor van belangrijken invloed en misschien heeft hij ook invloed op de grootte van E_0 , waarvoor echter geen gegevens beschikbaar zijn.

Indien men zou aannemen, dat de waarde van E_0 afneemt in verhouding van de zijden van de oppervlakken, ook voor grootere oppervlakken, dan zou uit een gemiddelde van de cijfers der verichte proefnemingen voor een belast oppervlak van 100 M^2 , nog belangrijk kleiner dus dan genomen moet worden voor de toekomstige sluis te IJmuiden, een waarde voor E_0 volgen van slechts $0.2 \text{ K.G. per c.M}^3$.

De gemaakte berekeningen leeren, dat de voor E_0 aan te houden waarde beslissend is voor den invloed, die het al of niet in aanmerking nemen der elasticiteit heeft op de grootte van het moment in het midden van den vloer. Toch blijkt, dat zelfs bij zeer kleine E_0 's die invloed reeds belangrijk is en het werkelijke moment voor de beschouwde sluisdoorneden dus meestal wel niet meer zal bedragen dan ongeveer 80% van M_0 .

Waar echter de juiste waarde van E_0 niet is aan te geven en bij de onzekerheid der overige gegevens voor de berekening van het moment (grootte en richting van den gronddruk tegen den zijmuur en grootte van den opwaartschen waterdruk) een verschil van 20% in het moment toch niet van overwegend belang is,

heeft het geen zin de omslachtige berekening met inachtneming der grondelasticiteit uit te voeren, doch kan men practisch volstaan met de berekening van M_0 .

8. *Conclusies.*

Als conclusies van de verrichte proefnemingen en onderzoeken kunnen dus worden gesteld:

De waarde van E_0 is in sterke mate afhankelijk van de grootte van het belaste oppervlak, in dien zin, dat voor een groot belast oppervlak E_0 een kleine waarde verkrijgt. Ten gevolge van de kleine waarde, die E_0 verkrijgt voor groote oppervlakken in de eerste plaats en verder ten gevolge van de noodzakelijke onzekerheid omtrent de grootte van E_0 , de blijvende zakkingen, de trage nawerking der elasticiteit en de grootte van den totalen tegendruk van den grond, leidt toepassing van het bij den bovenbouw der spoorwegen gebruikte beginsel van evenredigheid tusschen druk en indrukking van den grondslag op een dwarsdoorsnede van een op staal gefundeerde sluis niet tot een betrouwbare, lagere waarde voor het moment in den sluisvloer dan verkregen wordt bij het gelijkmatig verdeeld in rekening brengen van den tegendruk van den grond. De gehouden beschouwingen zijn echter voor de beoordeeling van dat moment van waarde, voor zoover ze eenig inzicht geven in de mate van zekerheid, die het aanhouden van het moment M_0 voor den berekenden sluisvloer reeds op zich zelf biedt.

De Ingenieur van den Rijkswaterstaat,
C. WOLTERBEEK.

GERAADPLEEGDE LITTERATUUR.

G. HÄNTZSCHEL. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1888, 1889. Das Verhalten der Gleisbettung in statischer Beziehung nach den Versuchen der Reichseisenbahnen.

SCHUBERT. Zeitschrift für Bauwesen 1891. Belastungsversuche auf Eisenbahndämmen aus Sand.

A. WASIUTYNSKI. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1899, Ergänzungsheft. Beobachtungen über die elastischen Formänderungen des Eisenbahn-Gleises.

Dr. H. ZIMMERMAN. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 5er Teil, 3er Band. Berechnung des Oberbaues.

KURDJUMOFF. Zivil-Ingenieur 1892. Zur Frage des Widerstandes der Gründungen auf natürlichem Boden.

FÖPPL. Zentralblatt der Bauverwaltung 1897. Versuche über die Elastizität des Erdbodens.

FÖPPL. Festigkeitslehre. Stäbe auf nachgiebiger Unterlage.

FÖPPL. Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1er Teil, 3er Band. Die Tragfähigkeit des Baugrundes. Belastungsversuche.

ENGESSER. Zentralblatt der Bauverwaltung 1893. Zur Theorie des Baugrundes.

ENGESSER. Zentralblatt der Bauverwaltung 1900. Beanspruchung des Baugrundes bei den Widerlagern von Bogenbrücken.

SCHWEDLER. Zentralblatt der Bauverwaltung 1891. Eine Abhandlung über eisernem Oberbau.

L. BRENNECKE. Handbuch der Ingenieurwissenschaften 3er Teil, 8er Band. Berechnung der Schleusenkörper.

L. BRENNECKE. Zeitschrift für Bauwesen 1892. Ueber Berechnung und Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks.

G. GROMSCH. Zeitschrift für Bauwesen 1891. Ueber die Berechnung gemauerter Schleusen und Trockendocks.

A. FREUND. Zeitschrift für Bauwesen 1918. Berechnung von Schleusenboden nach der Elastizitätslehre.

A. FREUND. Beton und Eisen 1919. Theorie der gleichmäßig elastisch gestützten Körper.

O. FRANZIUS. Zeitschrift für Bauwesen 1908. Ueber die Berechnung von Trockendocks.

HACKSTROH. De Ingenieur 1903 n°. 12. Over den invloed van den grondwaterstand op het draagvermogen van zandbedden, over zandbedden in het algemeen en over belastingsproeven op die zandbedden.

R. LOMAN. De Ingenieur 1917 n°. 52. Een en ander omtrent den druk van het grondwater onder bouwwerken.

A. EEKHOFF. De Ingenieur 1918 n°. 19. Belastingsproeven op palen van gewapend beton en op staal in duingrond.

Prof. J. KLOPPER. Leerboek der Toegepaste Mechanica. IIe deel blz. 231 e. v. IIIe deel blz. 178 e. v.

J. RÉSAL. Poussée des Terres.

E. P. GOODRICH. American Society of Civil Engineers Vol. LIII 1904. Lateral Earth Pressures and related Phenomena.

W. CAIN. American Society of Civil Engineers 1905. Cohesion in Earth.

C. WOLTERBEEK. Belastingsproeven ter bepaling van de grondelasticiteit. De Ingenieur 1921 n°. 26.

BIJLAGE I. Proeven met oppervlak van 1000 c.M².

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
1	onbelast	0.	0.	0.	voet droog.
	10	0.39	0.6	0.6	
	onbelast	0.	0.3	0.3	
2	onbelast	0.	0.	0.3	15 uur later; voet droog.
	10	0.39	0.3	0.6	
	20	0.78	0.7	1.0	
	20	0.78	1.0	1.3	
	10	0.39	0.8	1.1	
	onbelast	0.	0.6	0.9	
3	onbelast	0.	0.	0.9	4 uur later; voet droog.
	10	0.39	0.3	1.2	
	20	0.78	0.5	1.4	
	30	1.17	0.9	1.8	
	40	1.56	1.3	2.2	
	40	1.56	1.4	2.3	
4	onbelast	0.	0.	1.5	13 uur later; voet 10 c.M. onder water.
	10	0.39	0.3	1.8	
	20	0.78	0.7	2.2	
	30	1.17	0.8	2.3	
	40	1.56	1.1	2.6	
	50	1.95	1.5	3.0	
	60	2.34	2.1	3.6	
	70	2.73	2.4	3.9	
	80	3.12	3.0	4.5	
	80	3.12	4.4	5.9	
	70	2.73	4.2	5.7	
	60	2.34	4.1	5.6	
	50	1.95	4.0	5.5	



Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
5	40	1.56	3.9	5.4	5 uur later; voet onder water.
	30	1.17	3.7	5.2	
	20	0.78	3.6	5.1	
	10	0.39	3.3	4.8	
	onbelast	0.	2.7	4.2	
	onbelast	0.	0.	3.5	
	10	0.39	0.4	3.9	
	20	0.78	0.6	4.1	
	30	1.17	0.8	4.3	
	20	0.78	0.7	4.2	
	10	0.39	0.5	4.0	
	onbelast	0.	0.2	3.7	
	onbelast	0.	0.	3.7	
	10	0.39	0.2	3.9	
	20	0.78	0.5	4.2	
6	30	1.17	0.7	4.4	17 uur later; voet onder water.
	40	1.56	0.9	4.6	
	50	1.95	1.1	4.8	
	50	1.95	1.4	5.1	
	onbelast	0.	0.4	4.1	
7	onbelast	0.	0.	3.8	5 uur later; voet onder water.
	10	0.39	0.4	4.2	
	20	0.78	0.7	4.5	
	30	1.17	0.9	4.7	
	40	1.56	1.1	4.9	
	50	1.95	1.3	5.1	
	60	2.34	1.6	5.4	
	70	2.73	1.9	5.7	

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
8	80	3.12	2.2	6.0	24 uur later; voet onder water.
	90	3.51	2.4	6.2	
	100	3.90	2.9	6.7	
	110	4.29	3.2	7.0	
	120	4.68	3.7	7.5	
	130	5.07	4.1	7.9	
	140	5.46	4.6	8.4	
	150	5.85	5.1	8.9	
	160	6.24	5.6	9.4	
	160	6.24	10.0	13.8	
	140	5.46	10.0	13.8	
	120	4.68	9.9	13.7	
	100	3.90	9.8	13.6	
	80	3.12	9.6	13.4	
	60	2.34	9.5	13.3	
	40	1.56	9.3	13.1	
	20	0.78	8.8	12.6	
	onbelast	0.	7.8	11.6	
	onbelast	0.	0.	11.5	24 uur later; voet onder water.
	10	0.39	0.3	11.8	
	20	0.78	0.6	12.1	
	30	1.17	0.8	12.3	
	40	1.56	1.0	12.5	
	50	1.95	1.2	12.7	
	40	1.56	1.1	12.6	
	30	1.17	1.0	12.5	
	20	0.78	0.8	12.3	
	10	0.39	0.6	12.1	
	onbelast	0.	0.3	11.8	
9	onbelast	0.	0.	11.6	24 uur later; voet onder water.

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
10	10	0.39	0.3	11.9	19 uur later; voet onder water.
	20	0.78	0.6	12.2	
	30	1.17	0.8	12.4	
	40	1.56	0.9	12.5	
	50	1.95	1.1	12.7	
	onbelast	0.	0.1	11.7	
	onbelast	0.	0.	11.6	
	10	0.39	0.3	11.9	
	20	0.78	0.6	12.2	
	30	1.17	0.7	12.3	
	40	1.56	0.9	12.5	
	50	1.95	1.2	12.8	
	60	2.34	1.3	12.9	
	70	2.73	1.5	13.1	
	80	3.12	1.8	13.4	
	100	3.90	2.2	13.8	
	120	4.68	2.9	14.5	
	140	5.46	3.5	15.1	
	160	6.24	4.0	15.6	
	180	7.02	4.9	16.5	
	200	7.80	6.3	17.9	
	220	8.58	8.0	19.6	
	230	8.97	9.0	20.6	24 uur later. Toestel scheef gezakt en rustend tegen de om- heining. Voet droog.
	230	8.97	13.5	25.1	
	70	2.73	12.5	24.1	
	onbelast	0.	10.5	22.1	

Proeven met oppervlak van 2500 c.M².

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
1	onbelast	0.	0.	0.	voet droog.
	25	0.39	2.0	2.0	
	onbelast	0.	0.7	0.7	
2	onbelast	0.	0.	0.7	24 uur later; voet onder water.
	25	0.39	1.4	2.1	
	50	0.78	2.0	2.7	
	25	0.39	1.5	2.2	
	onbelast	0.	0.3	1.0	
3	onbelast	0.	0.	1.0	foto (fig. 2) genomen. 24 uur later; voet droog.
	25	0.39	1.6	2.6	
	50	0.78	1.9	2.9	
	50	0.78	1.9	2.9	
	75	1.17	2.2	3.2	
	100	1.56	2.5	3.5	
	75	1.17	2.4	3.4	
	50	0.78	2.3	3.3	
	25	0.39	2.1	3.1	
	onbelast	0.	1.1	2.1	
4	onbelast	0.	0.	1.2	24 uur later; voet onder water.
	25	0.39	1.3	2.5	
	50	0.78	2.0	3.2	
	25	0.39	1.8	3.0	
	onbelast	0.	0.8	2.0	
5	onbelast	0.	0.	2.0	

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
6	25	0.39	1.0	3.0	24 uur later; voet onder water. 24 uur later; voet onder water. 24 uur later; voet droog.
	50	0.78	1.6	3.6	
	75	1.17	2.0	4.0	
	100	1.56	2.7	4.7	
	100	1.56	3.1	5.1	
	100	1.56	3.2	5.2	
	100	1.56	3.1	5.1	
	75	1.17	2.9	4.9	
	50	0.78	2.7	4.7	
	25	0.39	2.4	4.4	
	onbelast	0.	1.3	3.3	
	onbelast	0.	0.	3.3	24 uur later; voet droog. 24 uur later; voet droog.
	25	0.39	0.6	3.9	
	50	0.78	1.2	4.5	
	75	1.17	1.7	5.0	
	100	1.56	2.3	5.6	
	125	1.95	2.7	6.0	
	150	2.34	3.4	6.7	
	150	2.34	3.7	7.0	
	150	2.34	3.7	7.0	
	125	1.95	3.2	6.5	
7	100	1.56	3.2	6.5	24 uur later; voet droog.
	75	1.17	2.9	6.2	
	50	0.78	2.5	5.8	
	25	0.39	2.1	5.4	
	onbelast	0.	0.9	4.2	
7	onbelast	0.	0.	3.9	24 uur later; voet droog.
	25	0.39	1.0	4.9	
	50	0.78	1.6	5.5	

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
	75	1.17	2.1	6.0	
	100	0.78	2.6	6.5	
	75	1.17	2.5	6.4	
	50	0.78	2.2	6.1	
	25	0.39	1.8	5.7	
	onbelast	0.	0.7	4.6	
8	onbelast	0.	0.	2.9	eenigedagen later; voet droog.
	25	0.39	0.7	3.6	
	50	0.78	1.2	4.1	
	50	0.78	1.4	4.3	1 uur later; voet droog.
	25	0.39	1.0	3.9	
	onbelast	0.	0.2	3.1	



Proeven met oppervlak van 100 c.M².

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
1	onbelast	0.	0.	0.	voet droog.
	1	0.39	0.3	0.3	
	onbelast	0.	0.1	0.1	
2	onbelast	0.	0.	0.1	24 uurlater; voet droog.
	1	0.39	0.3	0.4	
	2	0.78	0.5	0.6	
	3	1.17	0.9	1.0	
	4	1.56	1.2	1.3	
	5	1.95	1.6	1.7	
	3	1.17	1.5	1.6	
	onbelast	0.	1.3	1.4	
	onbelast	0.	1.2	1.3	
3	onbelast	0.	0.	0.7	9 dagen later; voet onder water.
	1	0.39	0.2	0.9	
	2	0.78	0.5	1.2	
	3	1.17	0.6	1.3	
	4	1.56	0.9	1.6	
	5	1.95	1.2	1.9	
	6	2.34	1.4	2.1	
	4	1.56	1.3	2.0	
	2	0.78	1.2	1.9	
	onbelast	0.	1.1	1.8	
	onbelast	0.	0.9	1.6	
					24 uur later; voet onder water.

Proeven met oppervlak van 500 c.M².

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
1	onbelast	0.	0.	0.	voet droog.
	5	0.39	0.7	0.7	
	10	0.78	1.5	1.5	
	15	1.17	3.1	3.1	
	20	1.56	5.1	5.1	
	25	1.95	7.4	7.4	
	20	1.56	7.7	7.7	
	15	1.17	7.5	7.5	
	10	0.78	7.6	7.6	
	5	0.39	7.3	7.3	
	onbelast	0.	6.8	6.8	
2	onbelast	0.	0.	6.6	24 uur later; voet onder water.
	5	0.39	1.0	7.6	
	10	0.78	1.1	7.7	
	15	1.17	1.5	8.1	
	20	1.56	2.1	8.7	
	25	1.95	2.5	9.1	
	20	1.56	2.3	8.9	
	15	1.17	2.3	8.9	
	10	0.78	2.2	8.8	
	5	0.39	2.0	8.6	
	onbelast	0.	1.7	8.3	
3	onbelast	0.	0.	7.8	24 uur later; voet onder water.
	5	0.39	0.3	8.1	
	10	0.78	0.5	8.3	
	15	1.17	0.8	8.6	
	20	1.56	1.2	9.0	
	25	1.95	1.5	9.3	

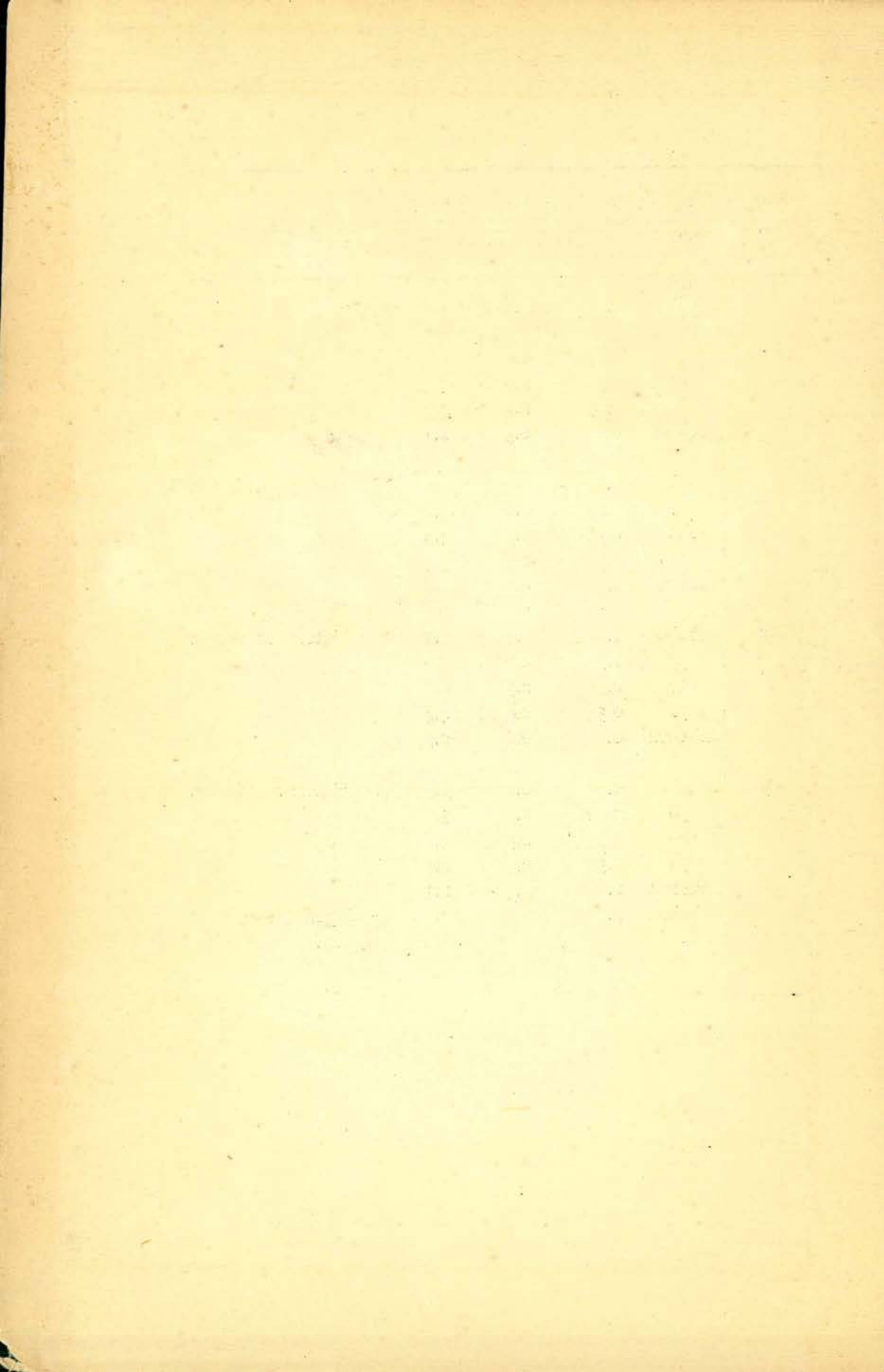
Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
4	20	1.56	1.3	9.1	24 uurlater; voet droog.
	15	1.17	1.2	9.0	
	10	0.78	1.0	8.8	
	5	0.39	1.0	8.8	
	onbelast	0.	0.5	8.3	
	onbelast	0.	0.	8.2	
	5	0.39	0.4	8.6	
	10	0.78	0.6	8.8	
	15	1.17	0.8	9.0	
	20	1.56	1.0	9.2	
	25	1.95	1.1	9.3	
	20	1.56	1.1	9.3	
	15	1.17	0.9	9.1	
	10	0.78	0.7	8.9	
	5	0.39	0.6	8.8	
	onbelast	0.	0.4	8.6	
	onbelast	0.	0.	8.5	
	5	0.39	0.3	8.8	
	10	0.78	0.6	9.1	
5	15	1.17	0.9	9.4	24 uurlater; voet droog.
	20	1.56	1.1	9.6	
	25	1.95	1.2	9.7	
	20	1.56	1.1	9.6	
	15	1.17	1.0	9.5	
	10	0.78	0.9	9.4	
	5	0.39	0.8	9.3	
	onbelast	0.	0.4	8.9	
	onbelast	0.	0.	9.3	
	5	0.39	0.3	9.6	
	10	0.78	0.5	9.8	
6	15	1.17	0.7	10.0	24 uurlater; voet droog.

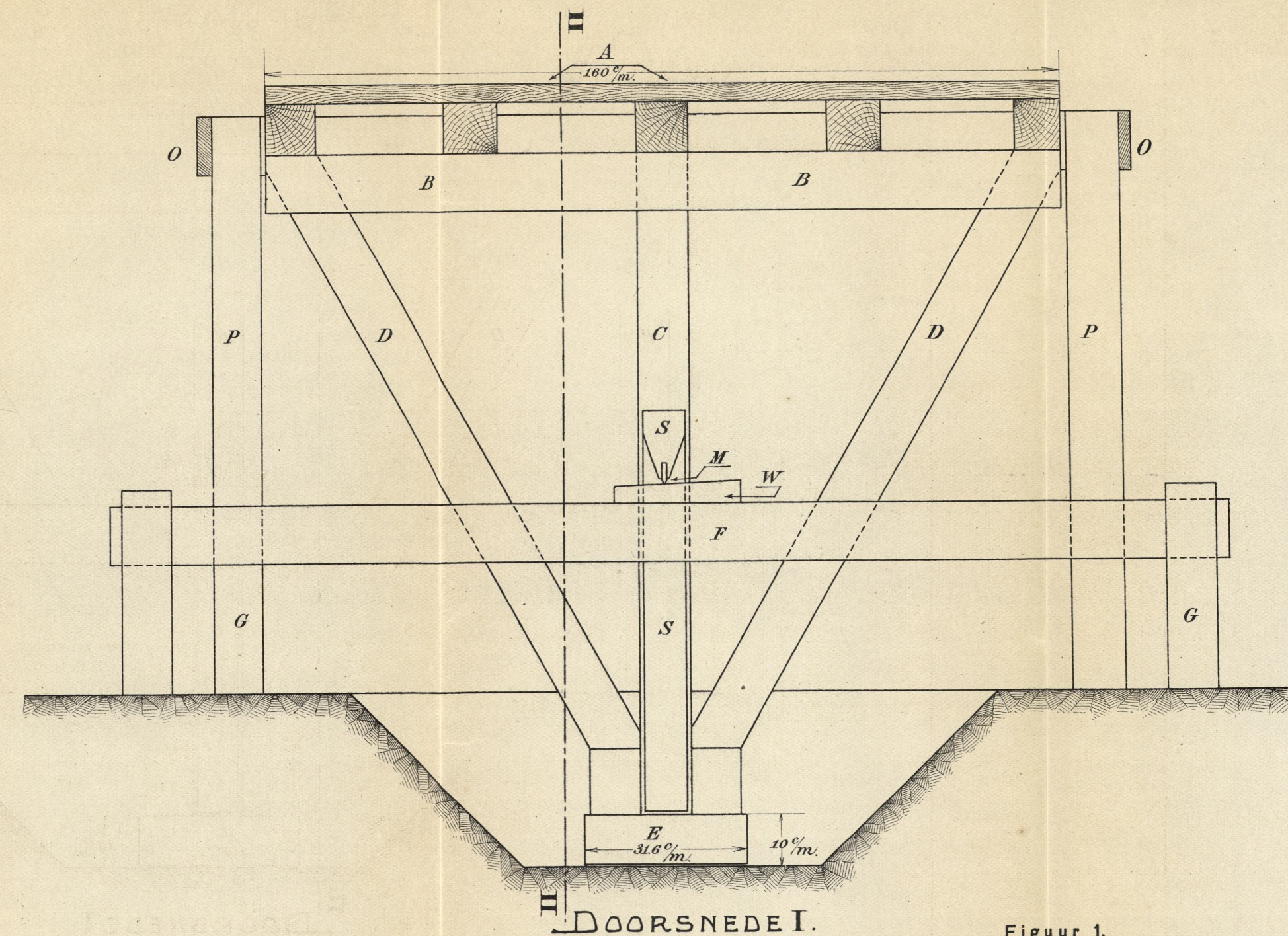
Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
	20	1.56	1.0	10.3	
	25	1.95	1.2	10.5	
	20	1.56	1.0	10.3	
	15	1.17	0.9	10.2	
	10	0.78	0.8	10.1	
	5	0.39	0.7	10.0	
	onbelast	0.	0.3	9.6	
7	onbelast	0.	0.	9.3	24uurlater; voetdroog.
	5	0.39	0.4	9.7	
	10	0.78	0.7	10.0	
	15	1.17	1.0	10.3	
	20	1.56	1.2	10.5	
	25	1.95	1.3	10.6	
	20	1.56	1.2	10.5	
	15	1.17	1.1	10.4	
	10	0.78	1.0	10.3	
	5	0.39	0.7	10.0	
	onbelast	0.	0.5	9.8	
8	onbelast	0.	0.	9.5	48uurlater; voetdroog.
	5	0.39	0.3	9.8	
	10	0.78	0.6	10.1	
	15	1.17	0.9	10.4	
	20	1.56	1.2	10.7	
	25	1.95	1.5	11.0	
	20	1.56	1.5	11.0	
	15	1.17	1.4	10.9	
	10	0.78	1.3	10.8	
	5	0.39	1.0	10.5	
	onbelast	0.	0.6	10.1	
	onbelast	0.	0.3	9.8	14 dagen later; voet droog.

Proeven met oppervlak van 5000 c.M².

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen
1	onbelast	0.	0.	0.	voet droog.
	50	0.39	2.8	2.8	
	100	0.78	4.5	4.5	
	50	0.39	4.1	4.1	
	onbelast	0.	2.0	2.0	
2	onbelast	0.	0.	1.7	24 uur later; voet onder water.
	50	0.39	1.8	3.5	
	100	0.78	3.1	4.8	
	50	0.39	1.6	4.3	
	onbelast	0.	0.6	2.3	
3	onbelast	0.	0.	1.9	24 uur later; voet onder water.
	50	0.39	1.9	3.8	
	100	0.78	3.0	4.9	
	50	0.39	2.4	4.3	
	onbelast	0.	0.5	2.4	
4	onbelast	0.	0.	1.9	24 uur later; voet onder water.
	50	0.39	1.8	3.7	
	100	0.78	2.7	4.6	
	50	0.39	2.3	4.2	
	onbelast	0.	0.5	2.4	
5	onbelast	0.	0.	2.0	24 uur later; voet onder water.
	50	0.39	1.8	3.8	
	100	0.78	2.5	4.5	
	50	0.39	2.3	4.3	
	onbelast	0.	0.3	2.3	

Num- mer van de proef.	Belas- ting aantal paaltjes.	Druk in K.G. per c.M ² .	Zakking in m.M.	Totale zakking in m.M.	Aanteekeningen.
6	onbelast	0.	0.	1.9	24 uur later; voet onder water.
	50	0.39	1.7	3.6	
	100	0.78	2.6	4.5	
	50	0.39	2.1	4.0	
	onbelast	0.	0.3	2.2	
7	onbelast	0.	0.	2.0	48 uurlater; voet droog.
	50	0.39	2.0	4.0	
	100	0.78	2.9	4.9	
	50	0.39	2.4	4.4	
	onbelast	0.	0.4	2.6	
8	onbelast	0.	0.	2.1	24 uur later; voet droog.
	50	0.39	1.9	4.0	
	100	0.78	2.7	4.8	
	50	0.39	2.3	4.4	
	onbelast	0.	0.6	2.7	
9	onbelast	0.	0.	1.9	48 uurlater; voet droog.
	50	0.39	1.9	3.8	
	100	0.78	2.7	4.6	
	50	0.39	2.4	4.3	
	onbelast	0.	0.4	2.3	
	onbelast	0.	—	1.4	14 dagen later; voet droog.



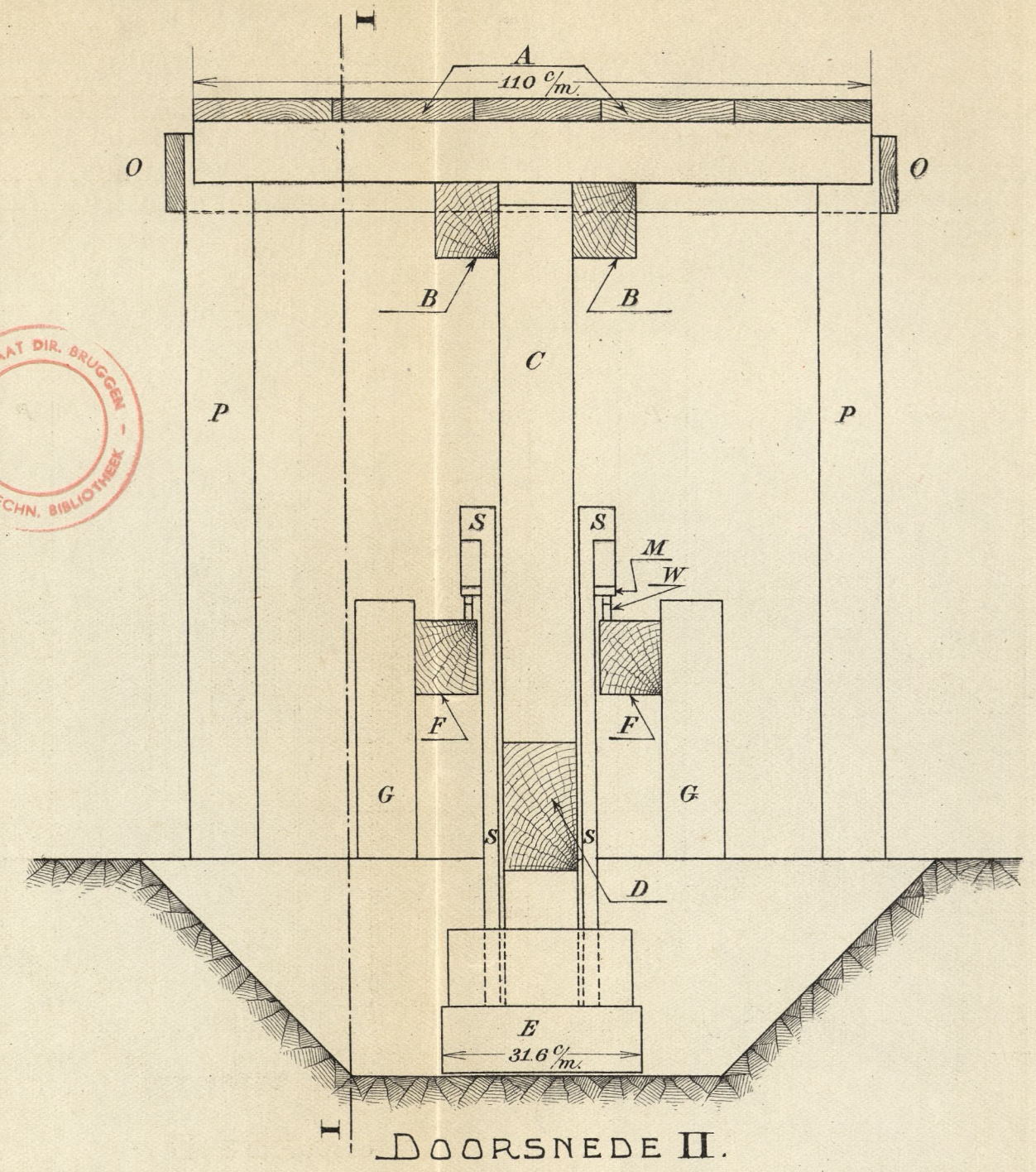


DOORSNEDE I.

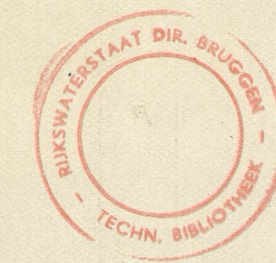
Figuur 1.

TOESTEL VOOR HET VERRICHTEN VAN BELASTINGSPROEVEN.

BELASTINGSOPPERVLAK 1000 c.M².



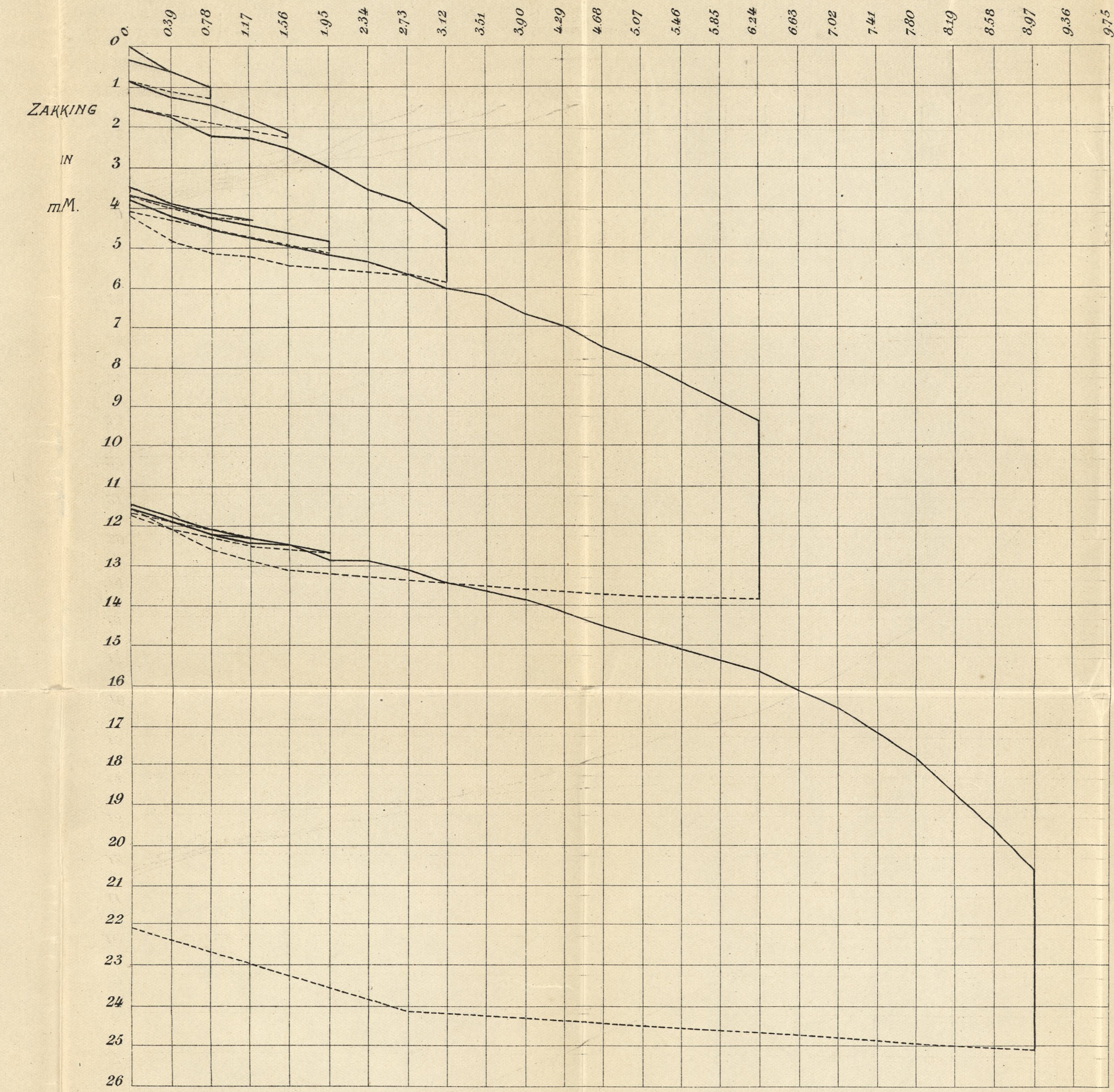
DOORSNEDE II.



DI: 34470-II 99301489

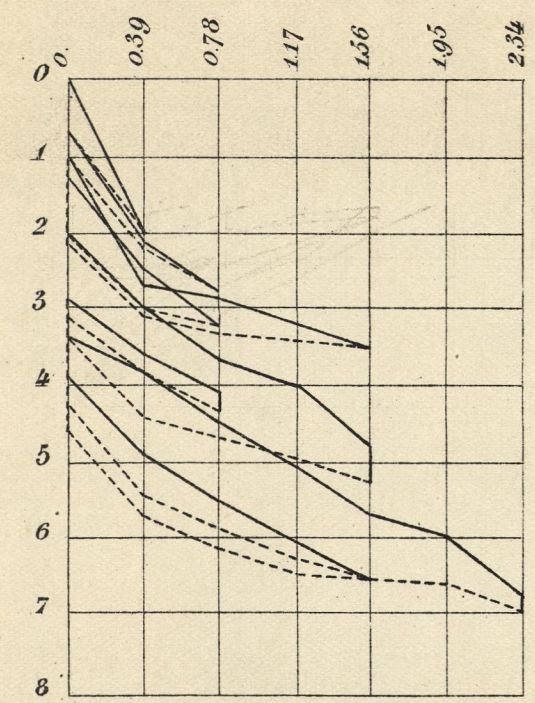
OPPERVLAK 1000 cM²

BELASTING IN K.G. PER cM²

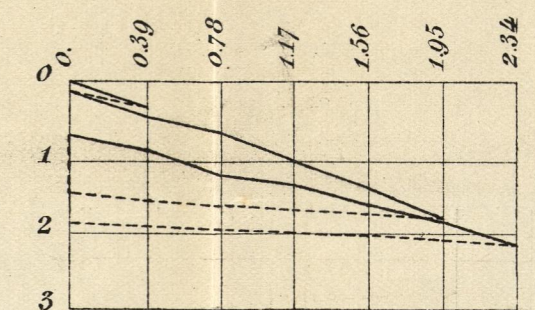


OPPERVLAK 1000 cM²

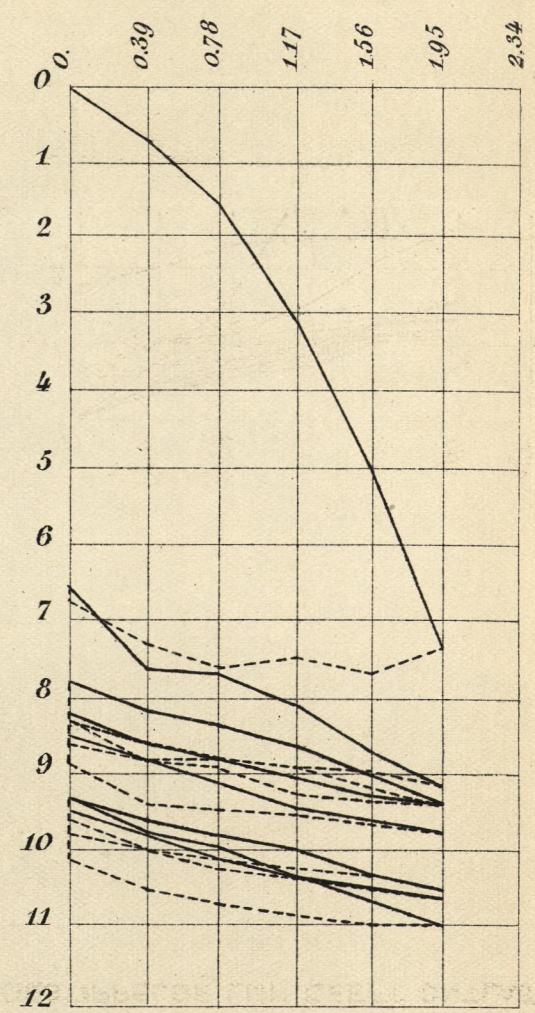
OPPERVLAK 2500 cM²



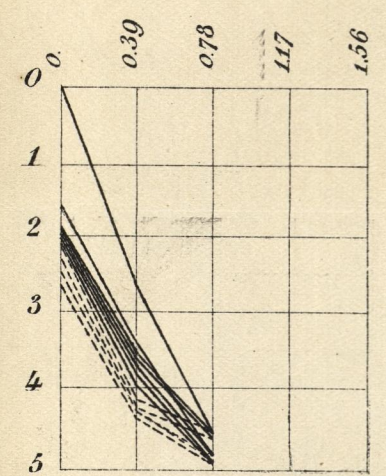
OPPERVLAK 100 cM²



OPPERVLAK 500 cM²



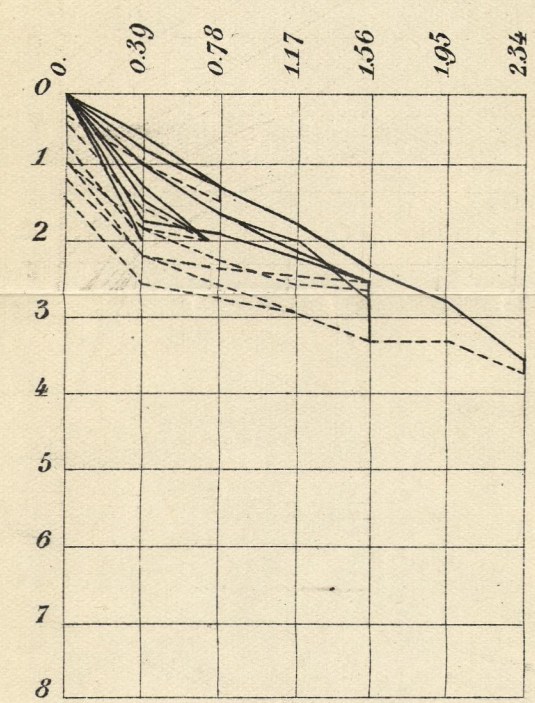
OPPERVLAK 5000 cM²



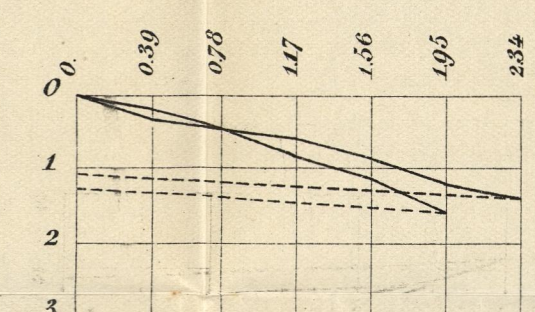
GRAFISCHE VOORSTELLING VAN DE UITKOMSTEN DER PROEFBELASTINGEN.

LANGS X-AS UITGEZET = DRUK IN K.G./cM².
" Y-AS " = ZAKKING IN m.M.

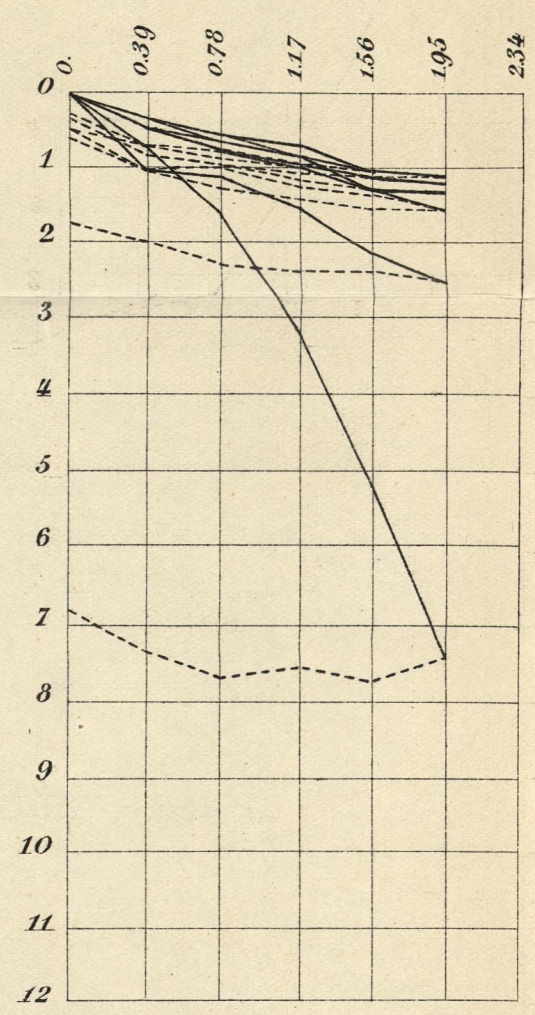
GETROKKEN LIJN GEEFT BELASTING AAN.
GESTIPPELDE LIJN GEEFT ONTLASTING AAN.



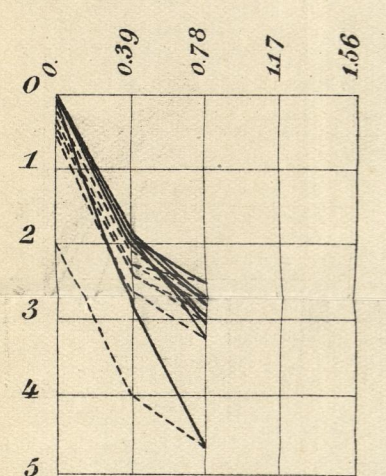
OPPERVLAK 2500 cM²



OPPERVLAK 100 cM²



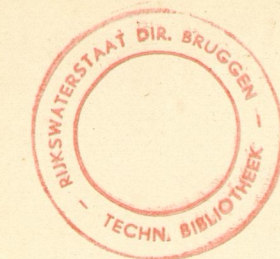
OPPERVLAK 500 cM²



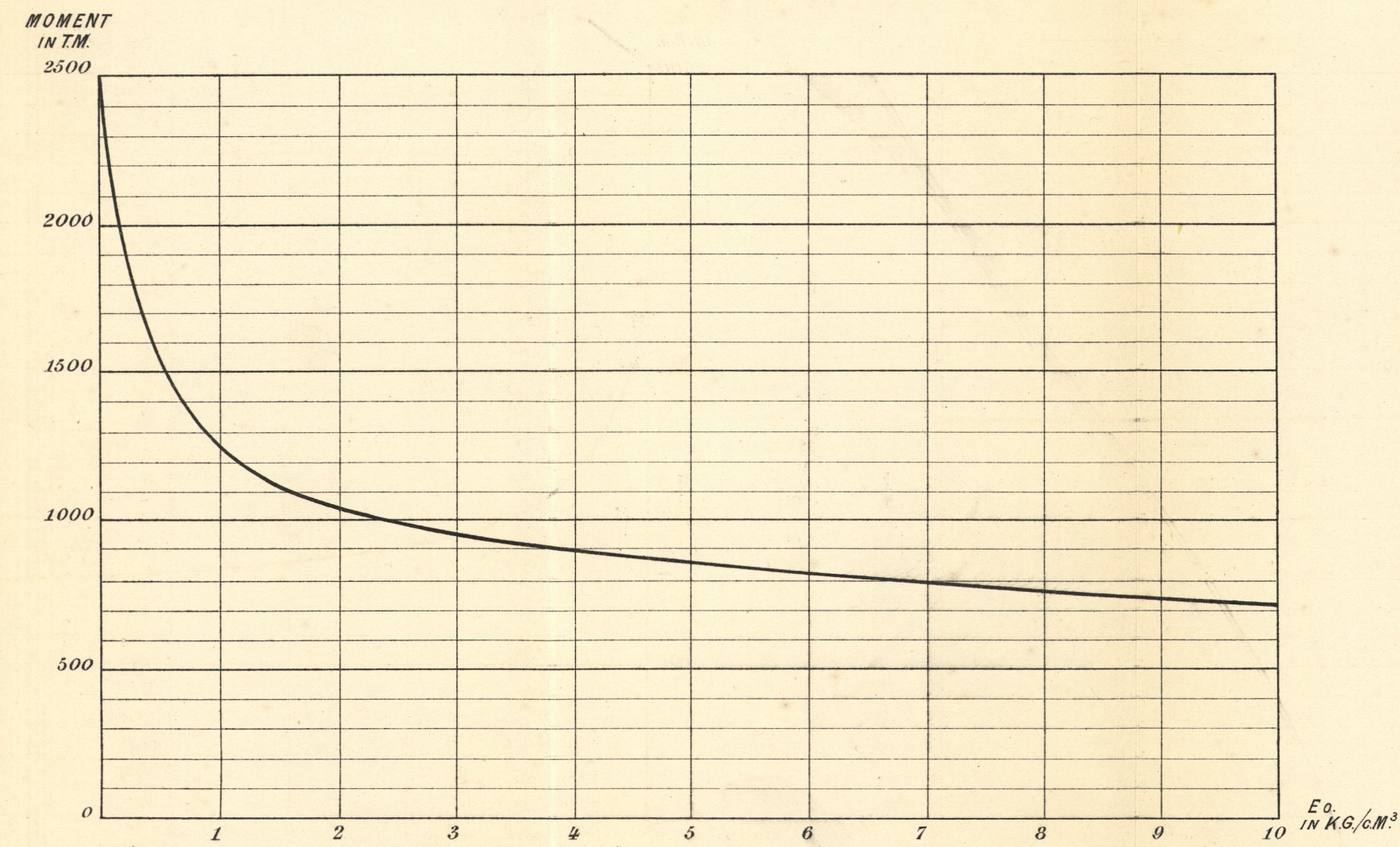
OPPERVLAK 5000 cM²

VERLOOP VAN DE GROOTTE VAN HET MOMENT IN HET MIDDEN VAN DEN VLOER BIJ WISSELENDE E_0 .

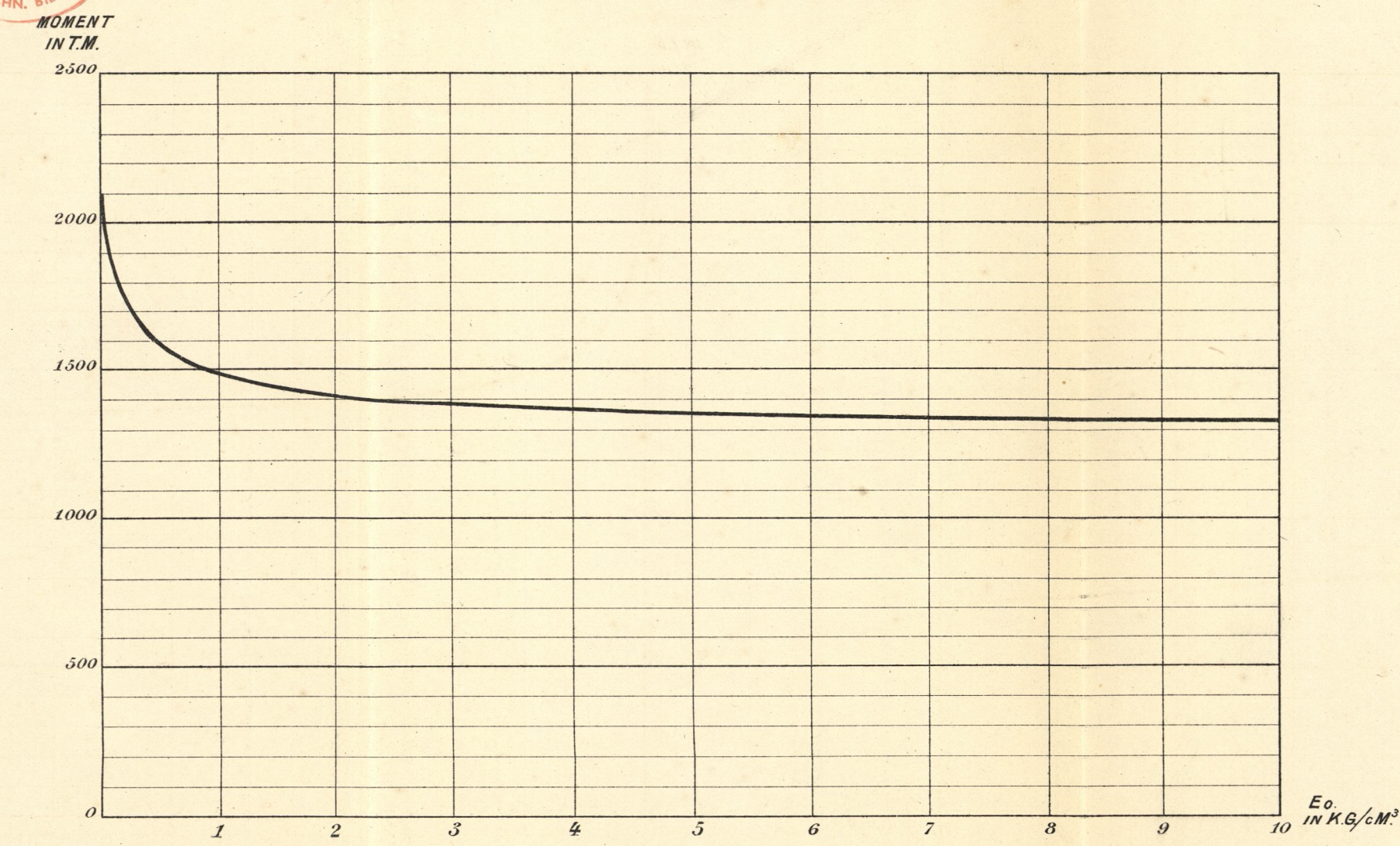
VOOR 3 BELASTINGSGEVALLEN BIJ DROOGGELEGDE SLUIS.



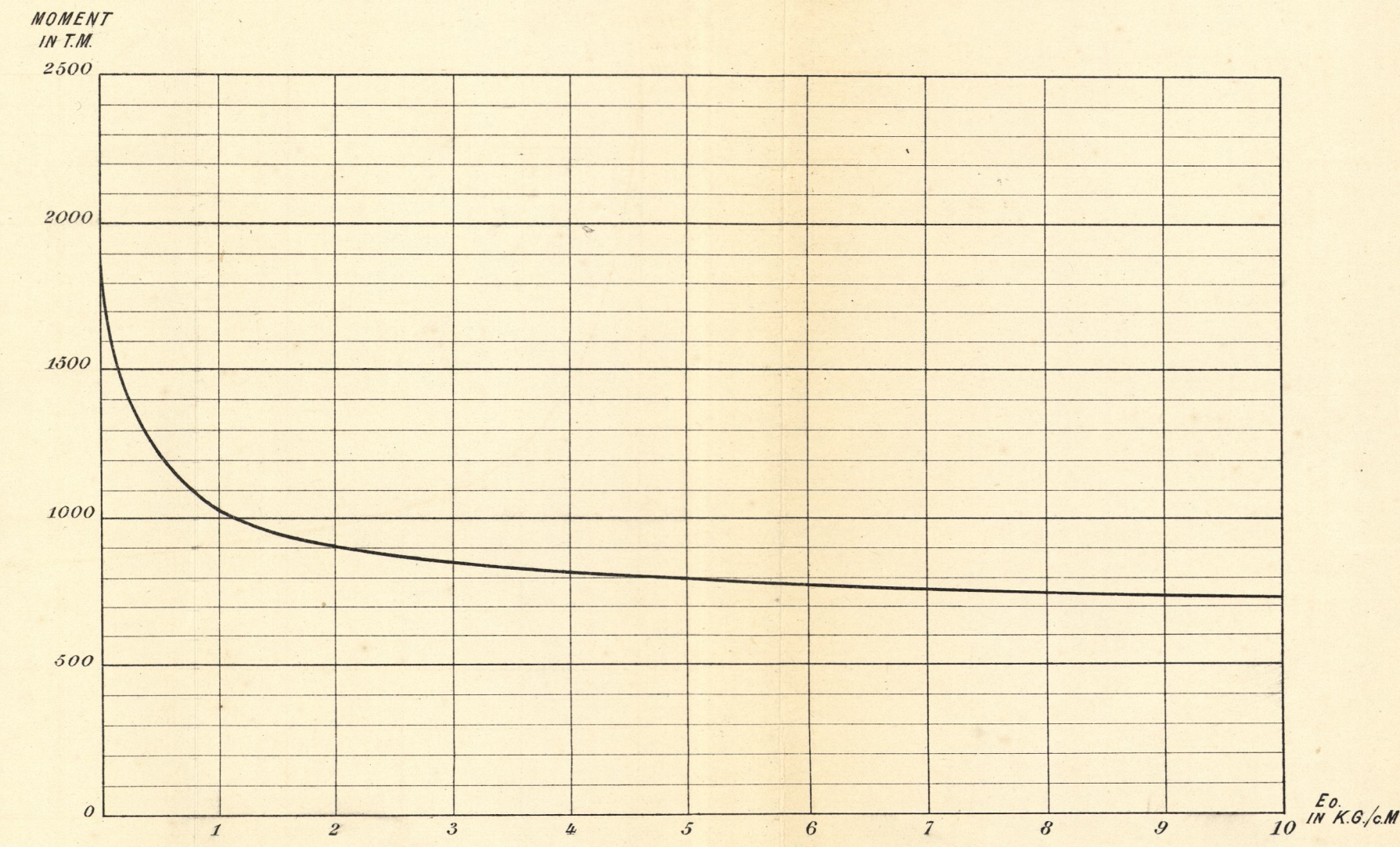
TOTALE TEGENDRUK GROND 141,5 T.

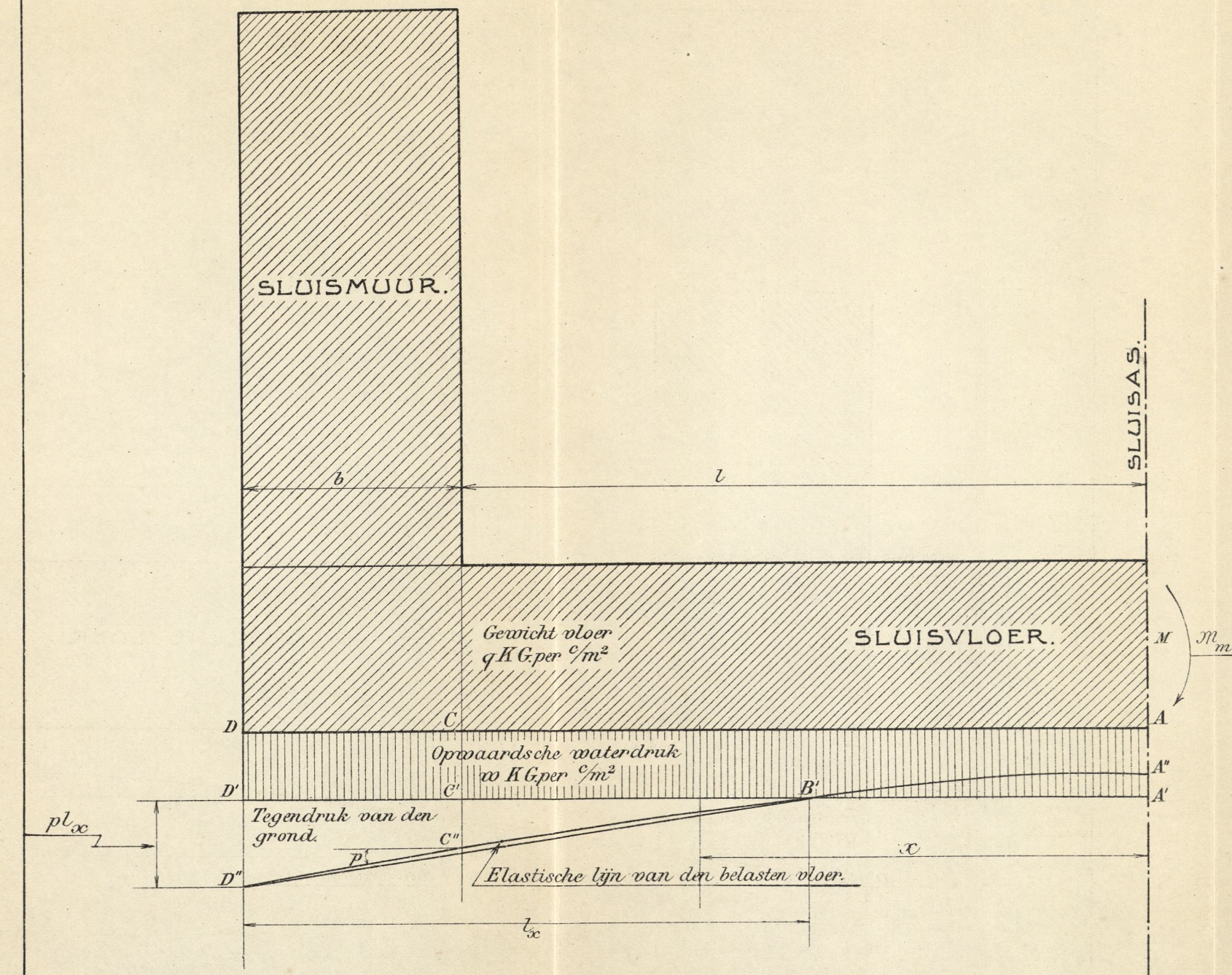


TOTALE TEGENDRUK GROND 54,T.

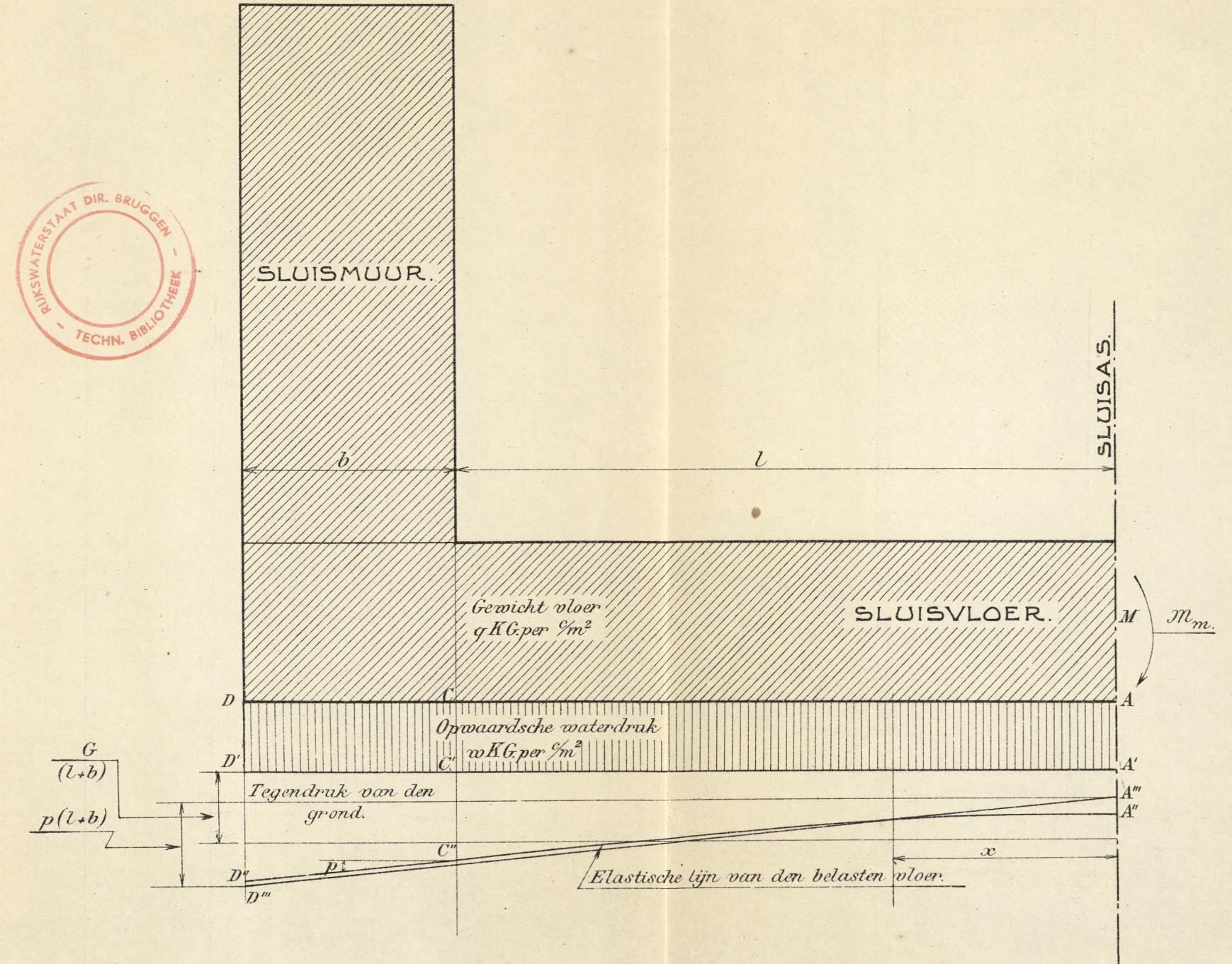


TOTALE TEGENDRUK GROND 87,T.





Figuur 3. TEGENDRUK VAN DEN GROND
VOORGESTELD DOOR EEN DRIEHOEKIGE FIGUUR.



Figuur 4. TEGENDRUK VAN DEN GROND
VOORGESTELD DOOR EEN TRAPEZIUM.

DI : 34470-II