

I 28 a

RIKSWATERSTAAT  
ROR TEN EN MEDE-  
DEELINGEN VAN DEN  
RIJKSWATERSTAAT.

Nº. 28.

INHOUD:

VERSLAG VAN EEN STUDIEREIS NAAR DUITSCH-  
LAND, WELKE VOOR EEN BEZOEK AAN DE  
OOST-FRIESCHE WADDENEILANDEN EN DE  
ZEEARMEN EEMS EN JADE IN MEI EN JUNI 1931  
WERD ONDERNOMEN.



RIJKSUITGEVERIJ  
DIENST VAN DE  
NEDERLANDSCHE  
STAATSCOURANT

I · 9 · 3 · 3

UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE VAN WATERSTAAT.  
LANDSDRUKKERIJ — 'S-GRAVENHAGE.

Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
Bibliotheek

B-2745 440

Prijs f 2,50.

N.

B

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.

B

# RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATERSTAAT.

No. 28.

**Rijkswaterstaat**

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
Bibliotheek (Den Haag)

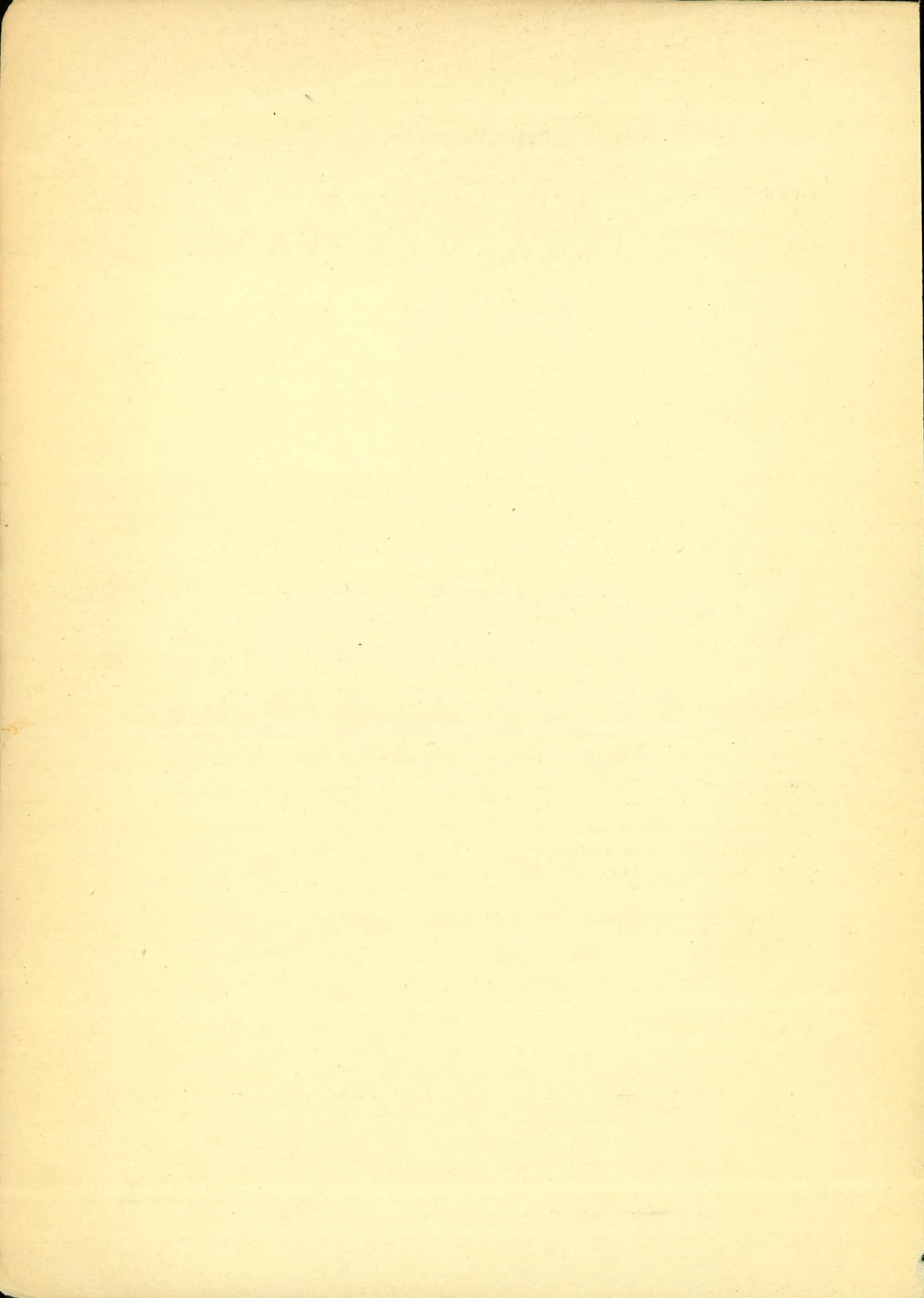
B-2745 440

- I. INLEIDING, OPGEMAAKT DOOR DEN HOUT-  
VAN DEN RIJKSWATERSTAAT Ir. J. F. ...
- II. VERANDERINGEN IN HET OOST-FRIE-  
GEBIED EN HUNNE BESTUDEERING, OPGEMAAKT  
DOOR DEN INGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT  
Ir. I. L. KLEINJAN.
- III. DE STRANDVERDEDIGINGSWERKEN OP DE OOST-  
FRIESCHE WADDENEILANDEN, OPGEMAAKT DOOR DEN  
INGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT Ir. J. H. VAN  
DER BURGT.
- IV. DE WERKEN TOT VERBETERING VAN DE BEVAAR-  
BAARHEID VAN DE EEMS, OPGEMAAKT DOOR DEN  
INGENIEUR VAN DEN RIJKSWATERSTAAT Ir. J. H. VAN  
DER BURGT.
- V. WAARNEMINGEN EN HUN BEWERKING, OPGEMAAKT  
DOOR DEN INGENIEUR BIJ DE ZUIDERZEEWERKEN  
Ir. J. P. MAZURE.

---

UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE VAN WATERSTAAT.

---



# INHOUD.

Blz.

## HOOFDSTUK I. — INLEIDING.

1. Aanleiding tot het bezoek . . . . .	6
2. Deelneming aan het bezoek . . . . .	6
3. Omschrijving van het doel . . . . .	7
4. Organisatie van de diensten in Duitschland; personen . . . . .	7
5. Verloop van de reis . . . . .	8
6. Enkele beschouwingen . . . . .	8
7. Dank aan de Duitsche autoriteiten . . . . .	11

## HOOFDSTUK II. — VERANDERINGEN VAN HET OOST-FRIESCHE KUSTGEBIED EN HUNNE BESTUDEERING.

1. Algemeene inleiding . . . . .	12
2. Iets over het ontstaan van het betrokken kustgebied . . . . .	12
3. Tegenwoordige toestand en veranderingen van den laatsten tijd . . . . .	13
<i>a.</i> Algemeen;	
<i>b.</i> Gebied van Wangeroog, Minsener Old Oog en de Jade;	
<i>c.</i> De overige Oost-Friesche eilanden.	
4. Nabeschouwing . . . . .	23

## HOOFDSTUK III. — DE STRANDVERDEDIGINGSWERKEN OP DE OOST-FRIESCHE WADDENEILANDEN.

1. Inleiding . . . . .	26
2. Strandhoofden . . . . .	27
3. Parallelwerken . . . . .	31
4. Beschouwingen over de keuze der constructie van strandhoofden en parallelwerken . . . . .	35
5. Werken op Minsener Old Oog . . . . .	36
6. Duinen . . . . .	36

## HOOFDSTUK IV. — DE WERKEN TER VERBETERING VAN DE BEVAARBAARHEID VAN DE EEMS . . . . .

## HOOFDSTUK V. — WAARNEMINGEN EN HUN BEWERKING.

1. Inleiding . . . . .	40
------------------------	----

	Blz.
2. Loodingen . . . . .	40
<i>a.</i> Instrumenten;	
<i>b.</i> Methode van waarnemen;	
<i>c.</i> Verwerking der gegevens;	
<i>d.</i> Vergelijking met Nederlandsche toestanden.	
3. Waterstandswaarnemingen . . . . .	45
<i>a.</i> Instrumenten;	
<i>b.</i> Organisatie;	
<i>c.</i> Vergelijking met Nederlandsche toestanden.	
4. Stroommetingen . . . . .	48
<i>a.</i> Instrumenten;	
<i>b.</i> Methode van waarnemen;	
<i>c.</i> Verwerking der gegevens;	
<i>d.</i> Vergelijking met Nederlandsche methoden.	
5. Diverse waarnemingen . . . . .	53
<i>a.</i> Zandtransport;	
<i>b.</i> Soortelijk gewicht en zoutgehalte;	
<i>c.</i> Luchtfoto's.	
6. Laboratoriumproeven . . . . .	55
<i>a.</i> Inrichting van het laboratorium;	
<i>b.</i> Werkmethoden;	
<i>c.</i> Beschouwingen in verband met Nederlandsche toestanden.	

LIJST VAN GEBEZIGDE LITERATUUR . . . . . 58

BIJLAGEN:

1. Het Waddengebied van Marsdiep tot Wezer.
2. Geologische kaart van het Oost-Friesche kustgebied.
3. Stroomdrijvingen in den mond van de Jade en de Wezer.
4. Fig. 1. Ligging van Wangeroog in 1667, 1793, 1869 en 1928.  
     „ 2. Veranderingen van Wangeroog en Minsener Old Oog van 1790 tot 1908.  
     „ 3. Trekken der zandbanken voor het westen van Wangeroog van 1879 tot 1894.
5. Verplaatsingen op het voorstrand van Wangeroog van 1908 tot 1909.
6. Ontstaan van de Jade, den Jadeboezem en omgeving.

7. Het gebied der Auszen-Jade van 1859 tot 1909.
8. De Jadeboezem met zuidelijk gedeelte van de Jade.
9. Situatie der strandverdedigingswerken op de Oost-Friesche Waddeneilanden.
10. Strandhoofden op de Oost-Friesche Waddeneilanden. Dwarsprofielen.
11. Strandhoofd n°. 4 op Borkum.
12. Staat, aangevende de constructie en de kosten van aanleg der strandhoofden nos. 1 tot en met 7 op Borkum.
13. Parallelwerken op de Oost-Friesche Waddeneilanden. Dwarsprofielen.
14. Duinvorming op de Oost-Friesche Waddeneilanden.
15. De mond van de Eems.
16. Fig. 1. Sleeplood; werkwijze en details constructie.  
 „ 2. Pneumatische peilschaal te Norderney. Schets.  
 „ 3. Soort en plaats der peilschalen in het Oost-Friesche kustgebied.  
 „ 4. Stroommeter van Rauschelbach. Perspectivische schets.  
 „ 5. Zandvanger. Schets.  
 „ 6. Waterbouwkundig laboratorium Wilhelmshaven.  
 „ 7. Route van de studiereis in het Oost-Friesche kustgebied.
17. Fotoblad n°. I — Opnamen 1 t/m 6.
18. „ „ II — „ 7 t/m 12.
19. „ „ III — „ 13 t/m 18.
20. „ „ IV — „ 19 t/m 24.
21. „ „ V — „ 25 t/m 30.
22. „ „ VI — „ 31 t/m 35.
23. „ „ VII — „ 36 t/m 40.

# HOOFDSTUK I.

## INLEIDING.

### I. AANLEIDING TOT HET BEZOEK.

Uit de Deutsche technische literatuur blijkt, dat in het Oost-Friesche Waddengebied met inbegrip van de zeearmen van Eems en Jade meer beteekenende werken zijn tot stand gebracht dan — afgezien van de werken tot afsluiting der Zuiderzee en de oeververdedigingswerken langs het Heldersche zeegat — in het Nederlandsche Waddengebied met inbegrip der bijbehorende zeegaten. Ook zijn in de technische en wetenschappelijke Deutsche literatuur studies omtrent bedoeld gebied gepubliceerd, terwijl bekend mag worden verondersteld, dat het interessante waterbouwkundig laboratorium te Wilhelmshaven, hetwelk onder leiding van den Ober-Marinebaurat Dr. h.c. W. KRÜGER staat, in het bijzonder aan een deel der bovenbedoelde werken dienstbaar is.

Een en ander deed verwachten, dat een bezoek aan bedoeld Waddengebied met inbegrip van de genoemde zeearmen en aan het genoemde laboratorium, alsmede gedachtenwisseling met de leiders van studies en werken van veel belang zou kunnen zijn voor den dienst der Zuiderzeewerken, den Studiedienst der Zeearmen en Benedenrivieren en voor den dienst in het arrondissement Hoorn van de directie Noord-Holland.

Door den eerstaanwezend ingenieur der Zuiderzeewerken, ir. J. TH. THIJSSSE, werd daarom over een zoodanig bezoek in correspondentie getreden met Dr. KRÜGER, die bereid bleek ons te ontvangen, de gewenschte voorlichting in zijnen dienst te geven en ons te introducereen bij zijn collega's in andere diensten.

### 2. DEELNAME AAN HET BEZOEK.

Toen in Mei 1931 het tijdstip voor den aanvang van de reis was aanbroken, was ir. THIJSSSE verhinderd om mee te gaan en ging in zijn plaats de ingenieur bij de Zuiderzeewerken ir. J. P. MAZURE mede. Behalve dezen bestond het reisgezelschap uit irs. J. H. VAN DER BURGT en I. L. KLEINJAN, ingenieurs van den Rijkswaterstaat, resp. in het arrondissement Hoorn van de directie Noordholland en bij den Studiedienst der Zeearmen en Benedenrivieren, en uit den ondergeteekende.

Ir. MAZURE, ir. KLEINJAN en de ondergeteekende gingen per trein naar Wilhelmshaven en troffen daar ir. VAN DER BURGT, die met de motorboot Noordholland over de Oost-Friesche Wadden en de Jade ter plaatse was gekomen. Gezamenlijk werd met genoemde motorboot de reis gedaan over de Oost-Friesche Wadden naar Delfzijl, van waar allen, behalve ir. VAN DER BURGT per trein huiswaarts keerden. Ir. VAN DER BURGT bezocht nog Emden en de jaarvergadering van de Hafenbautechnische Gesellschaft, welke daar werd gehouden en nam deel aan een excursie van die vereeniging naar Borkum. Daarna keerde hij met de motorboot Noordholland over de Groninger Wadden terug.



### 3. OMSCHRIJVING VAN HET DOEL.

De studiereis werd ondernomen ten einde door eigen aanschouwing een algemeenen indruk te krijgen van de zeearmen Eems en Jade en het daartusschen gelegen kustgebied en om — mede door gedachtenwisseling met de Duitsche deskundigen — op de hoogte te komen van de vraagstukken, welke zich daar voordoen bij het in stand houden van de vaarwegen in die zeearmen en het verdedigen van de bedoelde kuststrook, van de wijze van bestudering en oplossing dier vraagstukken en van de organisatie der betrokken diensten.

### 4. ORGANISATIE VAN DE DIENSTEN IN DUITSCHLAND; PERSONEN.

Alvorens een beknopt overzicht van het beloop der reis te geven, moge de ondergeteekende iets mededeelen omtrent de organisatie van de Duitsche diensten, waarmede aanraking werd verkregen. Zij ressorteeren ten deele onder de Rijksregering, ten deele onder de Landsregering van Pruisen.

I. Onder den *Rijksdienst* ressorteeren de Jade met boezem, het Waddeneiland Wangeroog en het strandeiland Minsener Old Oog, alle behorende tot het gebied van Oldenburg; zij maken deel uit van het *Hafen- und Strombauressort der Marinewerft Wilhelmsbaven*.

Aan het hoofd van dit ressort staat Direktor A. ECKHARDT.

De *Strombauabteilung* van het ressort wordt geleid door Ober-Marinebaurat Dr. h. c. W. KRÜGER.

Diens medewerkers zijn: Baurat H. JOHANNIGMANN, die in hoofdzaak het toezicht op en de leiding van de in uitvoering zijnde werken heeft en Dipl. Ing. Dr. KARL LÜDERS voor de wetenschappelijke vraagstukken en het laboratorium.

II. Onder de *Landsregering* ressorteert het overige gebied, voor zooveel het territoriaal tot Pruisen behoort; het staat onder den

Oberregierungs- und Oberbaurat H. KRANZ te Aurich en is ingedeeld in tweeën, t.w.:

a. het *Wasserbauamt Norden* — waartoe behooren de Waddeneilanden Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog en Spiekeroog — onder leiding van Regierungs- und Baurat J. GAYE, die o.a. bijgestaan wordt door:

Regierungsbaumeister F. WALTHER te Norderney, die behalve dit eiland ook Juist en Baltrum onder zijn beheer en op elk eiland een Techniker te zijner beschikking heeft en

Bautechniker MÖBIUS te Spiekeroog, tot wiens dienstkring behalve dit eiland ook Langeoog behoort;

b. het *Wasserbauamt Emden*, waaronder de Eems en het Waddeneiland Borkum ressorteeren en hetwelk staat onder leiding van

Regierungs- und Baurat Dr. Ing. PFEIFFER, die wordt bijgestaan door de Regierungsbauräte HIBBEN en KOWALSKY, beiden te Emden.

## 5. HET VERLOOP VAN DE REIS.

De door de motorboot Noordholland in het Waddengebied en de genoemde zeearmen afgelegde reis is in fig. 7 van bijlage 16 aangegeven.

Het verloop van de gezamenlijke reis, welke te Wilhelmshaven aanving, was als volgt:

31 *Mei*. Samenkomst te Wilhelmshaven. 's Avonds bespreking met Dr. KRÜGER, waarbij deze een algemeene inleiding gaf in verband met de te bezichtigen werken; aan deze bespreking namen ook deel de heeren JOHANNIGMANN en LÜDERS.

1 *Juni*. Bezichtiging van den vangdam in den Jadeboezem. Voordracht van Dr. KRÜGER over het onderzoek van het Jadegebied en de verdediging van Minsener Old Oog en Wangeroog.

Bezoek aan het waterbouwkundig laboratorium.

Beleefdheidsbezoek aan den chef van de oorlogshaven Vice-admiraal EICHEL en aan Direktor ECKHARDT.

's-Middags vertrek naar Minsener Old Oog. Bezoek aan het stroommetingsvaartuig. Bezichtiging van de verdedigingswerken op Minsener Old Oog. Tocht met het peilvaartuig naar Wangeroog, waar overnacht werd.

2 *Juni*. Bezichtiging van de strand- en duinverdedigingswerken op Wangeroog na een inleidende voordracht van Dr. KRÜGER.

Vertrek naar Langeoog, waar overnacht werd.

3 *Juni*. Kort bezoek aan Langeoog.

's-Middags vertrek naar Baltrum. Bezoek aan dit eiland onder leiding van Regieringsbaumeister WALTHER, die een voordracht hield over de strand- en duinverdedigingswerken op Baltrum, Norderney en Juist en over de bestudeering en het onderzoek van de zandverplaatsingen en de getijbeweging. Bezichtiging van de werken op Baltrum.

Vertrek naar Norderney, waar overnacht werd.

4 *Juni*. Bezichtiging der werken op Norderney onder leiding van den heer WALTHER.

Ontmoeting en bespreking met Regierungs- und Baurat J. GAYE.

's-Middags vertrek naar Borkum.

Bezichtiging van de werken op dit eiland.

's-Avonds vertrek naar Delfzijl.

5 *Juni*. Terugreis per spoor van irs. MAZURE en KLEINJAN en den ondergeteekende.

## 6. ENKELE BESCHOUWINGEN.

Voor het overige verwijzende naar de volgende hoofdstukken, waarin de reisgenooten, ieder voor zijn onderdeel aan het woord zijn, moge de ondergeteekende zich veroorloven enkele beschouwingen van algemeenen aard betreffende de bezochte zeearmen vooraf te doen gaan.

Sedert de staatkundige eenheid van het Duitsche Rijk tot stand kwam, heeft dit Rijk de behoefte gevoeld om alle uitgangen naar de Noordzee,

welke het in eigen en in het grensgebied heeft, zooveel mogelijk te benutten, deels uit overwegingen van militairen (Jade), deels meer uit die van economischen aard (Eems).

Het gevolg is geweest, dat vaste stroomleidende werken zijn uitgevoerd in overigens niet geregulariseerde zeearmen van groote capaciteit. Voor Nederland met zijn vele machtige zeearmen zijn deze werken uiteraard zeer belangwekkend.

Met betrekking tot de werken in de *Eems*, voor welke beschrijving en beteekenis zij verwezen naar hoofdstuk IV, zij opgemerkt, dat voor Nederlandsche ingenieurs opmerkelijk is, dat bij de vaststelling van de oudere werken — de van 1871 tot 1902 aangelegde strekdam met kribben op de zandplaat de Geise en de bedijking tusschen Emden en Knock, welke in 1921—1924 tot stand kwam — blijkbaar is uitgegaan van een grootendeels recht gedacht riviervak, zooals trouwens in Duitschland meer voorkomt. Deze werken, welke blijkbaar tot het beoogde resultaat hebben geleid, hebben geheel het karakter van die tot regularisatie van een vak van een benedenrivier en geven overigens geen aanleiding tot opmerkingen.

Het later — in 1930—1932 — ten westen van Knock uitgevoerde stroomleidende werk heeft een geheel ander karakter en is als alleenstaand werk in een machtige niet geregulariseerde zeearm zeer belangwekkend. Het interessante er van wordt nog verhoogd door de omstandigheid, dat het beoogde doel, het bevorderen van de instandhouding van een diepe geul tusschen de Eems ten Oosten van Knock eener- en het Oost-Friesche Gaatje anderzijds, in verband met de onderlinge ligging der geulen in die omgeving niet gemakkelijk te bereiken schijnt.

Voorshands dient te worden afgewacht, welke de resultaten van het uitgevoerde werk zullen blijken te zijn.

Ten aanzien van de *Jade* kan worden opgemerkt, dat deze zeearm onze bijzondere aandacht ten volle verdient.

De er in uitgevoerde vaste werken zijn reeds lang genoeg tot stand gebracht om resultaten er van te kunnen beoordeelen en hebben er blijkbaar toe bijgedragen in dezen zeearm een doorgaande geul van ruime breedte afmetingen en eene diepte van ten minste 10½ m onder L.W. gemakkelijk in stand te kunnen houden.

Deze ongemeen gunstige toestand is — naar de meening van den ondergeteekende — voor een niet gering deel toe te schrijven aan de bijzonder gunstige omstandigheden, waarin deze zeearm van nature verkeert.

Het is n.l. een zeearm met een uitgebreiden boezem aan het landeinde, welke door den arm met zeewater gevuld en geledigd wordt, terwijl *geen rivier in dien boezem uitmondt*.

Deze laatste omstandigheid is van bijzonder gewicht, omdat zij ten gevolge heeft, dat:

- 1°. geen zand en slib van boven af aan den zeearm wordt toegevoerd en
- 2°. zijne watermassa voortdurend een zeer weinig wisselend zoutgehalte heeft.

Deze tweede omstandigheid heeft ten gevolge, dat de stroomen in het algemeen turbulenter zullen zijn dan bij veel verschil in zoutgehalte het geval zou zijn en dat de eb- en de vloedstroom langs den bodem niet veel in sterkte zullen verschillen, zoodat hun vermogen om zand te transporteeren — welk transport vooral langs den bodem pleegt te geschieden — ook niet veel uiteen zal loopen. M.a.w. de ebstroom zal in staat zijn om het zand, hetwelk de vloedstroom naar binnen mocht voeren, geheel of althans bijna geheel weer naar zee te transporteeren.

Om deze gunstige omstandigheid in het licht te stellen zij ter vergelijking gewezen op den Rotterdamschen Waterweg waar in den mond in normale omstandigheden nabij den bodem zeker gedurende ongeveer  $7\frac{1}{2}$  uur vloedstroom gaat en gedurende ongeveer 5 uur ebstroom, beide stroomen tot een maximum — nabij den bodem — van ongeveer 1 m per sec., terwijl aangenomen mag worden, dat de vloedstroom vermoedelijk turbulenter is dan de ebstroom. Het vermogen om in de nabijheid van den bodem zand te transporteeren moet voor den vloedstroom in den mond van den Waterweg zeker 50% hooger gesteld worden dan voor den ebstroom, hetgeen dus beteekent, dat de ebstroom lang niet naar zee kan terugvoeren al het zand, hetwelk de vloedstroom langs den bodem naar binnen brengt.

De Jadezeearm met een grooten boezem, welke met een flink tijverschil ( $\pm 3,5$  m) als spuikom dienst doet, weinig wisselend zoutgehalte van het water (dus turbulentie van den stroom), geen zand- en slibaanvoer van boven en geen of weinig resulterend zandtransport uit zee, is dus in vele opzichten een *ideale zee-arm* voor het instand houden van diepe geulen.

Een blik op bijlage 1 doet ook wel zien, dat de Jade — zijn afmetingen in horizontalen zin in aanmerking genomen — zeer machtige diepe geulen heeft.

Afgezien van slibbezwaren in den eigenlijken boezem, welke voor de geul langs Wilhelmshaven grootendeels zijn weggenomen door den aanleg van den vangdam in den boezem, waarvan hoofdstuk II gewaagt — zie ook bijlage 8 —, beperken de verlandingsbezwaren zich tot het zeegedeelte der Auszen-Jade, waar het zandtransport der kunst zijn invloed doet gevoelen.

In deze zone zijn de belangrijke werken van Minsener Old Oog aangelegd, waarvan het doel in hoofdstuk II en de constructie in hoofdstuk III is beschreven.

Ook hier betreft het een geïsoleerd complex werken in een niet geregulariseerden machtigen zee-arm.

Dit complex schijnt de er van verwachte resultaten te hebben opgeleverd, welk gunstig gevolg wellicht mede is toe te schrijven — naast de boven uiteengezette zeer gunstige algemeene omstandigheden, waarin de Jade van nature verkeert — aan een tweetal factoren.

In de eerste plaats wordt door de werken op Minsener Old Oog de afbraak van dit strandeiland en van Wangeroog voorkomen of althans zeer vertraagd, waardoor een belangrijke zandtoevoer naar de Jade uit hoofde van die afbraak wordt voorkomen.

In de tweede plaats heeft het vasthouden van wat men zou kunnen

noemen deze „deurpost” (waarvan „achterloopschheid” door de werken wordt tegengegaan) ten gevolge dat de eb- en vloedstroom tusschen het Wangerooger Fahrwasser en de Old Oog Rinne (zie bijlage 9) minder uiteenloopen dan anders het geval zou zijn. Hierbij is wellicht ook van beteekenis, dat de hier bedoelde deurpost zich bevindt aan die zijde van de Jade, waar de begrenzing volgens de natuurlijke ontwikkeling van dit water nog aan verdere terugdringing schijnt bloot te staan.

Overigens zij hier even aangestipt, dat de vaste werken op Minsener Old Oog tot dusver het baggeren in de geul ten Oosten van dit strand-eiland niet overbodig hebben gemaakt.

Dit neemt niet weg, dat deze werken een zeer belangwekkend voorbeeld vormen van een geslaagd geïsoleerd verbeteringswerk in een machtigen zeearm.

Er is nog een punt, waarop ik even de aandacht meen te moeten vestigen. Het betreft de organisatie van de diensten, welke de kustverdediging van het bezochte gebied behartigen.

De indruk zoowel van mijne reisgenooten als van mij was, dat er in feite drie onafhankelijk van elkander werkende diensten (Wilhelmshaven, Norden en Emden) zijn. Dezelfde versnippering dus als bij ons.

Dat er over de geheele linie geen eenheid was in de opvattingen, zoowel omtrent de constructie van de werken als omtrent het doen van waarnemingen, sprong duidelijk in het oog.

Het waargenomene en de gedachtenwisseling met de Deutsche collega's versterkte mij zeer in de overtuiging, dat het uit technisch en economisch oogpunt uitermate gewenscht is het technisch beheer en de bestudeering van een dergelijk gebied — en dit geldt ook voor ons kustgebied — in één hand te brengen.

#### 7. DANK AAN DE DUITSCHE AUTORITEITEN.

Tot slot moge het den ondergeteekende vergund zijn hier met groote erkentelijkheid te gewagen van de zeer welwillende wijze, waarop de Deutsche en Pruisische autoriteiten het Nederlandsche gezelschap hebben ontvangen en hen in staat hebben gesteld de verschillende werken te bezichtigen en de gewenschte inlichtingen te verzamelen; mede door de gedachtenwisselingen met die autoriteiten en hunne medewerkers is het bezoek zeer leerrijk geweest.

In het bijzonder zij hier dank gebracht aan de heeren KRÜGER, GAYE en PFEIFFER en de aan hen toegevoegde ingenieurs en technici.

J. F. SCHÖNFELD.

## HOOFDSTUK II.

### VERANDERINGEN VAN HET OOST-FRIESCHE KUSTGEBIED EN HUNNE BESTUDEERING.

#### 1. ALGEMEENE INLEIDING.

De vraagstukken, welke zich bij de bestudeering van een gebied als het onderhavige en van overeenkomstige gebieden (ik denk hier direct aan de Nederlandsche Waddeneilanden en de Zuid-Hollandsche en Zeeuw-sche zeegaten) voordoen, zijn zoo omvangrijk en ingewikkeld, dat, wil men zich althans met eenige kans op zekerheid een beeld verschaffen van de toekomstige ontwikkeling van een dergelijk gebied, een vrij belangrijk en uitgebreid onderzoek vereischt is.

In de eerste plaats zal men zich daarbij door een geologisch-historisch onderzoek in groote lijnen een beeld moeten verschaffen van de wijze van ontstaan van het betrokken gebied. Men zal geneigd zijn zich de vraag te stellen of een dergelijk onderzoek wenschelijk en van voldoende nut zal zijn, doch die wenschelijkheid lijkt meer aanvaardbaar indien men zich er rekenschap van geeft, dat de processen welke zich hier afspelen, naar menschelijken maatstaf gerekend, van langdurigen aard zijn, dat groote geleidelijke veranderingen slechts over lange perioden vallen op te merken en dat de invloed van het kunstmatig ingrijpen van den mensch in vele gevallen nog na tal van jaren valt waar te nemen of zich zelfs eerst na langen tijd in beteekenende mate manifesteert.

Op dit tijdperk van geologisch-historisch onderzoek volgt een tijdvak waarover betrouwbare hydrografische kaarten en verdere gegevens ter beschikking staan, waarvan de bestudeering met meer kans op succes tot inzicht in de onderhavige vraagstukken kan leiden. Dit tijdvak neemt voor het Hollandsche en gedeeltelijk ook het Duitsche kustgebied een aanvang met de Fransche revolutie en zet zich voort tot op den huidigen dag.

Vervolgens komt dan als het belangrijkste vraagstuk aan de orde bestudeering van den toestand zooals deze op het oogenblik is en zich ontwikkelt.

De bestudeering van het in het hoofd dezes genoemde gebied is door den dienst te Wilhelmshaven volgens bovenstaanden opzet aangevat, terwijl men thans ook voor het gebied van de overige Duitsche Oost-Friesche Waddeneilanden de studie in dien zin uitbreidt.

#### 2. IETS OVER HET ONTSTAAN VAN HET BETROKKEN KUSTGEBIED.

Het mag als bekend worden verondersteld, dat de Noordzee in het diluviale tijdperk lang niet die uitgebreidheid had, welke zij thans heeft.

In de eerste perioden van het diluvium heeft de Noordzee, welke zich in het voorafgegane pliocene tijdvak veel verder uitstreekte dan thans het geval is, zich teruggetrokken tot ongeveer den 54sten breedtegraad.

In deze Noordzee stroomden de rivieren van de Schelde tot de Elbe en van de Theems tot de Humber; zij vormden in hun benedenloop een

uitgebreide delta, in hoofdzaak bestaande uit grofkorrelig materiaal (gesteenten en grove zanden).

Met het optreden van den IJstijd werd de Noordzee door de opdringende ijsmassa's verder teruggedrongen, ongeveer tot de lijn Jutland-Schotland; de rivier- en smeltwateren moesten, doordat de ijsmassa's in het noorden een aaneengesloten barrière vormden, een weg zoeken naar het zuidwesten, naar den Atlantischen Oceaan. Vermoedelijk is hierbij de landrug Calais-Dover aangetast en verzwakt, hetgeen de eerst veel later gevolgde doorbraak van dezen landrug moet hebben vergemakkelijkt. De groote ijsmassa's hebben het betrekkelijk vlakke deltagebied in belangrijke mate vervormd en door hun stuwving groote hoogteverschillen teweeggebracht, waarvan de voorbeelden hier allerwegen zijn te vinden (Doggersbank, Jutlandbank, Veluwe, het Gooi enz.).

Met het terugtrekken en afsmelten van de groote hoeveelheden landijs als gevolg van het optreden van een warmer klimaat konden de rivieren hun weg naar het noorden weer vervolgen en in de Noordzee stroomen. De Noordzee is zich daarbij, als gevolg van een in het zuidelijk gedeelte optredende bodemdaling (positieve niveauverandering) naar het zuiden gaan uitbreiden (zeer vermoedelijk moet hier in hoofdzaak worden gedacht aan een zeespiegelrijzing, al of niet gecombineerd met eenige bodemdaling; eenvoudigheidshalve wordt door mij echter voor de terminologie uitsluitend van het land uitgegaan). Het warmere klimaat leidde een uitgebreiden plantengroei in; in de hooger gelegen deelen ontstonden groote en uitgestrekte wouden en in de lagere gebieden trad veenvorming op. Door de voortschrijdende bodemdaling breidde de zee zich echter steeds verder uit en werden deze eerste na-ijstijd-vormingen met een meer of minder dikke laag van wadafzettingen (slik en zand) bedekt.

Ook thans leven wij in een periode van bodemdaling; echter zijn tusschentijds nog enkele perioden van bodemrijzing opgetreden. Volgens onderzoekingen van den geoloog H. SCHÜTTE uit Oldenburg moet hier, althans voor de Deutsche Waddenkust, aan twee belangrijke tijdperken van bodemrijzing worden gedacht; sedert den IJstijd heeft de bodemdaling in totaal echter verre de bodemrijzing overtroffen.

In de voorlaatste periode van bodemdaling is de zee verder het land ingedrongen dan thans, terwijl men zich het onderhavige kustgebied aan het einde van de daarop gevolgde laatste periode van bodemrijzing (volgens SCHÜTTE omstreeks het begin onzer jaartelling) in groote trekken ongeveer moet denken zooals dit gebied thans is.

In de laatste en thans nog voortdurende periode van bodemdaling is de mensch een rol gaan spelen en aan den hernieuwd optredenden aanval der zee meer en meer paal en perk gaan stellen.

### 3. TEGENWOORDIGE TOESTAND EN VERANDERINGEN VAN DEN LAATSTEN TIJD.

#### a. Algemeen.

Een beeld van den tegenwoordigen geologischen opbouw van den bodem van het Deutsche Waddengebied geeft bijlage 2.

Aan de begrenzing van het diluvium is goed na te gaan, welke mogelijkheden voor de zee in de voorlaatste periode van bodemdaling bestonden om het land binnen te dringen. Duidelijk treden de diluviale Eems-, Wezer- en Elbebochten naar voren. De Eems- en Wezer-Jadebocht zijn veel grooter dan de Elbebocht, zooals ook thans nog de Eems- en Wezer-Jade-boezems grooter zijn dan de Elbemonding.

De voor de kust der Oost-Friesche eilanden aangegeven diluviale complexen zijn afzettingen, welke beschouwd moeten worden als voortzetting van den diluvialen rug van Oost-Friesland.

De West-Friesche (Hollandsche) zoowel als de Oost-Friesche eilanden hebben een algemeene richting van west naar oost, echter is de Oost-Friesche eilandengroep rond 15 km noordelijker gelegen. Dit vooruitspringen en ook het behoud van de laatst genoemde eilandengroep moet volgens Dr. KRÜGER aan de aanwezigheid van de onderzeesche diluviale afzettingen worden geweten. Zoo zou ook volgens hem het behoud van de West-Friesche eilanden aan de aanwezigheid van een diluviaal complex ten noordwesten van Texel zijn te danken.

Voor een juist inzicht in de verschijnselen en veranderingen, welke aan een kust optreden, is, gelijk welhaast vanzelf spreekt, in de allereerste plaats noodig zich goed te oriënteren omtrent de optredende krachten. Als voornaamste krachten, welke aan de kust een rol spelen zijn te beschouwen die veroorzaakt door de getijbeweging en door den wind, terwijl voorts een belangrijke rol speelt, gelijk uit het voorgaande reeds valt af te leiden, het vraagstuk van de bodemdaling.

Wat de *getijbeweging* in het onderhavige gebied betreft mogen de navolgende gegevens daaromtrent eenig denkbeeld verschaffen.

DUITSCHER BOCHT.

Plaats.	Haven- getal.  h min.	Tij- ver- schil.  m	Duur v/d		Gemiddeld		Hoog- ste H.W.	Laag- ste L.W.
			vloed.	eb.	H.W.	L.W.		
			h min.	h min.	in m t. o. v. vergel. vlak.			
Knock (Dollart) . . . . .	1.58	2,74	—	—	+ 1,14	—1,60	+ 4,96	—2,24
Norddeich . . . . .	11.47	2,44	—	—	+ 1,00	—1,44	+ 4,68	—2,78
Norderney <sup>1)</sup> . . . . .	11.35	2,35	6.07	6.18	+ 0,98	—1,37	+ 3,95	—3,40
Helgoland . . . . .	11.48	2,32	5.35	6.50	+ 0,96	—1,40	—	—
Vuurtoren „Roter Sand” . . . . .	11.43	2,72	5.50	6.35	+ 1,11	—1,61	+ 3,80	—3,76
Wilhelmshaven . . . . .	0.53	3,59	6.12	6.13	+ 1,54	—2,05	+ 5,08	—4,39
Bremerhaven . . . . .	1.10	3,31	5.18	7.07	+ 1,57	—1,74	+ 4,95	—4,02
Cuxhaven . . . . .	0.49	2,85	5.34	6.51	+ 1,27	—1,58	+ 4,64	—4,01
Tönning . . . . .	0.43	2,67	5.17	7.08	+ 1,27	—1,40	+ 4,96	—2,91
List (op Sylt) <sup>2)</sup> . . . . .	2.06	1,61	—	—	+ 0,50	—1,11	+ 3,09	—2,54

<sup>1)</sup> Haven.

<sup>2)</sup> Oostpunt.



DE JADE.

Plaats.	Haven- getal.	Tij- ver- schil.	Duur v/d		Gemidd.		Hoog- ste H.W.	Laag- ste L.W.
			vloed.	eb.	H.W.	L.W.		
			h min.	h min.	in m t. o. v. vergel. vlak			
Lichtschip „Auszen-Jade” .	11.17	2,57	5.29	6.56	+ 1,04	- 1,53	—	—
Wangeroog (West) . . . . .	11.29	2,66	5.49	6.36	+ 1,17	- 1,49	+ 4,36	—
Friedrichsluis. . . . .	11.39	2,64	5.04	7.21	+ 1,27	- 1,37	+ 4,63	—
Vuurtoren „Roter Sand” . .	11.43	2,72	5.50	6.35	+ 1,11	- 1,61	+ 3,80	- 3,76
Minsener Old Oog <sup>1)</sup> . . . . .	11.47	2,91	5.43	6.42	+ 1,17	- 1,74	—	—
Schillighörn. . . . .	0.05	3,05	5.49	6.36	+ 1,27	- 1,78	—	—
Voslapp <sup>2)</sup> . . . . .	0.31	3,25	6.01	6.24	+ 1,31	- 1,94	—	—
Wilhelmshaven <sup>3)</sup> . . . . .	0.53	3,59	6.12	6.13	+ 1,54	- 2,05	+ 5,08	- 4,39
Schweiburger Tief i/d Jade- boezem. . . . .	0.58	3,76	6.09	6.16	+ 1,62	- 2,14	—	—

1) Bij de reddingsbaak.

2) Bij den vuurtoren.

3) zde haveningang.

De stroomen zijn langs het hier besproken kustgedeelte linksdraaiend. De vloedstroom (het oostgaand getij) is eenigszins naar de kust toe gericht en sterker dan de ebstroom (het westgaand getij), welke eenigszins van de kust af is gericht.

Er heeft dus langs dit kustgebied een resulterend transport van water naar het oosten toe plaats.

Ten aanzien van de getijstroomen in het gebied van de Jade en de Wezer moge nog verwezen worden naar bijlage 3, waarin zijn aangegeven de uitkomsten van verrichte stroomdrijvingen. Duidelijk blijkt hieruit de algemeene tendens van verplaatsing naar het oosten, veroorzaakt door het overwegen van den vloedstroom boven den ebstroom; het zich verplaatsen der drijvers door de zeegaten tusschen de eilanden in en door de Jade en Wezer heen naar het oosten is een gevolg van het feit, dat in die zeegaten de richtingen van vloed- en ebstroom elkaar kruisen; hoewel de getijstroomen in hoofdzaak de geulen volgen heeft de vloedstroom daar een meer oostelijke, de ebstroom een meer noordelijke richting.

Wat den *wind* aangaat staan mij geen directe gegevens ter beschikking doch bekend is, dat de westelijke winden voor het onderhavige kustgebied zoowel in duur als in sterkte overheerschend zijn.

Over de mate van de thans plaats hebbende *bodemdaling* zijn nog betrekkelijk weinig positieve gegevens bekend.

Volgens onderzoekingen van Dr. KRÜGER zou de bodemdaling voor het Oost-Friesche kustgebied gemiddeld ongeveer 20 à 25 cm per eeuw bedragen, een maat welke wel overeenstemming vertoont met hetgeen voor het aansluitende Nederlandsche kustgebied van de bodemdaling bekend is geworden (zie lit. n°. 18).

Voordat de Oost-Friesche eilanden door verdedigingswerken waren beschermd, verplaatsten deze zich naar het oosten, hoewel niet alle gelijktijdig en niet regelmatig. De eilanden namen in het westen af en groeiden in het oosten weder aan. In het bijzonder Wangeroog is als gevolg van nader te bespreken omstandigheden aan een sterke verplaatsing onderhevig geweest. Het heeft zich sedert de 17de eeuw over ongeveer de helft van zijn lengte in oostelijke richting verplaatst en is daarbij ook naar het zuiden afgezakt (zie bijlage 4, fig. 1 en 2).

Nadat men in de tweede helft van de vorige eeuw is begonnen met den aanleg van strand- en duinvoetverdedigingswerken is deze „Inselwanderung” in hoofdzaak tot staan gekomen.

Buiten de eigenlijke eilanden, langs strand en voorstrand, vindt echter nog steeds een belangrijk zandstranport plaats.

De oorzaak voor die verplaatsing van vaste stoffen in oostelijke richting is gelegen in de getijbeweging en den wind.

Het eerdergenoemde overwegen van den vloedstroom boven den ebstroom is een eerste oorzaak voor het op den duur verplaatsen van zand in oostelijke richting.

De tweede oorzaak, de wind, leidt voor het vlakke kustgebied ook tot een resulterend transport in oostelijke richting, omdat, gelijk in het vorenstaande reeds werd gezegd, de westelijke winden overheerschend zijn.

Aan welke der beide factoren den meesten invloed moet worden toegerekend is nog een open vraag; mede omtrent dit punt worden in het laboratorium te Wilhelmshaven proeven genomen.

Het lijkt waarschijnlijk, dat de wind (de daardoor veroorzaakte golfbeweging en branding) in hoofdzaak aansprakelijk moet worden gesteld voor het loswoelen van het bodemmateriaal, terwijl de getijstroomen dan voor het transport daarvan zorg dragen.

Het proces der zandverplaatsing langs strand en voorstrand der eilanden en door de zeegaten moet men zich, naar bestudeering van de door de betrokken diensten, in het bijzonder van den dienst te Wilhelmshaven, verzamelde en opgemaakte hydrografische kaarten hebben geleerd, in *globale trekken* als volgt voorstellen: (zie bijlage 4, fig. 3 en de bijlagen 5 en 7).

Op zeker oogenblik ligt voor het westelijk gedeelte van het eiland in noordwestelijke richting een, door een geul van het strand gescheiden, zandbank met over het algemeen een flauw beloop aan de noordwestzijde en een steil beloop aan den zuidoostkant of beter gezegd een flauw beloop aan de zijde waar zij afneemt en een steil beloop aan de zijde waar zij aangroeit; een verplaatsingsvorm, welke men in de natuur, zoowel in het groot als in het klein, overal aantreft.

Door den vloedstroom wordt het zand op de flauwe helling opgenomen en daartegenop meegevoerd. Over het hoogste punt gekomen laat het water, waarvan dan de snelheid minder wordt, het zand los hetwelk zich aldus afzet. De ebstroom is niet in staat dit transport weer geheel ongedaan te maken. Door die herhalende resulterende verplaatsing van vaste stoffen nadert de zandbank hoe langer hoe meer het strand en zij wordt daarbij

in het algemeen ook hooger. Als gevolg daarvan vormt zich in de geul langs het strand een neer met een van dat strand afgekeerden onderstroom, welke het strand, door grootere golfontwikkeling in de geul, hooger en golfoploop en ook door stormvloed en sterker aangetast, vrij belangrijk doet afnemen; eenige compensatie van deze afneming door aanvoer van zand met den bovenstroom vindt vrijwel niet plaats, daar het grootste gedeelte van het met dien stroom meegevoerde zand zich op de steile helling van de bank heeft afgezet.

Dit proces gaat door tot de zandbank zich tenslotte, onder vervorming in langsrichting, geheel tegen het strand heeft aangelegd.

Een gedeelte van de zandmassa versterkt dan het strand weer, doch het grootste gedeelte wordt langs het strand en voorstrand van het eiland door den getij- en windinvloed geleidelijk aan naar het oosten verplaatst. Een goed beeld van deze verplaatsing geeft bijlage 5, waarbij de door een dichte belooding te voorschijn gebrachte grillige bodemformatie opvalt en naar aanleiding waarvan valt te wijzen op het feit, dat men zich die zandverplaatsing hier niet, of althans niet uitsluitend, als één groote naar het oosten trekkende bank moet denken, doch meer als een verzameling van vele kleine bankjes, welke gezamenlijk verder marcheeren.

Aan de oostzijde van het eiland gekomen dringt de zandmassa langzaam aan het buitengedeelte van het zeegat voor zich uit, waardoor dit zich naar het oosten verplaatst; door de werking van den uit het zeegat komenden ebstroom heeft het transport dan in een meer noordoostelijke richting plaats. Als de ombuiging van het zeegat naar het oosten ver is doorgestaan baant de ebstroom van den achtergelegen Waddenvloedkom zich tenslotte één of meerdere nieuwe wegen aan de westzijde, terwijl de oorspronkelijke hoofdgeul dan meer en meer ondieper wordt en ten slotte te niet gaat („de zeegaten springen naar het westen terug”).

De zandmassa's verplaatsen zich van de oostzijde van het eiland ongeveer in noord-oostelijke richting naar den drempel van het zeegat, om vervolgens in ongeveer zuidoostelijke richting als gevolg van daar geldende andere stroomtoestanden op het volgende eiland aan te trekken.

Voor dat eiland gaat het proces dan in denzelfden zin door.

#### b. Gebied van Wangeroog, Minsener Old Oog en de Jade.

De zandbeweging bij de eilanden Wangeroog en Minsener Old Oog wordt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van de Jade.

Volgens Dr. KRÜGER is het ontwikkelingsproces, gevolgd op het ontstaan van de Jadebocht (aanvang 13de eeuw) in het gebied van de Jade en Auszen-Jade nog steeds niet afgelopen en is het dit proces, dat de belangrijke wijzigingen van Wangeroog en Minsener Old Oog heeft veroorzaakt. Echter hebben bij dit ontwikkelingsproces nog twee factoren een belangrijke rol gespeeld nl. het verdwijnen van de Harlebocht ten zuiden van Wangeroog en de bodemdaling.

Een beeld van de ontwikkeling en de totstandkoming van den tegenwoordigen Jade-boezem en omgeving geeft bijlage 6.

Door het bestaan van de Harle-bocht kon het eiland Wangeroog, mede doordat de Jade-bocht nog niet of slechts weinig ontwikkeld was, in een veel verder naar zee vooruitgeschoven positie blijven bestaan dan anders het geval zou zijn geweest. Nadat langzaamaan door aanlanding en indijking de Harle-bocht is verdwenen en daarnaast de Jade-bocht is ontstaan en in omvang toegenomen is Wangeroog zich naar het zuiden en oosten gaan verplaatsen. Uit de bijzondere ligging van Wangeroog en de bovenbedoelde ontwikkeling van het achterliggende kustgebied moet dan ook voor een belangrijk deel de bijzonder groote verplaatsing van dat eiland en van het strandeiland Minsener Old Oog, dat vroeger veel grooter moet zijn geweest, worden verklaard.

Op welke wijze thans langs Wangeroog de zandverplaatsing geschiedt, is in grove trekken reeds hierboven onder *a* geschetst.

Een beeld van de verplaatsing der zandmassa's nabij het westelijk einde van Wangeroog, van 1879 tot 1894, geeft de reeds eerder genoemde bijlage 4, fig. 3. Daaruit en uit de verder sedert 1894 verkregen gegevens is gebleken, dat *gemiddeld* elke 7 jaar een nieuwe zandbank het westen van Wangeroog bereikt.

Het zich langs strand en voorstrand verplaatsende zand verzamelt zich aan den oostkant van Wangeroog en geeft aan het oosten van het eiland in plattegrond een meer rechthoekigen vorm. Naarmate de zandmassa hier verder naar het oosten dringt en de getijstroomen te veel gaat hinderen vormt zich aan de westzijde een nieuwe geul langs het strand. Met het vooruitdringen van de zandbank naar het oosten wordt zij meestal eerst hooger en het zeegat dieper. Dit schijnt daarin zijn oorzaak te vinden, dat bij vloed in de luwte van de zandbank een getij-onderstroom optreedt, welke de richting van de geul volgt, terwijl de van het westen over de zandbank komende bovenstroom dezen onderstroom kruist en eerst meer naar het zuiden met den onderstroom in richting samenvalt; door deze kruising van boven- en onderstroom ontstaat een min of meer schroefvormige waterbeweging met een van onderen naar boven in westelijke richting langs den oostkust van de zandbank opstijgenden stroom, welke zand vanuit de diepte aanvoert en medewerkt de bank aan den oostkant te doen groeien.

De geulverdieping zal hierbij ook door den ebstroom bevorderd worden, omdat het ebwater bij een hooge bank meer gesloten in zee wordt gevoerd.

Naarmate de zandbank verder naar het oosten dringt zal de nieuw gevormde geul langs het strand ten westen van het zeegat grooter worden, de oorspronkelijke geul in capaciteit afnemen, vervlakken en tenslotte te niet gaan.

Het zand, dat de Blaue Balje gepasseerd is verzamelt zich voor Minsener Old Oog en trekt daarna door de Jade en Wezer heen, evenals het overige langs de kuststrook uit het westen komende zand. Tenslotte moet het ook door de Elbe gaan, omdat anders voor den Wezermond een groote zandtoeneming moest zijn waar te nemen, hegeen niet het geval is. Al dit van het westen komende zand schijnt zich tenslotte te verzamelen in de bocht ten oosten van den Elbmond, waar een sterke aanlanding

en aanzanding plaats vindt en waar ook uit noordelijke richting langs de Sleeswijk-Holsteinsche kust vaste stoffen worden aangevoerd.

In bijlage 7 is de toestand van den Jade-Wezermund gegeven voor het tijdvak van 1859 tot 1909. Hieruit valt de verplaatsing van de zandmassa's in oostelijke richting en het zich verleggen der geulen ook op te merken, hoewel dit nog duidelijker blijkt uit de bij ons bezoek vertoonde hydrografische opnamen van na 1909. (De „Roter-Sand” vuurtoren, welke in 1884 midden op het „Roter Sand” werd gebouwd ligt nu ten zuiden daarvan en zou in 1859 ten noorden ervan hebben gelegen; bijna op dezelfde plaats waar in 1859 de Neue Weser stroomde, stroomt in 1909 de Alte Jade; voorts valt te wijzen op het loslaten der banken van Minsener Old Oog).

Het westelijk deel van de Jade-Plate is sedert de eerste opneming in 1845 vrijwel onveranderd gebleven. Verder naar het westen en noordwesten schijnt dan ook het zich verplaatsen van de zandmassa's door den Jade-Wezermund niet plaats te vinden. Deze verplaatsing strekt zich naar het zuiden niet verder uit dan tot ongeveer  $53^{\circ} 44'$  N.B.

Verder valt nog op de aanwezigheid van diepe kolken of geulen aan den oostkant van hooge banken, hetgeen in hoofdzaak valt toe te schrijven aan de bovenbesproken kruising van boven- en onderstroom (zie b.v. de groote diepten ten oosten van de H-Plate in het kaartje van 1909 en ten oosten van Minsener Sand en van Roter Grund in de kaartjes van 1889, 1899 en 1909).

Volgens de studies van Dr. KRÜGER laat *gemiddeld* elke 20 jaar een zandbank van Minsener Old Oog los. In het meer zeewaarts gelegen gedeelte van Jade- en Wesermund wordt door hem gemiddeld op een zandbankverplaatsing om de 60 jaar gerekend en door de Blaue Balje verplaatst zich gemiddeld elke 3 jaar een zandbank.

Dr. KRÜGER meent uit de voorhanden kaartgegevens te mogen afleiden, dat de eilanden over een lang tijdperk beschouwd nog achteruitgaan. Het is dan ook de vraag of het op den duur zal gelukken de eilanden door verdedigingswerken in stand te houden, althans of de voor die werken vereischte kosten binnen gerechtvaardigde grenzen zullen blijven. Terloops zij er hierbij op gewezen, dat het behoud der Waddeneilanden niet uitsluitend en alleen geboden schijnt voor de ter plaatse wonende bevolking en de daarmee verbonden economische en andere belangen, doch in de eerste plaats van belang moet worden gedacht voor het behoud van de achtergelegen vastelandskust, voor welker behoud grotere belangen in het geding komen.

Tenslotte gaat het om de vraag of men uit westelijke richting op den duur een voldoende zandaanvoer kan verwachten, terwijl verder van groot belang is te weten in hoeverre en in welke mate men met een daling van den bodem te doen heeft.

Waar komt al dit uit het westen aangevoerde zand vandaan?

Volgens vele schrijvers (zie lit. n<sup>o</sup>. 5 en 6) moet hier in hoofdzaak gedacht worden aan de afbraakproducten van de Fransche Normandische Kanaal-kust, welke producten langs de Belgische en Nederlandsche kusten naar het noorden worden getransporteerd.

Een open vraag is daarbij nog of er ook zandverplaatsing is in een richting loodrecht op de kust, dus zandaanvoer uit de diepten der Noordzee of zandafvoer daarheen. Omtrent dit punt waren in den dienst Wilhelms-haven geen gegevens voorhanden, welke desbetreffend een bepaalde uitspraak zouden rechtvaardigen. De groote bewegelijkheid en veranderlijkheid van de dieptelijnen tot 6 à 8 m onder L.W. en de betrekkelijk vaste ligging van de verdere dieptelijnen doet vermoeden, dat het zandtransport op grootere diepte gering is, doch voorshands staan nog veel te weinig gegevens ter beschikking om zich hierover in meer positieven zin uit te laten. Wellicht zullen die takken van den dienst der Telegrafie, welke zijn belast met het leggen en onderhouden van onderzeesche kabels hieromtrent gegevens kunnen verschaffen.

Het bovenbedoeld verschillend gedrag der dieptelijnen boven en beneden 8 m onder L.W. zal wel te wijten zijn aan den invloed der golfbeweging door wind, hetgeen verder de conclusie doet trekken, dat practisch de invloed der golfbeweging zich niet verder doet gevoelen dan ongeveer tot die diepte.

Met het zich steeds herhalende loslaten van zandplaten van Minsener Old Oog heeft dit strandeiland zich hoe langer hoe meer naar het zuid-oosten verplaatst en is bij die verplaatsing ook steeds in grootte afgenomen. Sedert 1790 bedraagt de verplaatsing rond 2500 m. Door deze verplaatsing van Minsener Old Oog is ook het oosten van Wangeroog naar het zuiden gaan afbuigen en heeft dit eiland, in tegenstelling met de overige Oost-Friesche eilanden, een gebogen vorm gekregen. Men bespeurt hier den invloed van de ontwikkeling van den Jade-stroom (zie bijlage 4, fig. 1 en 2).

Minsener Old Oog en Wangeroog dreigen door deze doorgaande verplaatsing tenslotte geheel in de Jade te verdwijnen en daardoor tot verondieping van dat vaarwater aanleiding te geven.

Dit heeft er tenslotte mede toe geleid die eilanden van uitgebreide verdedigingswerken te voorzien.

De Jade is, geholpen door eenige verbeteringswerken (leidam in den Jade-boezem; baggerwerken op de Geniusbank) vrijwel altijd in goed bevaarbaren toestand geweest, gevolg van de gunstige omstandigheden, welke voor dien zeearm gelden en waarover in Hoofdstuk I het een en ander is opgemerkt. In de Auszen-Jade echter hebben de door den mond trekkende zandmassa's steeds een sterke verandering in diepte en ligging der vaarwaters teweeggebracht. In den loop der tijden echter is de Auszen-Jade in haar oostelijk deel steeds vlakker en in haar westelijk deel dieper geworden. Het Wangerooger Fahrwasser is thans, na de laatste jaren plaats gehad hebbende baggerwerkzaamheden, geholpen ook door de werken op Minsener Old Oog, het hoofdvaarwater geworden (zie bijlage 9).

De op Minsener Old Oog aangebrachte verdedigingswerken, waarvan de ligging is te zien op bijlage 9 hadden en hebben het volgende doel:

*Hoofd A* moet den vloedstroom vangen, de stroom voor den kop versterken tot verdieping van het Wangerooger Fahrwasser, voorts tot versnelling van het samenvloeiën van de geulen Old Oog Rinne en

Wangerooger Fahrwasser bijdragen en het van het westen komende zand gedeeltelijk opvangen;

*De Hoofddam* moet verhinderen, dat de zich tegen het hoofd A stuitende vloedstroom een uitweg zoekt ten zuiden om Minsener Old Oog heen, om welke reden ook op het oosteinde van Wangeroog een hoofd is gebouwd en in de Blaue Balje een beteugelingsdam is gelegd; de Blaue Balje is door dezen hoofdenbouw dus aldaar geheel aan zijn plaats gebonden;

*Hoofd C* moet de verdere aantasting van den oostkant van Minsener Old Oog verhinderen, terwijl

*Hoofd B*, hetwelk later is toegevoegd, ten doel heeft de aantasting ter plaatse, welke na aanleg der overige hoofden nog plaats had, tegen te gaan en ook den ebstroom moet leiden.

Het met den aanleg der hoofden beoogde doel kan als met succes bekroond beschouwd worden; ik acht het echter nog de vraag of het op deze wijze zonder al te hooge kosten zal gelukken Minsener Old Oog voldoende vast te houden. Het komt mij namelijk niet onwaarschijnlijk voor, dat de door Dr. KRÜGER geconstateerde tendens van verdieping van den Jademond aan zijn westzijde en van verondieping aan zijn oostzijde, welke tendens uitvloeisel is van de ontstaanswijze en ontwikkeling van het betrokken kustgebied, nog niet is afgelopen, dat een min of meer evenwichtige toestand eerst zal zijn bereikt bij een flauwer gebogen vorm van de uitmonding van den Jade-stroom in zee en dat dan ook op den duur zou blijken, dat Minsener Old Oog thans in een te ver zeewaarts vooruitgeschoven positie is vastgelegd.

Een overeenkomstig geval als met Minsener Old Oog heeft men met het Nederlandsche eiland Rottum, dat langzaam aan geheel in de Eems verdwijnt.

De Jadebocht is ontstaan na doorbraken in de 13e eeuw en besloeg toen een grooter gebied dan thans (volgens Dr. KRÜGER gingen de veenmassa's — de oorspronkelijke bodem bestond in hoofdzaak uit veen — drijven en deze werden door stroom en wind weggevoerd en uit elkander geslagen); door successievelijke indijkingen is tenslotte de tegenwoordige grootte van den Jadeboezem ontstaan.

In den boezem vindt steeds aanslibbing plaats; dit tot een hoogte tusschen halftij en hoogwater. Indijkingen en verder in het algemeen alle werken, welke aanslibbing of aanlanding zouden bevorderen, zijn verboden om de spucapaciteit van den boezem met het oog op het instandhouden van het Jade-vaarwater niet te verminderen. Sterke aanslibbing vindt plaats in de buitenhavens van de sluizen. In de na den oorlog buiten gebruik gestelde ze Hafeneinfahrt (de oudste sluis) bedroeg de slibafzetting in één jaar 8 a 10 m.

In het laatst van de vorige eeuw is in den Jadeboezem de op bijlage 8 aangegeven leidam gebouwd met het doel een versterkten ebstroom langs Wilhlemshaven te scheppen en daardoor een voldoende diepe vaargeul voor verbinding van de haveningangen met de Jade te verkrijgen en op natuurlijke wijze in stand te houden.

Het met den aanleg van den dam beoogde doel is vrijwel volledig bereikt. Voornoemd werk vertoont derhalve zeer veel overeenstemming met de haven van Nieuwediep en met de leidammen van het Krabbersgat.

De dam is aanvankelijk midden op het slik gelegd. In den loop der jaren is echter de geul ten noordwesten van den dam, welke geul bij den aanleg van den dam in vrijwel westelijke richting langs het vasteland liep naar het zuiden omgebogen, zoodanig dat deze geul thans over nagenoeg 2 km lengte dicht langs den dam loopt. De oorspronkelijke constructie van den dam is mede als gevolg daarvan versterkt en vernieuwd moeten worden.

#### c. De overige Oost-Friesche eilanden.

Met een meer systematische bestudeering van het kustgebied van deze eilanden is eerst in den laatsten tijd aangevangen, dus veel later dan voor het Jadegebied (begin deze eeuw); voor dit laatste gebied waren het de sterke veranderingen van Wangeroog en Minsener Old Oog welke, voornamelijk met het oog op de belangen en eischen van de oorlogshaven, eerder aanleiding gaven de bestudeering op ruime basis ter hand te nemen.

Voor het onder den dienst van het Wasserbauamt Norden vallende kustgebied worden ook regelmatig opnemingen verricht, zij het niet in die mate als te Wilhelmshaven, waar het geheele Jadegebied jaarlijks wordt belood. De door dezen dienst vervaardigde, met het werplood opgenomen, hydrografische kaarten zijn niet van een dusdanig fijne structuur als de door den dienst van Dr. KRÜGER gemaakte, in hoofdzaak met het „Schlepplot” opgenomen, kaarten, doch ook uit de in eerstgenoemde dienst voorhanden kaartenreeks valt duidelijk de in het vorenstaande beschreven wijze van zandverplaatsing langs de kust en door de zeegaten na te gaan.

In het bijzonder ook de zeer fraaie vliegtuigopnamen van dezen dienst geven een mooi en duidelijk beeld van vorm, ligging en verplaatsing der zandbanken. De onderzoekingen hebben zich in hoofdzaak nog beperkt tot de wijzigingen van het zeegat van Norderney.

Men heeft voor dit eiland de zandverplaatsingen ook bestudeerd met behulp van gegevens der strandmetingen, welke metingen te Wilhelmshaven (Wangeroog) niet worden verricht. Uit de met deze gegevens samengestelde grafieken (verloop van duinvoet, H.W.-lijn en L.W.-lijn) meende men oorspronkelijk af te leiden, dat de „zandstroom” om het zeegat heen, op een bepaald gedeelte de kust van Norderney bereikende, zich aldaar splitste in een grootste gedeelte, dat in oostelijke richting langs het strand wordt verplaatst en in een kleiner gedeelte, dat in westelijke richting naar het zeegat trekt. Later kwam men echter tot de veronderstelling, dat mogelijk die interpreteering van de gegevens der strandmetingen niet juist zou zijn en dat de gedeeltelijke zandverplaatsing in westelijke richting slechts schijnbaar zou zijn. Doordat namelijk de zandmassa's, alvorens zich met het strand te verhelen, vrijwel evenwijdig aan de kust liggen kan mogelijk, mede door den knikvorm, welke de kustlijn van Norderney ter plaatse vertoont, een westelijker gelegen punt later door de zandmassa bereikt worden, zoodat uit het in dat punt later zeewaarts



schuiven van L.W.-lijn, H.W.-lijn en duinvoet nog niet behoeft te worden geconcludeerd tot een zandverplaatsing in westelijke richting.

De verdedigingswerken op Borkum, Norderney en Baltrum verkeerden thans in een ongunstige positie, doordat zij zooals uit de bijlagen 1 en 9 blijkt direct gelegen zijn aan vrij diepe geulen en bovendien weinig beschut liggen tegen de Noordzee.

Het zeer smalle eiland Juist, dat alleen eenige verdediging heeft in het midden aan de Noordzeezijde, aangebracht omdat daar destijds gevaar voor een doorbraak bestond, wordt weinig aangevallen en heeft dan ook niet gelijk de andere eilanden verdedigingswerken aan de westzijde.

Vermoedelijk vindt dit verklaring in het feit, dat voor het westen van dit eiland uitgestrekte bankcomplexen zijn gelegen (zie bijlage 1). Ook Langeoog is niet verdedigd. Als verklaring van het feit, dat ondanks het ontbreken van verdedigingswerken toch de westkust van dit eiland niet afneemt voert men aan, dat het eiland Baltrum zoo klein is, dat het vloedwater, dat door het zeegat Ackumer Ehe tusschen Baltrum en Langeoog binnenkomt, voor het overgrootste deel wordt geborgen op het wad achter het eiland Langeoog, waardoor de ebstroom tegen de oostkust van het eiland Baltrum wordt aangedrongen. Baltrum wordt daarom van beide kanten aangevallen. Zonder verdedigingswerken zou dit eiland dan ook, naar men meende, gedoemd zijn te verdwijnen, daar het aan den westkant steeds zou afnemen en aan den oostkant niet kan aangroeien.

Een sprekend voorbeeld van de verdwijning van een dergelijk klein eiland tusschen twee grootere heeft men in het eiland Buse, dat vroeger tusschen de eilanden Juist en Norderney heeft gelegen.

De verdedigingswerken op Spiekeroog en Wangeroog, vooral die op het eerst genoemde eiland, liggen momenteel veel gunstiger dan die op Borkum, Norderney en Baltrum, omdat de geul ten westen van die eilanden niet direct tegen den wal is gelegen (zie bijlage 1 en 9).

Om het waterbergend vermogen van het achter het zeegat van Norderney gelegen Waddengebied bij verschillende waterstanden nauwkeurig te kennen heeft men van dit gebied een peilkaart met dieptelijnen om de 0,50 m vervaardigd en het waterbergend vermogen van het Wad bij verschillende waterstanden berekend.

Het ligt in de bedoeling aan de hand der peilschaalwaarnemingen en voornoemde gegevens de stroomsnelheden in het zeegat te berekenen en deze te controleeren door stroomsnelheidsmetingen. Hierbij zal ook worden onderzocht of en zoo ja in welke mate er stroomingen optreden op de wantijen achter de aan dit zeegat gelegen eilanden.

#### 4. NABESCHOUWING.

Voor bestudeering van het Nederlandsche kustgebied zijn en komen gelijksoortige vraagstukken aan de orde als die, waarvoor de diensten, welke zich met het onderzoek van de Duitsche Noordzeekust bezig houden, zich zien gesteld.

Dit leidt er toe een vergelijking over de wijze van onderzoek en bestudeering te trekken en ook de vraag aan de orde te stellen op welke wijze dit onderzoek op de beste wijze wordt georganiseerd. Wat den dienst van het Wasserbauamt Norden aangaat, valt in hoofdtrekken op weinig verschil met de Nederlandsche diensten te wijzen, doch de dienst te Wilhelms-haven is ons ten dezen ver vooruit. Wat de organisatie als geheel betreft, schijnt echter de toestand in Duitschland — in Hoofdstuk I werd op een en ander reeds de aandacht gevestigd — nog geenszins bevredigend.

Waar de verschijnselen en veranderingen, welke voor een bepaald kustgedeelte optreden in groote mate afhangen en in verband staan met de optredende verschijnselen en veranderingen van aansluitende kustgedeelten komt het mij aangewezen voor hier naar centralisatie te streven en één dienst met de bestudeering en het technisch beheer van een zoo groot mogelijk kustgedeelte te belasten; alleen met een dergelijken centralen dienst zal men naar mijne meening op de meest economische en snelste wijze resultaten kunnen bereiken. Weliswaar zou bij verdeling over meerdere diensten, welke elk een bepaald kustgedeelte onder zich zouden hebben, door nauw onderling contact en gedachtenwisseling ook veel kunnen worden bereikt, doch in de practijk komt van dit contact dikwijls weinig terecht.

Het dezerzijds in Duitschland waargenomene wijst mede in de voren-aangegeven richting.

Door de instelling van den Studiedienst der Zeearmen en Benedenrivieren, aan welken dienst sedert kort ook opdracht is verleend de Noordzeekust in de studie te betrekken wordt echter in Nederland reeds in die richting gewerkt.

Tenslotte moge ik nog het volgende opmerken.

In den aanvang van dit hoofdstuk werd reeds aangegeven op welke wijze dezerzijds de bestudeering in hoofdtrekken werd gedacht t.w.:

- 1°. een geologisch-historisch onderzoek;
- 2°. onderzoek over het tijdperk, waarover betrouwbare hydrografische kaarten en verdere gegevens ter beschikking staan;
- 3°. onderzoek van den tegenwoordigen toestand en zijne ontwikkeling.

In Duitschland is of wordt het onderzoek volgens bovenstaanden opzet aangevat en voortgezet, terwijl men ook in Nederland de studie met bedoelden gedachtengang voor oogen, is begonnen.

Het onder 3°. genoemde onderzoek van den tegenwoordigen toestand en zijne ontwikkeling en de bestudeering daarvan zal het grootste gedeelte der werkzaamheden voor zich opeischen en dit deel van het geheele onderzoek moet ook als het belangrijkste worden beschouwd.

De in Duitschland systematisch verzamelde gegevens, de verrichte uitgebreide waarnemingen en in het bijzonder de fraaie verzamelde jaarlijksche reeks van nauwkeurige hydrografische kaarten, welke kaartenreeks, beschouwd ook in verband met verrichte stroommetingen, peilschaalwaarnemingen e.d., tot het verkrijgen van meerder inzicht in de

beweging der vaste stoffen en daardoor tot het trekken van belangrijke conclusies, ten aanzien van werken voor kustverdediging of vaarwegverbetering in staat stelde, vormen voor den Nederlandschen dienst een aanwijzing in welke richting men ook zeker niet in de laatste plaats werkzaam zal moeten zijn.

Weinig aandacht werd tot nog toe in Duitschland besteed aan onderzoek en waarnemingen over de verplaatsing der vaste stoffen in engeren zin, gevolg ook waarschijnlijk van de moeilijkheden, welke voor het bereiken van een bevredigende methode van waarnemen bestaan (zie punt 5. a. van Hoofdstuk V).

Gelijk in dat Hoofdstuk is aangegeven is in Nederland Ir. CANTER CREMERS reeds in die richting werkzaam geweest met waarnemingen op den Rotterdamschen Waterweg, terwijl ook door den dienst van het tegenwoordige 3de arrondissement der directie Groote Rivieren, alsmede door den meergenoemden Studiedienst, soortgelijke waarnemingen zijn en worden verricht.

Het komt mij wenschelijk en ook noodzakelijk voor aan bedoeld onderzoek en waarnemingen een belangrijke plaats in te ruimen, omdat ook daarmede voor een belangrijk gedeelte kennis en inzicht omtrent de kern der vraagstukken, waarom het hier gaat, zal kunnen worden verkregen.

Daarbij zal m.i. de hulp van een laboratorium, eensdeels wat betreft de voor waarneming te gebruiken instrumenten en anderzijds teneinde zich nader te orienteeren omtrent de wijze waarop de vaste stoffen zich in het water gedragen, niet kunnen worden ontbeerd.

Januari 1932.

I. L. KLEINJAN.

### HOOFDSTUK III.

#### DE STRANDVERDEDIGINGSWERKEN OP DE OOST-FRIESCHE WADDENEILANDEN.

##### I. INLEIDING.

De tusschen de zeearmen Eems en Jade gelegen eilanden Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog en Wangeroog zijn bekend onder den naam van de Oost-Friesche Waddeneilanden.

Tot deze eilanden kan ook nog worden gerekend de kunstmatig vastgelegde zandplaat Minsener Old Oog, gelegen ten Oosten van Wangeroog.

Genoemde eilanden zijn — zie bijlage 1 — veel kleiner dan de Nederlandsche Waddeneilanden en zijn over het algemeen vrij smal.

Tot bescherming van het achterliggende vasteland en voor het behoud van de dorpen op Borkum en Norderney heeft men in de tweede helft der 19e eeuw de verdediging dier eilanden tegen verdere afname met kracht aangevat.

Men heeft daarbij toegepast:

1. *Strandhoofden*, gelegen ongeveer loodrecht op den duinvoet;
2. *Parallelwerken*, gelegen evenwijdig aan den duinvoet.

Deze laatste werken zijn te onderscheiden in:

- a. paalschermen, staande in een kapglooing;
- b. strandmuren met verticaal voorvlak;
- c. strandmuren met hellend en gebogen voorvlak.

De op Minsener Old Oog uitgevoerde werken bestaan uit meerdere paalhoofden, welke te zamen een verdedigingsstelsel vormen, dat geheel afwijkt van voornoemde strandverdedigingswerken; dit verdedigingsstelsel wordt hierna afzonderlijk behandeld.

Van het jaar van begin van aanleg der verdedigingswerken op voornoemde Waddeneilanden geeft onderstaand staatje een overzicht:

Plaats.	Strandhoofden.	Parallelwerken.
Borkum . . . . .	1 869	1 874
Norderney . . . . .	1 843	1 858
Baltrum . . . . .	1 873	1 873
Spiekeroog . . . . .	1 873	1 875
Wangeroog . . . . .	1 818	1 874

De ligging van deze verdedigingswerken, alsmede die op Minsener Old Oog, zijn nader aangegeven op bijlage 9.

De strandverdedigingswerken op Borkum, Norderney en Baltrum verkeeren thans in een zeer ongunstige positie, doordat zij weinig beschut liggen tegen de Noordzee en direct gelegen zijn aan vrij diepe stroomgeulen (tot 25 m diepte).

De werken op Wangeroog en vooral die op Spiekeroog liggen op het oogenblik veel gunstiger, doordat de geul ten westen van deze eilanden niet direct tegen den wal is gelegen.

Op het eiland Juist komt alleen in het midden over korte lengte een verdedigingswerk voor, bestaande uit strandhoofden met achtergelegen parallelwerk; dit oeverwerk, dat destijds ter voorkoming van een doorbraak is aangelegd, is heden sterk verzand. Het eiland wordt thans niet aangevallen, hetgeen vermoedelijk een gevolg is van de beschermende werking van de voorgelegen Borkumer Rifgronden.

Op Langeoog zijn in het geheel geen verdedigingswerken gemaakt, terwijl dit eiland niet, in tegenstelling met alle andere eilanden, aan de westzijde met afname wordt bedreigd.

Als verklaring hiervan voert men aan, dat het eiland Baltrum zoo klein is, dat het vloedwater, dat door het zeevat Ackumer Ee tusschen Baltrum en Langeoog binnenkomt, voor het overgrootste deel op het Wad achter Langeoog wordt geborgen, waardoor de stroom, zoowel bij eb als bij vloed tegen de oostpunt van Baltrum aandrukt.

## 2. STRANDHOOFDEN.

De strandhoofden op de Oost-Friesche Waddeneilanden zijn in twee groepen te onderscheiden;

I. die, welke dienen om een stroomgeul, welke tijdelijk of blijvend opdringt, uit den wal te houden.

Bij deze soort van hoofden treedt veelal een sterke strandverlaging op.

II. die, welke dienen om de laagwaterlijn vast te houden.

Tot laatstgenoemde groep van hoofden zijn vrijwel alleen te rekenen de strandhoofden op Wangeroog en daarvan de meer oostelijk gelegen hoofden D tot en met T — zie bijlage 9 —; de werking van deze hoofden komt dus overeen met die der hoofden op het eiland Vlieland en langs de Noord- en Zuidhollandsche kust.

De overige strandhoofden op de Oost-Friesche Waddeneilanden behooren nagenoeg alle tot de eerste groep en zijn verreweg de belangrijkste.

Zoals uit de beschouwingen, vervat in Hoofdstuk II blijkt, bewegen de geulen in de zeegeten tusschen de Oost-Friesche Waddeneilanden zich periodiek van het westen naar het oosten om vervolgens te verzanden, waarbij zich telkens een nieuwe geul in het westen vormt.

De duur van deze perioden is zeer verschillend en kan zelfs meerdere tientallen jaren bedragen. Ook komt het voor, dat door andere oorzaken over zeker kustgedeelte een blijvende stroomgeul onder den wal aanwezig is, o.a. bij het z.g. „Strandgatje” onder Borkum.

Tusschen de strandhoofden op dit eiland treedt, als gevolg hiervan, een ernstige en steeds doorgaande strandverlaging op, welke reeds tot aanleg van geheele nieuwe hoofden en tot een uitgebreide voetverdediging van den strandmuur ter plaatse heeft geleid.

Men is thans zoekende naar een oplossing, om in dezen toestand verbetering te brengen; mogelijk zal alleen een doorgaande bezinking van den onderzeeschen oever tot aan den voet van genoemden strandmuur een afdoende oplossing geven.

Bij nadere beschouwing van de strandhoofden op de Oost-Friesche eilanden treden onderstaande punten naar voren:

- a.* de ligging;
- b.* de onderlinge afstand;
- c.* de lengte;
- d.* de hoogteligging;
- e.* de constructie;
- f.* de kosten.

Over deze punten valt het volgende op te merken:

*a.* De ligging.

De hoofden liggen in het algemeen loodrecht op het strand en divergeeren daardoor op alle eilanden, als gevolg van den gebogen vorm van de kust.

In verband hiermede vindt men, dat op vele punten de onderlinge afstand van de koppen der hoofden te groot is. Men heeft zelfs reeds overwogen, tegen deze koppen dwarsdammen uit te bouwen; tot nu toe is dit plan nog niet tot uitvoering gekomen.

*b.* De onderlinge afstand.

Bij de strandhoofden, waarlangs een stroomgeul loopt, verhoudt de onderlinge afstand zich tot de lengte der hoofden gewoonlijk als 3 tot 4; bij het normale flauw aflopende strand is deze verhouding 3 tot 2.

*c.* De lengte.

De lengte der hoofden maakt men zoo groot mogelijk en wordt slechts beperkt door de technische mogelijkheden en de beschikbare geldmiddelen.

*d.* De hoogteligging.

Aanvankelijk heeft men de hoofden gelegd volgens de bestaande strandhelling, in de hoop, deze strandhelling daarmede te kunnen vasthouden.

Dit bleek niet mogelijk te zijn, waarna men is overgegaan tot verhooging van de hoofden boven het strand, teneinde aanzanding en strandverhooging te bevorderen.

Men ging daarbij zelfs tot een hoogte van 3 m boven het bestaande strand, waarbij evenwel de stabiliteit van de hoofden ernstig in gevaar kwam, vooral doordat de helling van het strand niet constant bleek te zijn.

Het beoogde doel werd niet bereikt, daar het strand nog steeds verlaagde, althans bij de hoofden, direct aan een stroomgeul gelegen.

De stabiliteit der hoofden werd daarbij verzekerd door deze zijdelings door middel van banketten te steunen.

De hoofden werden daardoor zeer breed — tot zelfs 15 m — en daardoor zeer duur in aanleg en onderhoud.

Op Norderney en Baltrum heeft men de laatste jaren in plaats van banketten voor het zijdelings uitwijken lichte ijzeren damwand en zg. „Kanaldiele” toegepast.

Fig. n<sup>o</sup>. 1 en 2 op bijlage 10 en foto's 1 tot en met 6 op fotoblad I — bijlage 17 — geven een indruk van deze hooggelegen hoofden met de verschillende, hierboven genoemde steunconstructie's.

De nieuwere hoofden van de eerste groep, welke dus uitsluitend dienen om den stroom uit den wal te houden, worden thans zoo laag mogelijk gelegd, zoodanig, dat het worteleinde onder het zand komt te liggen.

De hoogteligging van het zeeëinde is afhankelijk van de constructie van den kop en van de gewone laagwaterstanden. Men pleegt de wortel-einden van deze nieuwe hoofden te leggen op 0,50 m + G.H.W. en de zeeëinden op 0,50 m + G.L.W., waarbij het zeeëinde over 10—15 m afloopt naar het peil van G.L.W., teneinde den golfaanval op de constructie zoo klein mogelijk te doen zijn.

Men is het evenwel nog niet eens over de vraag, of de strandhoofden hoog dan wel laag moeten zijn gelegen en is thans bezig deze aangelegenheid in het Waterbouwkundig laboratorium van de Marinewerf te Wilhelmshaven te onderzoeken; nadere bijzonderheden hierover zijn opgenomen in Hoofdstuk V.

#### e. De constructie.

De strandhoofden werden aanvankelijk gemaakt van rijshout, bezaard met steen en later ook met beton; ingesloten door paalrijen van ongecreosoteerd hout, fig. 1 en 2 van bijlage 10.

Tegen de verwachting in, werd door de meeste en tevens belangrijkste hoofden, welke behooren tot die groep, welke den stroomaanval moeten keeren, geen zand vastgehouden, waardoor zij, als gevolg van aantasting door lucht en water bij de dagelijksche getijbeweging, alsmede door de paalworm (*Teredo Navalis*) en de gribbel (*Limnoria Lignorum*) een vrij korten levensduur hadden.

In verband hiermede werden de steunpalen gecreosoteerd — op Wangeroog en Minsener Old Oog past men daarbij beukenhout toe — en werd bij herstelling het rijshout vervangen door steenslag, fig. 3 van bijlage 10.

Op Borkum is men, gedwongen door den hevigen stroomaanval en voortdurende strandverlaging in 1927 overgegaan tot een geheel gewijzigde constructie der hoofden.

Men is daarbij afgestapt van de voorheen algemeen geldende meening, dat het hoofd min of meer poreus moest zijn, teneinde het zand te kunnen vasthouden, en is overgegaan tot de toepassing van een dubbelen, vrij langen, onderling gekoppelden damwand van hout of ijzer, waarvan de tusschenruimte landwaarts van de H.W.-lijn was gevuld met zand, waarop een laag beton dik 0,50 m afgedekt met een gemetselde rollaag van klinkers en de ruimte zeewaarts van de H.W.-lijn was gevuld met zand, waarop een laag split, dik 0,15 m, een laag steenslag, dik 0,30 m, een laag split, dik 0,05—0,10 m, welke laatste laag was afgedekt met een steenbetting van basaltzuilen, dik 0,40 m, fig. 4 en 5 van bijlage 10.

De lengte van den damwand van deze hoofden neemt zeewaarts toe van 3,5—8 m, terwijl tegen den strandmuur wegens den hevigen golfslag de lengte van dien damwand 4—5 m bedraagt. Over dit laatste gedeelte is de damwand van ijzer (Larssen II), terwijl de verdere damwand van gecreosoteerd dennenhout is gemaakt (dik 0,16 tot 0,20 m).

In de hoofden zijn voorts, ongeveer om de 7 m, dwarschotten van damwand geplaatst, om eventueele schade te localiseeren.

De in 1927 nieuw gebouwde hoofden n<sup>o</sup>. 5 en 7 — zie bijlagen 9 en 12 — zijn 5 m, terwijl de in 1928 vernieuwde hoofden 1 en 6, alsmede het in 1929 nieuw gemaakte hoofd 2, 4 m breed zijn.

Bedoelde hoofden zijn aangelegd naast en even ten oosten van de bestaande hoofden, welke zijn afgebroken, omdat men moeilijkheden voorzag bij het inspuiten en inheien van de lange damwanden ter plaatse van de bestaande hoofden wegens de aanwezigheid van steenen e.d. in het zand.

In 1930 is men overgegaan tot den bouw van hoofd 3, bestaande uit een enkele ijzeren damwand Hoesch n<sup>o</sup>. II, terwijl in 1931 is gemaakt hoofd n<sup>o</sup>. 4, waarvan het landeinde, lang 213 m, bestaat uit enkele ijzeren damwand Hoesch n<sup>o</sup>. II, en het zeeëinde over ongeveer 50 m is gemaakt van dubbele gekoppelde ijzeren damwand Hoesch n<sup>o</sup>. II, voorzien van een vulling van basaltzuilen op split en steenslag, als hierboven is omschreven.

De constructie van dit hoofd is nader aangegeven op bijlage 11, terwijl voorts de foto's n<sup>o</sup>. 7 tot en met 24 op de fotobladen II t/m IV — bijlagen 18 t/m 20 — een indruk geven van de constructie der hiervoor beschreven vernieuwde, alsmede enkele andere strandhoofden op Borkum.

Ten einde den levensduur van den ijzeren damwand te verhoogen, is deze voorzien van een kopertoeslag van 0,25 %.

Aan de sedert 1927 op Borkum nieuw gemaakte, hiervoor genoemde hoofden is tot nu toe geen schade ontstaan, hetgeen wordt toegeschreven aan de omstandigheid, dat de nieuwe constructie voldoende stevig is om den golfslag op te nemen en vooral, dat zij bestand is tegen de periodiek optredende strandverlagingen en daarbij dus niet, zooals bij de tot nu toe algemeen gebruikelijke constructie van strandhoofden, bij sterke strandverlaging uit elkaar moet vallen.



Voor en naast de koppen der hoofden zijn zinkstukken aangebracht volgens de in Duitschland algemeen gebruikelijke constructie en bestaande uit twee loodrecht op elkaar liggende rijslagen, welke worden samengehouden door een onder- en een bovennetwerk van staaldraad met mazen van 0,75 m, waarvan de kruispunten door staaldraden zijn verbonden.

Op het zinkstuk is rondom langs de randen een 0,50 m dikke rijzen wiep met staaldraden vastgemaakt, tot steun van de steenbestorting.

De als zink- en stortsteen gebruikte steen is zeer licht (10—40 kg) en blijft alleen liggen onder het peil van 0,20 m onder G.L.W., zie ook de foto's n°. 14 en 18 van fotoblad III — bijlage 19 — en foto n°. 22 van fotoblad IV — bijlage 20.

#### f. De kosten.

Een overzicht van de kosten der sedert 1927 nieuw gebouwde strandhoofden op Borkum is aangegeven op bijlage 12.

Bij onderlinge vergelijking der cijfers is er op te letten, dat de aan de verschillende hoofden aangebrachte bezinking zeer verschillend is. Vooral de meest oostelijke hoofden n°. 1, 2 en 3 zijn weinig bezonken, omdat zij, daar de L.W.-lijn ter plaatse sterk naar buiten uitbuigt, in vrij gunstige omstandigheden verkeerden.

Hoofd n°. 4 heeft reeds een vrij grooten aanval te verduren; men meende daarom voor meerdere sterkte den kop van dit hoofd, in tegenstelling met hoofd n°. 3, te moeten verdubbelen, waardoor de kosten van dit hoofd hebben bedragen rond f 75 000.

Voorloopig is men van meening, dat de constructie van hoofd n°. 4 — zie bijlage 11 — voor de meest aangevallen punten, met inachtnaam van een naar behoefte zwaardere bezinking, afdoende zal zijn.

### 3. PARALLELWERKEN.

Deze werken hebben ten doel, om verderen achteruitgang van de duinen tegen te gaan.

Aangezien men door de aanwezigheid van de dorpen direct achter de westelijke duinenrij op de meeste Oost-Friesche eilanden weinig meer kon verliezen, valt het begin van aanleg van deze parallelwerken vrijwel samen met dat der strandhoofden.

Op Norderney heeft men zelfs langs het Noorderstrand over groote lengte een dergelijk werk gemaakt, met weglating van de strandhoofden, zie bijlage 9.

De oudste constructie van deze werken bestond uit een *paalscherm*, staande in een kapglooiing, welke constructie op eenigen afstand vóór den duinvoet was aangelegd, zie fig. 1 van bijlage 13 en de foto n°. 25 van fotoblad V, bijlage 21.

Deze constructie had het bezwaar, dat achter de kapglooiing ontgronding ontstond, waardoor een steenbezetting of bestorting ter plaatse niet kon worden gemist.

Bovendien had toch aantasting van den duinvoet plaats, doordat de golven niet afdoende werden gekeerd.

Voorts trad verstikking van het in de steenglooïing staande gedeelte van het onbereide paalhout op.

Men heeft deze constructie dan ook verlaten, behalve op minder aangevallen kustvakken, alwaar het paalscherm, met het oog op verstikking, los op de kapglooïing werd geplaatst en daaraan met ankers werd verbonden, zie foto 26 van fotoblad V, bijlage 21.

Daarna is men overgegaan tot den bouw van *strandmuren*, welke zijn te onderscheiden in twee hoofdtypen:

- I. met verticaal voorvlak;
- II. met hellend en gebogen voorvlak.

De op de Oost-Friesche Waddeneilanden toegepaste verschillende vormen van deze strandmuren zijn aangegeven op bijlage 13 fig. 2 t/m 6, terwijl de foto's 27 t/m 35 van de fotobladen V en VI — bijlagen 21 en 22 — een nader beeld van deze muren toont.

De op Borkum toegepaste strandmuur behoort tot type I, doch is niet veel meer dan een bekleding en is, op zich zelf niet stabiel, zie fig. 4 van bijlage 13.

Aan deze muren ontstaat geregeld schade, doordat het bij stormvloed overslaande water het achterliggende zandlichaam doorweekt en de muur niet voldoende stabiel is, om aan den daardoor ontstanen verhoogden gronddruk weerstand te kunnen bieden.

Op Juist heeft men direct een massieve stabiele keermuur gebouwd, welke vorm — het zg. Juister profiel — op Norderney navolging heeft gevonden — zie fig. 6 van bijlage 13 en foto 33 van fotoblad VI.

Daarnaast heeft men op Norderney en later ook op Baltrum een S-vormige bekleding van het duintalud toegepast — Norderneyer Profiel —, dat evenals het Juister profiel goed schijnt te voldoen, zie fig. 2 en 5 van bijlage 13 en foto's 32 en 33 van fotoblad VI.

Bij de minder aangevallen gedeelten op Norderney heeft men nog een parallelwerk gemaakt van betondamplanken aan den voet versterkt door een onder helling opgezette steenbekleding, zie foto 31 van fotoblad VI.

De op Wangeroog gemaakte parallelwerken bestaan uit een onder een vrij flauwe helling gelegen klinkerbekleding, waarvan het gedeelte boven stormvloedshoogte verticaal is opgezet, zie fig. 3 van bijlage 13.

Ter plaatse waar de aanval zeer sterk is en geen duin meer aanwezig was, heeft men het bovenvlak verbreed door middel van een gewapend betonplaat op palen; deze kruin is aan de landzijde door een keermuurtje eveneens van gewapend beton begrensd, zie de foto's 34 en 35 van fotoblad VI.

Bedoelde constructie voldoet blijkbaar goed.

Bij nadere beschouwing van de parallelwerken op de Oost-Friesche Waddeneilanden treden onderstaande punten naar voren:

- a. de hoogte van den voet;
- b. de vorm van het voorvlak;

- c. de hoogte en de afmetingen van het bovenvlak;
- d. de bekleding aan de zeezijde van den voet;
- e. de kosten.

Over deze punten valt het volgende op te merken:

a. De hoogte van den voet.

Aanvankelijk heeft men, in de veronderstelling dat het strand niet zou verlagen, den voet van de muren, evenals voorheen de strandhoofden, te hoog gelegd — fig. 2 van bijlage 13 — waardoor men genoodzaakt werd, later voor den muur breede voetverdedigingen aan te brengen, welke een belangrijk deel der constructie werden. Men bereikte daardoor echter het tegengestelde van hetgeen men wenschte, namelijk een zoo klein mogelijk aanval op de constructie, daar bij het samentreffen van de open aflopende golven een heftige golfbeweging ontstond en de constructie veel had te verduren.

Bij de later gebouwde muren is de voet dan ook veel lager gelegd — 0,25 m onder G.H.W. — zie fig. 5 van bijlage 13, waardoor een voldoende diep waterkussen ontstond om den stoot van de samentreffende golven op te nemen.

b. De vorm van het voorvlak.

De ervaring op meergenoemde eilanden heeft geleerd, dat de golven zich tijdens storm bij een verticaal voorvlak verscheidene meters boven het watervlak verheffen en vervolgens door den stormwind grootendeels op het bovenvlak van den muur worden neergeworpen, daar wegens de hooge bouwkosten, de muur niet zoo hoog kan worden opgetrokken, dat de golfverheffing blijft beneden dit bovenvlak.

Voorts heeft men waargenomen, dat bij een hellend en gebogen voorvlak de golf vrij rustig langs den muur tot boven toe wordt geleid en de levende kracht door de zwaartekracht wordt uitgeput. De bij dezen vorm van muur optredende stoot tusschen de op- en aflopende golven is vrijwel onschadelijk voor de constructie.

c. De hoogte en afmetingen van het bovenvlak.

De hoogte en afmetingen van het bovenvlak hangen af van den vorm van het voorvlak van den muur, terwijl verder, wanneer de muur hoog is, de breedte van het bovenvlak klein kan zijn en omgekeerd.

Op Borkum, alwaar het type muur met nagenoeg verticaal voorvlak is gebouwd — fig. 4 van bijlage 13 — bleek bij een hoogteligging van 4,45 m + G.H.W. of 1,40 m boven den hoogsten stormvloed, de breedte van 3,30 m van het bovenvlak niet voldoende en heeft men consequent achter dezen berm wederom een verticalen muur opgetrokken tot 4,40 m boven stormvloed, hetgeen evenwel niet afdoende was, omdat door dezen nieuwen muur de golven opnieuw gelegenheid kregen, zich te verheffen, zoodat het noodig bleek, het bovenvlak van dezen tweeden muur eveneens te verdedigen.

Later heeft men op andere plaatsen den oorspronkelijken berm verbreed, hetgeen een goedkoopere en meer afdoende oplossing gaf.

Bij de hellende en gebogen strandmuur op Norderney ligt het bovenvlak op 3,50 m + G.H.W. of 0,40 m boven stormvloed en is dit vlak over een breedte van 6,60 m verdedigd en aan de achterzijde afgesloten door een verticaal muurtje, reikende tot 5,80 m + G.H.W., fig. 2 van bijlage 13; deze constructie is afdoende gebleken.

*d.* De bekleeding aan de zeezijde van den voet.

Deze bekleeding pleegt men als regel aan te brengen en is onmisbaar bij de muren met verticaal voorvlak om ontgronding van het voorliggend strand door de neervallende golven tegen te gaan.

Bij de muren met hellend en gebogen voorvlak brengt men die bekleeding als voorzorgsmaatregel aan, hoewel vrijwel geen aantasting van het voorgelegen strand pleegt op te treden, als de voet van den muur voldoende diep ligt.

Aanvankelijk heeft men, evenals bij de strandhoofden, deze bekleedingen gemaakt van natuursteen op rijshout, fig. 1, 2 en 6 van bijlage 13. Dit laatste eischte ook hier zeer veel onderhoud, zoodat men later het rijshout heeft vervangen door steenslag, welke constructie afdoende schijnt te zijn, fig. 4 en 5 van bijlage 13.

*e.* De kosten.

De kosten van het Juister en het Norderneyer type van strandmuur zijn, uitgedrukt per loopende meter, als volgt:

Onderdeel.	Verticaal voorvlak, Juister profiel, fig. 6 van bijlage 13.	Hellend en gebogen voor- vlak, Norderneyer profiel, fig. 5 van bijlage 13.
Muur . . . . .	f 432	f 372
Bekleeding voor den voet. . .	114	114
Berm met wandelweg. . . . .	144	144
Muurtje aan landzijde van den wandelweg. . . . .	42	42
Totaal . . . . .	f 732	f 672

Hierbij is aangenomen, dat de constructie der bekleeding van den voet en den berm met wandelweg voor beide gevallen dezelfde is en gelijk aan die van fig. 5 van bijlage 13.

Uit bovenstaande blijkt, dat de muur met hellend en gebogen voorvlak, welke uit een constructief oogpunt de voorkeur verdient, ongeveer 15 % goedkooper is dan de muur met verticaal voorvlak.

#### 4. BESCHOUWINGEN OVER DE KEUZE DER CONSTRUCTIE VAN STRANDHOOFDEN EN PARALLELWERKEN.

De constructie der strandverdedigingswerken op de verschillende Oost-Friesche Waddeneilanden is geenszins uniform en doet duidelijk zien, dat meerdere diensten daarin de hand hebben gehad.

Eenzelfde verschijnsel doet zich ook voor langs de Nederlandsche kust, alwaar men karakteristieke constructieverschillen ziet tusschen de Zeeuwsche strandhoofden — de Belgische hoofden gelijken daar veel op —, de Delflandsche hoofden, de hoofden langs de Noordhollandsche kust en de hoofden op Vlieland.

Tot voor kort hadden al deze constructie's evenwel dit gemeen, dat de zijkanten der hoofden door een korte perkoenrij werden opgesloten en de bezinking rond de koppen weinig omvangrijk was.

De buitengewoon hooge onderhoudskosten van de meeste strandhoofden hebben in den loop der tijden wel getoond, dat voornoemde constructie niet de juiste is, daar ze geen afdoende weerstand biedt tegen de langs de kust optredende verschijnselen, welke als volgt zijn onder te verdeelen:

- a.* de periodiek optredende strandverlagingen als gevolg van het uit zee opkomen van zandruggen, welke steeds hooger op het strand komen en waartusschen vaak diepe en breede geulen aanwezig zijn, die een tijdelijke sterke strandverlaging veroorzaken;
- b.* de voortschrijdende achteruitgang van de kust en daardoor blijvende geleidelijke verlaging van het strand;
- c.* de heftige golfaanval in de brandingzône, alwaar ongeveer de koppen der hoofden zijn gelegen.

De in de laatste jaren op Norderney en Baltrum en vooral op Borkum op groote schaal toegepaste constructie met langen damwand voor het opsluiten der hoofden, blijkt voorshands geheel afdoende, om de onder *a* en *b* genoemde verschijnselen te kunnen weerstaan.

In dit verband is op te merken, dat in de laatste jaren met goed gevolg bij de Delflandsche hoofden op enkele plaatsen de korte perkoenen door langeren damwand zijn vervangen.

Met het oog op het verschijnsel onder *c* genoemd, zijn in de jaren 1919 tot 1928 de Delflandsche hoofden van een uitgebreide bezinking rond den kop voorzien en is daarop een bestorting van zware steen — 200 tot 1000 kg per stuk voor de normale hoofden — aangebracht.

Aangezien de stormschade door deze bezinking zeer aanzienlijk is afgenomen, is bedoelde constructie op Vlieland in 1929 nagevolgd met hetzelfde gunstige resultaat.

Op de Duitsche Waddeneilanden begint men het nut van een uitgebreide bezinking ook thans in te zien en zal men op den duur wel tot zwaardere stortsteen moeten overgaan, wil men verder voorkomen, dat de steen op het strand wordt geworpen.

In dit verband is het belangrijk te vermelden, dat de strandhoofden in Denemarken zonder eenige bezinking worden aangelegd en men aldaar dan ook zeer veel moeite heeft om de hoofden in behoorlijken staat te onderhouden.

Naar aanleiding van hetgeen hiervoor is opgemerkt, mag met vrij groote zekerheid worden aangenomen, dat de meest doelmatige constructie der strandhoofden langs de Noordzeekust tusschen het Nauw van Calais en Kaap Skagen als volgt is te omschrijven.

In de brandingszône als kern een betrekkelijk korte kop, bestaande uit een dubbele rij van langen damwand, waartusschen een steenbezetting op steenslag.

Deze kern rondom voorzien van een uitgebreide bezinking, afgedekt met zware stortsteen, en met den duinvoet verbonden door een enkele rij langen damwand.

Ten aanzien van de parallelwerken valt te besluiten, dat de meest doelmatige oplossing is, de constructie met een flauw hellend en verdedigd voorvlak, waarop de golf kan uitloopen en dat het wenschelijk is, mede met het oog op het hierboven onder *a* en *b* genoemde verschijnsel, de voet zoo diep mogelijk aan te leggen en eveneens te voorzien van een langen damwand.

#### 5. WERKEN OP MINSENER OLD OOG.

Het doel van deze werken, welke nader zijn aangegeven op bijlage 9, is uitvoerig beschreven in Hoofdstuk II.

De dammen staan op een rijzen grondstuk en bestaan uit een dubbele paalrij, waartusschen een steenkist; de paalrijen zijn aan den buitenkant gesteund door een steenbestorting.

De uiteinden der dammen zijn veelal op de kruin en ook langs de zij-kanten voorzien van vooraf vervaardigde betonblokken, welke met een speciaal voor dit doel gebouwde kraan worden gelost — zie foto's 36, 37 en 38 van fotoblad VII — bijlage 23.

De betonblokken dienen om den zwaren golfslag te keeren en zijn dikwerf nog onderling door zware kettingen gekoppeld, foto 39 van fotoblad VII.

Ondanks deze voorzorgen ontstaan aan bedoelde dammen en met name aan hoofd A, veel stormschade.

Voor het vervoer van arbeiders en materialen ligt op de kruin der dammen, welke een totale lengte hebben van circa 9 km, een spoor.

Op het hoogste gedeelte van de plaat nabij dam C heeft men een opslagplaats, alwaar de verblijven van de directie en de arbeiders, alsmede het rollend materieel stormvloedvrij zijn opgesteld, zie foto 40 van fotoblad VII.

Het onderhoud van de werken op Minsener Old Oog is zeer omvangrijk en geschiedt geheel in eigen beheer.

#### 6. DUINEN.

De duinvorming geschiedt op alle Oost-Friesche Waddeneilanden volgens een bepaalde tot in details vastgelegde werkwijze, waarbij het langs de Pruisische kust der Oostzee in gebruik zijnde systeem vrijwel geheel is nagevolgd.

Het bestek van dit rapport laat niet toe, hierover uitvoerig uit te weiden, in verband waarmede wordt volstaan met enkele van de voornaamste werkmethoden in het kort toe te lichten.

Bij de vorming der duinen, waaronder is te begrijpen het verhoogen en verzwaren van bestaande duinen, het herstellen van door stormvloeden afgeslagen duinen dan wel door wind uitgeholde duinen, alsmede het aanleggen van stuifdijken, maakt men, evenals in Nederland, gebruik van schermen van riet-, rijs- of dennenhout, en voorts van helmplanten en helm- en stroopoten.

Met zorg wordt er op gelet, dat de schermen, met het oog op de meest doelmatige wijze van neerslaan van het zand, bij winddruk min of meer mee kunnen geven en tevens eenigszins doorlatend zijn, zie fig. 1a, b en c van bijlage 14.

Voorts wordt er naar gestreefd, dat er zooveel doenlijk gebruik wordt gemaakt van helmplanten, dat als „levend materiaal” verder kan uitgroeien.

De bij duinafslag gevolgde methode van zandaanwinning is nader aangegeven in fig. 2a t/m f van bijlage 14.

De helmbeplanting van het nieuwe duinbeloop geschiedt daarbij in vakken van ongeveer 2 bij 2 m, welke vakken zijn opgevuld met helmbossen, waarvan de bossen per vak naar boven in aantal geleidelijk toeneemt.

Het schijnt, dat men binnen zekere grenzen, naar verkiesing de helling van het beplante duintalud kan wijzigen, door het aantal bossen in vorennoemde vakkèn meer of minder te kiezen.

Deze wijze van beplanten van het duintalud is nader aangegeven in fig. 3 van bijlage 14, waarop is te zien de algemeen gevolgde werkwijze bij den aanleg van stuifdijken.

Men hecht bij dezen aanleg veel waarde aan een dubbel scherm, ten einde in één seizoen een behoorlijk sterken dijk te verkrijgen.

Evenals in Nederland heeft men dikwijls groote moeite, dat wegens te lage ligging of te groote schelprijkheid, het voorstrand niet voldoende wil stuiven; in dit laatste geval pleegt men o.a. op Baltrum het stuiven te bevorderen, door bij gunstigen wind het strand te eggen.

September 1932.

J. H. VAN DER BURGT.

## HOOFDSTUK IV.

### DE WERKEN TOT VERBETERING VAN DE BEVAARBAARHEID VAN DE EEMS.

De Eems, nader aangegeven op bijlage 15, liep aanvankelijk langs Emden, doch heeft omstreeks 1300 den dijk van Rheyderland doorbroken, waarna geleidelijk de Dollart is ontstaan.

In 1871 is men aangevangen de Eems te regulariseeren, door beteuglingswerken te leggen op de zandplaat de Geise tegenover Emden.

Deze werken kwamen in 1895 gereed en bestaan uit een 7 km langen strekdam en 16 dwarsdammen. Bedoelde dammen liggen 1,30 m onder G.H.W. en zijn gemaakt van rijspakwerk. Met het oog op beschadiging door stormvloed en ijsgang zijn deze dammen in de jaren 1897 tot 1902 bestort.

Voor de verdere regularisatie van de Eems is in de jaren 1912 tot 1924 een dijk gelegd van Emden naar Knock, waardoor circa 1700 ha slikgronden zijn ingepolderd. Wegens gebrek aan stortplaatsen voor baggerspecie ligt het in de bedoeling dezen nieuwen polder tot 1 m + G.H.W. op te spuiten met zand uit de Eems en daarop een 1 m dikke sliklaag aan te brengen van specie uit de haven van Emden en vervolgens den polder in cultuur (tuinbouw) te brengen.

De grondberging in dezen polder bedraagt 31,5 millioen m<sup>3</sup>, terwijl tot en met 1930 daarin reeds is gebracht 21,5 millioen m<sup>3</sup> specie.

Voor het behouden van de vastgestelde geul tusschen Emden en Knock van 7 m diepte onder L.L.W.S. bij 200 m breedte, moet tot nu toe op bepaalde punten van deze geul geregeld worden gebaggerd; men verwacht, dat, wanneer de nieuwe dijk op bedoelde geul voldoende heeft ingewerkt en nog enkele dammen zijn gelegd, het baggeren op dit deel van de vaargeul niet meer noodig zal zijn.

Voor het gedeelte Knock—Doekegat bestaat de Eems reeds vanouds uit twee armen, het vaarwater langs Delfzijl en het Oost-Friesche Gaatje.

In het begin van de 19de eeuw was alleen de geul langs Delfzijl goed bevaarbaar, tot in 1860 een verzanding aan den oostkant van het Paapzand optrad, hetwelk tot gevolg had, dat in 1895 de diepte van 8 m tot 4,60 m onder L.L.W.S. was teruggelopen en beide geulen als vaargeul gelijk stonden.

Van 1898—1901 heeft men van Duitsche zijde het Oost-Friesche Gaatje door baggeren — hoofdzakelijk klei en veen — verbeterd, waarbij een sterke ebstroom door deze geul ontstond.

Als eisch is toen gesteld, dat de vaargeul een diepte van 7 m onder L.L.W.S. bij een breedte van 300 m zou moeten verkrijgen.

Spoedig ontstond aan de zuidzijde van het Oost-Friesche Gaatje sterke verzanding, hetgeen tot gevolg had, dat in 1925 de scheepvaart uitsluitend de geul langs Delfzijl kon gebruiken.

In 1926 ontstond na een weinig omvangrijk baggerwerk door den sterken ebstroom een nieuwe, voldoende ruime en diepe vaargeul langs



Knock, welke opnieuw de verbinding van het vaarwater langs de Geise met het Oost-Friesche Gaatje tot stand bracht.

Direct daarna trad evenwel opnieuw verzanding van deze verbindingsgeul op, waarbij een zandtoevoer van 2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar werd becijferd, tegen welke hoeveelheid men niet kon baggeren.

Met behulp van de stroomsterkte — tevens stroomrichtings-meter van RAUSCHELBACH — heeft men toen op 15 punten op verschillende diepten en gedurende een volledig getij waarnemingen verricht, welke waarnemingen hebben geleerd, dat de vloed over het Rijsemer Nacken loopt, door den uitstekenden vorm van Knock afbuigt en over de Middelplaat in het Oost-Friesche Gaatje valt.

Deze vloedstroom voert veel zand mee, welk zand vooral bij het begin van den vloed in sterke mate in voornoemd vaarwater zich afzet, ten tijde dat in deze geul nog eb loopt.

Teneinde deze verzanding tegen te gaan, is men in 1930 begonnen met een 3,3 km langen leidam te bouwen nabij Knock ten oosten van het vaarwater. Deze leidam wordt aan de zijde van de geul door 10 hoofden beschermd, terwijl voorts een verbindingsdam wordt gemaakt tusschen den leidam en Knock, teneinde het zand te kunnen vasthouden. Deze dammen, welke in 1932 gereed moeten zijn, bestaan uit rijzen grondstukken, breed 24 m — aan den kop 36 m —, waarop een steenbestorting tot 1 m onder G.H.W.

Van het verdere gedeelte van de Eems tot de zee moet alleen in het Doekegat vrij veel worden gelood, omdat ter plaatse meerdere geulen samenkomen, waardoor aldaar sterke zandverplaatsingen optreden en men af en toe ter plaatse moet baggeren om de vaargeul in stand te kunnen houden.

Bijlage 15 geeft tevens een goed beeld van de kostbare voorzieningen, welke noodig zijn voor de bebakening en verlichting van de vaarwaters van de Eems, waarvan de voornaamste, met het oog op nachtvaart, vanaf Emden tot in zee door lichtboeien, lichtsectoren en geleidelichten zijn afgebakend.

September 1932.

J. H. VAN DER BURGT.

## HOOFDSTUK V.

### WAARNEMINGEN EN HUN BEWERKING.

#### I. INLEIDING.

Door alle in het bezochte gebied werkzame diensttakken wordt terdege beseft, dat het ontwerpen van waterbouwkundige werken tot beïnvloeding van zeestroomingen en zandverplaatsing nog op zeer onzekere gronden moet geschieden en onaangename verrassingen voortdurend te vreezen zijn, omdat onze kennis van de beweging van water, zand en slib in de zeegaten en waddegebieden nog uiterst gebrekkig is. Zij hebben daarom als een hoofdtak beschouwd, door een uitgebreid stelsel van waarnemingen de in hun gebied optredende verschijnselen zoo goed mogelijk te leeren kennen om langs dezen weg te komen tot een inzicht in de factoren, welke deze verschijnselen beheerschen.

Dit zijn in de eerste plaats waarnemingen in de natuur, als waterstands-waarnemingen, loodingen en stroommetingen, doch daarnaast heeft men te Wilhelmshaven ook gebruik gemaakt van laboratoriumproeven, waartoe de betrokken dienst over een eigen waterbouwkundig laboratorium beschikt.

In dit hoofdstuk zullen de verschillende waarnemingen stuk voor stuk worden besproken. Zooveel mogelijk zal bij elk type achtereenvolgens worden beschreven de inrichting der gebruikte instrumenten, de methode van waarnemen en de wijze van bewerken der gegevens, alles aan de hand van de door de betrokken diensten verstrekte inlichtingen. Daarbij aansluitende, wordt steeds een vergelijking met de in het algemeen in Nederland gebruikelijke methoden getroffen en zoo noodig een meer persoonlijke beschouwing aangaande de ginds toegepaste handelwijze gegeven.

De betrokken diensten zullen in het vervolg kortweg worden aangeduid als Wilhelmshaven, Norden en Emden. Van dezen laatsten dienst zal, bij gebrek aan gegevens, in dit hoofdstuk niets worden vermeld. Enkele mededeelingen over de door Emden verrichte waarnemingen vindt men in hoofdstuk IV.

#### 2. LOODINGEN.

##### a. Instrumenten.

Terwijl Norden zijn peilingen met het ook in Nederland steeds toegepaste werplood verricht, wordt door Wilhelmshaven een zeer interessant instrument, het sleeplood („Schlepplot”), gebezigd (zie lit. n°. 12).

Het principe ervan komt neer op het meten, langs pñeumatischen weg, van de drukhoogte in het water, even boven den bodem. Daartoe wordt (zie bijlage 16, fig. 1) een cilindervormige luchtketel met een inwendige hoogte en diameter van respectievelijk 63 en 13 cm in min of meer verticalen stand over den bodem voortgesleept, waartoe de ketel op een sleevormig houten onderstel is gemonteerd. Aan de bovenzijde mondt in den ketel uit een luchtslang van dik gummie, terwijl onderin een omgebogen buis uitkomt, die ongeveer ter hoogte van de bovenzijde

van den cylinder met het water in verbinding staat. Het geheel wordt aan een trekkabel, welke met een spruit aan het instrument is bevestigd, voortgetrokken, terwijl de luchtslang van afstand tot afstand aan een aparten aan den trekkabel verbonden staaldraad is bevestigd en zoo naar boord wordt geleid. Aldaar staat deze slang in verbinding met een normalen manometer met een diameter van 25 cm.

Bij het gebruik dringt het zeewater door de omgebogen buis in den ketel tot een zoodanige hoogte, dat de druk van de in luchtslang en ketel opgesloten lucht gelijk is aan den atmosferischen druk, vermeerderd met het gewicht van de waterzuil van de oppervlakte tot het waterniveau in den ketel. Deze druk, welke aan den manometer wordt waargenomen, is dus een maat voor de diepte van het waterniveau in den luchtketel onder het zeeoppervlak. Uit den afgelezen druk, het soortelijk gewicht van het zeewater en de globaal berekende afstand van het waterniveau in den luchtketel tot den onderkant van de slee zou de bodemligging ten opzichte van de oppervlakte te berekenen zijn. Men heeft er echter de voorkeur aan gegeven het instrument te ijken op plaatsen, waar de diepte nauwkeurig bekend is (binnenhavens van Wilhelmshaven). Op den manometer zijn op grond daarvan direct de dieptecijfers aangegeven, zoodanig dat de wijzerstand in dm is af te lezen.

De ervaring heeft aangetoond, dat dit instrument slechts bruikbaar is als de zeebodem in hoofdzaak uit zand bestaat. Is de grond te slikachtig, dan loopt het instrument vast, terwijl het in steenachtigen grond kan blijven haken. In beide gevallen is kabelbreuk en verlies van het instrument het gevolg. Het is ook te Wilhelmshaven meer dan eens voorgekomen, dat een sleeplood werd verspeeld, waarom men steeds zorgt een reserve-instrument aan boord te hebben.

Verder is gebleken, dat ten gevolge van het feit, dat het in- en uitstroomen van water door de omgebogen buis tijd vordert, de druk op den manometer zich met eenige vertraging aanpast aan de waterdiepte. Men heeft proeven genomen door den ketel plotseling 2 m te doen rijzen en na te gaan hoeveel tijd daarna de plotselinge drukvermindering aan den manometer valt waar te nemen. Zoodoende is men tot de conclusie gekomen, dat de manometer den toestand weergeeft, waarin het instrument zich 2,5 sec. te voren bevond.

De diepten, waarvoor het sleeplood goed bruikbaar is gebleken, loopen van drie tot dertig meter.

Naast dit sleeplood valt te vermelden, dat Wilhelmshaven bij het plaatsbepalen gebruik maakt van sextanten met eenigszins afwijkende constructie, zgn. trommelsextanten van de firma PLATH te Hamburg. De aflezing geschiedt hierbij niet met behulp van een nonius met loupe, doch op een aan de fijnbeweging verbonden verdeelde trommel, waarop direct met het bloote oog tot in minuten kan worden afgelezen. Dit gaat sneller en vermoeit de oogen minder dan het aflezen door een loupe.

#### *b.* Methode van waarnemen.

De metingen met het sleeplood zijn als volgt ingericht.

Van een aan boord van het opnemingsvaartuig opgestelde lier wordt

de trekkabel van het instrument gevierd tot een lengte, welke globaal driemaal de gemiddelde waterdiepte bedraagt, waarna de boot met een gebruikelijke snelheid van ongeveer 150 m per minuut het op te nemen terrein doorkruist. Dit geschiedt meestal in raaien, welker onderlinge afstand hoogstens 125 m, doch meestal minder bedraagt. Gedurende het varen wordt de manometer elke tien seconden in dm afgelezen, terwijl twee, van sextanten voorziene waarnemers elke minuut één Snelliusmeting verrichten. Bovendien wordt ter contrôle elke tien minuten een handlooding gedaan.

De Snelliusmeting geeft niet de plaats aan, waarvoor de gelijktijdig er mede afgelezen manometerstand geldt. Men dient dus een correctie aan te brengen, welke (zie bijlage 16, fig. 1) uit drie deelen bestaat, nl.:

- 1°. de afstand van de plaats van de sextantmeting tot het achtereinde van het vaartuig;
- 2°. de afstand van daar tot de plaats van den luchtketel op den bodem, horizontaal gemeten, welke afstand afhankelijk is van de gevierde kabellengte en van de waterdiepte;
- 3°. de afstand, waarover het instrument is verslept gedurende den tijd, die men voor de vertraging in het aanwijzen van den manometer rekent. Deze afstand is uiteraard afhankelijk van de vaarsnelheid.

Het voor elke Snelliusmeting zoo zuiver mogelijk bepalen van de beide laatste correcties zou veel werk medebrengen. Men heeft daarom voor de verschillende bepalende grootheden goed gekozen gemiddelde waarden aangenomen en daaruit een gemiddelde correctie berekend, welke men bij het uitzetten der loodingen als constante afstand tusschen de plaats der Snelliusmeting en de plaats, waarvoor de gelijktijdig afgelezen manometerstand geldt, invoert.

De door Norden verrichte loodingen geschieden geheel zooals hier te lande gebruikelijk is. Naast deze waarnemingen verricht Norden peilingen in raaien langs een afstandslijn voor de kust der eilanden tot ongeveer 600 m buiten de L.W.-lijn. Ook worden, evenals in Nederland, geregelde doorpeilingen volgens vaste raaien in de zeegaten verricht.

De in ons land veel gebruikte strandmetingen worden door Wilhelms-haven (op Wangeroog) niet toegepast. Norden controleert wel op deze wijze de verschuivingen van de hoog- en laagwaterlijnen, doch minder systematisch dan in Nederland geschiedt.

#### c. Verwerking der gegevens.

Groote zorg wordt besteed aan een duidelijke weergeving der resultaten van de talrijke loodingen. Vooral is dit het geval te Wilhelmshaven, waar men door te werken met het sleeplood en door den geringen raai-afstand een zeer dichte bezetting met dieptecijfers verkrijgt. Deze worden in teekening gebracht op schaal 1 : 5000 en voor overzichtskaarten op 1 : 15 000.

Met groote zorg worden hier doorheen de dieptelijnen geteekend, welke in het algemeen een sterk gekartelden vorm verkrijgen, waar men

bij een minder uitgebreide methode van opnemen tot een veel meer gestrekte lijn zou zijn gekomen. Aan deze nauwkeurige kennis der diepten wordt zeer veel waarde gehecht, zoowel ter vergelijking met kaarten van vorige en volgende jaren (het geheele Jadegebied wordt elk jaar opgenomen) als ter bepaling van de plaatsen, waar baggering gewenscht is.

Een veel gebruikt hulpmiddel om de zandverplaatsingen duidelijk voor te stellen, bestaat in het weergeven van kaarten van hetzelfde gebied, doch op verschillenden tijd, onder elkaar. Overeenkomstige punten op de verschillende kaarten worden daarna door streeplijnen verbonden, waarbij de in het algemeen oostwaarts gerichte verplaatsing zich kenbaar maakt door de afwijking van deze streeplijnen van de Noord—Zuid-richting.

Op nagenoeg alle kaarten worden de gebieden tusschen de verschillende dieptelijnen door kleuren onderscheiden, wat een vlug overzicht zeer vergemakkelijkte.

Wat bij dezen, overigens zoo systematischen, dienst opvalt, is, dat deze kleuring niet is genormaliseerd, zoodat op kaarten van aangrenzende gebieden dezelfde diepte door verschillende kleuren wordt voorgesteld.

Te Norden, waar de peilingen met het werplood geschieden, zijn de kaarten niet van een dergelijke fijne structuur als die te Wilhelmshaven. Wel worden ook zij met groote zorg bewerkt, zoodat de vergelijking van de kaarten van opeenvolgende opnemingen toch een duidelijk beeld geeft van den vorm en de verplaatsing der banken.

#### d. Vergelijking met Nederlandsche toestanden.

Als belangrijkste vraag doet zich op, in hoeverre het sleeplood, dat, voor zoover bekend, tot nu toe in Nederland niet is gebruikt, ook hier te lande met voordeel zou kunnen worden toegepast.

De *voordeelen* van het sleeplood ten opzichte van de hier gebruikelijke methode zijn:

1°. Men is zeker, dat geen enkele plaatselijke bult of kuil, welke in de raai voorkomt, over het hoofd wordt gezien en kan, indien de terreinsgesteldheid dit gewenscht maakt, een zeer dichte opeenvolging van dieptecijfers verkrijgen. De intervallen van 10 seconden, welke een afstand der dieptecijfers van 25 m beteekenen, kunnen daartoe zoo noodig worden verkleind.

2°. De vaarsnelheid bij groote diepten kan wat grooter worden genomen dan bij gebruik van het werplood. Bij diepten onder de 8 m is de gebruikelijke snelheid bij werplodingen reeds even onder de 150 m per minuut, doch bij grootere diepten is men genoodzaakt, of de snelheid te verkleinen of genoeg te nemen met geringere nauwkeurigheid. Bij het sleeplood is de toelaatbare vaarsnelheid in veel geringere mate afhankelijk van de diepte.

3°. Bij woelige zee zal het in niet te ondiep water mogelijk zijn, met het sleeplood nog behoorlijk te werken, nadat het gebruik van het werplood reeds onmogelijk is geworden.

4°. Golfbewegingen doen aan de nauwkeurigheid van het sleeplood zeer weinig afbreuk, in tegenstelling met wat bij het werplood het geval is. Daarentegen zijn aan de toepassing ook *bezwaren* verbonden.

1°. Kans op storingen door kabelbreuk tengevolge van het vastloopen van het instrument in slikkigen grond of achter steenen.

2°. Indien vaarwaters begrensd worden door zoo ondiepe gebieden, dat het schip er niet kan varen (zooals in de Waddenzee vrijwel voortdurend en in de Schelde gedurende een groot deel van het getij het geval is), is dit gedwongen, telkens bij den rand van de geul om te keeren. Doordat het sleeplood een eind achter het schip aankomt, beteekent dit, dat het randgebied van de geul niet wordt afgepeild. Deze rand zal een breedte van ten minste 40 m moeten hebben, zoodat bij een geulbreedte van 500 m minstens 16 % van het gebied niet door het sleeplood kan worden bereikt. Door speciale maatregelen (inhalen van den trekkabel) zou misschien eenige verbetering te verkrijgen zijn, doch dit zou gaan ten koste van de snelheid van werken.

3°. Een foutenbron van het instrument is gelegen in het feit, dat niet de diepte van den zeebodem wordt bepaald, doch die van het water-niveau in den luchtketel. Immers tusschen beide peilen bestaat geen constant verschil. Bij grootere diepte moet de luchtdruk toenemen, waardoor het volume der opgesloten lucht afneemt en dus het waterniveau in den ketel moet rijzen. Weliswaar is de stand van dit niveau bij een bepaalde diepte constant, zoodat bij ijken van het instrument de verschillen dezelfde zijn als bij het waarnemen, waardoor de fout verdwijnt. Doch waarschijnlijk zal het geheel luchtketel-luchtslang-manometer nimmer absoluut luchtdicht zijn, zoodat gedurende de looding eenige lucht zal ontsnappen, wat een rijzing van het water in den ketel tengevolge zal hebben. Zoodoende zal een fout van enkele dm zeker kunnen optreden. Bovendien zal bij groote waterdiepte een fout kunnen optreden ten gevolge van schommelingen in het s. g. van het zeewater, welke fout echter zelden meer dan één dm zal kunnen bedragen.

Deze fouten zijn op zich zelf van weinig belang, doch kunnen goddeels opwegen tegen het onder 4° genoemde voordeel.

4°. De onzekerheid in de plaats van de waarneming tengevolge van de onzekerheid in de onder *b*, 2° en 3°, genoemde correcties kan bij geaccidenteerd terrein tot 10 m bedragen. Immers, indien de diepte over korten afstand van 20 tot 5 m wisselt, en men heeft 40 m kabel laten vieren, dan beteekent dit een verschil van 5 m. Bovendien zal de vertraging in de manometeraanwijzing niet een constante zijn, doch zeer afhangen van de snelheid, waarmede de diepteveranderingen plaats vinden, zoodat ook uit dien hoofde een onzekerheid van zeker 5 m blijft. Op zich zelf is een dergelijke onnauwkeurigheid niet erg, doch de mogelijke snelle opvolging van meetpunten verliest wel eenigszins aan waarde, als in elk meetpunt een dergelijke onzekerheid bestaat.

Er blijkt dus, dat het sleeplood zeker niet over de geheele lijn het werplood zal kunnen verdringen. Slikkige grond en onbevaarbare bankengebieden langs vaarwaters stellen een grens aan de toepassing. Ook is

gebleken, dat de groote nauwkeurigheid, waarmede de dieptelijnen met dit instrument kunnen worden bepaald, voor een deel slechts schijn is. Toch maken de waarschijnlijk iets grootere werksnelheid en de grootere onafhankelijkheid van woelige zee het waarschijnlijk, dat, vooral in diepe gebieden, het sleeplood wel een verbetering ten opzichte van het werplood zal kunnen beteekenen. Een voorloopig als proef bedoelde toepassing er van in Nederland is dus zeker aan te raden.

Het gebruik van trommelsextanten biedt ongetwijfeld de onder *a* genoemde voordeelen ten opzichte van het gebruikelijke type. Ook hiervan verdient toepassing hier te lande zeker overweging.

De zeer fraaie, uitgebreide en overzichtelijke diepteкарten en het gebruik, dat men er van maakt, wijzen op het nut van een goede uitwerking der waarnemingen. Het ziet er niet naar uit, dat men de problemen van de zandverplaatsing spoedig wetenschappelijk zal beheerschen, zoodat nog lang vele verbeteringswerken op grootendeels empirischen grondslag zullen moeten worden ontworpen. Juist dan is het van zoo groot belang, dat de ontwerper een haast intuïtief gevoel voor de het zandtransport beheerschende factoren verkrijgt. Daartoe is bestudeering van een overzichtelijke weergeving van de in den loop der jaren opgetreden diepte- veranderingen onontbeerlijk. Dit is door de betreffende diensten terdege begrepen en de door Wilhelmshaven bereikte successen zijn zeker voor een groot deel hieraan toe te schrijven.

### 3. WATERSTANDSWAARNEMINGEN.

#### *a.* Instrumenten.

Wilhelmshaven gebruikt uitsluitend registreerende vlotterpeilschalen. Als typische verschillen van deze instrumenten met de in Nederland gebruikelijke zijn op te merken het toepassen van zeer hooge registreerbladen (ongeveer 60 cm), waarop de getijlijnen, welke in het algemeen een tijverschil van 3 à 4 m vertoonen, op schaal 1 : 10 worden opgeteekend, en het uitsluitend gebruik van potloodregistratie. De trommel draait éénmaal per 24 uur rond, terwijl steeds zeven lijnen op een blad worden geschreven, zoodat slechts eens per week het papier behoeft te worden verwisseld. Een van deze normale peilschalen heeft bovendien een elektrische overbrenging naar de kamer van Dr. KRÜGER.

Een tot in details afdalende beschrijving van deze instrumenten is te vinden in het rapport der Peilschaalcommissie (zie lit. n°. 10).

Door Norden zijn enkele registreerende vlotter-peilschalen opgesteld op dukdalven op het wad. De ook hier toegepaste registratiemethode met zeven lijnen per blad maakt, dat het voldoende is, als eens per week deze peilschalen worden bezocht.

Daarnaast past Norden elektrische en pneumatische peilschalen met afstandsregistratie aan wal toe. Een elektrische peilschaal is niet bezichtigd, doch, blijkens verstrekte inlichtingen, komen deze instrumenten in hoofdzaak overeen met het type, dat als „trapjestyte” in bijlage 1 van het rapport der Staatscommissie-LORENTZ (zie lit. n°. 9) wordt beschreven.

Van de pneumatische peilschalen is een schematische voorstelling gegeven in fig. 2 van bijlage 16. Op de plaats van waarneming wordt een Differdinger profiel n°. 30 ingeheid, waaraan ruim 1 m beneden normaal L.W. een onder open luchtklok wordt bevestigd, waarin van boven een gepantserde looden luchtbuis uitmondt. Deze buis wordt eerst langs den paal omhoog gevoerd tot boven hoogwater en daarna omlaag tot op den zeebodem en loopt vandaar naar het registratietoestel aan wal. Aldaar is de buis verbonden aan een kwikmanometer, in welks open been een vlotter drijft, waarvan de stand met een volkomen gelijke inrichting als bij de vlotterpeilschalen op dezelfde bladen en schaal wordt geregistreerd. Op deze wijze wordt in de luchtklok en de buis een afgesloten hoeveelheid lucht gevormd, waarvan de druk bepaald wordt door de waterhoogte boven den stand van het waterniveau in de luchtklok. Deze druk wordt gemeten door den kwikmanometer, zoodat de stand van den vlotter een maat is voor de hoogte van den waterspiegel boven het waterniveau in de luchtklok.

Ter aanvulling van luchtverliezen en ter voorkoming van waterverzameling in de laagste plekken van de luchtbuis wordt deze elke paar dagen goed doorgepompt met een voetspomp. De ingezogen lucht wordt daarbij eerst door een hygroskopische stof gedroogd.

#### *b.* Organisatie.

De soorten en plaatsen der peilschalen in de bezochte gebieden zijn voorgesteld in fig. 3 van bijlage 16. Van deze peilschalen behooren die te Norden en te Wilhelmshaven tot de vaste, sinds jaren bestaande stations; de overige zijn alle geplaatst met het oog op de in te stellen onderzoeken, waarbij de in het gebied van Norden voorkomende eerst in 1930 en 1931 in werking zijn gekomen.

De bewerking der waarnemingen is vrijwel gelijk aan wat hier te lande geschiedt, zoodat maand- en jaargemiddelden der hoog- en laagwaterstanden worden berekend. Bij beschouwing van verschillende stations wordt geen harmonische analyse toegepast (zie hierover nader bij het punt stroommetingen), doch worden de waargenomen getijkrommen direct vergeleken. Daarbij wordt tot in kleine details gegaan.

#### *c.* Vergelijking met Nederlandsche toestanden.

De opzet der waarnemingen is in hoofdzaak dezelfde als in een overeenkomstig geval hier te lande zou worden toegepast. De verschillende instrumententypen komen in analogen vorm ook hier te lande voor en de bewerking der waarnemingen is in hoofdzaak dezelfde.

Als verschilpunt is te noemen, dat in Nederland meer waarde wordt gehecht aan de harmonische analyse, speciaal aan de bepaling van het  $M_2$ -getij als middel om in overzichtelijken vorm de hoofdzaken der getijbeweging op verschillende punten met elkaar te vergelijken, terwijl bij deze vergelijking aan de details der krommen minder aandacht wordt besteed.



Een kenmerkend verschil bestaat slechts tusschen de hier en ginds gebruikte instrumenten van het pneumatische type. In ons land wordt door geregelden luchttoevoer gezorgd, dat voortdurend lucht uit de luchtklok ontsnapt, zoodat het grensvlak van water en lucht op een constant niveau ter hoogte van den onderkant van de luchtklok blijft. Daardoor wordt dus de hoogte van den waterspiegel ten opzichte van een vast peil gemeten.

Het weglaten van deze luchttoevoer brengt een foutenbron mede. Indien kort na het doorpompen van de leiding bij L.W. de luchtklok geheel met lucht is gevuld, is in klok en buis een hoeveelheid lucht opgesloten, welke bij het stijgen van den waterspiegel onder hooger druk wordt gebracht en dus een kleiner volume inneemt. Dientengevolge dringt het water gedeeltelijk in de luchtklok, zoodat bij H.W. het vergelijkingsvlak (grensvlak van lucht en water) hooger ligt. Het tijverschil wordt zodoende te klein weergegeven.

Ter bepaling van de orde van grootte van deze fout zij aangenomen een rechthoekige luchtklok van  $40 \times 40 \times 35$  cm en een 1 km lange buis met een diameter van 4 mm. Totale inhoud  $40 \times 40 \times 35 + \frac{\pi}{4} \times 0,4^2 \times 100,000 = 56,000 + 12,500 = 68,500$  cm<sup>3</sup>.

Globale druk bij opstelling 2 m onder L.W. en een tijverschil van 4 m bij L.W. 12 m waterdruk;  
bij H.W. 16 m waterdruk.

Volumevermindering dus:

$$\frac{16-12}{16} \times 68,500 \text{ cm}^3 = 17,100 \text{ cm}^3.$$

Stijging van het water in de luchtklok:

$$\frac{17,100}{40 \times 40} = \text{globaal } 11 \text{ cm.}$$

Het doet eenigszins bevreemdend aan, dat men hier, waar juist in het algemeen zoo hooge eischen aan de nauwkeurigheid worden gesteld, met een dergelijke fout genoegen neemt. De plaatselijke ingenieur was niet voldoende met het instrument op de hoogte om hieromtrent inlichtingen te geven en vertelde slechts, dat de „Deutsche Seewarte”, welke deze instrumenten had verzorgd, voor de juistheid der aanwijzingen instond. Het lijkt echter zeer onwaarschijnlijk dat zonder geregelden luchttoevoer een correctie van deze fout mogelijk is. Bovendien is volkomen luchtdicht zijn van het samenstel klok-luchtbuis haast niet bereikbaar, zoodat tusschen twee opeenvolgende keeren doorpompen van de leiding de afgesloten luchthoeveelheid, zij het in geringe mate, zal afnemen. Hoewel het aanbrengen van een geregelden luchttoevoer ongetwijfeld zijn bezwaren heeft en kosten medebrengt, lijkt deze methode zeker verkieslijker.

#### 4. STROOMMETINGEN.

##### a. Instrumenten.

De stroommetingen van Wilhelmshaven geschieden met een molentje van de fa. ORT, dat voorzien is van magnetische richtingsaanwijzing [zie voor nadere beschrijving catalogus n°. 1 der fa. ORT, (zie lit. n°. 20) kenwoord Mulde]. De molen hangt door middel van een bronzen draad aan een midscheeps opgestelden ijzeren laadboom, terwijl de electriche kabel, welke de aanwijzingen van het instrument overbrengt, los wordt meegevoerd. Draad en kabel worden elk door een afzonderlijke lier (type Wolga uit bovengenoemde catalogus) bediend. Een voorspandraad wordt niet gebruikt, zoodat bij groote diepte en belangrijke stroomsnelheid de molen vrij ver afdrijft. Ondanks het feit, dat de electriche kabel niets te dragen heeft, is het reeds twee maal voorgekomen, dat de spanning tengevolge van den stroomdruk tot breuk heeft geleid.

Voor het aanwijzen van toerental en richting van den molen is een uitgebreid schakelbord aanwezig. Het toerental wordt bepaald door een toerenteller met stophorloge, welke door één hefboom volkomen gelijktijdig in en uit worden geschakeld. De richtingsbepaling geschiedt zoodanig, dat na het drukken op een knop een wijzer zich langs een kompasroos beweegt tot zijn stand overeenstemt met die van de magnetische naald in het binnenste van den molen. Een volgende druk op den knop voert de wijzer tot den nulstand terug, waarna men de meting kan herhalen. De richtingaanwijzing is dus noodzakelijk discontinu.

In de meetkajuit bevindt zich nog een kompas, welks aanwijzing bovendien automatisch geregistreerd wordt.

Deze kompasaanwijzing heeft men noodig ter bepaling van de correctie op de richtingaanwijzing, welke moet worden aangebracht omdat de magneetnaald in den molen zeer sterk wordt beïnvloed door het ijzeren meetschip. Ter vaststelling van deze correctie wordt het instrument in een binnenhaven vast ten opzichte van het schip en evenwichtig aan de lengteas ervan bevestigd op dezelfde plaats waar het zich tijdens het meten bevindt. Men laat dan het schip draaien en bepaalt in elken stand de afwijking van de magneetnaald ten opzichte van het door het scheepskompas aangegeven magnetische noorden. Deze ijking wordt voor verschillende diepten herhaald (zie lit. n°. 19).

Bij de gebruikte opstelling beloopt de correcties bij een diepte van 2 à 3 m tot 25°. Bij grootere diepte neemt, zooals te verwachten valt, de invloed van het schip op den magneetnaald af, zoodat bij diepten grooter dan 10 m de correcties kleiner zijn dan 5°. Daar deze meetmethode de richting toch niet met grootere nauwkeurigheid kan doen kennen, worden dergelijke correcties verwaarloosd.

Geen onderzoek is ingesteld of de correctie kan veranderen wanneer tengevolge van de afdrijving door den stroom het instrument een andere plaats in langrichting ten opzichte van het schip inneemt. Weliswaar wordt deze afdrijving eerst van beteekenis op diepten, waar de correctie reeds zeer klein is geworden, zoodat de fout die tengevolge niet groot kan zijn.

Naast deze correctie treedt bij de richtingmeting nog een foutenbron op, doordat het inschakelen van den stroomkring, welke de stand van de magneetnaald naar boord overbrengt een afwijking van deze naald veroorzaakt. In het laboratorium is deze invloed onderzocht (zie lit. n<sup>o</sup>. 19); de invloed bleek duidelijk merkbaar, doch bleef binnen de nauwkeurigheidsgrenzen van het instrument.

Norden voert zelf geen stroommetingen uit, doch laat af en toe metingen verrichten door de „Deutsche Seewarte”. Deze dienst gebruikt daarbij de „Askania-Rauschelbach stroommeter”, (zie lit. n<sup>o</sup>. 13) die in principe neerkomt op het volgende (zie bijlage 16, fig. 4). Een molentje is draaibaar om een verticale as bevestigd aan een raamwerk, dat aan twee kabels zuiver evenwijdig aan de lengteas van het schip wordt opgehangen. Naast het toerental van den molen wordt langs electrischen weg door een ingewikkeld stelsel van contactnokken de richting van het instrument ten opzichte van het raamwerk tot 3° nauwkeurig geregistreerd. Uit de aanwijzing van het scheepskompas kan zodoende de richting van den molen, dus de stroomrichting worden bepaald. Een en ander wordt op een papierstrook doorlopend geregistreerd. In de prospectus van dit in Nederland nog niet toegepaste instrument worden als voordeelen ervan aangegeven, dat het molentje de beste resultaten geeft wat stroomsnelheid betreft, terwijl alleen een niet-magnetische meting van de richting een voldoende nauwkeurige uitkomst kan verzekeren. Bovendien verschaft de registratie een inzicht in het karakter en de turbulentie van den stroom.

#### b. Methode van waarnemen.

Als meetboot wordt door Wilhelmshaven benut een flinke zeesleepboot (lengte ongeveer 25 m, breedte ongeveer 5 m), welke voor één anker wordt gelegd. De bemanning bestaat uit vier personen, terwijl een middelbaar technicus de metingen verricht. De meetmethode is daarbij tot in kleinigheden vastgesteld en genormaliseerd.

Er wordt doorlopend gemeten, waarbij men, om vermoeidheid van de, de beide lieren bedienende matrozen te beperken, het ophalen in stukken verdeelt door de molens steeds eerst tot op den zeebodem te laten zakken. Daar wordt de eerste meting verricht en vervolgens de molen twee meter opgehaald, opnieuw gemeten, opnieuw twee meter opgehaald, tot de bovenste meting even onder de oppervlakte is gedaan. Daarna laat men het instrument wederom zakken en begint een nieuwe meting.

In elken stand bepaald men eerst het toerental van den molen waartoe het aantal omwentelingen in 100 seconden wordt gemeten; daarna stelt men de richtingsaanwijzing in werking. Zodoende meet men bij de normaal voorkomende diepten in ongeveer twintig minuten de verticaal af. Elke meting wordt over minstens 13 uur uitgestrekt, zoodat men op elke diepte gemiddeld veertig stroomwaarnemingen verkrijgt.

De grootste diepte waarbij het instrument in normale gevallen wordt gebruikt, bedraagt twintig meter, doch in enkele gevallen is bij geringe stroomsnelheid tot dertig meter gemeten.

Wat betreft het werken met den stroommeter van Rauschelbach vermelden de verstrekte inlichtingen slechts, dat de meetboot steeds aan zes ankers wordt vastgelegd en dat men met twee instrumenten, één aan stuurboord en één aan bakboord, werkt.

#### c. Verwerking der gegevens.

Dit geschiedt door Wilhelmshaven en Norden op analoge wijze. Er wordt geen gemiddelde snelheid over de verticaal bepaald, doch voor elk dieptepunt afzonderlijk wordt de stroomkromme als functie van den tijd geteekend. Als resultaat van een meting komt men zodoende tot groote bladen (ongeveer  $50 \times 70$  cm) waarop de voor elke diepte geldende stroomkrommen zijn geteekend.

Daar de op elken willekeurigen dag gemeten stroomkrommen niet als de normale stroomkrommen kunnen gelden, past men een herleiding toe. Daarbij wordt uit de door de registreerende peilschalen opgeteekende getijkrommen de getijkromme op de stroommeetplaats afgeleid en deze wordt vergeleken met de voor deze plaats normale kromme. Uit de afwijking welke de rijzing en daling van den waterspiegel ten opzichte van de als normaal geldende vertoont, komt men tot een schatting van de afwijkingen in de stroomkrommen en vervormt zodoende de waargenomen krommen tot de normale stroomkrommen.

Harmonische analyse van den stroom wordt niet toegepast; in beide diensten beschouwde men dit als een voor waterstaatkundige doeleinden nuttelooze operatie. Men hecht daarentegen zeer aan den preciesen vorm van de stroomkrommen en trekt uit kleine eigenaardigheden (meer of minder geleidelijke toe- en afnemings van de stroomsnelheid b.v.) soms vrij vergaande conclusies.

#### d. Vergelijking met Nederlandsche methoden.

De in overeenkomstige Nederlandsche gebieden (in hoofdzaak de Zuiderzee, de Rotterdamsche Waterweg en omgeving en de Westerschelde) gebruikelijke methoden van stroommeting vertoont, vergeleken met de door Wilhelmshaven toegepaste wijze van doen, vrij groote afwijkingen. De voornaamste verschillen zijn, dat hier te lande:

- 1°. de waarnemer steeds een ingenieur is;
- 2°. in vele gevallen wordt gewerkt met den Jacobsen stroommeter;
- 3°. de meetduur voor elk dieptepunt korter is, zoodat de geheele verticaal in korten tijd wordt doorgemeten, waarna het meten eenigen tijd wordt gestaakt;
- 4°. vrijwel steeds de gemiddelde snelheid in de verticaal uit de verschillende metingen, alles gedacht als geldende voor het midden van de meetperiode, wordt bepaald en verder als waarneming gebruikt;
- 5°. meestal de  $M_2$  componente van de gemeten stroomkromme wordt bepaald en als in groote lijnen den stroomtoestand in het betreffende punt weergevende wordt behandeld;

6°. bij het herleiden van de stroomkromme tot de normale waarde niet wordt uitgegaan van de afgeleide getijkromme op de meetplaats, doch een aantal in de omgeving der meetplaats waargenomen peilschaalkrommen worden gebruikt om het verval ter plaatse te bepalen.

De meeste dezer verschillen hangen op een of andere wijze met elkaar samen. Zoo is het meten met den Jacobsenmeter, waarbij het waarnemen hogere eischen stelt en het bepalen van het te gebruiken gewicht meer inzicht in de stroomingsverschijnselen bij den waarnemer verlangt, minder geschikt om door een middelbaar technicus te worden verricht dan de meer automatische molenmeting. De langere duur van elke aflezing wordt eendeels veroorzaakt, doordat bij den molen een vrij lange waarnemingstijd noodig is om de steeds voorkomende schommelingen in de stroomsnelheid (welke reëel kunnen zijn of een gevolg van het gieren van het schip) te vereffenen, anderzijds omdat men het bepalen van den duur ervan niet durft over te laten aan den waarnemer, doch een vaststaande en dus ruim genomen waarnemingstijd voorschrijft. En het in tijd verder uiteenliggen der waarnemingen op de verschillende diepten maakt het moeilijker ze tot een gemiddelde snelheid volgens de verticaal op een bepaald oogenblik te vereenigen.

Dat de Duitschers aan molentjes de voorkeur geven boven den Jacobsenstroommeter, vindt ongetwijfeld zijn oorzaak in het feit, dat zij laatstgenoemde methode niet nauwkeurig genoeg vinden. En daarmee is het punt geraakt, dat als kern van het verschil in opvatting kan worden aangezien; in Duitschland heeft men een veel en veel hooger denk van de nauwkeurigheid van de meting dan hier te lande. Omgekeerd werkt de meetmethode deze denk in de hand; bij het molentje wordt de snelheid door een integratieproces bepaald en de schommelingen dus verdoezeld, terwijl de Jacobsen de oogenblikkelijke waarde van den stroom aangeeft en door de variaties in den bestand deschommelingen duidelijk aan den dag laat treden. Ook geeft de mogelijkheid om met den Jacobsen meetseries in snel tempo te herhalen een middel om de nauwkeurigheid te controleeren, dat bij den molen niet in die mate aanwezig is. Tenslotte doet de hier te lande gebruikelijke methode van herleiden de onzekerheid, welke reeds in dit onderdeel zit, meer aan den dag treden dan de ginds toegepaste.

Het besef van de onnauwkeurigheid der enkele meting is oorzaak, dat men hier te lande tracht de te gebruiken gegevens door middelen van een groot aantal waarnemingen te verkrijgen. Dit geschiedt allereerst door het bepalen van de gemiddelde snelheid in de verticaal en daarna door de Fourier analyse, welke toch in den grond neerkomt op het bepalen van de „gemiddelde” sinusoïde. De uitkomst van deze analyse, welke in twee cijfers, de amplitude en het kappagetal, in groote lijnen een beeld geeft van den stroomtoestand ter plaatse, is bepaald uit zoovele metingen, dat hieraan een groot vertrouwen kan worden geschonken. Daarentegen hangt de preciese vorm der stroomkromme van de nauwkeurigheid van elke meetserie afzonderlijk af en verdient dus in veel mindere mate vertrouwen. Inderdaad is meermalen gebleken dat door abnormale omstandigheden de eigenaardigheden in een stroomkromme voor een bepaalde plaats lang niet steeds en zeker niet steeds in dezelfde mate optreden.

Naast dit verschil in opvatting omtrent de nauwkeurigheid vinden vele verschillen ook hun verklaring in het feit, dat in het Jadegebied vele stroommetingen plaats vinden nabij koppen van dammen, uitstekende landpunten e.d. Door den invloed van neeren hebben vloed- en ebstroom op dergelijke plaatsen vaak een geheel verschillend verloop, terwijl ook dikwijls oppervlakte- en bodemstroom niet evenwijdig zijn. Inderdaad kunnen in dergelijke gevallen zoowel het middelen der snelheden over een verticaal als de Fourieranalyse een verkeerd beeld van den toestand geven.

Toch lijkt ook in vele dergelijke gevallen bepaling van  $M_2$  componenten gewenscht, zij het dan in enigszins veranderden vorm om met de onsymmetrie van den stroom rekening te houden. De thans aldaar toegepaste methode is namelijk uiterst onoverzichtelijk. Het goed vergelijken der metingen in verschillende punten, die elk op groote bladen als een groot aantal krommen zijn voorgesteld, onderling en met de peilschaal-waarnemingen lijkt vrijwel ondoenlijk en toch is dit voor het verkrijgen van een inzicht in het mechanisme der getijverschijnselen onontbeerlijk. Daarentegen kunnen bij oordeelkundig gebruik de harmonische  $M_2$  constanten in een oogopslag opheldering geven omtrent de hoofdzaken van het onderling verband der verschillende verschijnselen. Aan de verklaring en de beïnvloeding van niet door de  $M_2$  constanten weer te geven bijzonderheden kan zeker eerst worden gedacht nadat het getijmechanisme in groote lijnen is doorgrond.

Wat tenslotte de Askania-Rauschelbach stroommeter betreft: ongetwijfeld vormt dit een zeer goed instrument, waarmede, vooral door de registratie der aanwijzingen, haast ideale waarnemingen kunnen worden verkregen. Het is echter zeer de vraag of dit opweegt tegen de hooge kosten en groote bewerkelijkheid. Voor niet te diep water geeft de Jacobsen ruim voldoende resultaten, terwijl in diepere lagen de molen met magnetische richtingsaanwijzing voldoende nauwkeurig werkt. De kennis van zee- en getijstroomingen, die zeer lang nog uiterst globaal zal moeten blijven, is met een dergelijke verfijning der waarnemingen weinig gebaat. Bovendien zal bij grootere stroomsnelheden, zooals in de Nederlandsche gebieden voorkomen, de afdrijving van het groote instrument wel een zeer ernstig bezwaar vormen.

Deze uitvoerige vergelijking van de Deutsche en Nederlandsche stroommetingen was noodig, omdat de ginds aangetroffen afwijkende opvattingen een bezinning omtrent de juistheid van de hier toegepaste wijze van doen gewenscht maakten. De slotsom moet echter luiden, dat men met de hier te lande gebruikelijke methodes, welke in hoofdzaak zijn ontwikkeld door de beide Staatscommissies in zake hooge waterstanden op den Rotterdamschen Waterweg en in verband met de afsluiting van de Zuiderzee en die thans voornamelijk werden toegepast door den Dienst der Zuiderzeewerken en den Studiedienst der Zeearmen en Benedenrivieren, voor bestudeering van de hier op den voorgrond tredende vraagstukken op den goeden weg is en dat geheele of gedeeltelijke overneming van den in Duitschland gebruikelijken opzet geen aanbeveling verdient.

## 5. DIVERSE WAARNEMINGEN.

### a. Zandtransport.

Waar het doel zoowel van Norden als van Wilhelmshaven neerkomt op het uitoefenen van invloed op de afzetting van zand- en bodemmateriaal, is het vanzelfsprekend dat waarnemingen betreffende zandtransport door hen van groot belang wordt geacht. Het is wel tekenend voor de moeilijkheden op dit gebied, welke ook in Nederland terdege zijn ondervonden, dat een bevredigende waarnemingsmethode nog niet is bereikt.

NORDEN behelpt zich door watermonsters uit de onderste lagen te nemen en de hoeveelheden vaste stoffen daarin te bepalen. Ter vergelijking neemt men ook bodemmonsters, waartoe men over een klein grijpertje met een inhoud van 1 à 2 l beschikt. Er waren nog slechts weinig waarnemingen verricht en deze wachten nog op verdere uitwerking, zoodat omtrent de resultaten en de ervaring met deze methode niets valt mede te deelen.

Betreffende de genomen grondmonsters konden echter enkele globale cijfers over de korrelgrootte van het aldaar voorkomende zand worden gegeven.

Zij luiden:

wadzand: 80—200  $\mu$ ,

strandzand: 0,2—0,3 mm,

zeezand (monsters genomen vóór Norderney op een diepte van 15 m): zeer uiteenlopend, doch met korrels van 1—2 mm er bij.

Ook te Wilhelmshaven bevonden deze waarnemingen zich nog in het allereerste beginstadium. Aan het waarnemen in de natuur was men zelfs nog niet toe. Wel was er een instrument ontworpen, een z.g. zandvanger, welke schetsmatig in fig. 5 van bijlage 16 is voorgesteld. Het instrument bestaat uit een rechthoekige metalen doos, welke van voren open is en aan de bovenzijde van spleten is voorzien. Aan twee klinken *a* en *b*, welke om elkaar grijpen, kan men den koker horizontaal laten zakken. Bij het navieren van den kabel, nadat het instrument op den bodem is gekomen, komen de klinken *a* en *b* los van elkaar, zoodat bij het ophalen het instrument in nagenoeg verticalen stand slechts aan klink *a* komt te hangen. Aan de achterzijde bevindt zich een roer om het instrument in den stroom te houden terwijl, ter bereiking van den horizontalen stand, aan de voorzijde een tegengewicht is aangebracht.

Na het neerstrijken op den bodem zal het water aan de voorzijde den koker binnenstroomen en deze door de spleten in de bovenzijde weer verlaten, waarbij een deel van het in het water zwevende zand zich in de achterste ruimte van de doos zal verzamelen. Na een bepaalden tijd wordt het instrument omhooggehaald en de erin achtergebleven hoeveelheid zand bepaald.

Het instrument zal een bepaalde storing in de strooming veroorzaken, terwijl een deel van het zwevende zand mede door de spleten zal ontwijken.

Men begreep dan ook zeer goed, dat van absolute gegevens betreffende het zandtransport geen sprake kon zijn, doch verwachtte dat een goede vergelijking tusschen op verschillende punten in beweging zijnde zandhoeveelheden zou kunnen worden verkregen.

Dit zou ongetwijfeld reeds van groot belang zijn, doch ook hierbij is men nog geenszins zeker van betrouwbare gegevens. Indien toch, zooals zeer goed mogelijk is, een groot deel van het zandtransport rollend over den bodem geschiedt, zal een toevallig iets hooger of lager terechtkomen van het instrument een groot verschil in binnenkomend zand kunnen beteekenen. Bovendien kunnen bij verschillende watersnelheden zeer goed verschillende percentages van het zwevende zand in het instrument worden achtergelaten.

In Nederland is door Ir. CANTER CREMERS een zandvanger geconstrueerd, welke op hetzelfde principe van zandaccumulatie berust. Ten opzichte van het Duitsche instrument bezit deze het voordeel, dat de stroom minder gestoord wordt en dat meer zekerheid bestaat dat de uittredende stroom geen zand mee voert. Daarentegen kan het in zijn tegenwoordigen vorm geen waarnemingen vlak boven den bodem verrichten. Verdere ontwikkeling van dit instrument is van groot belang daar het ongetwijfeld belangrijke voordeelen bezit boven het bepalen van het zandgehalte uit watermonsters.

#### *b.* Soortelijk gewicht en zoutgehalte.

Dit gedeelte kan kort zijn, daar, voorzooverre was na te gaan, dergelijke waarnemingen niet of slechts sporadisch werden verricht, een gevolg van het feit dat door ontbreken van veel zoetwater aanvoerende rivieren in dit gebied slechts geringe verschillen in zoutgehalte optreden.

Het is eigenaardig, doch volkomen begrijpelijk, dat in Nederland, waar in alle van belang zijnde gebieden sterke zoetwateraanvoer is, aan de verdeling van het zout daarentegen veel waarde wordt gehecht wegens den invloed ervan op den vorm der stroomkromme in een verticaal en het verschijnsel der ondervloed, welke op hun beurt de zandbeweging sterk kunnen beïnvloeden.

#### *c.* Luchtfoto's.

Voor al door NORDEN is een uitgebreid gebruik gemaakt van vliegtuigopnamen. Niet alleen is aldus een zeer goede kaart van het bij L.W. droogliggende wad verkregen, doch ook de bankengebieden rondom de zeegaten teekenen zich bij gunstige omstandigheden duidelijk op de foto's af. Vooral de in schuine richting gemaakte opnamen gaven een zeer helder en overzichtelijk beeld van den loop der geulen en de richting der banken. Of dergelijke opnamen, behalve als demonstratie- en overzichtsmaterieel ook nut kunnen hebben door foto's van verschillende jaren te vergelijken en daaruit conclusies ten opzichte van de verplaatsing van banken en geulen te trekken, viel echter nog niet te zeggen, daar nog slechts één serie opnamen was gemaakt.



## 6. LABORATORIUMPROEVEN.

### a. Inrichting van het laboratorium.

Het laboratorium (zie lit. n°. 11) is gehuisvest in een nagenoeg vierkant gebouw van één verdieping, dat opgetrokken is in gewapend beton en ruim met ramen is voorzien. Het grootste gedeelte van de ruimte (zie bijlage 16, fig. 6) wordt ingenomen door een groot rechthoekig bassin (*f*) van ongeveer  $25 \times 14$  m, dat ten opzichte van den vloer eenigszins verdiept is gelegen. De aan- en afvoer van water kan daardoor ondergronds geschieden, zoodat op den vloer geen het verkeer belemmerende leidingen voorkomen. De stroom kan over de volle lengte der lange zijden van het bassin worden in- en uitgelaten, waarbij zoo noodig door een stelsel van schuiven (*j*) de aan- en afvoer zoo kan worden verdeeld, dat vrijwel elke gewenschte stroomingstoestand in het bassin is te verkrijgen.

In de naast het bassin overblijvende ruimte zijn de pompen (*b*) opgesteld, waarvan het water, na het passeeren van een collector of inrichting tot vermindering van de turbulentie (*c*) over eenige driehoekige meetstuwen (*d*) wordt geleid. De waterstand bovenstrooms van deze stuwen, die den aanvoer bepaalt, kan in een communiceerende ruimte (*e*) rustig worden afgelezen. Verder zijn in dit gedeelte de noodige bergruimten en een werkkamer (*a*) aanwezig.

Over het bassin kan zich direct boven de wateroppervlakten een ruime loopbrug (*g*) bewegen van waaraf op elk gewenscht punt de noodige metingen kunnen worden verricht. Op een aantal langs den omtrek verdeelde punten van het bassin zijn kleine vlotterpeilschalen van Orr aangebracht, welke tijdens de proef de waterstanden doorlopend registreeren.

### b. Werkmethoden.

Bij ons bezoek was in het bassin een uit cementmortel vervaardigd model van de N.W.-kust van Wangeroog met strandhoofden (*i*) opgesteld. Het overige gedeelte van het bassin was gevuld met zand volgens den toestand van den aangrenzenden zeebodem. Ter verkrijging van het juiste bodemprofiel maakt men steeds gebruik van op groote schaal in voorraad zijnde latjes van  $1 \text{ cm}^2$  doorsnede en van duidelijk aangegeven met 1 mm opklimmende lengten, welke op de vereischte plaatsen regelmatig verspreid over het bassin worden neergezet. Daarna wordt daartusschen het bodemmateriaal tot gelijk met de bovenkanten der latjes aangebracht.

De modelschaal in het bovenaangehaalde geval was  $1 : 33\frac{1}{3}$ . Hoewel men waarnemingen dacht te doen omtrent zandverplaatsing, was het gebruikte bodemmateriaal (gezeefd bergzand), ofschoon fijner dan het zeezand, in het model veel te grof, zoodat het praktisch niet in beweging werd gebracht. Om toch een kwalitatief inzicht te krijgen in de zandbeweging werd over het bodemmateriaal verpoederde strandturf gestrooid. Dit materiaal is zeer licht en wordt onmiddellijk door den stroom meegevoerd, zoodat het de verplaatsing der bodemdeeltjes op vergrootte schaal weer geeft.

Het werkplan voor het ingebouwde model was den invloed op het strand te onderzoeken van:

- a. golfbeweging;
- b. vloed- en ebstroom;
- c. combinatie van golfbeweging en stroom.

De proef was nog slechts in een voorbereidend stadium. Zoo werd de golfbeweging uit de hand voortgebracht door middel van twee plankieren, die elk door een arbeider periodiek heen en weer werden bewogen. Het plan was echter hier een mechanische golfmachine voor in de plaats te stellen, waarmede periode en sterkte der golven zuiver volgens wensch konden worden vastgelegd. Deze gewenschte waarden zouden nog eerst door waarnemingen op zee moeten worden bepaald.

Het voornaamste doel van het onderzoek bestond in het vergelijken van de zandbeweging bij verschillende hoogte der strandhoofden om op grond daarvan de meest gewenschte hoogte, omtrent welk punt veel meningsverschil bestond, te kunnen vaststellen (zie ook Hoofdstuk II, blz. 16 en Hoofdstuk III, blz. 29).

Van de vroeger genomen proeven zij slechts vermeld, dat de plaats der dammen op Minsener Old Oog na voorafgaand laboratoriumonderzoek is vastgesteld en dat in het algemeen elk ingrijpen in den bestaanden toestand vooraf in het laboratorium wordt onderzocht.

#### c. Beschouwingen in verband met Nederlandsche toestanden.

Het zal wel een groote zeldzaamheid vormen, dat, zooals te Wilhelms-haven het geval is, een betrekkelijk kleine dienst over een eigen waterloopkundig laboratorium beschikt. Ongetwijfeld pleit het voor het inzicht der betreffende personen in het nut van modelproeven, dat zij reeds zoo vroeg (1906) tot oprichting van een dergelijke inrichting zijn gekomen en er valt niet aan te twifelen, dat de daarin genomen proeven een belangrijke, misschien zelfs onontbeerlijke steun hebben beteekend bij het volbrengen van de moeilijke opgaven waarvoor de dienst zich zag gesteld. Daarbij beteekent het in één persoon vereenigen van de leiding der waarnemingen in de natuur, van de modelmetingen en van den wetenschappelijken opzet der werken zeker een groot voordeel.

Toch lijkt de aldaar historisch ontstane toestand niet ideaal. In de eerste plaats is het natuurlijk verre van economisch als elke dienst in zijn eigen behoeften aan laboratoriumonderzoek voorziet. Een dergelijke inrichting is uit den aard niet volbelast en beteekent dus een verspilling van proefnemingscapaciteit. Dat te Wilhelmshaven dit laboratorium is ontstaan, zal dan ook mede zijn oorzaak vinden in het feit, dat het een marinedienst betreft en dat de daarmede samenhangende belangen zelden met een economischen maatstaf worden gemeten.

Doch daarnaast zal noch de outillage, noch de routine der waarnemers in een dergelijk dienstlaboratorium de hoogte kunnen bereiken, die in een goed ingericht centraal laboratorium aanwezig is. Het nadeel van een

## LIJST VAN GEBEZIGDE LITERATUUR.

(In chronologische volgorde.)

1. PAUL GERHARDT. *Handbuch des deutschen Dünenbaues*. Berlin, 1900.
2. FÜLSCHER. Ueber Schutzbauten zur Erhaltung der Ost- und Nordfriesischen Inseln Berlin, 1905.
3. Prof. Ing. W. OTTO-SCHULZE. *Dünenbau*. Stuttgart, 1910.
4. W. KRÜGER. Meer und Küste bei Wangeroog und die Kräfte, die auf ihre Gestaltung einwirken. *Zeitschrift für Bauwesen*, Jahrgang LXI, 1911.
5. Dr. H. POPPEN. Die Sandbänke an der Küste der Deutschen Bucht der Nordsee. *Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie*, 1912.
6. W. KRÜGER. Das Seegebiet Oldenburgs. Separatabdruck aus *Heimatkunde des Herzogtums Oldenburg*, Carl Schönemann, Bremen, 1913.
7. W. KRÜGER. Die Jade, das Fahrwasser Wilhelmshavens, ihre Entstehung und ihr Zustand. *Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft*, vierten Band, 1921.
8. Dr. Ir. P. TESCH. Duinstudies. *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*, 1921, 1922, 1923, 1927, 1928, 1930.
9. *Verslag Staatscommissie Zuiderzee* (Staatscommissie-LORENTZ). 's-Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij, 1926.
10. *Verslag van de Commissie tot het verrichten van een onderzoek omtrent getijmeters* (Peilschaal-commissie). 's-Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij, 1926.
11. Die Wasserbaulaboratorien Europas. *V.D.I.-Verlag*, Berlin, 1926.
12. Dr. h. c. W. KRÜGER. The towed sounder used by the Conservancy Department of the Naval Yard at Wilhelmshaven and the experiments made therewith. *The Hydrographic Review*, Vol. IV, No. 2, 1927.
13. Dr. h. c. W. KRÜGER. Die heutige Insel Wangeroog, ein Ergebnis des Seebaues. *Wangeroog wie es wurde, war und ist*, Franz Leuwer Verlag, Bremen, 1929.
14. Dr. H. RAUSCHELBACH. Beschreibung eines bifilar aufgehängten, an Bord elektrisch registrierenden Strommessers. Beiheft zu den *Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie*, 1929.
15. H. SCHÜTTE. Insel, Wattenmeer und Marsch. *Wangeroog wie es wurde, war und ist*, Franz Leuwer Verlag, Bremen, 1929.
16. Dr. Ing. PFEIFFER. Seezufahrtstrasse zum Emdener Hafen. *Werft, Reederei, Hafen*, 6 Juni 1931, Heft 12.
17. R. SCHMIDT et Dr. Ing. HEISER. Protection des côtes aux îles de la Mer du Nord. *Rapport No. 73 du XV<sup>e</sup> Congrès International de Navigation, Venise 1931*, Section II, Navigation Maritime, 2<sup>e</sup> Question: Défense des côtes contre la mer, avec ou sans cheminement littoral prépondérant des matériaux.
18. Ir. J. TH. THIJSSÉ. De bodemdaling in Nederland en de peilschaal van Harlingen. *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*, Tweede serie, deel XLVIII, 1931.
19. Dr. Ing. K. LÜDERS. Eichung des Richtungsanzeigers in einem Schwimmflügel für Strommessungen im Tidengebiet. *Die Bautechnik*, 1932, Heft 6 und 9.
20. Firma A. OTT, Kempten. *Catalogus No. 101*. Ott-Flügel und Zubehör.

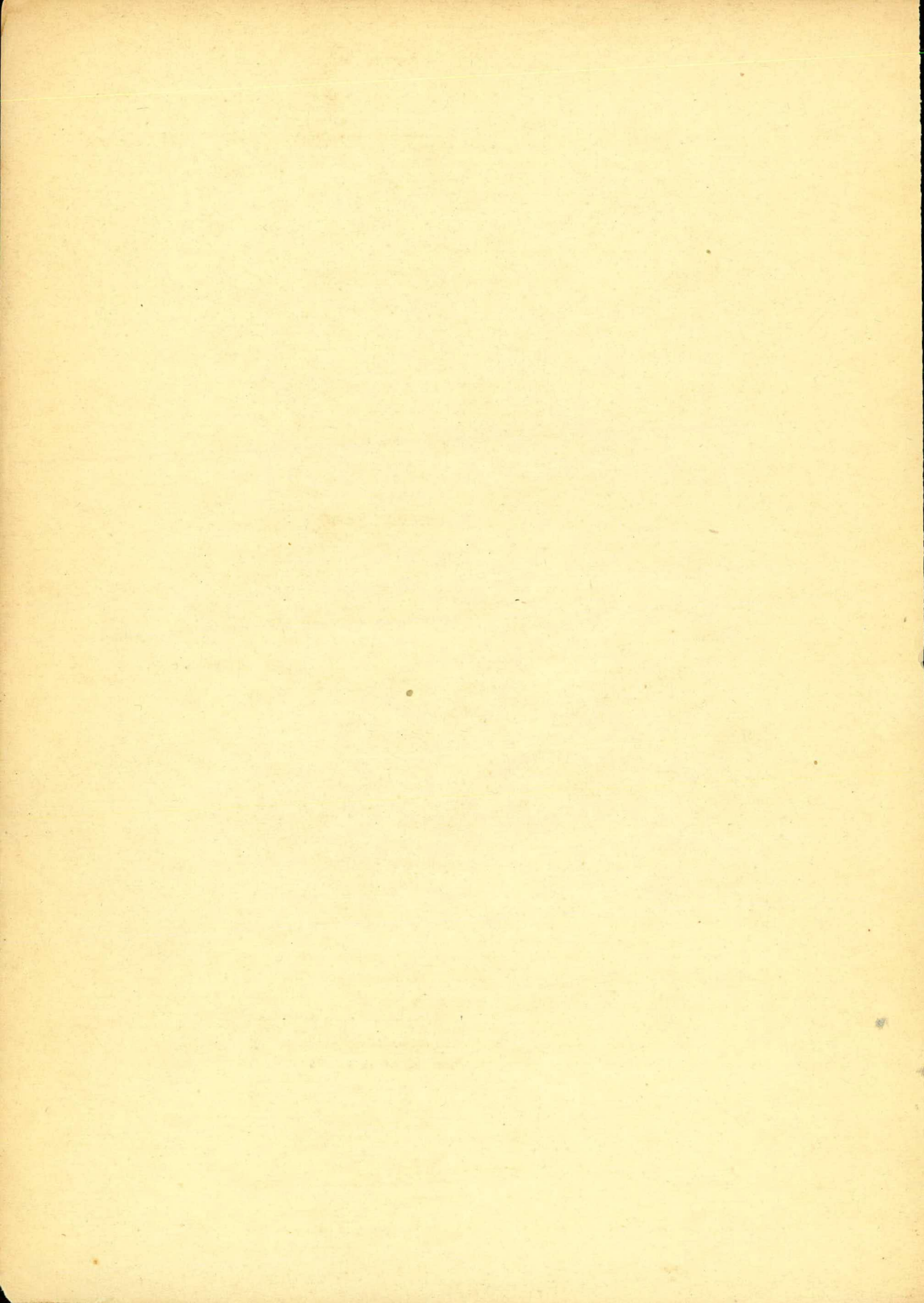
centraal laboratorium: dat de leider ervan noodzakelijk minder goed op de hoogte is van de toestanden op het terrein en de nagestreefde doeleinden kan, bij een goed contact met de opdrachtgevers, daar lang niet tegen opwegen.

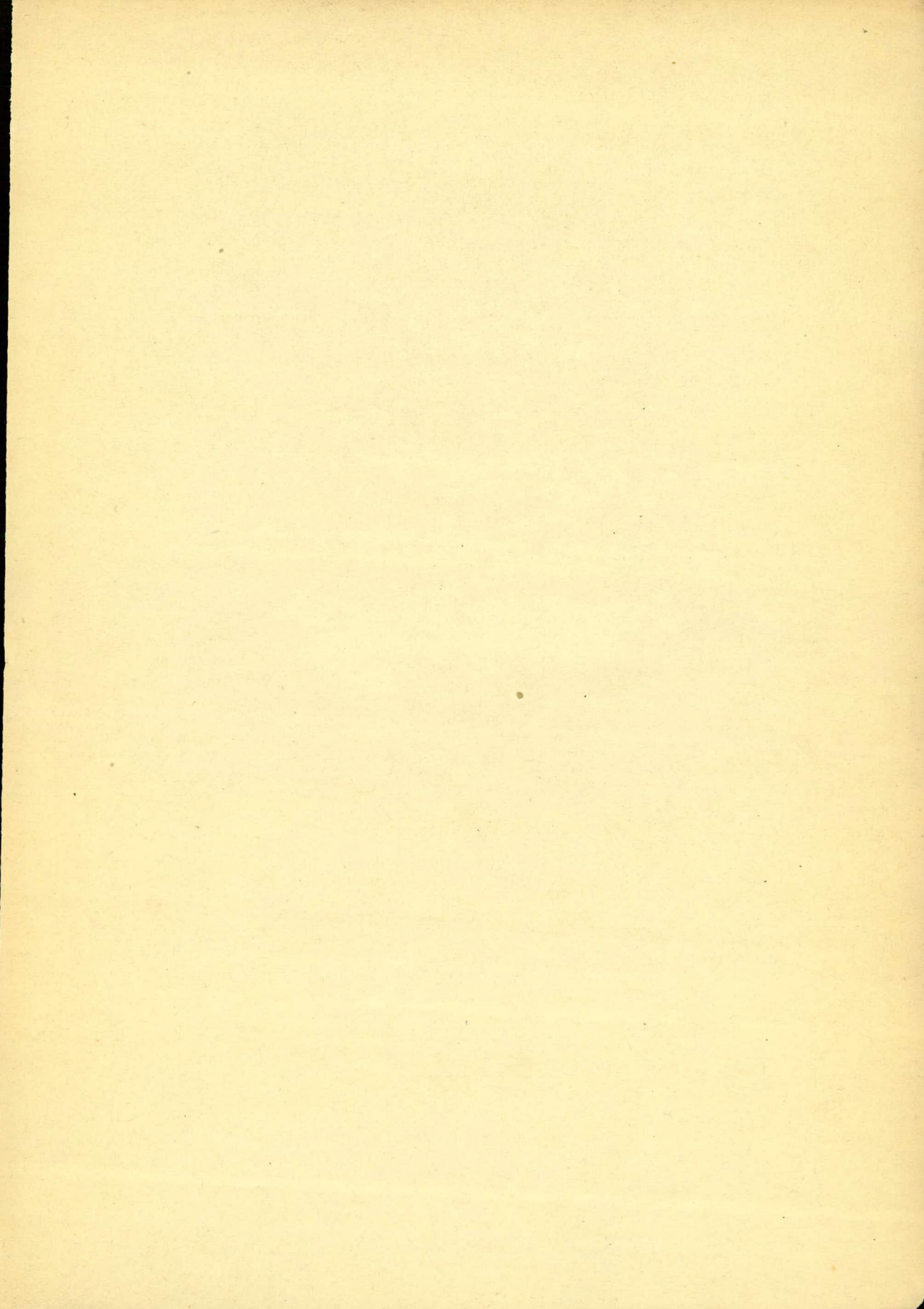
Eén punt echter dient daarbij bedacht. In het beginstadium van een onderzoek is het haast regel, dat alle inzichten nog zeer verward zijn en dat men zelfs nog niet voldoende beseft, waar de moeilijkheden liggen. In dit stadium zal de leider van een dergelijk onderzoek vaak wegens psychologische redenen aarzelen de hulp van het centrale laboratorium in te roepen. Toch zal men vaak in zoo'n geval door als het ware „in het wilde weg” te experimenteeren, waartoe men in een eigen laboratorium veel vlugger komt, den weg naar een beter inzicht kunnen banen.

De goede resultaten, door Wilhelmshaven met het eigen laboratorium behaald, zal daarom wellicht voor Nederlandsche waterbouwkundigen in overeenkomstige situaties een aansporing kunnen zijn tot een ruim en vroegtijdig gebruik van de door het centrale laboratorium geboden gelegenheid tot het nemen van modelproeven.

Januari 1932.

J. P. MAZURE.





- N<sup>o</sup>. 18. I. Het ontwerp voor de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat F. L. SCHLINGEMANN.  
 II. Beschrijving van de afsluiting der afvoeropeningen van de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF.  
 III. Beschrijving van de afsluiting der scheepvaart-opening van de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat J. W. DE VRIES.  
 IV. Nota betreffende het te kiezen juksysteem voor de scheepvaart-opening van de stuw in de Maas te Linne, opgemaakt door de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF, F. VOLKER en J. A. W. M. VETTER.  
 V. Rapport omtrent de beproeving van scharnierende stuwkleppen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat C. T. C. HEIJNING.  
 Prijs f 2,—.
- „ 19. Verslag omtrent het gebruik van Indische en Australische houtsoorten, volgens de door den Rijkswaterstaat verstrekte gegevens, opgemaakt door den Hoofdingenieur Jhr. F. E. P. SANDBERG.  
 Prijs f 0,50.
- „ 20. 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 bodemmateriaal, dat te IJmuiden op het terrein van den sluisbouw wordt aangetroffen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat C. WOLTERBEEK.  
 Prijs f 3,—.
- „ 21. Nota betreffende het verband tusschen bodemhelling en kromtestraal bij rivieren, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. C. W. LELY.  
 Prijs f 0,50.
- „ 22. Verslag betreffende het gebruik van Indische en Australische houtsoorten volgens den Rijkswaterstaat verzamelde gegevens, samengesteld door den Inspecteur-Generaal Ir. W. K. DU CROIX en Ir. A. R. VAN LOON.  
 Prijs f 0,70.
- „ 23. Proeven en beschouwingen, welke geleid hebben tot het vaststellen van vulling en lediging van de kolk der nieuwe schutsluis te IJmuiden, door Ir. J. A. RINGERS, Hoofdingenieur van den Rijkswaterstaat en Ir. J. P. JOSEPHUS JITTA, Ingenieur van den Rijkswaterstaat.
- „ 24. I. Onderzoekingen over steenkolenteer, door Dr. Ir. F. J. NELLENSTEYN, Directeur van het Laboratorium voor chemisch-technisch onderzoek van bouwstoffen voor den wegenbouw te Delft.  
 II. De analyse van verhard beton, door Ir. R. LOMAN, Ingenieur van den Rijkswaterstaat.  
 Prijs f 0,50.
- „ 25. Waterdruk onder de fundeering van stuwen en andere waterkeerende kunstwerken, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Jhr. G. W. v. d. DOES.  
 Prijs f 0,50.
- „ 26. I. Verslag Modelonderzoek Koningin Wilhelminahaven te Vlaardingén.  
 II. Modelonderzoek tot verbetering van de invaart tot de havens van Breskens, beiden samengesteld aan het Waterbouwkundig Laboratorium te Delft.  
 Prijs f 2,—.
- „ 27. Verwerking van de ter zake van Beton- en Cementonderzoekingen bij den Sluisbouw te IJmuiden verzamelde gegevens, door Ir. L. BIENFAIT.  
 Prijs f 2,—.

Bij den Dienst van de Nederlandsche Staatscourant, Rijksuitgeverij, Fluweelen Burgwal 18 te 's-Gravenhage zijn mede verkrijgbaar gesteld van de „Rapporten en Mededeelingen van den Rijkswaterstaat”:

- N<sup>o</sup>. 6. Aanteekeningen omtrent de gevolgen van zware stormvloed, tusschen 1500 en 1825 voorgekomen, voor de dijken en polders langs het Zuidwestelijk deel der Zuiderzee, samengesteld door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat D. A. VAN HEYST. Prijs f 0,25.
- „ 7. Verslag omtrent den aanleg van stroomleidende dammen in de Zandkreek en Veergat, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0,25.
- „ 9. Over straatklinkers, welke aan hooge eischen voldoen, en de wenschelijkheid om de levering van straatklinkers afzonderlijk aan te besteden, door de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT en Jhr. A. G. BEELAERTS VAN BLOKLAND. Over Friesche steen, in het bijzonder in Friesland gebakken straatsteen, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT. Prijs f 0,25.
- „ 10. Nota betreffende de toepassing van gewapend beton voor heipalen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat J. J. CANTER CREMERS. Prijs f 0,25.
- „ 11. Nota betreffende berekeningen omtrent rivierverbeteringen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat C. W. LELY. Prijs f 0,25.
- „ 12. Kort verslag van een bezoek, in 1916 gebracht aan het Panama-kanaal en aan verschillende sluis- en kanaalwerken in Noord-Amerika, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Jhr. C. E. W. VAN PANHUYS, met eenige reis-aanteekeningen van de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat F. L. SCHLINGEMANN en G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0,25.
- „ 13. I. Verslag betreffende het visschen naar een gezonken mijn in de haven van IJmuiden, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat W. G. C. GELINCK.  
II. Verslag omtrent de lichting van het op 18 Juni 1917 in de Doorgraving te Hoek van Holland gezonken stoomschip „Turin”, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat A. T. DE GROOT. Prijs f 0,25.
- „ 14. Verslag omtrent het gebruik van Indische en Australische houtsoorten, volgens door den Rijkswaterstaat verstrekte gegevens, bewerkt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0,25.
- „ 15. Rapport naar aanleiding van de werking eener proefinrichting tot verlaging van den grondwaterspiegel door middel van bronbemaling en de daarmede verkregen uitkomsten, opgemaakt door den Ingenieur van den Waterstaat G. P. NIJHOFF. Prijs f 0,25.
- „ 16. I. Nota betreffende de bemaling van de Drentsche Hoofdvaart, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT.  
II. Nota over het proefheien van houten en ijzeren damwand te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat F. VOLKER. Prijs f 0,25.
- „ 17. Verslag van een bezoek, gebracht door den Hoofdingenieur-directeur van den Rijkswaterstaat A. A. H. W. KÖNIG en den Ingenieur van den Waterstaat G. P. NIJHOFF aan eenige belangrijke beweegbare stuwen in Zwitserland in het jaar 1915, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF. Prijs f 1,—.

Z. O. Z.