



# Stormvloed en op de Schelde

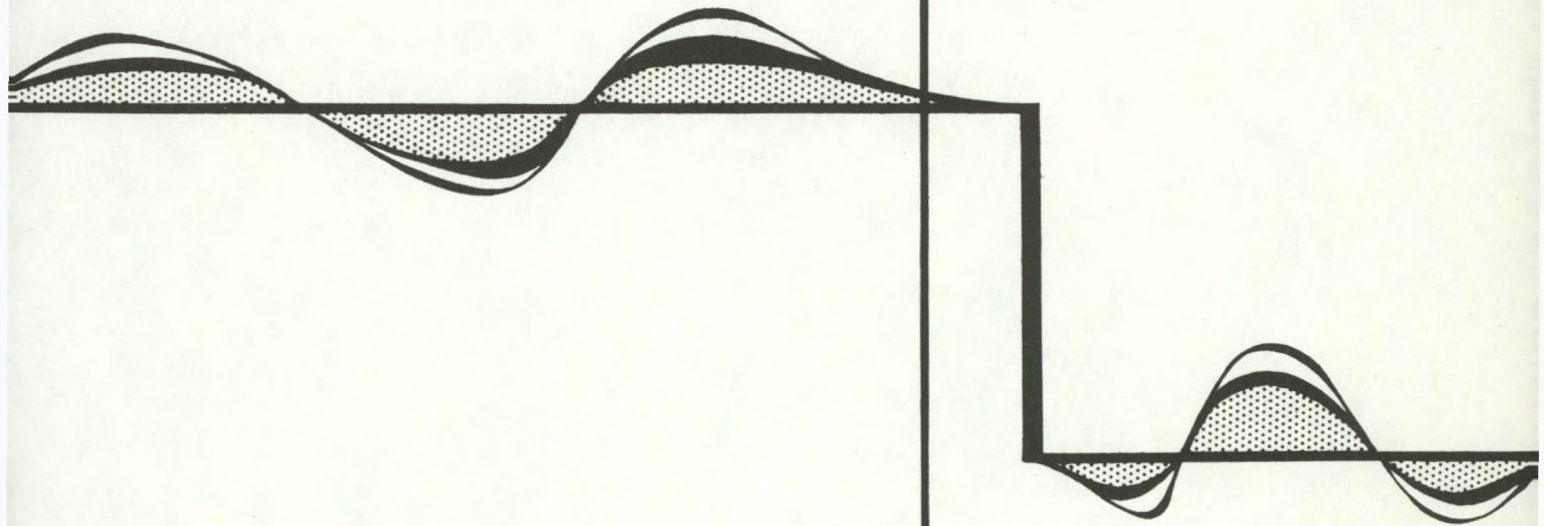
KW

Kaart van M. Aitsinger 1585  
Stadsarchief ANTWERPEN  
Icon. 78 N<sup>o</sup> 212

KONINKRIJK BELGIE  
MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN  
BESTUUR DER WATERWEGEN

*Mets De Pauw*

211309



# Stormvloed en op de Schelde

**DEEL 3**

december 1966

DEEL 3

Dit deel bevat bijdrage 2. Deze is samengesteld uit :

	<u>bladz.</u>
I. De stormvloed van februari 1962 langs de kust in de Duitse Bocht en in de aangrenzende rivieren.	1
II. De stormvloed van 1953 in Nederland.	9
III. Het Deltaplan.	18

De bibliografie over de stormvloeden in Duitsland  
en Nederland is opgenomen in deel 2.

# I. DE STORMVLOED VAN FEBRUARI 1962 LANGS DE KUST

## IN DE DUITSE BOCHT EN IN DE AANGRENZENDE RIVIEREN.

### 1. Algemeenheden over de rivieren.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de Duitse bocht, gevormd door de noord- en westkust van Duitsland, en van de aangrenzende rivieren. Deze rivieren zijn de Ems, de Weser, de Elbe en de Eider. Westelijk van de Weser bevindt zich nog de Jade met hetzelfde mondingsgebied als de Weser.

De voornaamste havens langs deze rivieren zijn : Emden, Wilhelmshaven, Bremen en Hamburg. Deze laatste neemt de eerste plaats in onder de Duitse havens.

Het zeearmgebied van de Ems vormt de grens met Nederland. Ter hoogte van Emden bevindt zich de Dollart, een overstromingsgebied dat grote gelijkenis vertoont met het Land van Saftinge.

In volgende tabel zijn gegevens opgenomen over de gemiddelde getijamplitude in m :

Ems		Jade		Weser		Elbe	
Borkum	2,20	Wangerooge Ost	2,80	Roter Sand	2,75	Cuxhaven	2,90
Emden	3,00	Wilhelmshaven	3,60	Bremerhaven	3,40	Brunsbüttel-	
Leerort	2,45			Brake	3,35	koog	2,65
Papenburg	1,65			Bremen	3,20	Hamburg	2,30

De getijvermogens zijn hierna gegeven :

	Vloedvermogen $\times 10^6 \text{ m}^3$	Ebvermogen $\times 10^6 \text{ m}^3$
Ems afwaarts van Dollart	197	199
Jade te Wilhelmshaven	399,6	399,6
Weser te Bremerhaven	119	132
Elbe te Cuxhaven	540,6	592

De bovenafvoeren zijn het belangrijkste voor de Elbe zoals uit volgende tabel blijkt :

	Hoogste afvoer $\text{m}^3/\text{sec}$	Gemiddelde af- voer $\text{m}^3/\text{sec}$	Laagste af- voer $\text{m}^3/\text{sec}$
Ems te Herbrun	1269	73	6,5
Weser te Intschede	3370	311	51
Elbe te Artlenburg	3400	660	190

Op de Ems plant het getij zich voort tot Herbrun, dit is over 100 km gemeten vanaf Borkum, op de Weser tot Bremen, 109 km van Roter Sand en op de Elbe tot Geesthacht, 40 km opwaarts Hamburg en 180 km verwijderd van het lichtschip Elbe I.

Emden, Wilhelmshaven en Bremerhaven liggen ongeveer 40 km van zee verwijderd; voor Cuxhaven is dit ongeveer 20 km. De havens Wilhelmshaven, Bremerhaven en Cuxhaven zijn ontstaan na de grote havens aan de rivieren toen de scheepsafmetingen toenamen en de diepte op de rivieren ontoereikend werd.

Hierna volgen de minimum waterdiepten gemeten onder SKN (Seekartennull) welke in 1961 in het vaarwater voorhanden waren :

voor de Ems	8 m
voor de Jade	12 m
voor de Buiten Weser	10 m
voor de Beneden Weser	8 m
voor de Buiten Elbe	11 m
voor de Beneden Elbe	11 m

## 2. Beschrijving van de storm.

In februari 1962 kwamen twee zware stormen voor op het noordelijk deel van de Noordzee. Een eerste storm trad op 12 en 13 februari op, maar leidde niet tot een gevaarlijke situatie. Anders was het gesteld met de storm die op 15/2 opstak en aanhield tot in de loop van 18.2. Het centrum van het lage drukgebied in deze periode bewoog zich over Scandinavië naar Rusland, zodat in de Duitse bocht grote windsnelheden optraden.

In Cuxhaven (zie bijlage 2) was gedurende praktisch 2 dagen de windkracht meer dan 6 B (40 à 50 km/uur). Tijdens de storm draaide de wind van zuid-west naar noord-westelijke richting. De zone van de hoogste windsnelheden bevond zich echter meer noordelijk van de Duitse bocht.

## 3. De waterstanden langs de kust.

Bijlage 3 illustreert de hevigheid van de stormvloed in de Duitse bocht. Het bovenste gedeelte geldt voor de storm van 12/13 februari, het onderste voor de storm van 16/17 februari. De verschillende arceringen geven de vullingsgraad aan van het beschouwde gebied.

De vullingsgraad wordt als volgt bekomen. Men beschouwt voor een bepaalde plaats het gemiddeld hoogste hoogwater in een bepaalde periode (in dit geval 1896-1950) en de hoogste hoogwaterstand voorgekomen vóór 1962. Het verschil tussen deze twee cijfers is 100 % en wordt stormvloedbereik genoemd. Gelijk welke andere stormvloed kan men nu uitdrukken als een percentage van dit verschil. Dit verschil is de vullingsgraad.

Uit bijlage 3 blijkt dat de waterstanden bij de stormvloed van 11/12 februari overal lager gebleven zijn dan de hoogst bekende. De waterstanden van 17 februari zijn echter voor een groot gebied hoger dan de hoogst bekende. Alleen langs de benedenloop van de Ems en in een klein gebied rond Bütsum zijn vroeger reeds hogere waterstanden opgetreden.

Op bijlage 4 is de stormvloedkromme gegeven voor Husum langs de kust van Schleswig-Holstein, evenals de voorspelde getijkromme en de opstuwingskromme (deze wordt hier beschouwd als het verschil tussen de twee genoemde krommen). De grootste waarde van de opstuwung bedroeg 4,07 m. Op bijlage 5 zijn de stormvloedkrommen getekend voor List, Tönning, Bütsum, Helgoland; op bijlage 6 deze voor Borkum, Norderney, Wilhelmshaven, Bremerhaven en Cuxhaven. In totaal zijn 5 opeenvolgende hoogwaters verhoogd geworden. Het derde hoogwater na het stormhoogwater was weer normaal. Het hoogwater vóór en het hoogwater ná het stormhoogwater zijn beide praktisch even hoog. We kunnen dus spreken van een symmetrische stormvloedkromme.

In volgende tabel zijn voor de voornaamste stations gegeven de stormvloedstanden, het voorspeld hoogwater, het verschil tussen opgetreden hoogwater en voorspeld hoogwater (opzet) en het gemiddeld hoogwater voor de periode 1941-50.

Uit deze tabel blijkt nog eens duidelijk dat de hoogste waterstanden opgetreden zijn voor de monding van Weser en Elbe.

Uit bijlage 7 blijkt dat de opgetreden waterstanden langs de kust van Schleswig-Holstein lager gebleven zijn dan de maatgevende stormvloedstanden die bepaald werden na de stormvloed van 1953 in Nederland. Ook langs de kust van Nedersaksen is dit het geval. Langs de Elbe echter werden de maatgevende stormvloedstanden overschreden.

Typisch is het oplopen van de stormvloedstanden van de eilandengroep naar de zeearmen toe. Van Borkum tot Emden verhoogt de water-

stand met bijna 1 m, van Roter Sand tot Wilhelmshaven en Bremerhaven met ruim 1 m. De topstand in Helgoland ligt 1,60 m lager dan in Tönning. Hetzelfde verschijnsel treedt op bij het gewone getij.

Station	Stormvloed- peil m + N.N.	Voorspeld hoog- water m + N.N.	Gemiddeld hoogwater 1941-50 m + N.N.	Opzet in m
Borkum	3,83	0,78	0,92	3,05
Emden	4,76	1,24	1,31	3,52
Norderney	4,10	1,02	1,11	3,08
Roter Sand	4,18	1,14	1,11	3,04
Wilhelmshaven	5,22	1,56	1,62	3,66
Bremerhaven	5,35	1,49	1,61	3,86
Cuxhaven	4,95	1,26	1,38	3,69
Helgoland	3,60	0,69	-	2,91
Büsum	4,94	1,37	1,47	3,57
Tönning	5,21	1,42	1,53	3,79
Husum	5,21	1,37	1,48	3,84
List	3,65	0,72	0,69	2,93

N.N. : het vergelijkingsvlak normaal nul.

#### 5. De waterstanden langs de rivieren.

De bijlagen 8, 9 en 10 illustreren het verloop van de stormvloedstanden langs de rivieren Elbe, Weser en Ems. Hierop zijn voor enkele stations ook de astronomische getijkrommen getekend.

Volgende tabel geeft voor deze rivieren de stormvloedstanden, het voorspeld hoogwater, het verschil tussen deze twee en het gemiddeld hoogwater voor de periode 1941-50.



Station	Stormvloed- peil m + N.N.	Voorspeld hoog- water m + N.N.	Gemiddeld hoogwater 1941-1950 m + N.N.	Opzet in m
<u>ELBE</u>				
Cuxhaven	4,95	1,26	1,38	3,69
Brunsbüttelkoog	5,27	1,30	1,38	3,97
Hamburg	5,70	1,70	1,66	4,00
Zollenspicker	5,57	3,06	2,07	2,51
<u>WESER</u>				
Bremerhaven	5,35	1,49	1,61	3,86
Brake	5,29	1,70	1,79	3,59
Vegenack	5,22	1,95	1,98	3,27
Bremen	5,41	2,15	2,22	3,26
<u>EMS</u>				
Emden	4,76	1,24	1,31	3,52
Leerort	5,06	1,41	1,44	3,65
Papenburg	3,97	1,42	1,49	2,55

Bij de beoordeling van het stormvloedpeil langs de rivieren dient met de bovenafvoer rekening gehouden te worden. Deze bedroeg voor de Elbe  $1040 \text{ m}^3/\text{sec}$ , dit is ongeveer 150 % groter dan de gemiddelde afvoer, voor de Weser  $1200 \text{ m}^3/\text{sec}$ , dit is 4 x groter dan de gemiddelde afvoer en voor de Ems  $480 \text{ m}^3/\text{sec}$ , dit is ruim het zesvoudige van de gemiddelde afvoer. De stormvloedstanden op het bovengedeelte van de rivieren zullen hier zeker door beïnvloed geweest zijn.

De hoogste stand op de Elbe werd gemeten te Schulau afwaarts van Hamburg, op de Weser te Bremen en op de Ems te Leerort. Bovenstrooms van Hamburg zijn de waterstanden verlaagd door de opgetreden overstromingen.

## 7. Vergelijking met andere stormvloeden.

Zoals reeds vermeld was dit de hoogste stormvloed in dit gebied behalve voor de Ems waar in 1906 nog hogere standen genoteerd werden en voor Bütsum waar de hoogste stand in 1825 voorkwam. Langs de Weser zijn de hoogst bekende standen met gemiddeld 35 cm overschreden, langs de Elbe met gemiddeld 50 cm.

Op bijlage 11 zijn voor Hamburg de stormvloeden boven het peil 4,20 + N.N. aangegeven. Hieruit blijkt duidelijk het uitzonderlijk karakter van deze stormvloed.

Een duidelijk beeld van deze zware stormvloed wordt verkregen door het vergelijken van de opstuwingshoogte van verschillende stormvloeden. Op bijlage 11 is dit gedaan voor Cuxhaven. De opstuwingskromme is veel voller dan van de andere stormvloeden.

## 8. De frequentie van de stormvloed.

Op bijlage 12 zijn voor de kustplaatsen Husum, Tönning, Bütsum en Cuxhaven overschrijdingslijnen getekend. Hieruit kan afgeleid worden dat deze stormvloed een kans heeft om 1 keer in de 30 à 80 jaar overschreden te worden.

## 9. De schade.

Na de ramp, welke in 1953 Nederland teisterde, werden reeds maatregelen getroffen om de zeeweringen te versterken. Als gevolg hiervan bleef de schade in 1962 beperkt.

In Nedersaksen werden 37.000 ha overstroomd. Van de 872 km dijk werden 575 km niet beschadigd, 114 km licht, 114 km middelmatig en 69 km zwaar beschadigd; 61 dijkbreuken kwamen voor. Het gebied langs de Elbe werd het zwaarst getroffen.

Van de 560 km dijk langs de westkust van Schleswig-Holstein was 70 km zo zwaar beschadigd dat nieuwbouw noodzakelijk was; 80 km was minder zwaar en 120 km licht beschadigd.

De meeste schade werd veroorzaakt aan het buitentalud der dijken als gevolg van de golfaanval bij zeer hoge waterstanden. Beschadigingen aan het binnenbeloop door overstortend water komen in mindere mate voor. Dijkbreuken zijn echter zowel ontstaan vertrekkende van het buitentalud als van het binnentalud. Voorts wordt er op gewezen dat gebouwen, kunstwerken, beplanting, enz. dikwijls aanleiding hebben gevormd tot beschadigingen en dijkbreuken.

10. Kon de stormvloed nog erger geweest zijn ?

Zoals ook voor de stormvloed van 1953 bevestigend op deze vraag geantwoord werd, zo is dit ook waar voor de stormvloed van 1962. Inderdaad, de grootste windsnelheden boven de Noordzee waren noordelijk gelegen en de storm viel juist samen met een getij zwakker dan gemiddeld getij. Een element dat de waterstanden op het bovengedeelte van de rivieren ongunstig beïnvloed heeft is wel de bovenafvoer van de rivieren; deze was inderdaad belangrijk hoger dan de gemiddelde afvoer.

11. Vergelijking met de stormvloed van 1953.

Beide stormvloeden hadden een uitzonderlijk karakter. Deze van 1953 heeft echter een lagere frequentie dan deze van 1962. Inderdaad, volgens de Nederlandse overschrijdingslijnen zou de stormvloed van 1953 gemiddeld 1 maal in de 300 jaar overschreden worden, terwijl volgens bijlage 12 de stormvloed van 1962 1 maal in de 80 jaar zou overschreden worden.

Beschouwt men echter de opstuwung van het zeepeil veroorzaakt door de stormvloed, dan blijkt deze van 1962 het zwaarst te zijn. Inderdaad, langs de kust bedroeg voor de stormvloed van 1962 de opzet 3,5 à 3,8 m, terwijl dit slechts 3 à 3,2 m bedroeg voor de stormvloed van 1953. Langs de Elbe werden in 1962 zelfs opzetten gevonden tot 4 m in Hamburg.

## II. DE STORMVLOED VAN 1953 IN NEDERLAND.

### 1. De geregistreeerde waterstanden.

Op bijlage 13 zijn de plaatsen aangeduid waarvan in de volgende bijlagen de geregistreeerde getijkrommen gegeven worden. Bijlage 14 behandelt de getijkrommen langs de Grevelingen, bijlage 15 langs de Noord- en Dordtse Kil, bijlage 16 langs de Nieuwe Waterweg en ten slotte bijlage 17 langs de Waddenzee. Voor enkele van deze plaatsen zijn eveneens de astronomische getijkrommen evenals het stormeffect getekend.

Het verloop van de stormvloed blijkt het duidelijkst uit bijlage 15. Bij het ochtend hoogwater van 31 januari is van de storm nog niets merkbaar. Het laagwater midden op de dag is reeds 0,5 à 1 m hoger dan normaal. Dan volgt in de avond het zogenoemde hoogwater I. Dit is reeds 1 à 1,5 m boven normaal. Dit komt bij menige harde en stormachtige wind voor en heeft op zichzelf niets veront- rustends. Na dit hoogwater treedt echter weinig of geen daling in. Integendeel, na 4 uren lang op eenzelfde peil te zijn gebleven zet om ongeveer 21 uur een verdere stijging in, hoewel op dit moment het water het krachtigst behoorde te vallen. Dit kan als een alarmerende toestand worden gekenschetst. De waterstand blijft daarna stijgen tot de hoogste stand (hoogwater II = ramphoogwater) in de vroege ochtend. Daarna neemt de storm af. Het volgend hoogwater (hoogwater III) bereikt nog ongeveer dezelfde hoogte als hoogwater I. Pas het derde hoogwater na het ramphoogwater is terug normaal.

Op de Zuidhollandse rivieren bleef de waterspiegel op zijn grootste hoogte ongewoon lang op nagenoeg constant niveau. Bijlage 16 illustreert dit voor Rotterdam waar gedurende 3 uren aaneen de waterstand bleef op NAP + 3,70 à 3,75 m.

Op de Waddenzee, bijlage 17, is het hoogwater van zaterdagmiddag nog vrijwel onbeïnvloed. Het daaropvolgend laagwater is

reeds 1 m boven zijn normale hoogte. Bij het in de late avond optredende hoogwater I is de stormvloed nog in opkomst. Zijn grootste kracht bereikt hij als het in het noorden laagwater is. Bij optreden van hoogwater II is de stormvloed reeds afnemend. De hoogten zijn vrijwel dezelfde als bij hoogwater I.

In bijlage 18 zijn de opgetreden hoogste standen uitgezet in functie van de geografische lengte van de waarnemingsstations. Lokale invloeden op de hoogte der waterstanden zijn hier buiten beschouwing gelaten. In deze figuur is het volgende te zien. Op de vier grote zeearmen lopen de waterstanden in landwaartse richting sterk op. Dit is te wijten aan de trechterwerking van de zeearmen en aan de opwaaiing op de zeearmen. De maximale waterstanden aan de zuidelijke oevers zijn groter dan aan de noordelijke oevers. Het verschil is het grootst voor de Westerschelde en het kleinst voor de Nieuwe Waterweg. De oorzaak van dit verschil dient gezocht in de Corioliskracht en voor het belangrijkste deel in de dwarsopwaaiing op de zeearmen.

Op de Waterweg nemen de waterstanden in landwaartse richting sterk af, doordat het doorstromingsprofiel klein is in verhouding tot de waterbergende oppervlakte en de weerstandskrachten overheersen ten opzichte van de traagheidskrachten. De waterstanden bij Rotterdam en Dordrecht blijven hierdoor belangrijk lager dan wanneer de Waterweg een volledig ontwikkelde zeearm zou zijn.

Het Hollands Diep vormt de verbindingsgeul tussen de zeearmen Krammer en Haringvliet enerzijds en de Biesbos anderzijds. Er is hier een sterk naar binnen gericht verval, waarbij de tophoogten met 2 cm/km afnemen, terwijl op de zeearmen zelf de tophoogten in oostelijke richting toenemen met 2 cm/km.

Op bijlage 18 is het verloop van de hoogste waterstanden langs de kust getekend. Voor het zuid-westen zijn ook de waterstanden vermeld welke opgetreden zijn in het hart van de zeegaten en afgeleid werden uit bijlage 18. Deze waterstanden zijn lager dan die aan de

eerste peilschaal in de zeearm, behalve aan de Waterweg.

Ter hoogte van de Waddeneilanden zijn drie lijnen aangegeven, nl. de vaste kust lopend langs de afsluitdijk van de Zuiderzee, de Noordzeekust aan de buitenzijde der Waddeneilanden en Waddenzijde der eilanden.

De hogere standen langs de vaste kust zijn te wijten aan de opwaaiing op de Waddenzee. De lagere standen aan de Waddenzijde der eilanden ten opzichte van de Noordzeezijde worden veroorzaakt door hoogteverlies in de zeegaten. Oostelijk van Nes wordt dit verlies als onbestaande beschouwd. Uit deze drie lijnen blijkt dat de opwaaiing op de Waddenzee zeer belangrijk is ( $\approx 0,5$  m) en groter dan het verlies in de zeegaten.

Vermelden we ten slotte nog dat uit een zorgvuldig onderzoek is gebleken dat aan slechts enkele peilschalen, nl. in de Biesbos te Tholen en te Dordrecht, invloed van overstromingen op de opgetreden waterstanden is vastgesteld geworden.

## 2. De overschrijding van het grenspeil.

In Nederland wordt een getij als stormvloed aangeduid wanneer een of meer elkaar opvolgende hoogwaters het grenspeil overschrijden. Onder grenspeil verstaat men de waterstand die een kans heeft om eenmaal in de twee jaren overschreden te worden. De hoogteligging van het grenspeil langs de kust verloopt ongeveer als gemiddeld hoogwater. In het noorden en het zuiden ligt het grenspeil het hoogst.

Op bijlage 18 is eveneens het verloop van gemiddeld hoogwater en van het grenspeil aangegeven. Uit deze bijlage blijkt dat voorbij Den Helder (in de Waddenzee) de overschrijding van het grenspeil door de stormvloed van 1.2.1953 sterk vermindert en tot nul valt oostelijk van de Lauwerszee.

Beschouwen we nu voor de drie hoogwaters van de stormvloed de overschrijding van het grenspeil. Hoogwater I stijgt boven

grenspeil in het landeinde van Westerschelde en Oosterschelde, in het gebied van de Biesbos en langs de kust van Katwijk tot Rottumeroog. De maximum overschrijding van het grenspeil bereikt 1,18 m te Westerland.

Bij hoogwater II is het grenspeil overschreden in geheel zuid-west Nederland, langs de duinenkust, de westelijke en noordelijke Waddenzee ongeveer tot aan de Lauwerszee. Het grootste gedeelte van het rampgebied is juist boven de 1,4 m overschrijding gelegen. De grootste overschrijdingen van 1,5 m tot 1,6 m worden gevonden langs de kop van Schouwen en op Noord-Beveland. In Westerland wordt het grenspeil nog evenveel overschreden als bij hoogwater I.

Hoogwater III overschrijdt het grenspeil in het zuid-westen van Nederland en langs de kust tot aan Ymuiden. In het noorden van Nederland is de stormvloed dus voorbij.

Voor het grootste gedeelte van Nederland betreft het hier dus een stormvloed waarbij twee elkaar opvolgende hoogwaters het grenspeil overschrijden. Alleen in het zuid-westen van Nederland zijn in het landeinde van Westerschelde en Oosterschelde en in het gebied van de Biesbos drie hoogwaters opgetreden hoger dan het grenspeil. Men spreekt daarom ook wel van een tandemstormvloed (twee of meer hoogwaters boven grenspeil).

Bijlage 19 illustreert de intensiteit waarmee de stormvloed zich manifesteerde. In gebied A heeft de stormvloed het felst gewoed met standen 1,3 à 1,5 m boven grenspeil. In gebied B waren de vloedhoogten 0,1 à 0,2 m lager en de schaden iets minder. In gebied C kwamen hoge standen voor, die echter lager bleven dan bij het hoog opperwater van 1926. In gebied D traden bijna evenhoge standen op als in A en B doch de duinenrij hield stand. In gebied E is sinds de afsluiting van de Zuiderzee (1932) de stormvloed van 1953 de hoogste opgetreden vloed. In gebied F komen in een tijdspanne van 10 jaar 2 à 3 maal hogere standen voor, terwijl ten slotte in gebied G het grenspeil niet werd overschreden.

3. Het stormeffect.

De opzet hiervoor genoemd typeert wel de storminvloed begrepen in de hoogste waterstand en doet goed de regionale invloed van de storm op de waterstanden uitkomen, maar is onvoldoende om de stormvloed als dusdanig te karakteriseren. De grootte van de opzet hangt inderdaad af van het tijdstip van de storm ten opzichte van de cyclus van de getijbeweging. De opzet zal groot zijn indien het maximum effect van de storm samenvalt met hoogwater en klein wanneer dit maximum effect samentreft met laagwater. Eenzelfde storm kan dus totaal verschillende topwaterstanden opleveren.

De kromme die het verloop aangeeft van de verheffing van de gemiddelde zeespiegel door de storm, stormeffect genoemd, geeft een goede beschrijving van de intensiteit van de storm zelf. Rond deze kromme slingert zich het getij dat in normale omstandigheden slingert rond het gemiddeld zeeniveau.

Op de bijlagen 14, 15, 16 en 17 zijn voor enkele stations de krommen van het stormeffect weergegeven.

Al de stormeffectkrommen vertonen nagenoeg hetzelfde beeld : een gelijkmatige stijging gedurende 20 uur, een afgeronde kop met als hoogte 2,5 à 3,5 m en een gelijkmatige daling gedurende 30 uur. Het stormeffect op de zeearmen is groter dan aan de kust als gevolg van trechterwerking en additionele opwaaiing. Het maximum stormeffect treedt vrijwel langs de gehele kust gelijktijdig op, maar valt 4 à 5 uur later dan het ogenblik der grootste windsnelheden langs de kust. In het zuiden valt het tijdstip van maximum stormeffect samen met hoogwater, in het noorden met laagwater. Voor het zuiden van Nederland is het grootste stormeffect opgetreden te Dintelsas (3,6 m), voor het noorden van



Nederland in Den Oever (3,7 m). Voor de Nederlandse kust, van Hellevoetsluis tot Texel, kan het stormeffect ongeveer gelijkgesteld worden aan 3,4 m. Te Vlissingen belooft dit slechts nog 2,8 m en te Oostende nog 2,4 m. Deze sterke daling is weer te wijten aan de lek door het kanaal.

4. De frequentie van de stormvloed.

Door het samenstellen van een frequentiekromme of overschrijdingskromme kan men zich een idee vormen van het aantal keer dat een bepaalde waterstand per jaar of per eeuw zal overschreden worden. Bijlage 20 geeft de overschrijdingskromme voor hoogwater en stormvloed te Hoek van Holland. Verticaal is uitgezet de waterstand en horizontaal op logaritmische schaal het aantal malen per jaar dat een waterstand wordt overschreden. Tot ongeveer het peil + 3 m ligt door het groot aantal waarnemingen de frequentiekromme vast. Boven dit peil is de kromme geëxtrapoleerd. De stormvloed van 1953 heeft dus te Hoek van Holland een frequentie van 0,004. Dit betekent dat deze stormvloed 4 maal in de 1000 jaar wordt overschreden.

De frequenties van de stormvloedhoogten 1953 aan andere peilschalen langs de kust zijn grafisch weergegeven in bijlage 21. Hieruit blijkt weer dat de zwaarste aanval van de stormvloed optrad ter plaatse van het eiland Schouwen. De frequentie bedroeg hier 0,0033 te Brouwershaven. Het is in deze plaats dat de relatief hoogste stand werd gemeten in 1953, nl. NAP + 4,25 m.

We kunnen ons nu afvragen hoe hoog de waterstanden in de andere plaatsen zouden geweest zijn indien daar dezelfde overschrijdingsfrequentie toegepast wordt. Met behulp van frequentiekrommen werd de tabel van bijlage 22 opgesteld. De waterstanden aangeduid

met 0'53 zijn deze met dezelfde frequentie als de stand NAP + 4,25 m te Brouwershaven. Tevens zijn vermeld de werkelijk opgetreden standen in 1953, evenals het verschil tussen deze en de standen 0'53. Het grote verschil in Tholen is mogelijk een gevolg van de verlagende werking door overstromingen. Uit deze tabel, evenals uit bijlage 21, blijkt nog eens duidelijk dat de stormvloed in het noorden van Nederland niet zwaar geweest is.

5. De vergelijking met andere stormvloeden.

Voor gans Nederland veroorzaakte de stormvloed van 1953 de hoogst voorgekomen waterstanden.

In volgende tabel zijn vermeld de frequenties van enige stormvloeden te Hoek van Holland.

Stormvloed te Hoek van Holland	Hoogte	Frequentie
1953	385 +	0,004 (1/250)
1894	328 +	0,025 (1/40)
1954	300 +	0,065 (1/15)
1916	300 +	0,065 (1/15)
1906	297 +	0,07 (1/14)
1904	296 +	0,071 (1/14)
1928	296 +	0,071 (1/14)

De vóór 1953 opgetreden hoogste stand in 1894 bereikte slechts een hoogte van NAP + 3,28, dus 57 cm lager dan in 1953 en wordt normaal 1 maal in 40 jaar overschreden.

## 6. De schade.

We beschouwen hier alleen de schade voorgekomen in het zuid-westelijk rampgebied.

Een opvallend feit is dat de overweldigende meerderheid van de beschadigingen werd aangetroffen aan de binnenbelopen en de kruin. De buitenbelopen werden hier en daar wel beschadigd door golfslag maar vergeleken met de binnenbelopen is deze beschadiging onbetekenend.

Uit de vergelijking tussen de opgetreden waterstanden en de gemiddelde dijkhoogte, blijkt dat over het algemeen de gemiddelde waakhoogte te gering was. De hoogte der dijken in het rampgebied was berekend op de hoogst voorgekomen waterstand vermeerderd met een waakhoogte voor golfoploop. Deze waakhoogte was eerder laag (1 m of minder) genomen aan de lijzijde der eilanden, terwijl ze groot genoeg (enkele meters) genomen was aan de loefzijde. Daar nu de waterstanden in 1953 ruim 50 cm hoger waren dan tot dusver voorgekomen, bleef langs de lijzijde nauwelijks of geen waakhoogte over, terwijl nog een grote waakhoogte beschikbaar bleef aan de loefzijde der eilanden. Dit verklaart dan ook dat de dijken langs de lijzijde veel zwaarder beschadigd werden dan langs de loefzijde.

De schade toegebracht aan de binnenbelopen dient dan ook in 't algemeen geweten te worden aan wateroverslag. De beschadiging van een binnenbeloop heeft zich in verschillende fasen voltrokken. Deze fasen volgden elkaar min of meer snel op alnaargelang de plaatselijke omstandigheden. In 't kort gezegd geschiedde het volgende : eerst treedt onregelmatige wateroverslag op veroorzaakt door de uitlopers der hoogste golven. Bij hoger wordende waterstand vloeit steeds meer en meer water over de kruin en het binnenbeloop. Dit water dringt grotendeels in het dijklichaam dat langzaam verweekt. Vervolgens ontstaan langsscheuren met een diepte van 1 à 2 m. Hieropvolgend treden afschuivingen op waarvan de omvang zeer groot kan zijn. Vindt in dit stadium nog overslag plaats dan wordt het

binnenbeloop steeds verder uitgebreid en kunnen doorbraken of stroomgaten gevormd worden.

In volgende tabel is aangegeven de lengte der dijken welke beschadigd werden evenals de graad van de beschadiging.

Totale lengte van de beschadigingen, doorbraken en stroomgaten in de hoofdwaterkering van Zuid-Holland, Noord-Brabant en Zeeland.						
	Lengte in m					
	A		B	C	D	E
	Buitentalud	Binnentalud				
Zuid-Holland	36.221	32.259	22.552	11.694	5.857	1.010
Noord-Brabant	725	4.185	5.250	3.188	3.529	1.102
Zeeland	5.364	8.770	23.716	13.188	4.514	3.571
Totale lengte :	42.310	45.214	51.518	28.070	13.900	5.683

- A. Lichte beschadigingen van het binnen- en buitentalud tot ongeveer halverwege kruinhoogte.
- B. Beschadigingen van het binnentalud tot de kruin.
- C. Doorbraken tot normaal hoogwater.
- D. Doorbraken tot ongeveer maaiveldshoogte.
- E. Stroomgaten.

In totaal werden de dijken over 139 km beschadigd (som A + B), terwijl de totale lengte aan lichte en zware doorbraken en stroomgaten 48 km bedroeg (som C + D + E).

In totaal werden 133.832 ha door de stormvloed overstroomd.

### III. HET DELTAPLAN.

#### 1. Inleiding.

Reeds enkele jaren voor dat de stormvloed van februari 1953 Nederland zwaar teisterde, werden plannen bestudeerd om werken uit te voeren in de tussenwateren om de aangrenzende eilanden te beveiligen tegen stormvloeden en om de steeds verder schrijdende verzilting tegen te gaan. Men gaf vooral aandacht aan het gebied ten noorden van het Volkerak. Vlak voor de ramp, in november 1952, werd echter opdracht gegeven om eveneens de zeearmen, Oosterschelde en Brouwershavense Gat, in de plannen te betrekken. De stormvloed van februari 1953 zou het uitwerken en uitvoeren van deze plannen bespoedigen.

Reeds op 21 februari 1953 werd door de Minister van Verkeer en Waterstaat een commissie in het leven geroepen, de zogenaamde Deltacommissie, ter beantwoording van de vraag, welke waterstaat-technische voorzieningen dienen te worden getroffen met betrekking tot de door de stormvloed van 1 februari 1953 geteisterde gebieden, waarbij in het onderzoek ware te betrekken de vraag of een afsluiting van de zeearmen zulk een voorziening behoort te vormen. Met het oog op de havenbelangen van Rotterdam en Antwerpen werden de Rotterdamse Waterweg en de Westerschelde door de Minister van het laatstgenoemde onderzoek uitgesloten.

De Deltacommissie heeft 5 interimadviezen en een eindrapport uitgebracht. Het advies van de commissie betreffende de gestelde vraag was dat de afsluiting der zeearmen, het Deltaplan, de voorkeur verdiende boven een algehele dijkversterking.

#### 2. Keuze tussen Deltaplan en het plan tot algehele dijkversterking.

De Deltacommissie motiveert haar keuze tussen deze twee plannen met de volgende argumenten :

- het Deltaplan laat toe zonder bijzondere moeilijkheden de vereiste

kerende hoogte te verwezenlijken, welke eventueel later nog kan opgevoerd worden. Bovendien verkrijgt men een moderne nieuwe en korte kering, die geen zwakke plekken zal vertonen, zoals dit nog wel het geval zou zijn bij algehele dijkversterking, en veel eenvoudiger zal te onderhouden zijn.

- bij het plan tot dijkversterking ontstaat geen waardevolle tweede kering zoals bij het Deltaplan waar de bestaande dijken de tweede kering zullen vormen en bij een eventuele doorbraak van een afsluitdam een ramp zullen voorkomen.
- een algehele dijkversterking zal op vele plaatsen zeer moeilijk uitvoerbaar en soms plaatselijk vrijwel onmogelijk zijn wegens de aanwezigheid van gebouwen, industrie, havens, enz.
- het Deltaplan scheidt grote mogelijkheden voor de verbetering van de zoetwaterhuishouding en biedt belangrijke nevenvoordelen voor het verkeer, de landaanwinning en de recreatie. Het isolement der eilanden wordt opgeheven.
- uit financieel oogpunt is eveneens het Deltaplan te verkiezen daar de meerdere kosten van dit plan volledig gerechtvaardigd zijn door de bijkomende voordelen.
- het verdwijnen van de zoutwatervisserij en de schelpdierculturen is een nadeel van het Deltaplan waarvoor voorzieningen zullen moeten getroffen worden.

### 3. Beschrijving van het Deltaplan.

Op bijlage 23 zijn de werken van het Deltaplan aangegeven. De afsluitingsdammen welke rechtstreeks in verband staan met de vergroting van de veiligheid bij stormvloed en zijn deze van het Veerse Gat, de Oosterschelde, het Brouwershavense Gat en het Haringvliet. De stormvloedkering in de Hollandse IJssel behoort ook tot deze groep omwille van de grote belangen welke door de dijken langs deze rivier beschermd worden.

De dam in de Zandkreek is noodzakelijk om bij afgesloten Veerse Gat en open Oosterschelde het ontstaan van te grote stroomsnelheden in de Zandkreek te vermijden. Daar de afsluitingen van Oosterschelde en Brouwershavense Gat om praktische redenen niet gelijktijdig uitgevoerd kunnen worden, dient de Grevelingendam gebouwd te worden om te grote stromen in het Zijpe te vermijden.

De afsluiting van de Oude Maas aan de benedenmond is nuttig voor een effectievere bestrijding van de verzilting op de Rotterdamse Waterweg. Op deze laatste rivier worden echter door deze afsluiting de stormvloedstanden met enkele dm verhoogd wat ontoelaatbaar is. De kering in de Oude Maas dient derhalve beweegbaar te zijn.

Na afsluiting van Haringvliet en Grevelingen zou in het Volkerak of elders een ontoelaatbare stromingstoestand kunnen optreden. Om dit te vermijden dient het Volkerak te worden afgesloten tijdens de bouw van deze afsluitingen.

De afsluiting van het Volkerak is echter nog van groter nut voor een goede afvoer van het ijs en voor de zoetwaterhuishouding in het voltooid Deltaplan. Inderdaad, om een goede ijsafvoer te bevorderen kan het nodig zijn de Haringvlietsluizen bij eb en vloed te openen. De dam in het Volkerak belet dan het indringen van zoutwater in het Zeeuwse Meer (wateren ten zuiden van de Volkerakafsluiting). De getijbeweging op het Haringvliet - Hollands Diep zal krachtiger zijn met gesloten Volkerak. Ook laat de afsluiting van het Volkerak toe het Zeeuwse Meer als zoetwaterreservoir te gebruiken. Tot dit laatste doel dient een doorlaatwerk in de afsluiting voorzien te worden. Voor de scheepvaart tussen Antwerpen en de Rijn wordt in de afsluiting van het Volkerak bovendien een complex schutsluizen gebouwd, aangepast aan duwvaart.

In de afsluiting van het Haringvliet dienen grote uitwateringsluizen voorzien te worden. Deze zeearm voert inderdaad al het Maaswater en een zeer groot gedeelte van het Rijnwater af. Bovendien dienen deze sluisen om de ijsafvoer van de grote rivieren te

verzekeren. Voor de beheersing van de zoetwaterhuishouding vervullen deze sluizen een zeer belangrijke rol : de grootte van de opening der sluizen bepaalt inderdaad de zoetwaterafvoer langs de Rotterdamse Waterweg.

Om de belangrijkheid van de afsluitingen van het Deltaplan aan te tonen worden in volgende tabel het gemiddeld tijverschil, het dwarsprofiel van de opening onder NAP en de vloedvermogens van de zeegaten vermeld, samen met deze van reeds afgesloten zee-armen en stroomgaten.

Zeearm of stroomgat	Gemiddeld tijverschil in m	Dwarsprofiel beneden NAP in m <sup>2</sup>	Vloedvolume in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Zuiderzee	0,9	120.000	575
Brielse Maas	1,8	2.700	17
Braakman	4,0	850	17
Schelphoek	2,8	8.000	130
Veerse Gat	2,9	7.500	70
Haringvliet	1,9	18.000	260
Brouwershavense Gat	2,4	30.000	325
Oosterschelde	2,8	90.000	1100

#### 4. De basispeilen en de ontwerppeilen.

De Deltacommissie heeft het peil NAP + 5 m als basispeil aangenomen te Hoek van Holland. Dit peil heeft een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-4}$  of beter uitgedrukt een kans van 1 % om overschreden te worden in een periode van een eeuw. De basispeilen op andere plaatsen hebben alle dezelfde overschrijdingsfrequentie.

Voor het bepalen van deze basispeilen werd gebruik gemaakt van overschrijdingslijnen. Een dergelijke lijn geeft aan het aantal



malen dat een bepaalde waterstand gedurende een bepaalde periode werd overschreden. Een overschrijdingslijn wordt getekend op half-logaritmisch papier : in ordinaat is aangegeven de waterstand, in abscis op logaritmische schaal het aantal malen omgerekend tot een gemiddeld aantal  $N$  per jaar dat een bepaalde waterstand werd overschreden. Op bijlage 20 is de overschrijdingslijn voor Hoek van Holland weergegeven. Voor de hogere stormvloedën vertoont deze lijn een vrijwel rechtlijnig verloop. Hetzelfde algemeen beeld wordt gevonden in de overschrijdingslijnen van de andere plaatsen. Deze overschrijdingslijnen hebben het kunnen optreden van hogere standen dan deze van 1953 met dwingende kracht aan de orde gesteld. Geen enkele van de 33 opgestelde lijnen vertoont de neiging om zelfs op een hoogte van 2 m boven de stormvloedhoogte 1953 af te buigen naar een limietwaarde.

In deel 4 van het rapport der Deltacommissie is door de Heer ir. P. J. Wemelsfelder een bijdrage gepubliceerd met als titel : "Beschouwingen over de kans op zeer hoge stormvloedën". Het lijkt ons nuttig hiervan een korte samenvatting te geven.

De Heer Wemelsfelder gaat uit van een standaard-overschrijdingslijn die recht getekend wordt en geldig is voor alle plaatsen (zie bijlage 24). Horizontaal is uitgezet de overschrijdingsfrequentie  $m$ , zijnde het product van de duur van een tijdvak in jaren ( $T$ ) en het aantal overschrijdingen per jaar ( $N$ ) dus :  $m = N T$ . Het getal  $m$  is dimensieloos. Verticaal is uitgezet de stormvloedhoogte  $h$ .  $h_1$  betekent een stormvloedhoogte met een overschrijdingsfrequentie 1 in de beschouwde tijdsduur  $T$  als tijdseenheid beschouwd. Doordat langs de horizontale as aan  $T$  elke gewenste waarde gegeven kan worden, geldt de lijn  $F$  ook voor tijdvakken van elke gewenste lengte.

Het punt  $M$  bepaald door  $m = 1$  neemt een bijzondere plaats in. De bijhorende hoogte  $h_1$  wordt in een tijdvak van  $T$  jaren gemiddeld éénmaal overschreden en wordt aangeduid als modus van de overschrijdingskromme.

De verschillen  $h_1 - h_{0,1} = h_{0,1} - h_{0,01}$  enz. worden aangeduid met  $s$  welke decimeringshoogte wordt genoemd, omdat deze hoogtesprong tot decimering van de kans voert.

Nu kan men bewijzen dat de kans  $q$  dat een bepaalde hoogte zal worden overschreden gelijk is aan :

$$q = 1 - e^{-m} \text{ voor } m > 0,1$$

$$\text{en } q = m \text{ voor } m \leq 0,1.$$

De kans dat de hoogte  $h_1$  wordt overschreden is dus 63 %.

De kans dat de hoogte  $h_{0,01}$  wordt overschreden is dus 1 %.

Op bijlage 24 stelt de kromme G de functie  $q = 1 - e^{-m}$  voor. Rechts van deze kromme zijn vijf gebieden aangegeven begrensd door de frequenties 5, 1, 0,1, 0,01 en 0,001 en aangeduid met de volgende gekozen benamingen :

tussen	$m = 5$	en	$m = 1$	lage maxima
tussen	$m = 1$	en	$m = 0,1$	normale maxima
tussen	$m = 0,1$	en	$m = 0,01$	hoge maxima
tussen	$m = 0,01$	en	$m = 0,001$	buitengewoon hoge maxima
boven	$m = 0,001$			extreme maxima

De benaming normale maxima is logisch te noemen. De kans dat een hoogte overeenkomend met  $m = 1$  overschreden wordt is 63 % en de kans dat een hoogte overeenkomend met  $m = 0,1$  overschreden wordt is 10 %. Tussen  $m = 1$  en  $m = 0,1$  bevinden zich dus 53 % der gevallen.

Het gebied waarin zich de stormvloed 1953 bevindt is nu afhankelijk van de tijdsduur  $T$  die men beschouwt. Met behulp van de betrekking  $N = m/T$  en een overschrijdingslijn van een plaats kan men berekenen welke waterstanden overeenkomen met de vermelde

waarden van  $m$ . De waterstand overeenkomend met  $m = 0,1$  zal hoger zijn naarmate  $T$  groter is. Voor Hoek van Holland vinden we :

$m$	$T$	Peil te Hoek van Holland in m boven NAP
0,1	1	2,90
0,1	50	4,05
0,1	1000	5,00

We kunnen nu een grafiek tekenen met uitgezet als abscis de tijdsperiode  $T$  op logaritmische schaal en als ordinaat het stormvloedpeil te Hoek van Holland. Voor iedere gekozen waarde van  $m$  bekomen we een rechte in deze grafiek (bijlage 24). We zien dus dat de stormvloed van 1953 in het gebied van de buitengewone maxima valt indien we als tijdsperiode enkele jaren nemen. In een tijdsperiode van 50 jaar valt de stormvloed 1953 echter in het gebied der normale maxima.

De waarden van  $m$  zijn in deze grafiek als risico's aangegeven.  $m = 0,1$  komt overeen met een overschrijdingskans van 10 % of een risico van 10 %. Uit beschouwingen over risico en tijdsduur komt de Heer Wemelsfelder tot het besluit dat het redelijk is voor het risico gerekend over de totale tijdsduur te stellen :

voor risico's van louter materiële aard,	10 %
voor risico's op aantasting van het leven, zulks zowel omvattende het persoonlijk leven als de bestaansmogelijkheid van een onder- neming of woongemeenschap,	1 %
voor risico's, het voortbestaan van de maatschappij zelf rakende,	0,1 %

Hierbij dient dan nog de duur van het risico betrokken te worden. In de particuliere sfeer heeft een langdurend risico gewoonlijk betrekking op 20 à 100 jaar. Voor het openbare leven moet echter met een duur van 200 à 1000 jaar gerekend worden.

De aangenomen stormvloedstand te Hoek van Holland, NAP + 5 m, beantwoordt dus aan een risico van 1‰ in een periode van 100 jaar en is dus een verantwoord basispeil voor het ontwerp van de werken welke het Deltaplan vormen.

Voor stations gelegen in het Deltagebied (achter de dammen, bv. Dordrecht) is het basispeil op enigszins andere manier bepaald. In deze plaatsen is het mogelijk dat na voltooiing van het Deltaplan de hoogste waterstand niet meer bepaald wordt door de standen in zee, maar wel door de hoge opperwaterafvoeren al of niet in combinatie met (lagere) stormvloeden. Een bepaalde hoge waterstand kan optreden bij verschillende combinaties van rivierafvoeren en stormvloeden. Iedere combinatie op zichzelf wordt zo gekozen dat ze een kans op voorkomen heeft van 1/10.000. De kans op optreden van die bepaalde waterstand zal dus groter zijn dan 1/10.000. Het is mogelijk de waterstand te bepalen die een overschrijdingsfrequentie heeft van 1/10.000. Deze waterstand vormt dan het basispeil. Hierin is reeds begrepen de invloed van het Deltaplan op de stormvloedstanden, zodat deze invloed niet meer dient afgetrokken te worden om het dadelijk te noemen ontwerppeil te bepalen.

Onder ontwerppeil verstaat men het peil dat bepalend is voor het ontwerp der dammen en der dijkverhogingen. Dit peil is afgeleid uit het basispeil door in dit laatste de verhogende of verlagende invloed van de Deltawerken op de stormvloedstanden en een economische reductie te verdisconteren. Het ontwerppeil vormt het vertrekpunt voor het bepalen van de hoogte der dijken. Golfoploop, waakhogte en dergelijke moeten nog afzonderlijk in rekening gebracht worden.

In volgende tabel worden de verschillende peilen voor de Westerschelde gegeven :

	Basispeil in m t. o. v. NAP	Invloed van de Deltawerken in cm	Economische reductie in cm	Ontwerppeil in m t. o. v. NAP
Vlissingen	+ 5,65	+ 5	30	+ 5,40
Terneuzen	+ 5,90	+ 5	30	+ 5,65
Hansweert	+ 6,15	+ 5	30	+ 5,90
Bath	+ 6,60	+ 5	30	+ 6,35
Antwerpen	+ 6,65	?	?	?

Men rekent dus dat de verhoging van de stormvloedstanden op de Westerschelde als gevolg van het Deltaplan 5 cm zal bedragen.

5. De volgorde van uitvoering der afsluitingen.

Zoals reeds gezegd dient de afsluiting van de Zandkreek vooraf te gaan aan deze van het Veerse Gat en de afsluiting van de Grevelingen aan deze van Oosterschelde en Brouwershavense Gat.

De afsluiting van het Haringvliet dient prioriteit te verkrijgen omdat deze afsluiting het grootste effect heeft op de verlaging der stormvloedstanden in een kwetsbaar gebied. Sluit men tegelijkertijd het Volkerak af dan worden de belangen van de zoetwaterhuishouding het beste gediend.

Voor de afsluiting van de zeearmen wordt het principe gehuldigd : van klein naar groot werken om ervaring op te doen. Om deze reden wordt het Brouwershavense Gat afgesloten voor de Oosterschelde.

6. Het Deltaplan en de Westerschelde.

Zoals in de opdracht van de Deltacommissie vervat kwamen de Westerschelde en de Rotterdamse Waterweg niet in aanmerking voor afsluiting. Langs beide zeearmen moeten echter dijkversterkingen uitgevoerd worden. Een tweede kering zoals die door de

bestaande dijken achter de Deltadammen gevormd wordt, zal dus langs deze zeearmen ontbreken.

Betreffende de afsluiting van beide zeearmen merkt de commissie op : "Er zouden zich echter bij volledige afdamming voor genoemde wateren zo talrijke, nog niet voldoende onderkende technische en andere problemen voordoen, dat de tijd nog niet rijp wordt geacht hierover op korte termijn een beslissing te nemen. De commissie acht het wenselijk, dat de mogelijkheid van afsluiting van deze wateren niet uit het oog wordt verloren."

De uit te voeren dijkversterkingen langs de Westerschelde dienen gebaseerd te worden op de ontwerppeilen welke onder 4. gegeven werden. Deze peilen liggen gemiddeld 0,8 m hoger dan de standen van de stormvloed 1953. Hierbij komt dat voor deze stormvloed de kerende hoogte der dijken reeds te gering was. Een dijkverhoging met 1 à 1,5 m is dus zeker gewettigd en zoals de Delta-commissie opmerkt houdt deze verhoging geen verband met de verhoging van stormvloedstanden ten gevolge van de afsluiting der zeearmen.

## 7. De Waterbeweging na voltooiing van het Deltaplan.

### 1) De stormvloedstanden.

Stormvloedstanden op de wateren zuidelijk van de Volkerakafsluiting zullen na voltooiing van het Deltaplan niet meer voorkomen.

Noordelijk van de Volkerakafsluiting treedt een belangrijke verlaging der stormvloedstanden op, zoals duidelijk blijkt uit bijlage 25. Hierop zijn eveneens voor de voornaamste plaatsen de peilen gegeven van de stormvloed 1953, evenals de op één na hoogst voorgekomen standen.

Uit deze bijlage blijkt de invloed van de afsluiting der Oude Maas op de stormvloedstanden : verhogende werking langs de

Rotterdamse Waterweg en Nieuwe Maas, verlagende werking op de andere rivieren. De basispeilen in het Deltagebied zelf liggen echter belangrijk hoger dan de peilen, na voltooiing Deltaplan, veroorzaakt door een stormvloed van N. A. P. + 5 m te Hoek van Holland, gecombineerd met een normale rivierafvoer. De reden hiervoor is dat in het Deltagebied de hoogste standen niet meer veroorzaakt zullen worden door stormvloeden maar wel hoofdzakelijk door hoge rivierafvoeren.

2) De normale getijbeweging.

Op de wateren zuidelijk van de Volkerakafsluiting zal geen getijbeweging meer optreden. De waterstanden zullen hier schommelen tussen N. A. P. + 0,50 m in de zomer en N. A. P. - 0,50 m in de winter. In uitzonderlijke droge jaren zou een zeer laag peil van N. A. P. - 1,00 à 1,25 m gedurende enkele maanden kunnen voorkomen.

Op de wateren noordelijk van de Volkerakafsluiting zal de getijbeweging sterk verzwakt worden doordat deze alleen langs de Rotterdamse Waterweg binnen kan dringen. Ter illustratie is op bijlage 26 grafiek c het verloop getekend van de hoogwater- en laagwaterstanden voor Willemstad in de bestaande toestand en na uitvoering van het Deltaplan.

De normale stroomsnelheden zullen verkleinen, behalve dan in de Noord- en Dordtse Kil waar ze zullen toenemen en waar het aanbrengen van een bodembescherming nodig zal zijn.

3) De zoetwaterbeheersing.

Zoals reeds gezegd biedt het Deltaplan grote voordelen voor het verbeteren der zoetwaterhuishouding in een zeer groot deel van Nederland. Het zijn de Haringvlietsluizen, de beweegbare kering in de Oude Maas, de afsluiting van het Volkerak en de kanalisatie van Neder-Rijn en Lek die hier toe bijdragen. Deze kanalisatie

heeft als nadeel het verminderen van de zoetwaterafvoer langs Rotterdam. Dank zij het Deltaplan kon dit bezwaar op eenvoudige wijze ondervangen worden.

Onder verbetering van de zoetwaterhuishouding wordt vooral bedoeld het terugdringen van zoutgrens op de Rotterdamse Waterweg en Nieuwe Maas. Deze zoutgrens is de plaats waar, bij hoogwaterkentering, het chloridegehalte 300 mg Cl/l bedraagt. Op bijlage 27 wordt de ligging van deze grens in de huidige situatie weergegeven.

Op bijlage 26 grafiek b, wordt een mogelijke verdeling gegeven van het Rijnwater na voltooiing van het Deltaplan; in grafiek a is het verloop van het chloridegehalte aangegeven. In grafiek b is te zien dat vanaf een Rijnafvoer van  $1160 \text{ m}^3/\text{sec}$ , water naar het Zeeuwse Meer gevoerd wordt en dat de Haringvlietsluizen pas vanaf  $1600 \text{ m}^3/\text{sec}$  bij eb geopend zullen worden. Grafiek a doet duidelijk de belangrijke vermindering van het zoutgehalte langs de Nieuwe Maas uitkomen; (voor situatie van Vijfsluizen en Parkhaven zie bijlage 27).

Het Zeeuwsche Meer zal als zoetwaterreservoir gebruikt worden. De vulling hiervan zal geschieden door een inlaatwerk in de Volkerakafsluiting. Dit zoete water zal ten goede komen aan de landbouw en de industrie op de aangrenzende eilanden.

Vermelden we ten slotte nog dat voor de doorspoeling (ontzouting) van het Zeeuwse Meer spui-inrichtingen moeten voorzien worden in de omgeving van Brouwershavense Gat, Oosterschelde en Veerse Gat.

## 8. De stand van de Deltawerken.

Thans zijn reeds de stormvloedkering in de Hollandse IJssel (1958) het drie-eilandenplan (1961) en de Grevelingendam (1964) voltooid. Het Volkerak zal afgesloten zijn in 1967; thans zijn de schutsluizen en de voorhavens bijna voltooid. Het belangrijkste deel van de



Haringvlietsluizen, de uitwateringssluizen met aansluitende stortebedden zullen dit jaar voltooid zijn. De sluiting van de overblijvende geul zal in 1968 geschieden. Met de bouw van de afsluiting van het Brouwershavense Gat (1971) is een begin gemaakt. De Oosterscheldepdam hoopt men te beëindigen in 1978.

LIJST VAN DE BIJLAGEN.

<u>Nr.</u>	<u>Omschrijving.</u>
1	Overzicht van Duitse bocht en aangrenzende rivieren.
2	Getijkromme en windkracht in Cuxhaven - februari 1962.
3	Vullingsgraad in de Duitse bocht op 12/13 (boven) en 16/17 februari 1962 (onder).
4	Opgetreden en astronomische getijkromme en opstuwingskromme te Husum.
5	Getijkrommen voor List, Tönning, Büsum, Helgoland.
6	Getijkrommen voor Borkum, Norderney, Wilhelmshaven, Bremerhaven, Cuxhaven.
7	Vergelijking tussen opgetreden waterstanden en maatgevende stormvloedstanden langs de westkust van Schleswig-Holstein.
8	Getijkrommen langs de Elbe.
9	" " " Weser.
10	" " " Ems.
11	Stormvloeden in Hamburg boven N.N. + 4,20 m van 1825 tot 1962. Opstuwingskrommen te Cuxhaven.
12	Overschrijdingslijnen voor Husum, Tönning, Büsum en Cuxhaven.
13	Situatie peilschalen.
14	Getijkrommen langs Grevelingen.
15	" " Noord- Dordtse Kil.
16	" " Rotterdamse Waterweg.
17	" " Waddenzee.
18	Stormvloedstanden 1.2.53 in geografisch verband. Stormvloedstanden, grenspeil en gemiddeld hoogwater langs de kust.

<u>Nr.</u>	<u>Omschrijving.</u>
19	Plaatsbeschrijving stormvloed.
20	Overschrijdingslijn Hoek van Holland.
21	Verloop van de overschrijdingsfrequentie langs de kust.
22	Waterstanden van dezelfde overschrijdingsfrequentie als 4,25 + te Brouwershaven.
23	Situatie van de Deltaafsluitingen.
24	Standaard- overschrijdingslijn. Afhankelijkheid van het ontwerppeil van de tijdsperiode en aard van het risico.
25	Stormvloedstanden in het noordelijk Deltagebied vóór en na uitvoering van het Deltaplan.
26	Zoutgehalteverdeling, Rijnafvoer en waterstanden in het Deltagebied.
27	Situatie zoutgrens.

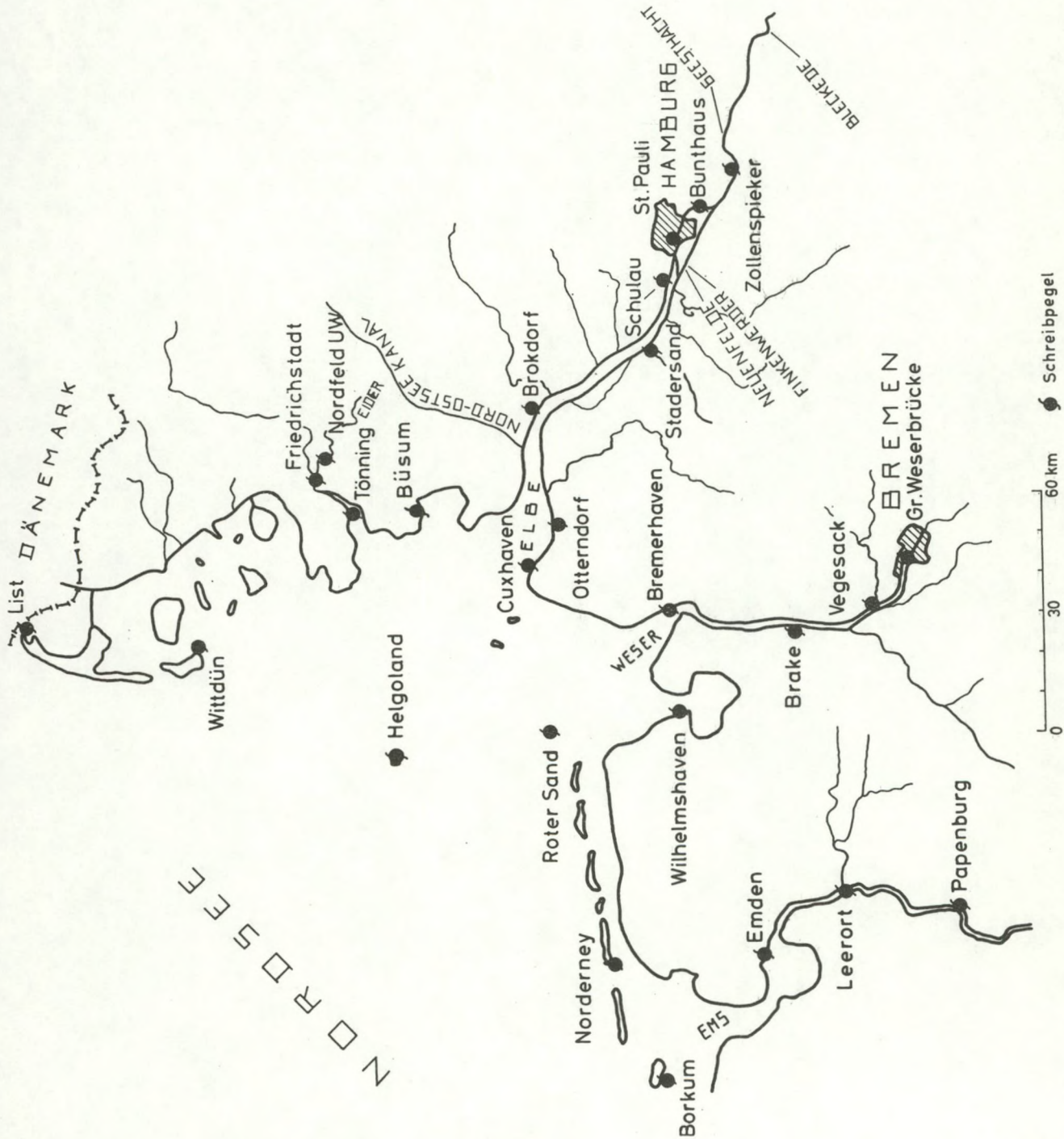
De bijlagen 1 t. e. m. 12 zijn overgenomen uit artikelen verschenen in "Die Küste" - Jahrgang 10, 1962, Heft 1.

De bijlagen 13 t. e. m. 22 zijn overgenomen uit het verslag over de stormvloed 1953, Rijkswaterstaat.

De bijlagen 23, 25, 26 en 27 werden overgenomen uit rapport Deltacommissie, deel I.

De bijlage 24 is overgenomen uit rapport Deltacommissie, deel IV, bijdrage III. 3.

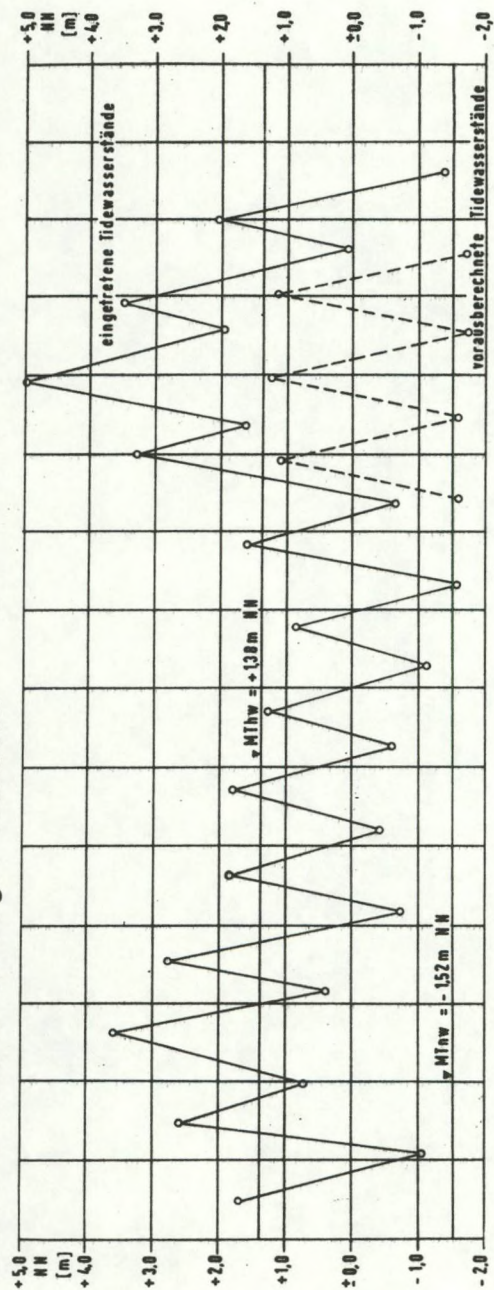
---



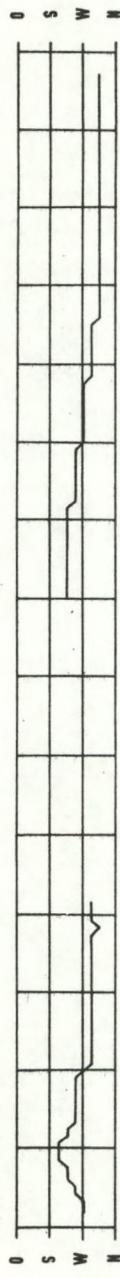
Overzicht van Duitse bocht en aangrenzende rivieren

Overgenomen uit "Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee", von Heinz Schulz. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.

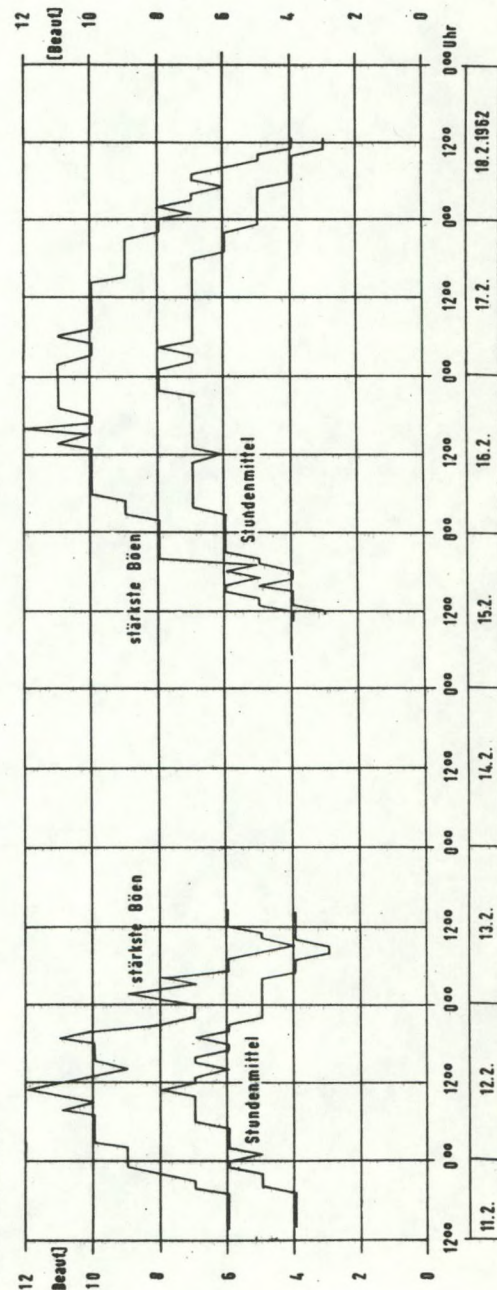
Tidewasserstände am Pegel Cuxhaven



Windrichtung



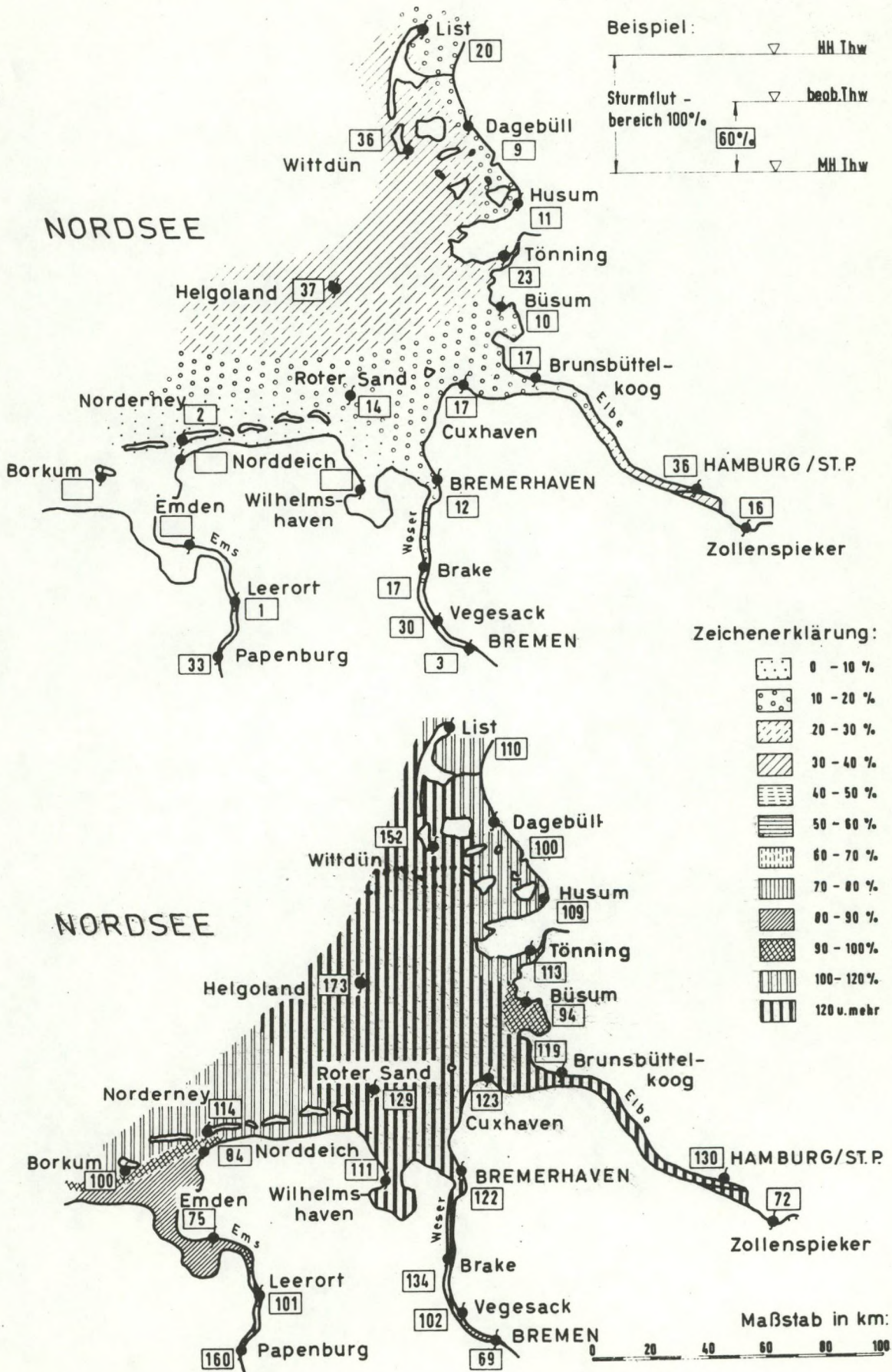
Windstärke



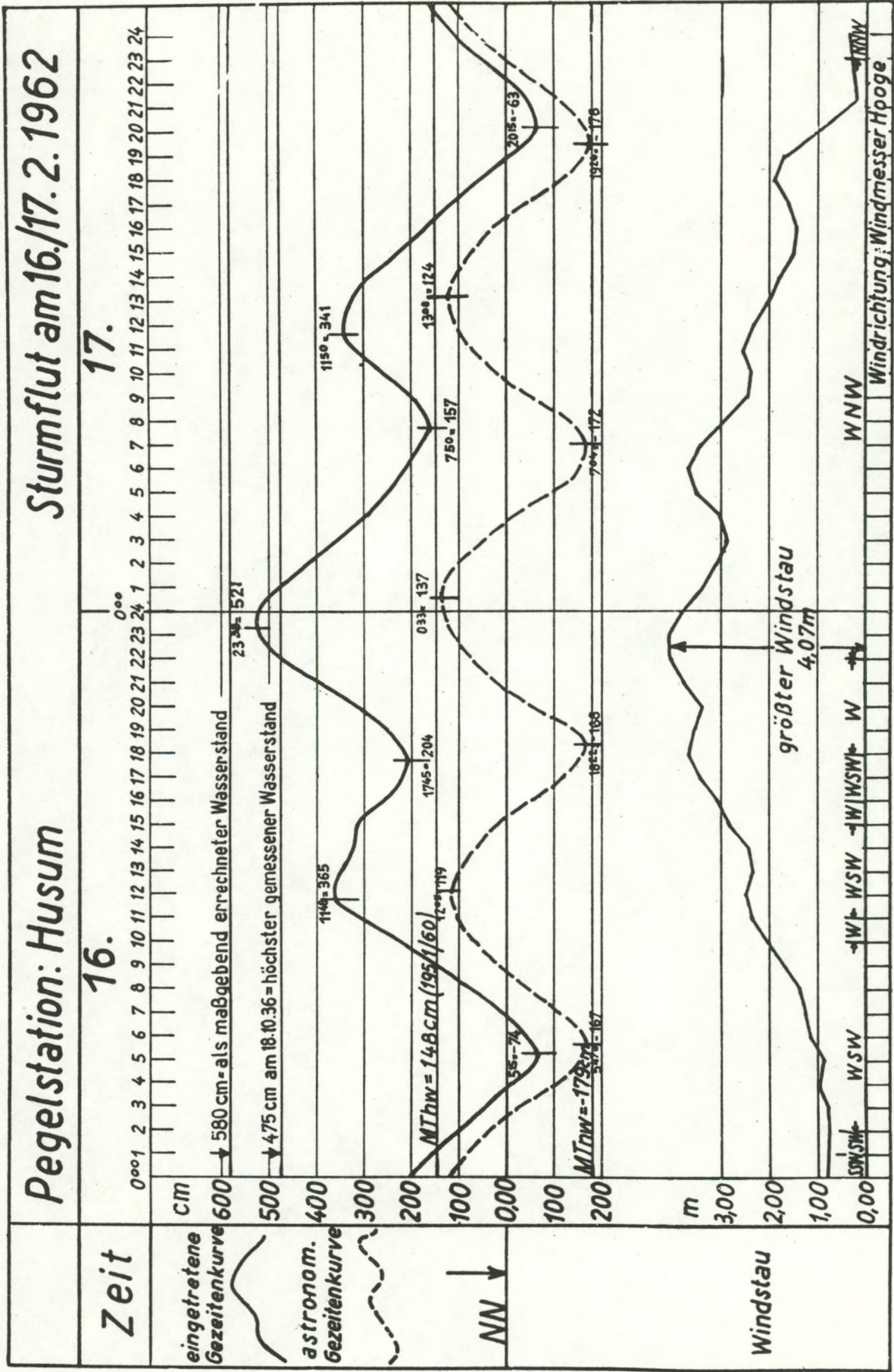
Getijkromme en windkracht in Cuxhaven - februari 1962.

Overgenomen uit "Entwicklung und Verlauf der Welterlage vom 16/17 Februar 1962" von Geert Roediger. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.

Overgenomen uit "Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962  
im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee", von Heinz Schulz.  
Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.

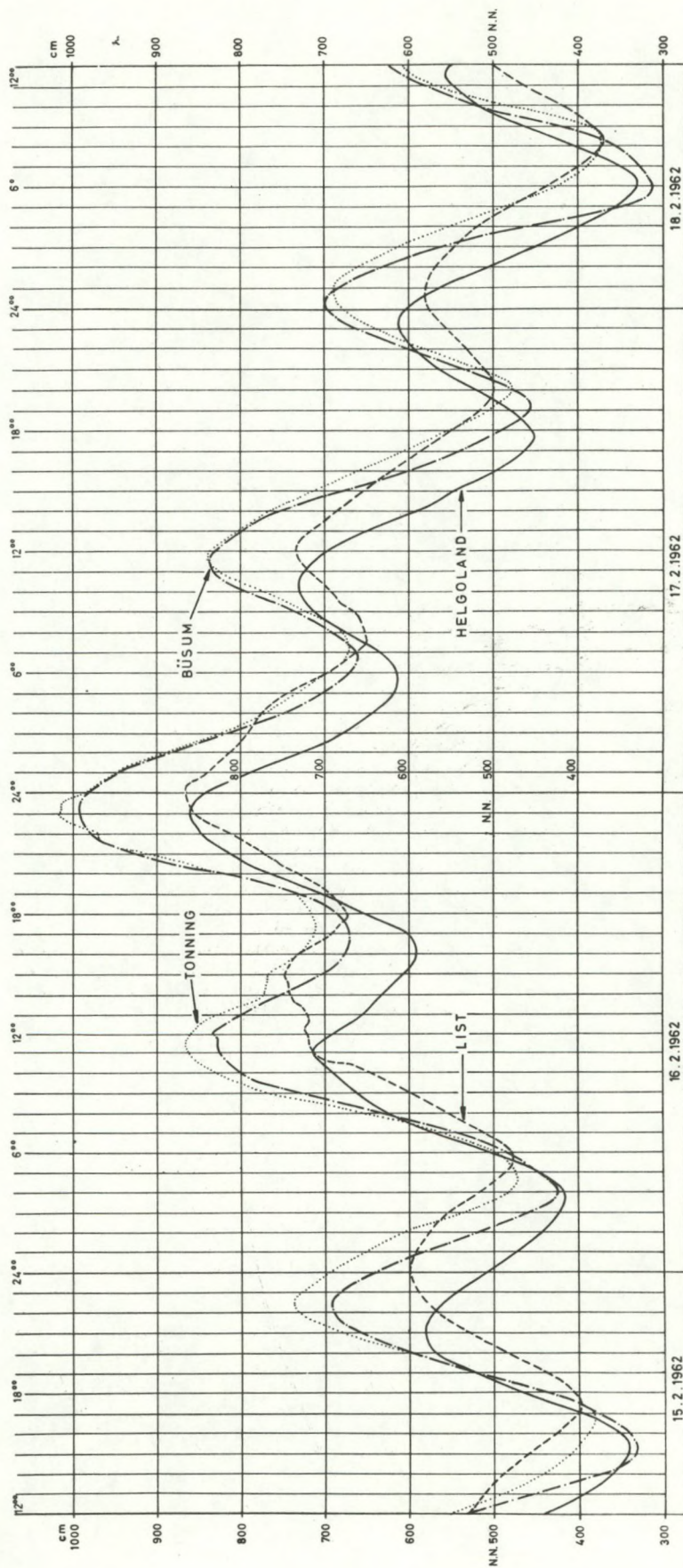


Vullingsgraad in de Duitse bocht op 12/13(boven) en 16/17 februari 1962(onder)



Opgetreden en astronomische getijkromme en opstuwingskromme te Husum.

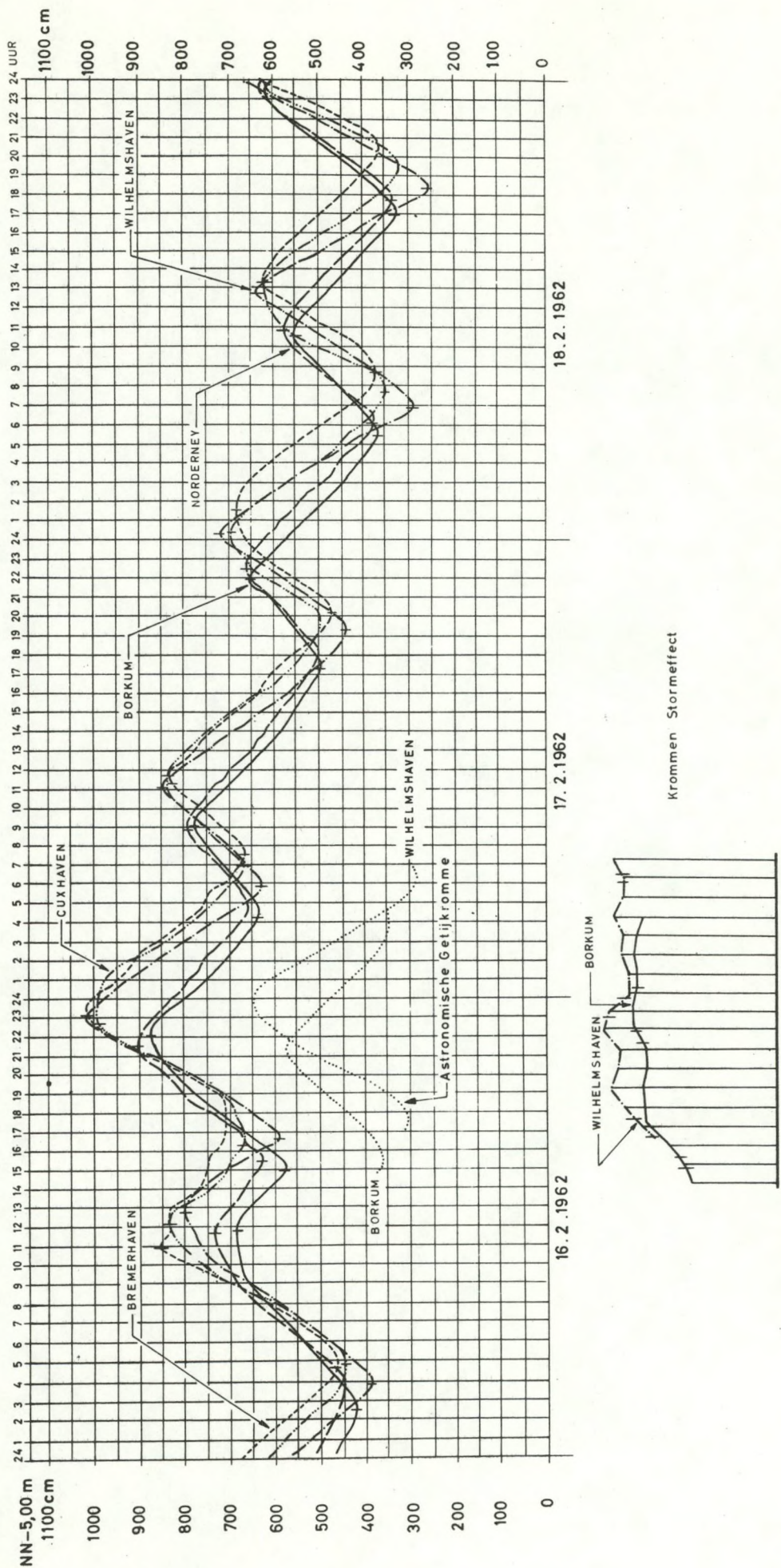
Overgenomen uit : "Die Sturmflut vom 16/17 Februar 1962 an der Schleswig-Holsteinischen Westküste", Bericht der Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten - Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.



Getijkrommen langs de kust van Schleswig - Holstein.

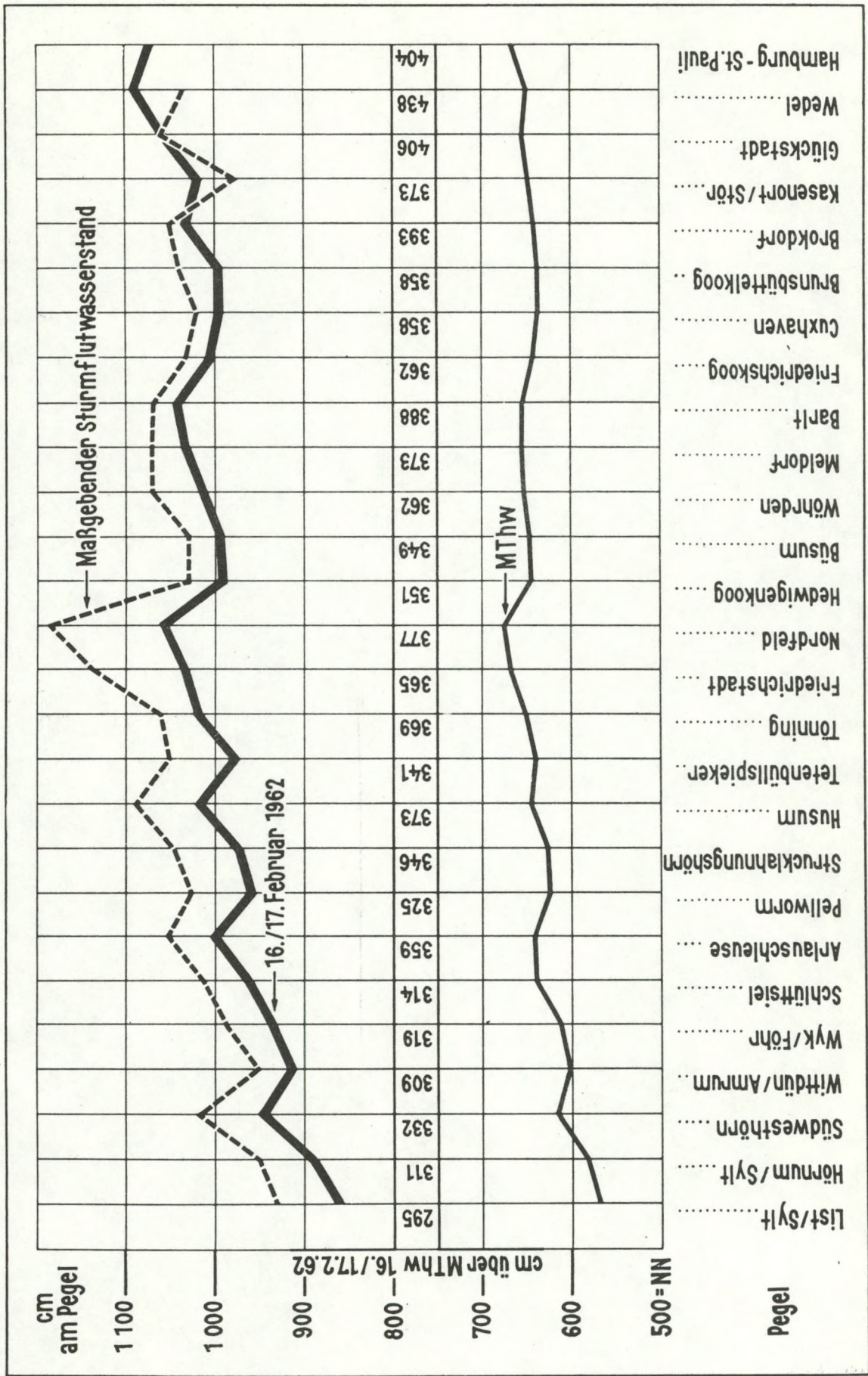
Overgenomen uit : "Die Sturmflut vom 16/17 Februar 1962 an der Schleswig-Holsteinischen Westküste", Bericht der Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten - Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.





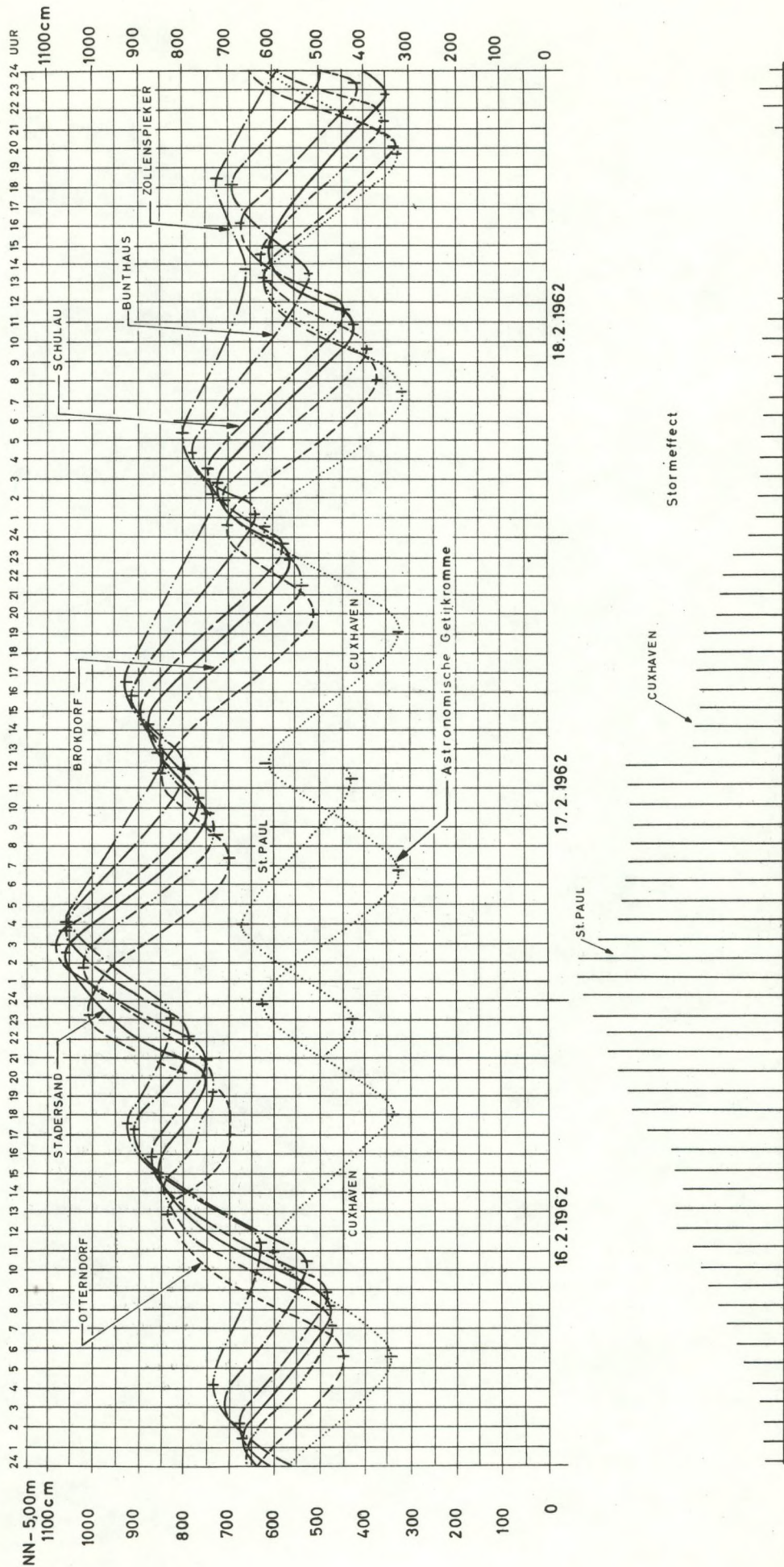
Overgenomen uit "Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee", von Heinz Schulz. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.

Getijkrommen langs de kust van Nedersaksen



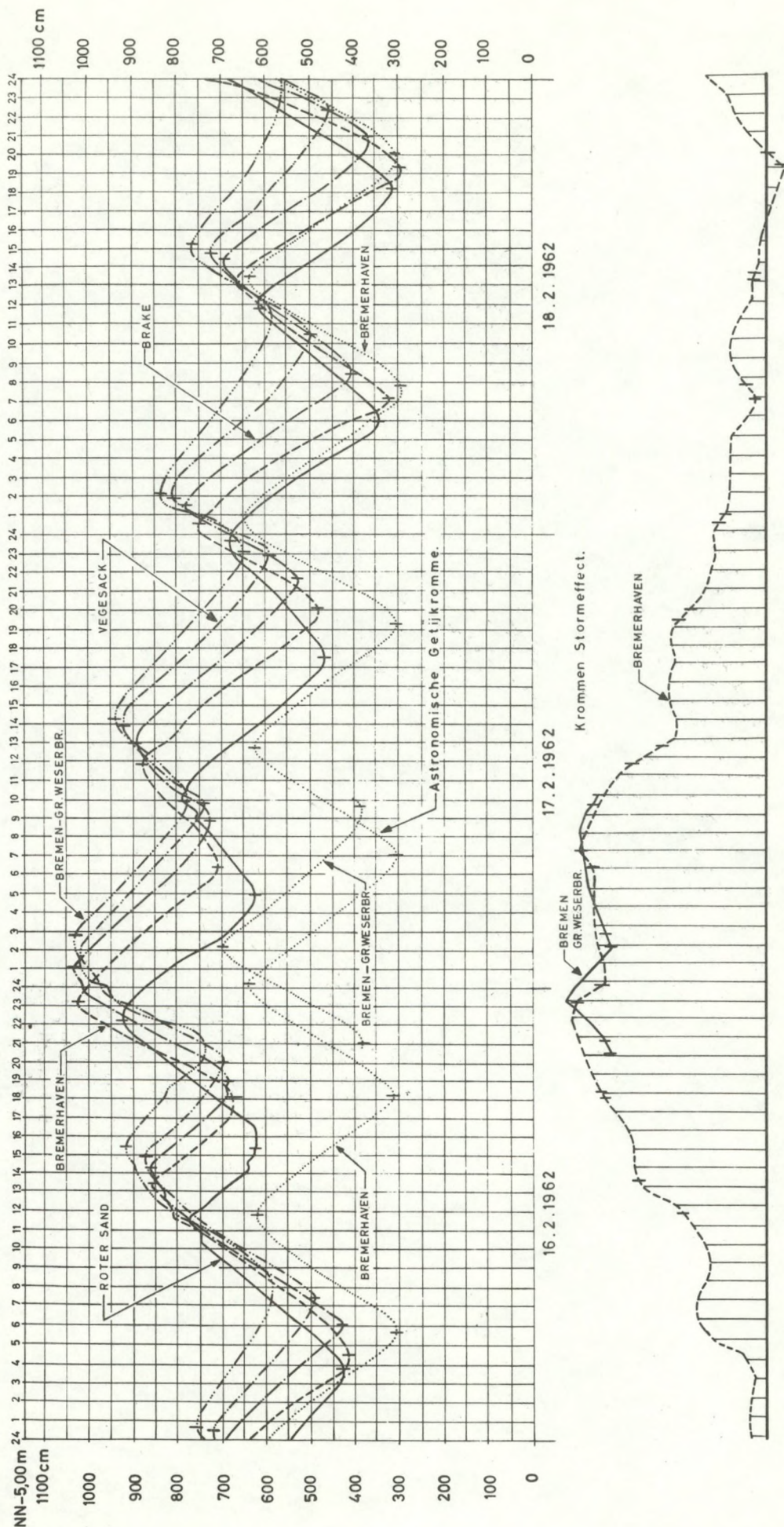
Vergelijking tussen opgetreden waterstanden en maatgevende stormvloedstanden langs de westkust van Schleswig - Holstein.

Overgenomen uit : "Die Sturmflut vom 16/17 Februar 1962 an der Schleswig-Holsteinischen Westküste", Bericht der Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten - Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.



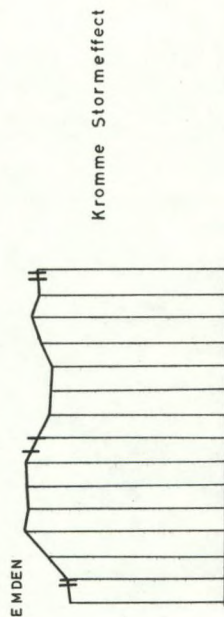
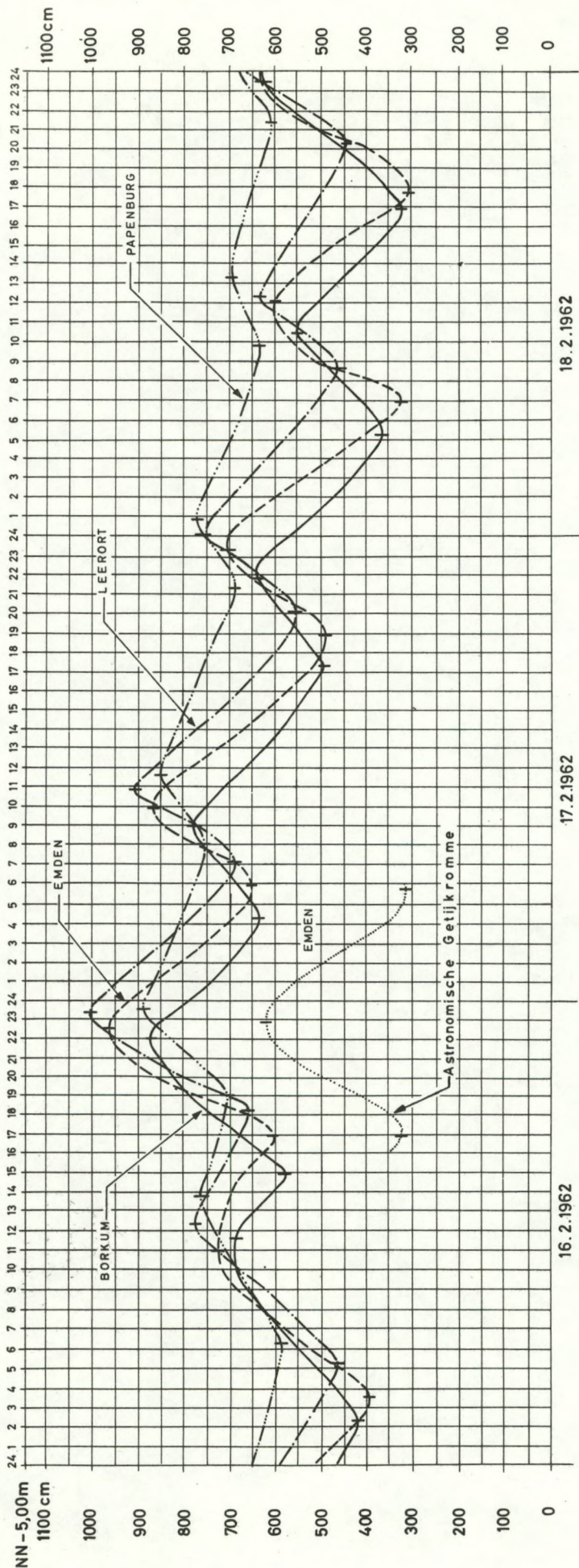
Overgenomen uit "Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962  
im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee", von Heinz Schulz.  
Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.

Getijkrommen langs de Elbe.



Getijkrommen langs de Weser.

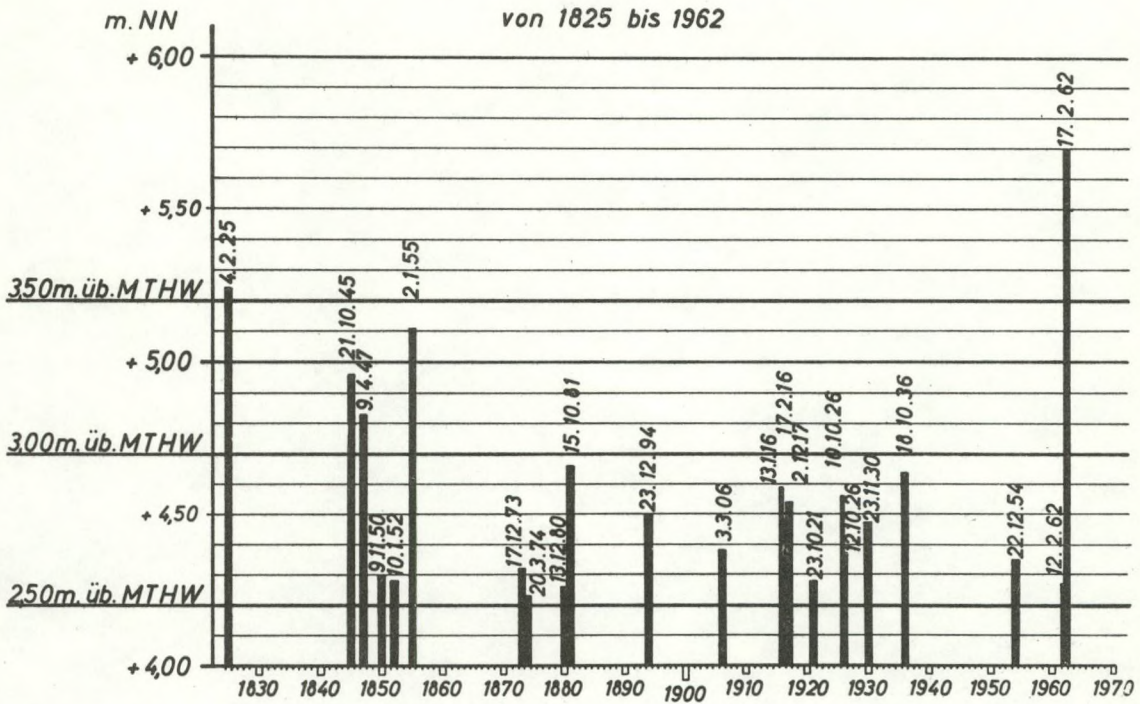
Overgenomen uit "Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee", von Heinz Schulz. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.



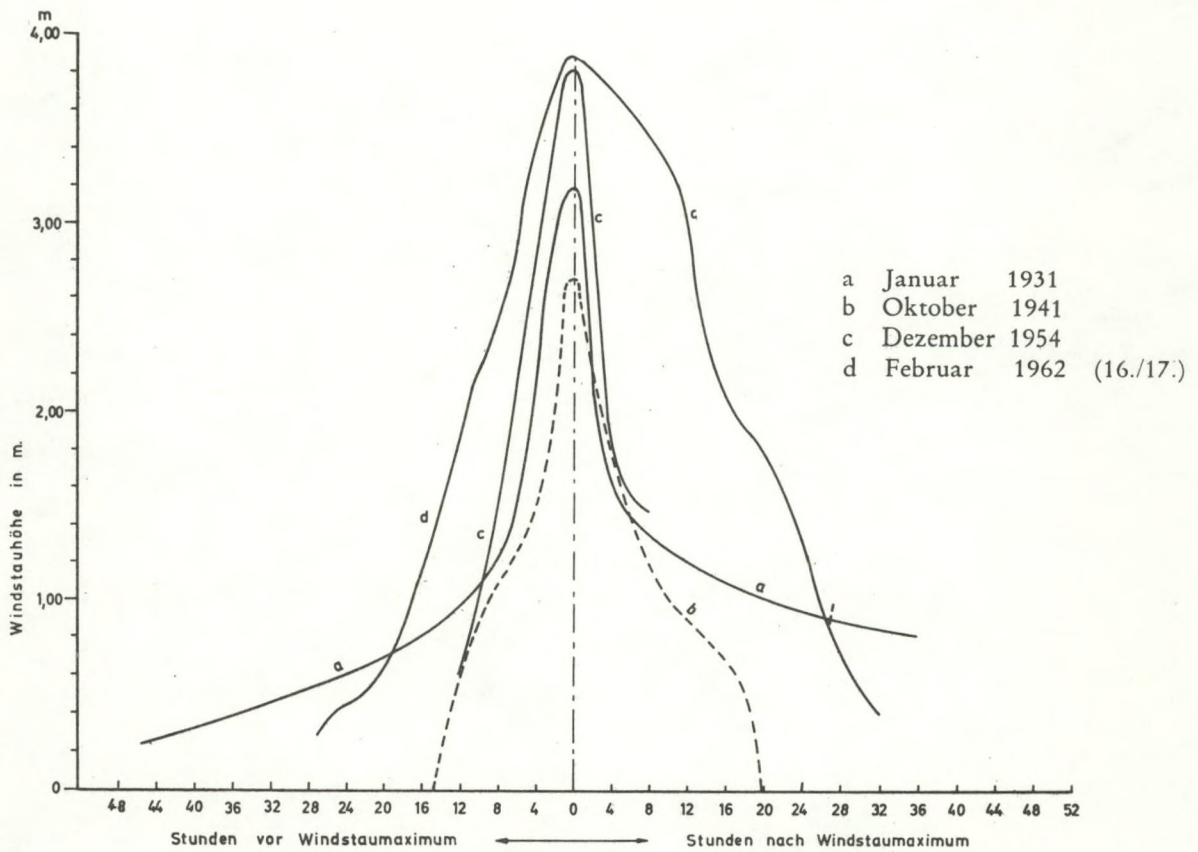
Getijkrommen langs de Ems

Overgenomen uit "Verlauf der Sturmflut vom Februar 1962 im deutschen Küsten- und Tidegebiet der Nordsee", von Heinz Schulz. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.

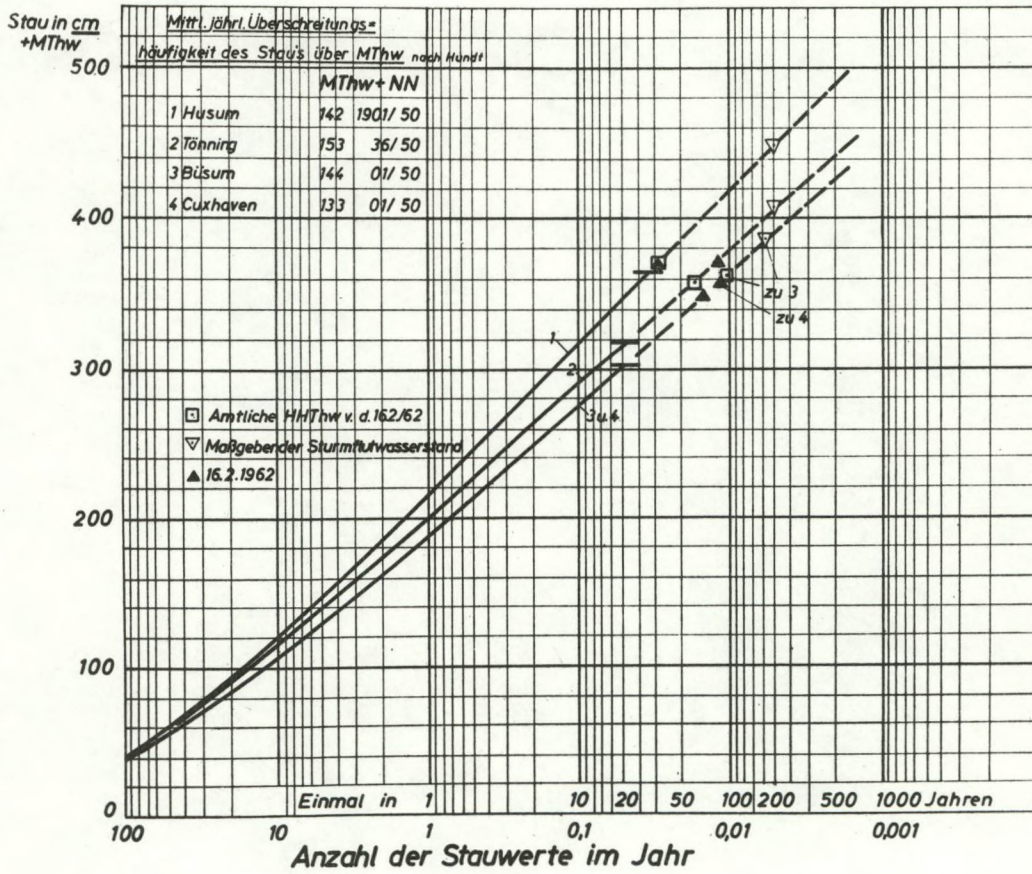
Sturmfluten in Hamburg über +420m NN



Stormvloed in Hamburg boven N.N. +4,20 van 1825 tot 1962 .

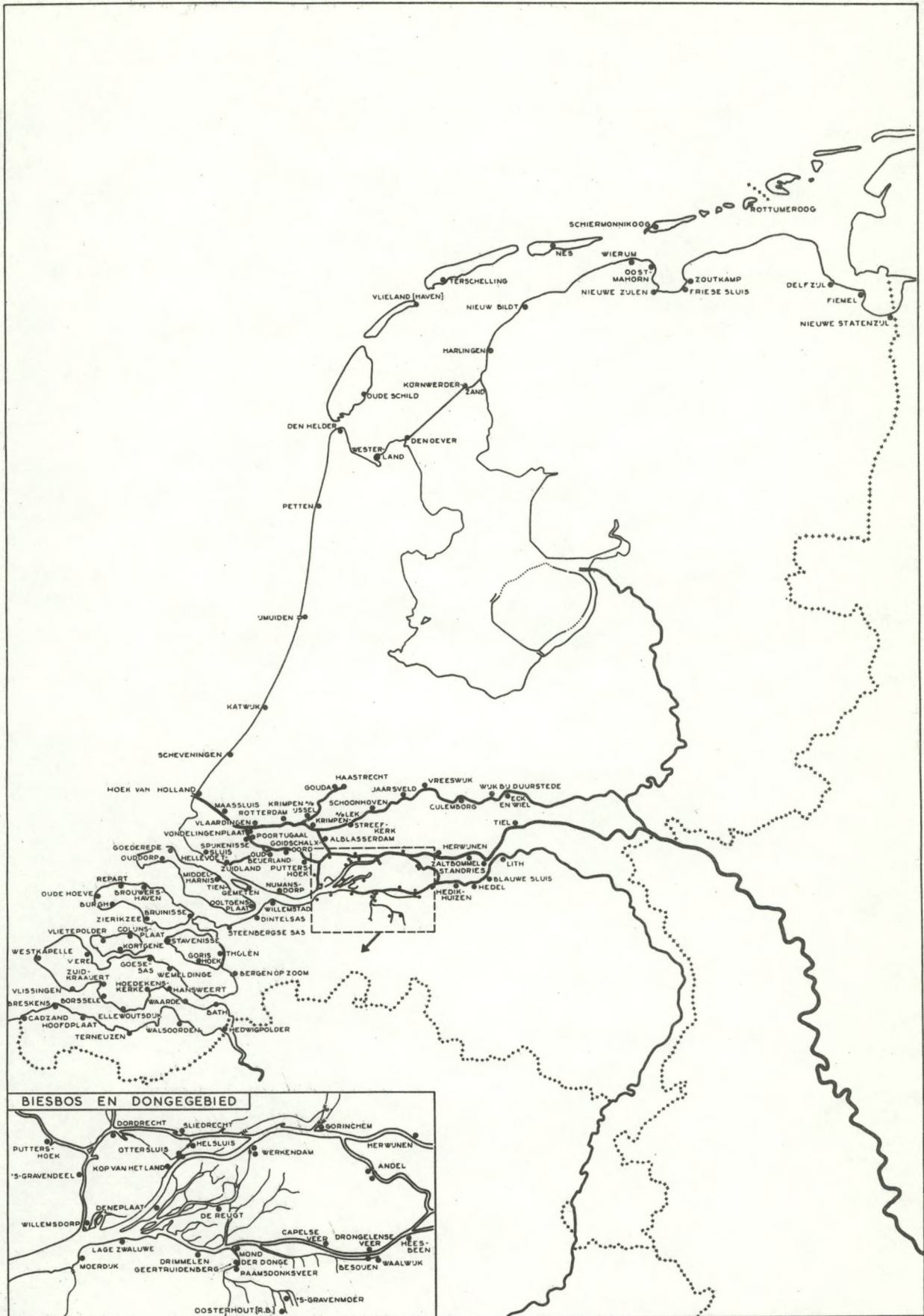


Opstuwingskrommen te Cuxhaven.



Overschrijdingslijnen voor Husum , Tönning , Busüm en Cuxhaven.

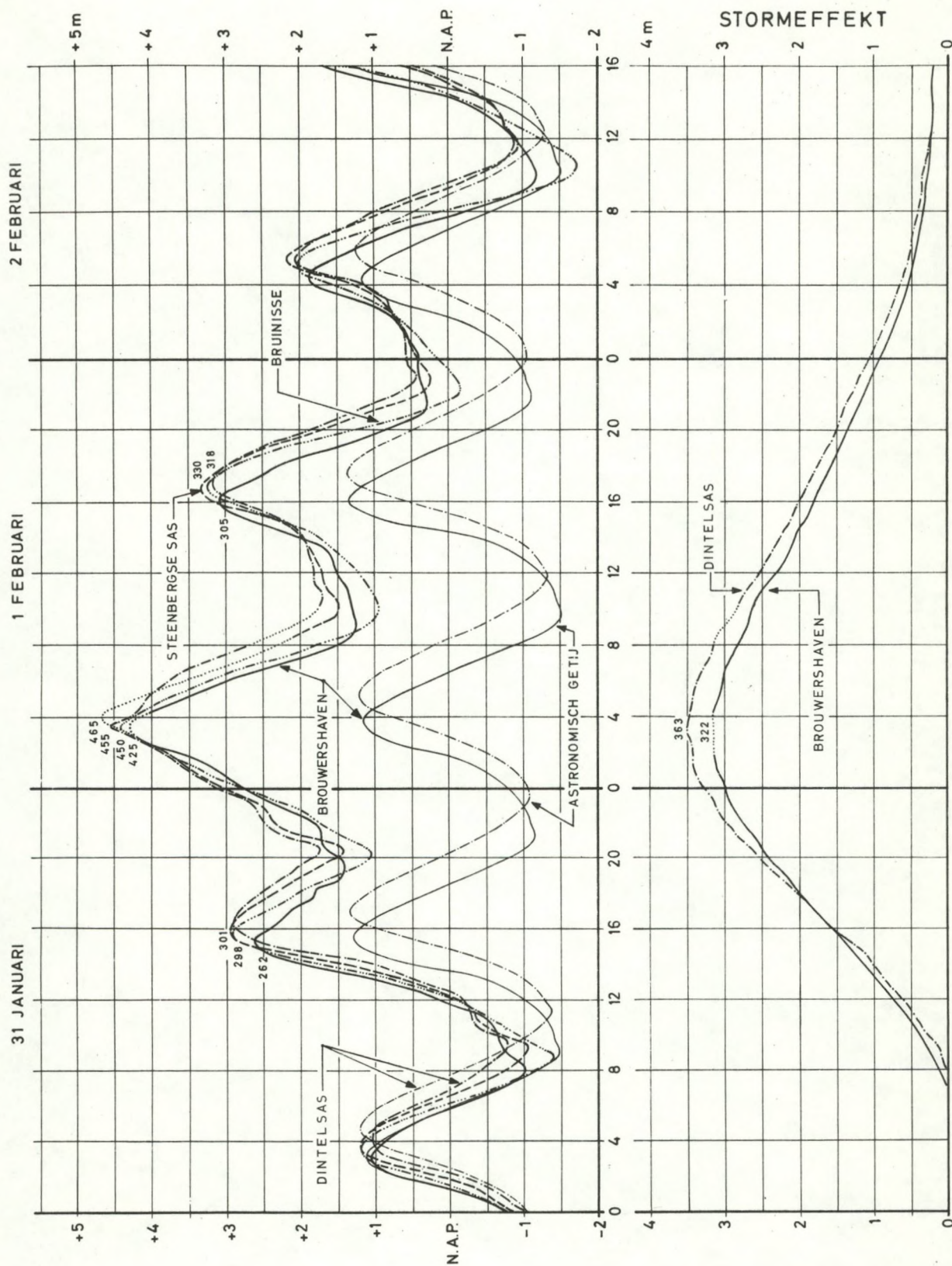
Overgenomen uit : "Die Sturmflut vom 16/17 Februar 1962 an der Schleswig-Holsteinischen Westküste", Bericht der Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten - Landesamt für Wasserwirtschaft Schleswig-Holstein. Die Küste Jahrgang 10, 1962, Heft 1.



Overgenomen uit "Verslag over de stormvloed 1953" Rijkswaterstaat.

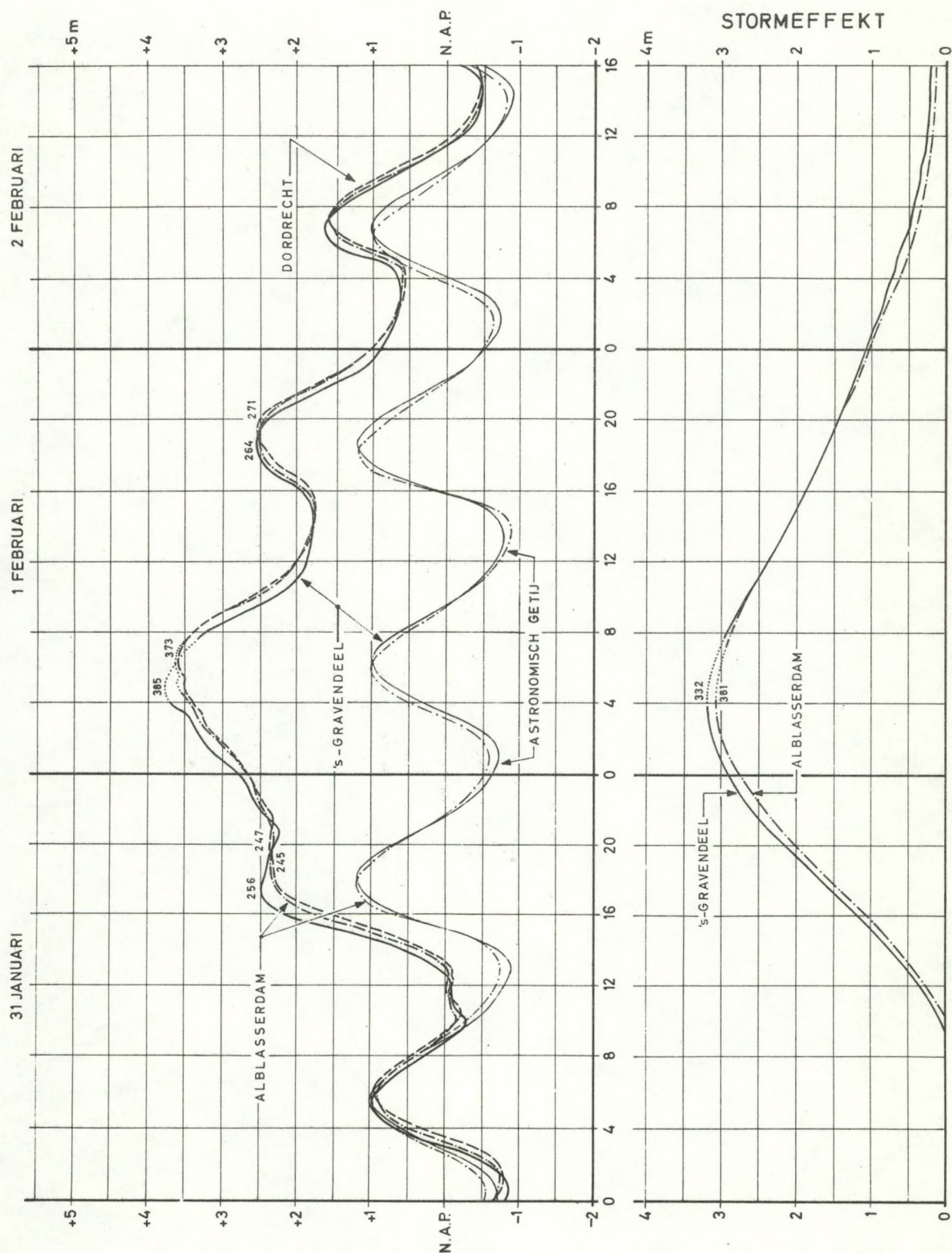
Situatie peilschalen.





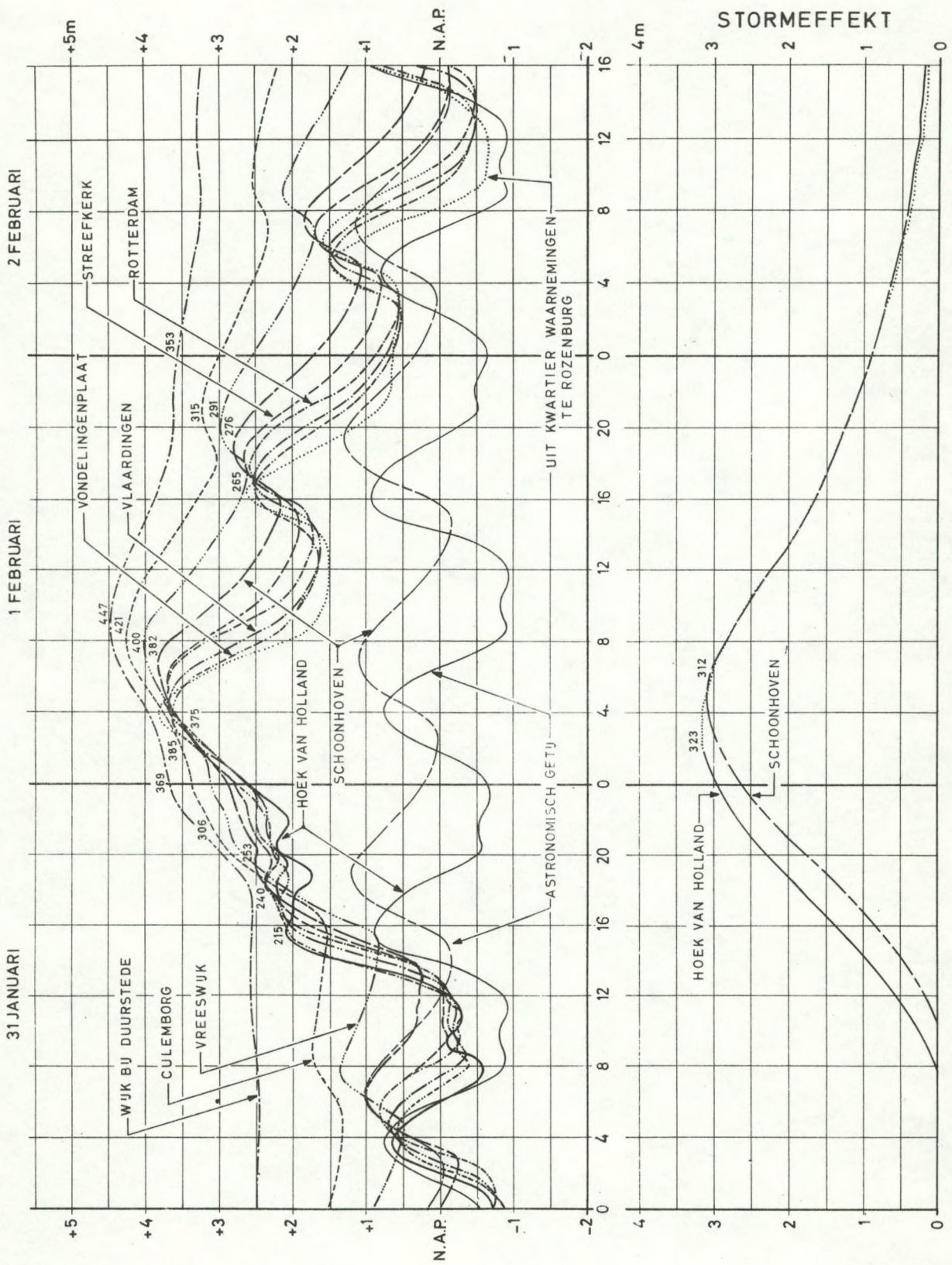
Getijkrommen langs Grevelingen.

Overgenomen uit "Verslag over de stormvloed 1953" Rijkswaterstaat.



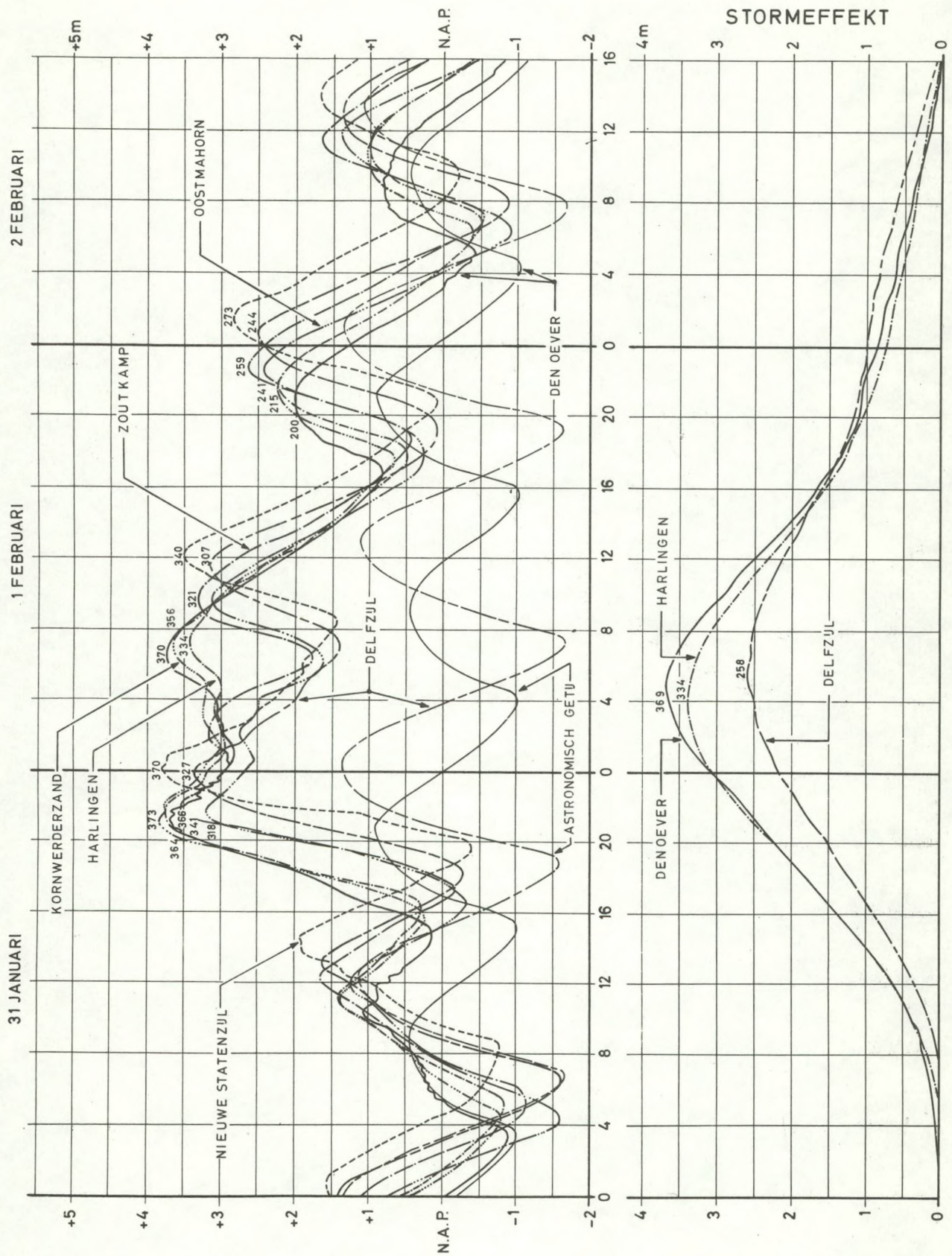
Getijkrommen langs Noord- en Dordtse Kil.

Overgenomen uit "Verslag over de stormvloed 1953" Rijkswaterstaat.



Getijkrommen langs Rotterdamse Waterweg.

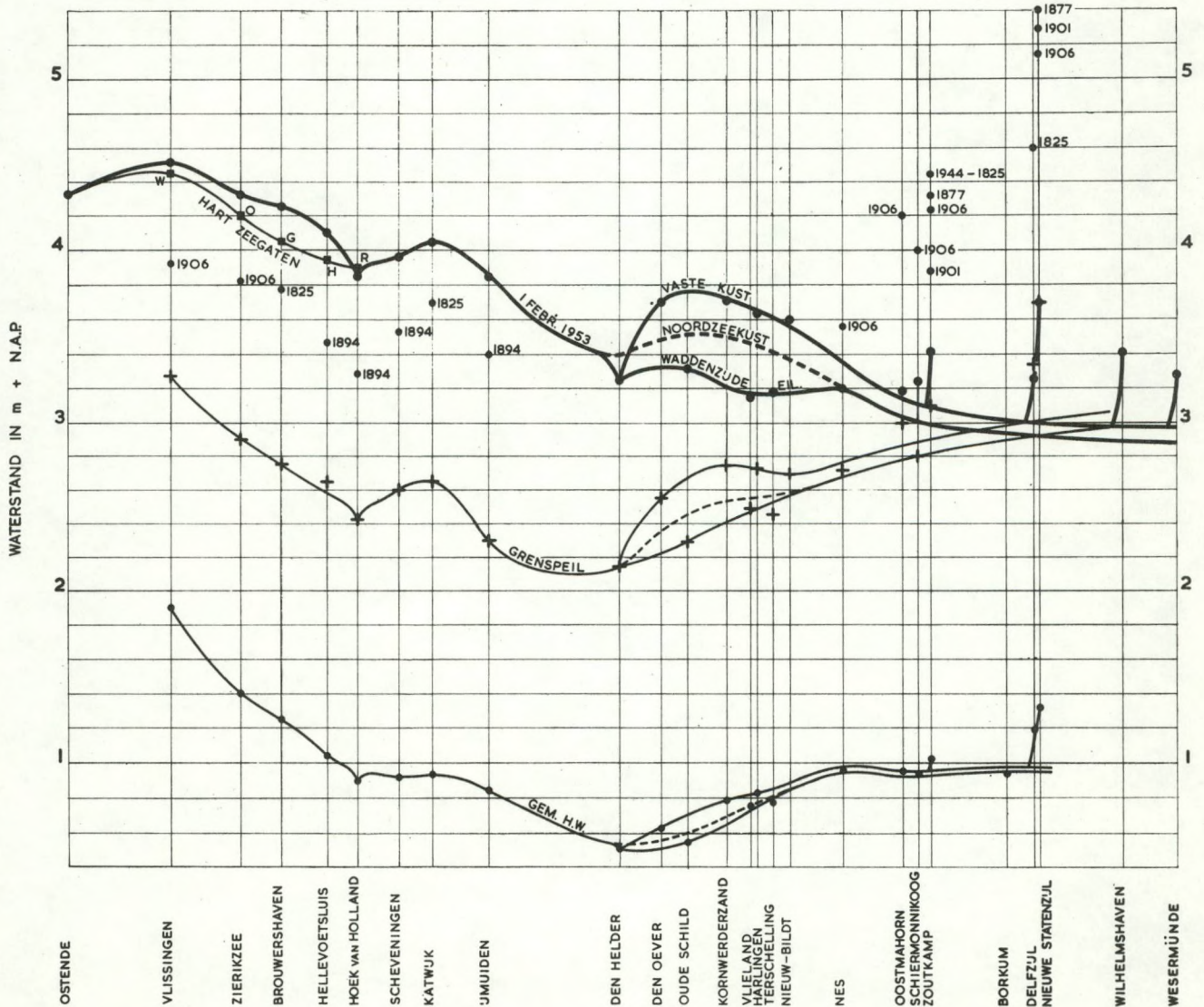
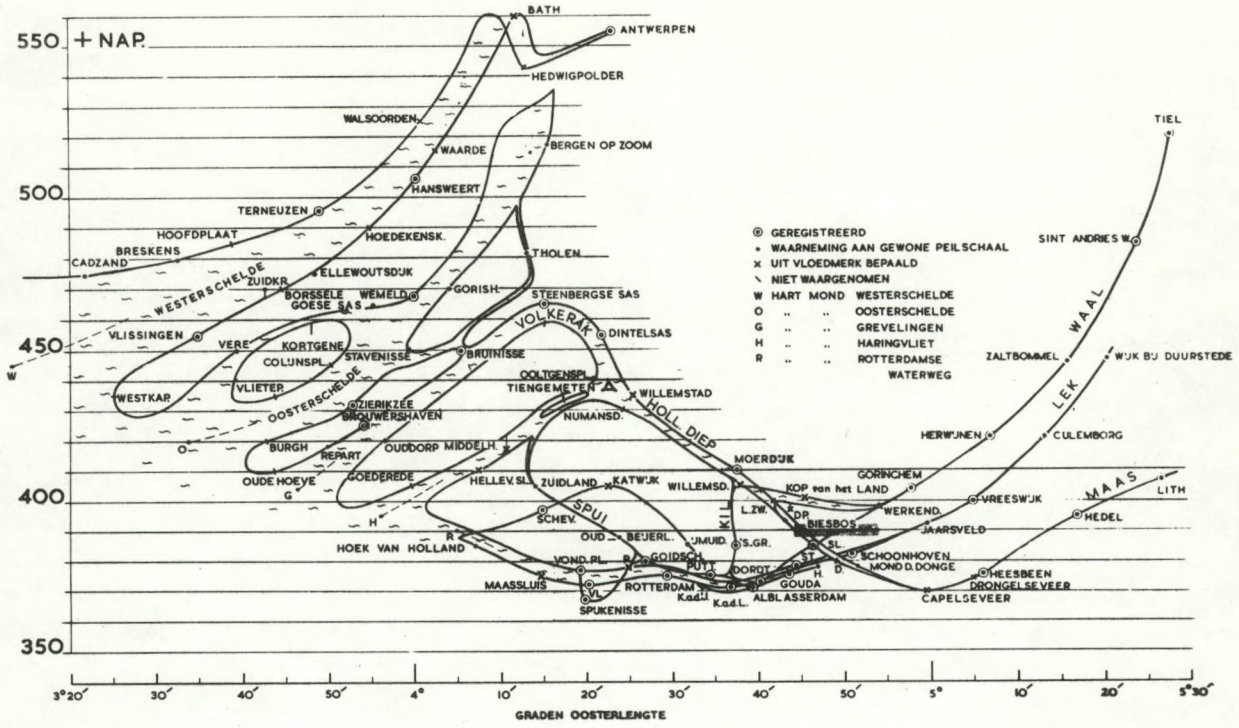
Overgenomen uit "Verslag over de stormvloed 1953" Rijkswaterstaat.



Getijkrommen langs Waddenzee.

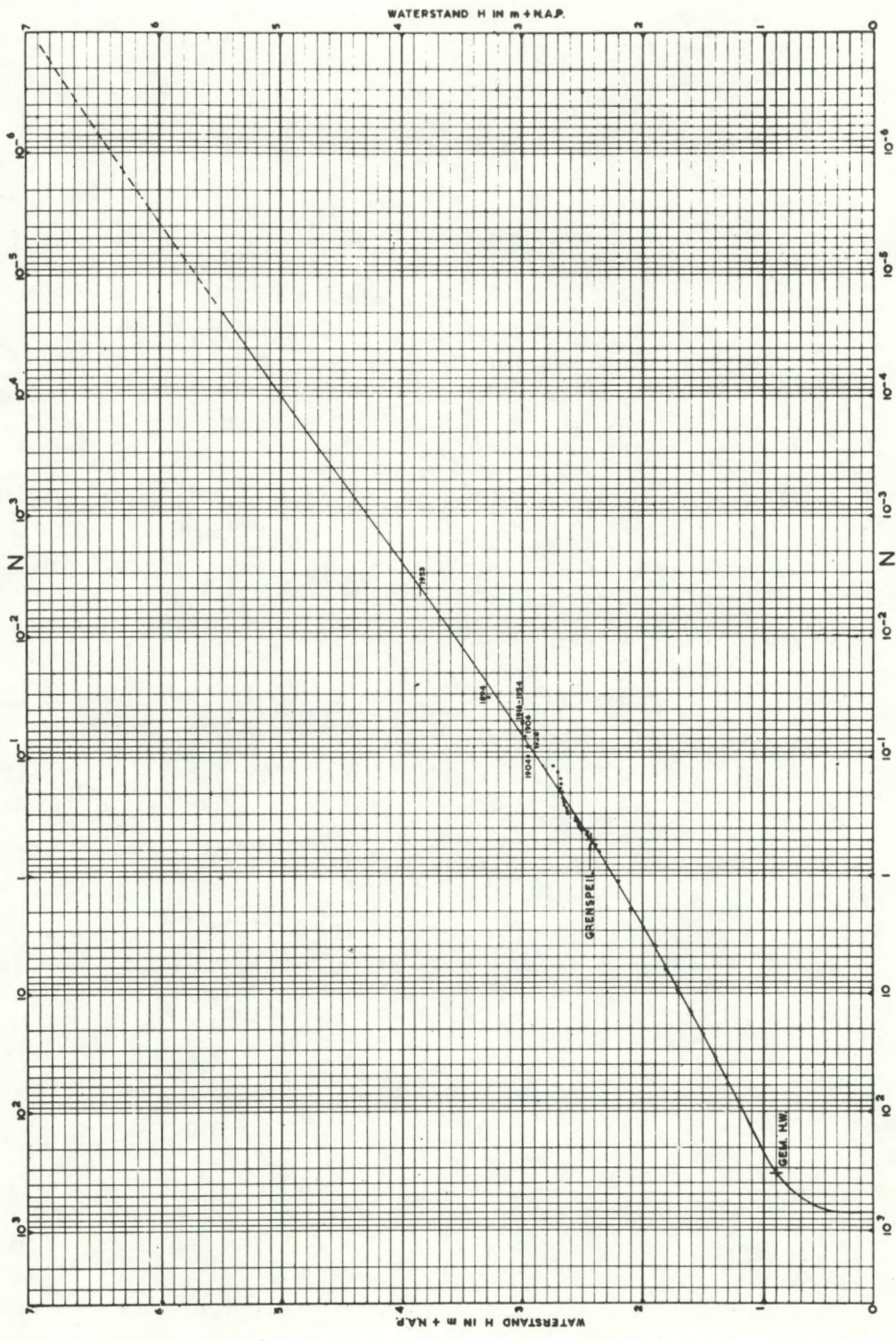
Overgenomen uit "Verslag over de stormvloed 1953" Rijkswaterstaat.

Stormvloed van 1.2.1953 in geografisch verband.



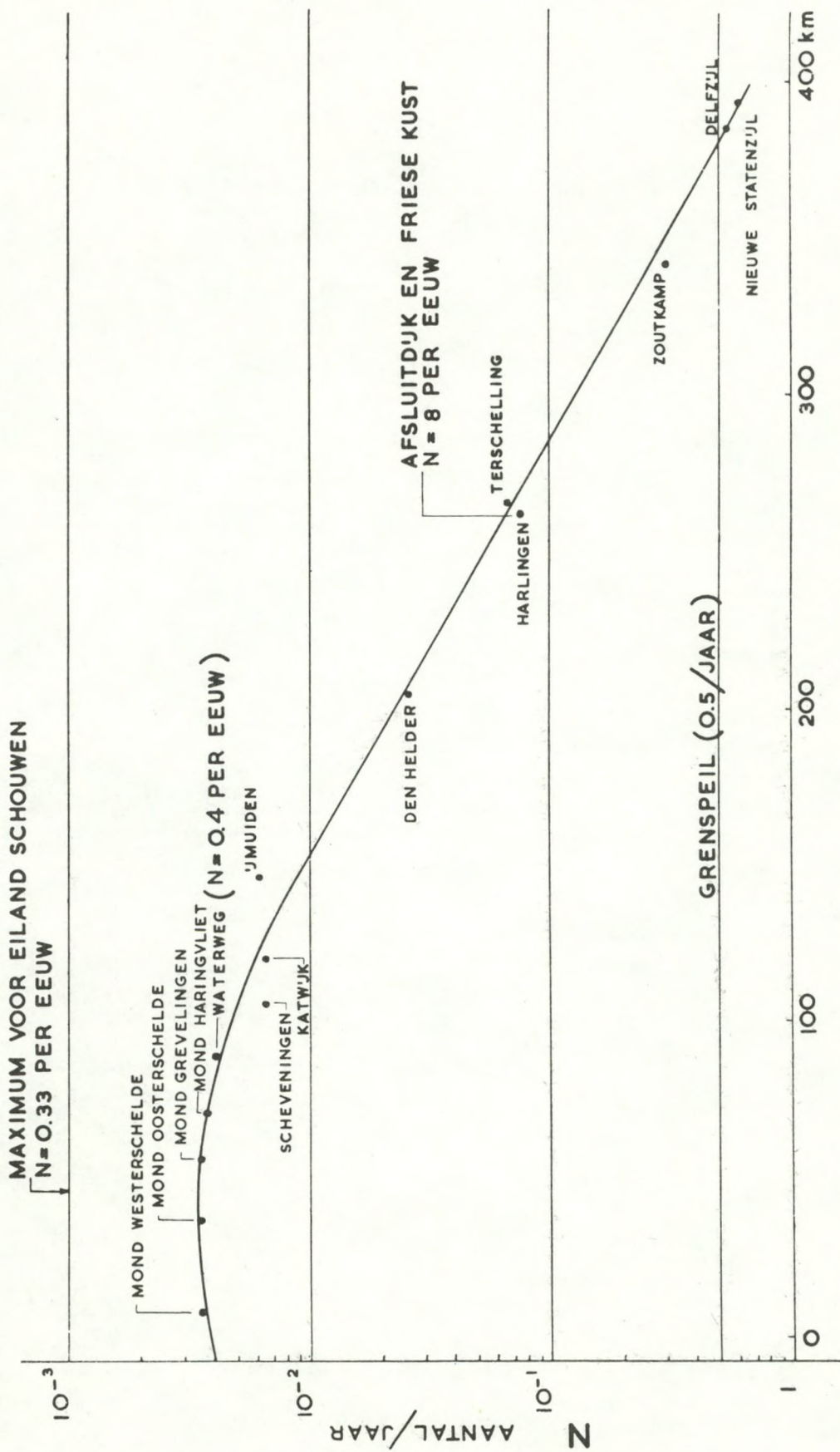
Stormvloedstanden, grenspeil en gemiddeld hoogwater langs de kust.





Overschrijdingslijn Hoek van Holland.

Overgenomen uit "Verslag over de stormvloed 1953" Rijkswaterstaat.



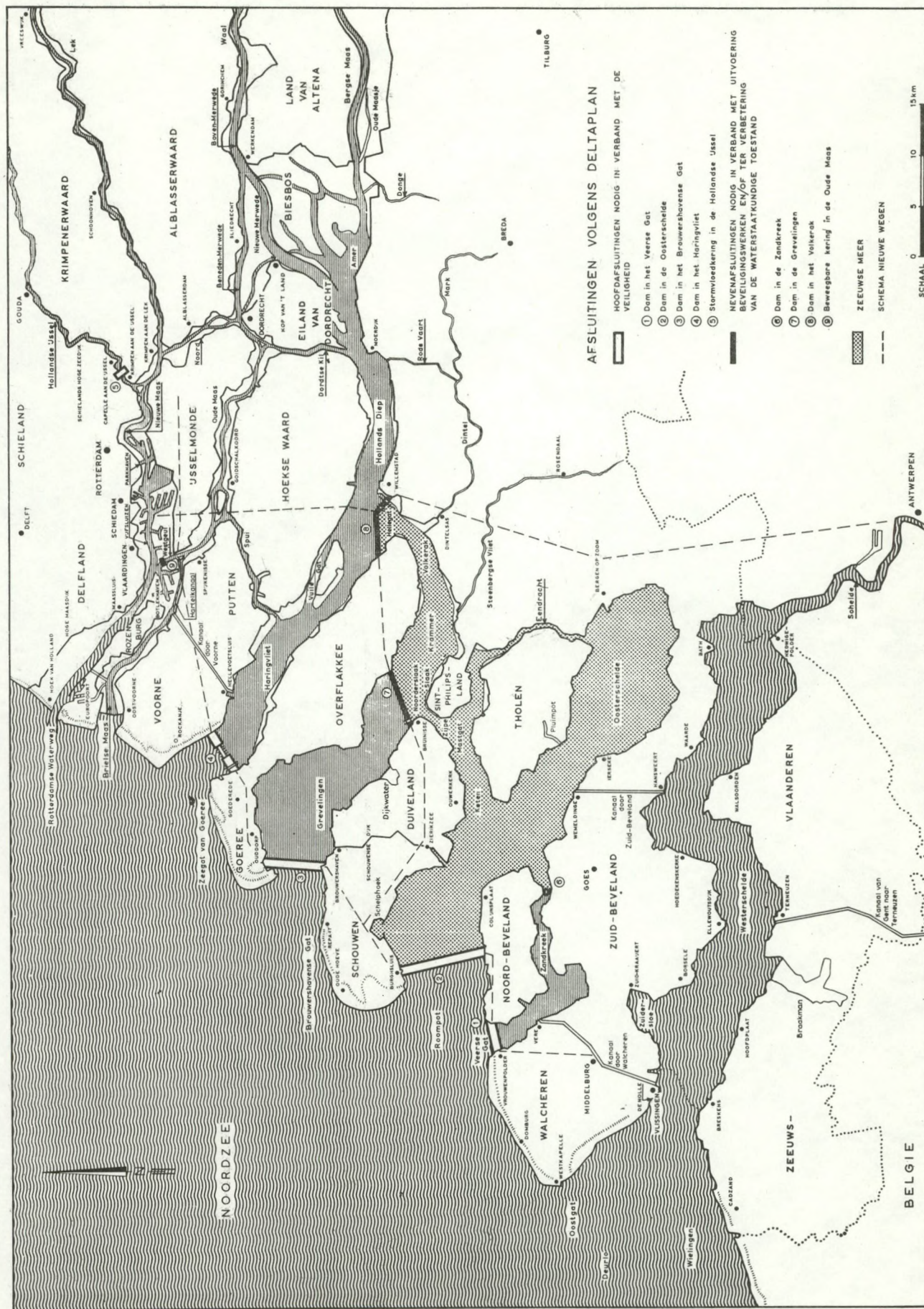
Verloop van de overschrijdingsfrequentie langs de kust.



O '53 (waterstanden van dezelfde frequentie als 425 + te Brouwershaven, zijnde de relatief hoogste stand, opgetreden bij de stormvloed 1953)

Hoogwater in cm + N.A.P.

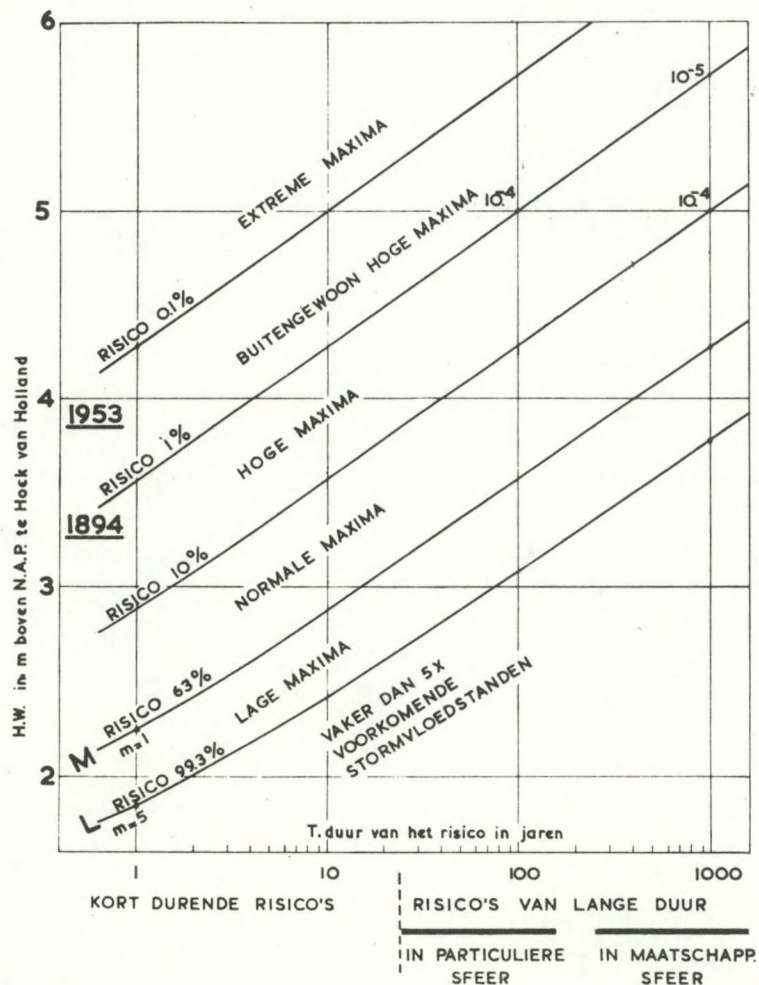
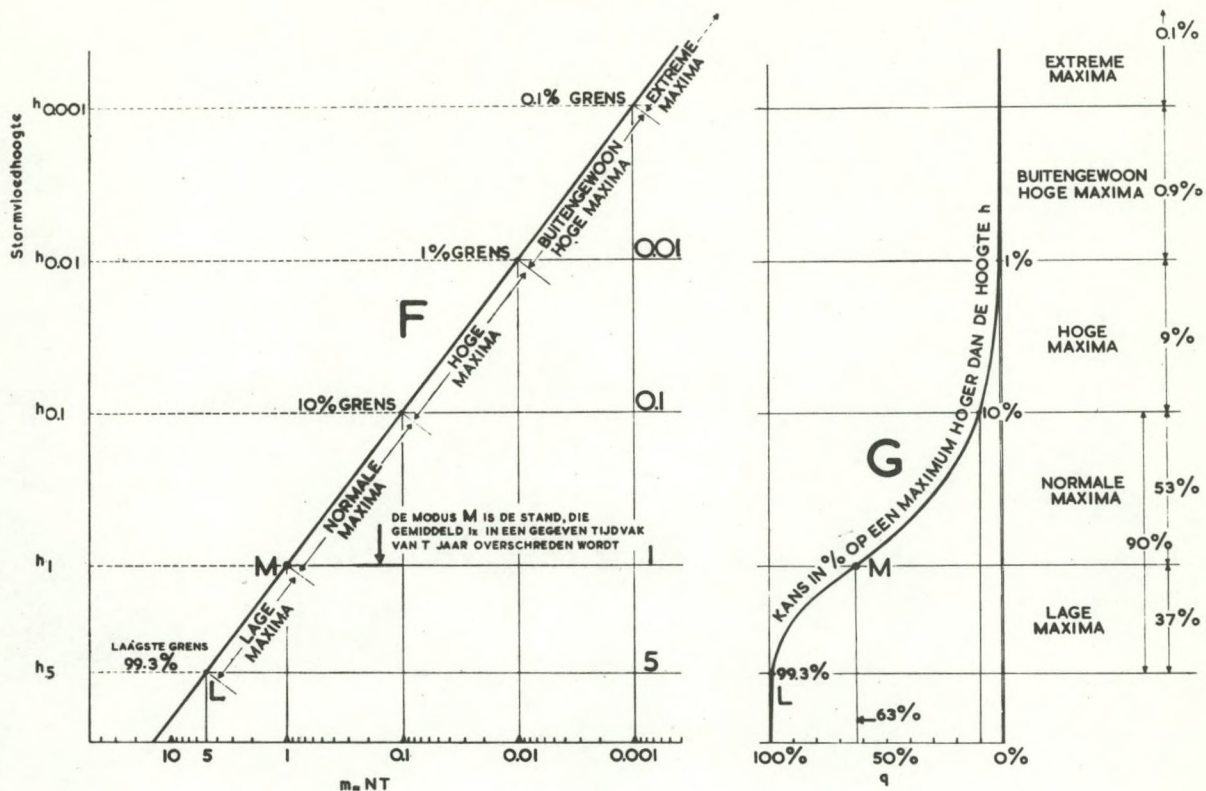
Meetplaats	Opgetreden in 1953	O '53 (correspon- derend met 425 + te Br.)	1953 t.o.v. O '53
Hedwigpolder	543	545	— 2
Bath	560	560	0
Hansweert	507	515	— 8
Terneuzen	496	485	+ 11
Vlissingen	455	455	0
Breskens	480	475	+ 5
Cadzand	475	470	+ 5
Westkapelle	435	435	0
Bergen op Zoom	517	530	— 13
Tholen	481	515	— 34
Wemeldinge	468	475	— 7
Vere	450	445	+ 5
Stavenisse	450	450	0
Zierikzee	432	435	— 3
Colijnsplaat	445	435	+ 10
Vlietepolder	435	430	+ 5
Burghsluis	420	420	0
Ooltgensplaat	440	440	0
Dintelsas	455	455	0
Steenbergse Sas	465	465	0
Bruinisse	450	450	0
Brouwershaven	425	425	0
Repart	418	405	+ 13
Oude Hoeve	410	400	+ 10
Moerdijk	410	425	— 15
Willemstad	435	445	— 10
Middelharnis	417	420	— 3
Hellevoetsluis	410	415	— 5
Goedereede	405	410	— 5
Dordrecht	373	375	— 2
Puttershoek	375	380	— 5
Goidschalxoord	380	385	— 5
Spijkenisse	367	375	— 8
Rotterdam	375	380	— 5
Vlaardingen	371	380	— 9
Maassluis	375	385	— 10
Hoek van Holland	385	395	— 10
Scheveningen	397	420	— 23
Katwijk	405	430	— 25
IJmuiden	385	400	— 15
Den Helder	325	395	— 70
Oude Schild	332	410	— 78
Vlieland	316	420	— 104
Terschelling	318	420	— 102
Nes	320	455	— 135
Westerland	363	465	— 102
Den Oever	370	475	— 105
Kornwerderzand	373	480	— 107
Harlingen	366	470	— 104
Nieuw-Bildt	360	455	— 95
Oostmahorn	318	485	— 167
Delfzijl	327	540	— 213



Deltagebied met afsluitingen

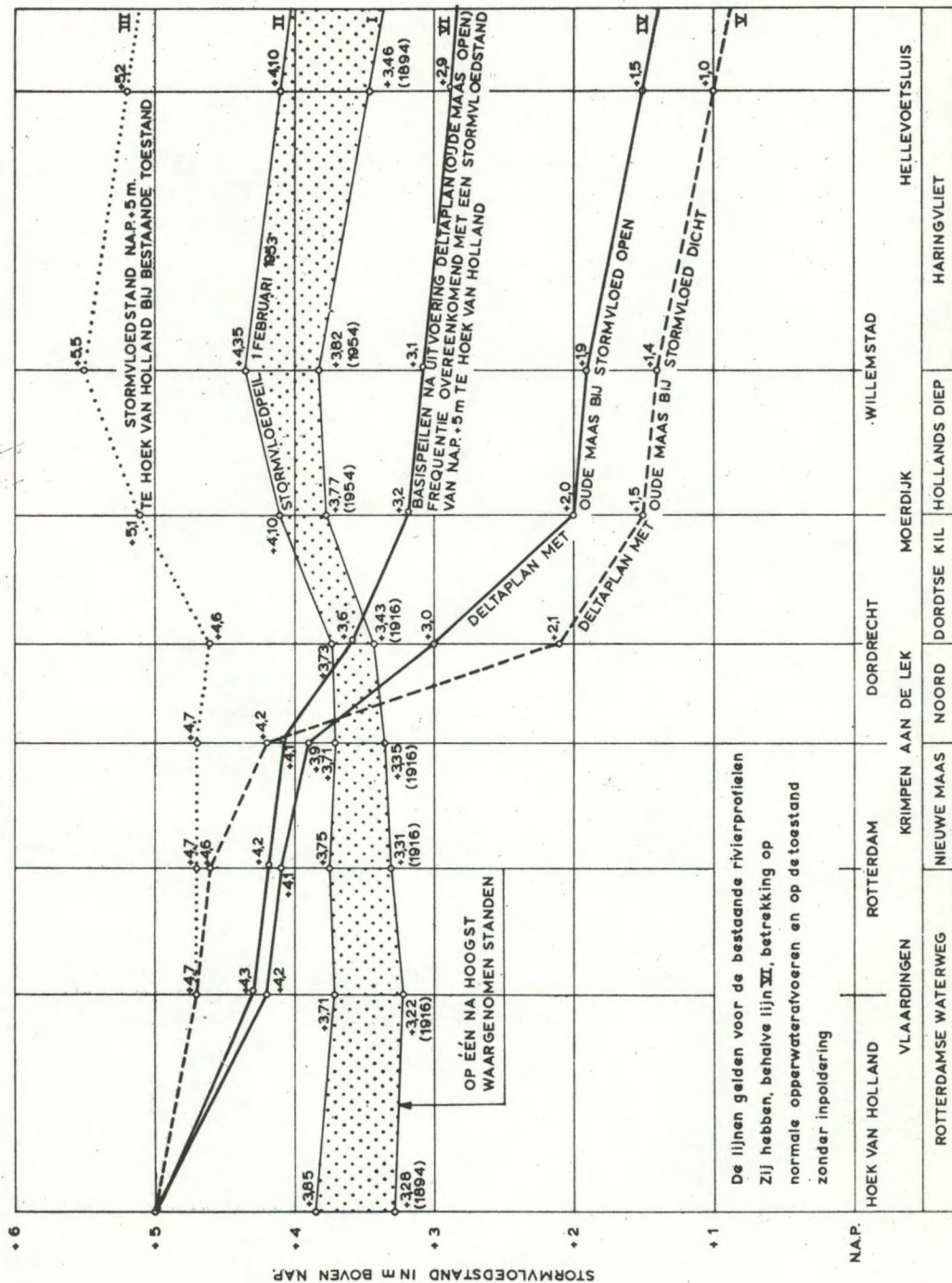
Overgenomen uit "Rapport Deltacommissie" deel 1. Eindverslag van de Deltacommissie.

Standaard overschrijdingslijn.

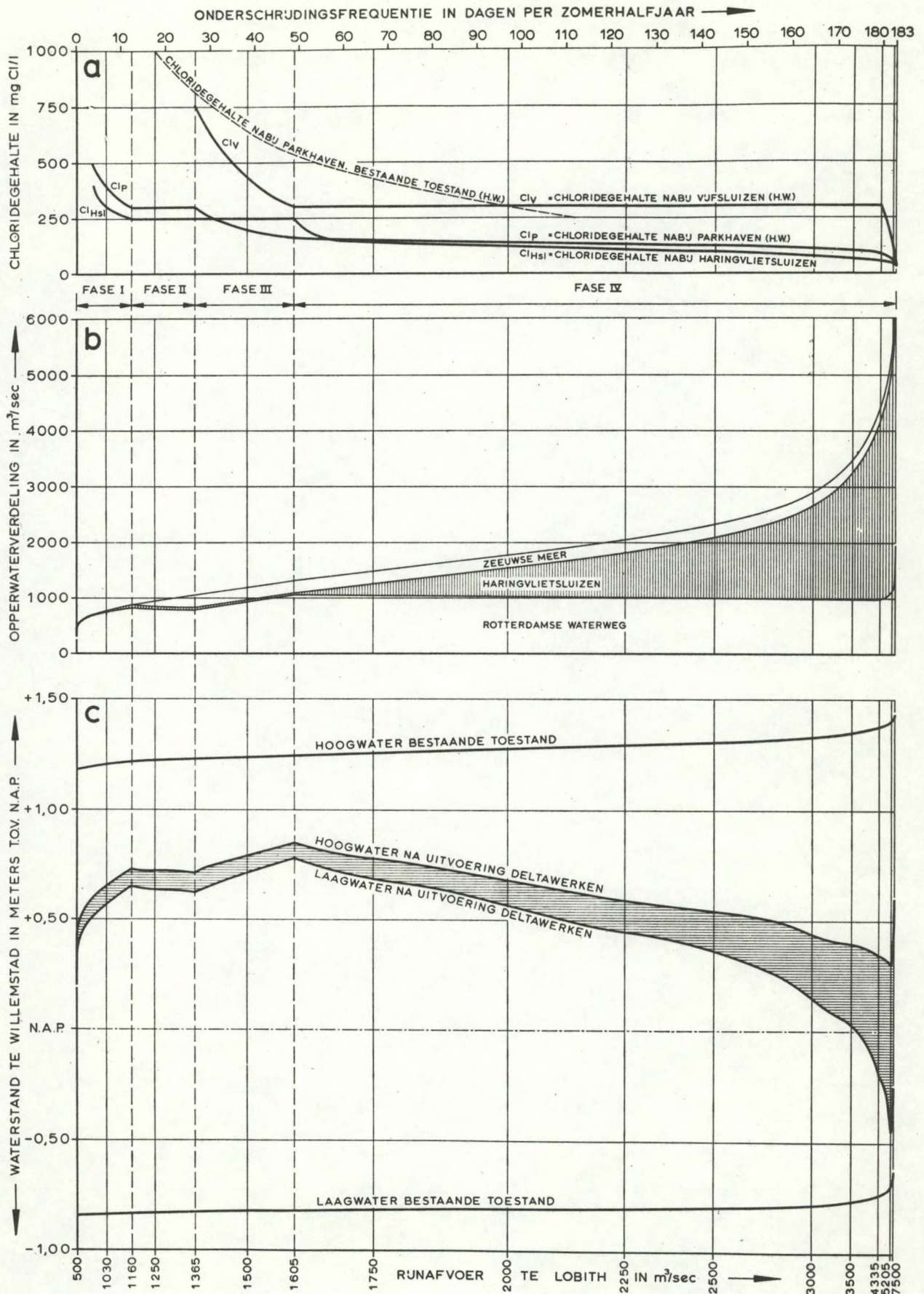


Afhankelijkheid van het ontwerppeil van de tijdsperiode en de aard van het risico.

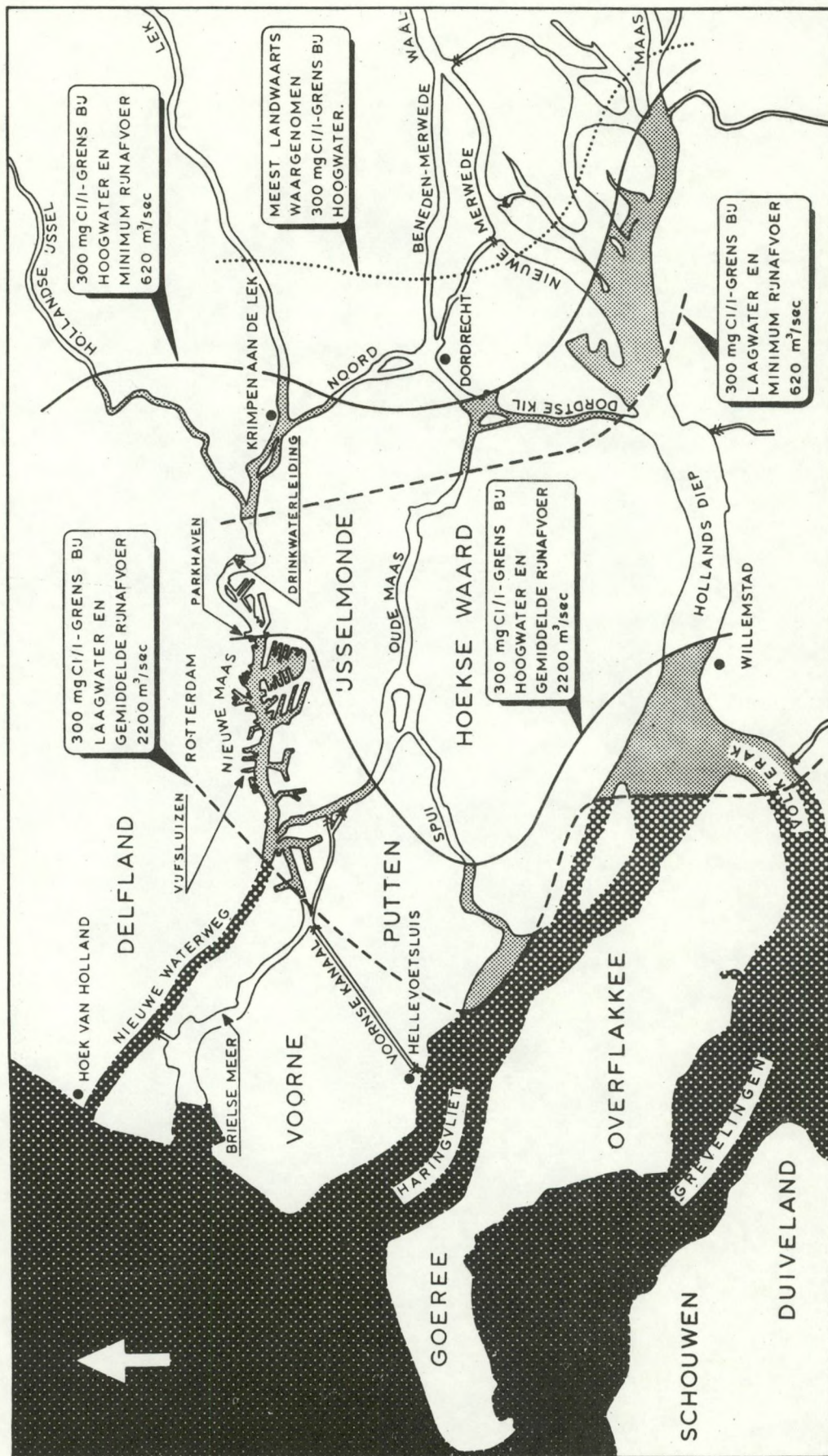
Overgenomen uit "Rapport Deltacommissie" deel IV bijdrage III.3 "Beschouwingen over de kans op zeer hoge stormvloeden". Rijkswaterstaat.



Stormvloedstanden in het noordelijk Deltagebied  
vóór en na uitvoering van het Deltaplan.



Zoutgehalteverdeling, Rijnafvoer en waterstanden in het Deltagebied.



Situatie zoutgrens

