

de *Werkendam* op een tusschengelegen station op denzelfden datum werd waargenomen, al dan niet normaal was.

*Uitkomst der campagne van 1881.*

Tot op den 26<sup>ten</sup> September — op welchen dag wij de stoomboot buiten dienst stelden — waren 54 werkbare dagen voorgekomen. Het onderzoek had zich in hoofdzaak bepaald tot de punten langs den Hollandschen vasten wal gelegen en was voor dit gedeelte afgeloopen, behalve voor de punten op 30 kilometer uit den wal. Twee malen had het onvaste weder ons gedwongen deze punten, welke voor ons klein vaartuig tamelijk onveilig lagen, te verlaten; doch wij hoopten dat het volgend jaar eene gunstiger gelegenheid zoude aanbieden.

*Plannen voor den tocht van 1882. Bodemstroommeter.*

§ 9. Hoewel en uit de weinige kracht der stroomen, en uit de geringe diepte der Noordzee, en uit het regelmatig beloop van den zeebolem langs onze kust (Plaat I) genoegzaam valt af te leiden dat in ons waarnemingsgebied de verhouding van oppervlakte- en bodemsnelheid niet veel verschillen zal van die welke op onze bovenrivieren wordt gevonden, zoo scheen het toch gewenscht deze meening door proeven te staven. Onze drijf-toestellen waren voor dit doel ongeschikt, en slechts een uiterst nauwkeurig werktuig, dat bovendien geheel voor de beweging van het schip ongevoelig zoude zijn, kon hier uitkomst geven. Zoodanig werktuig zoude dus op den zeebodem moeten staan en onafhankelijk van het schip moeten wezen, en uit deze onvermijdelijke voorwaarden spruiten een aantal bezwaren voort, welke niet dan na langdurige overdenking konden worden opgelost. Eerst in den winter van 1881-1882 gelukte het ons met behulp van den werktuigkundige-instrumentmaker den heer H. OLLAND te Utrecht, een toestel te ontwerpen dat kans van slagen aanbod (plaat II, fig. 5 en 6) en waarvan de beschrijving als Aanhang achter dit Verslag is gevoegd.

Overigens besloten wij noch in onze toestellen, noch in onze waarnemings-methode eenige wijziging to brengen.

Slechts namen wij ons voor, de dagen op welke de stoomboot niet in open zee kon ankeren, toch nuttig te besteden door het meten der stroomen in de *zeegaten*; hoewel wij ons niet verbeeldde dat in weinig tijds en met slechts één vaartuig, niet dan een oppervlakkig beeld te verkrijgen is van de sterkte en het verloop der stroomen in zeegaten of riviermonden.

*Campagne van 1882.*

Vol goede verwachting staken wij den 2<sup>den</sup> Mei in zee. In den afgeloopen winter was het ons gelukt uit de metingen der vorige jaren een schema van den stroomloop langs den vasten Hollandschen wal op te maken, en wij hadden het vooruitzicht door de metingen langs de noordelijke en zuidelijke eilanden, dit schema in den loop van dit jaar voor ons geheel waarnemingsgebied te voltooiën. Tijd genoeg zoude er tevens overblijven om de waarnemingspunten op 30 kilometer uit den wal gelegen, op te zoeken.

Doch het welbekend hoogst ongunstige weder noodzaakte ons het program in vele opzichten in te krimpen. Ofschoon de stoomboot langen tijd in het noorden vertoefde, konden slechts enkele punten onderzocht worden en mochten wij zelfs geene poging wagen ter bereiking van de punten op 30 kilometer uit den wal gelegen.

Leverde 1881 54 werkbare dagen — dus ééne waarnemingsdag op 3 campagne-dagen — 1882 leverde er slechts 22, zoodat de verhouding veranderde in 1: 7.

Op den 2<sup>den</sup> October zegden wij voor goed onze stoomboot vaarwel.

Hadden wij niet alles verkregen wat wij billijkerwijze mochten verwachten, toch konden

wij uit de waarnemingen der drie jaren een geheel vormen, dat op voldoende wijze den algemeenen stroomloop langs onze kust weergeeft en bij partiële onderzoekingen tot leid-draad kan strekken.

De bodemstroom-meter, welke eerst in den nazomer — door omstandigheden buiten onze macht — gereed kwam, kon wegens het aanhoudend slechte weder niet in open zee gebruikt worden (1), zoodat wij geene uitsluiting verkregen omtrent het verschil in stroomsterkte aan oppervlakte en aan bodem, dat echter volgens onze metingen op 10 M. diepte met de gewone drijfballen, gering moet wezen.

Daar het instrument zelf echter een resultaat onzer werkzaamheden is, en aan hen, die na ons komen, groote diensten kan bewijzen, hebben wij de beschrijving er van niet achterwege willen laten. (Zie het Aanhangsel).

## HOOFDSTUK II.

### *Bewerking der waarnemingen.*

§ 1. Even regelmatig als Hoogwater en Laagwater elkander opvolgen, even regelmatig wisselen de zeestroomen van richting, en men is dus van zelf geneigd om het eene verschijnsel aan het andere vast te knoopen.

Wil men de scheepvaart gerieven, dan deelt men bijv. stroomsterkte en richting op het 3<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 1<sup>e</sup> uur vóór Hoogwater, op dit tijdstip en op het 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> uur daarna; alsmede op het 3<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, 1<sup>e</sup> uur vóór Laagwater, op dit tijdstip en op het 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> uur daarna, mede. Bij elk zeegat dienen dan het Hoogwater en het Laagwater van ééne plaats — gewoonlijk van de voornaamste havenplaats — tot uitgangspunten.

Wij zouden deze handelwijze kunnen volgen en bijv. de waarnemingen op de stations P, S en R (Plaat I) aan het Hoogwater en het Laagwater van IJmuiden, die op M, N en O aan het Hoogwater en het Laagwater van Katwijk kunnen vastleggen, doch alsdan zoude het algemeen overzicht van den stroomloop verloren gaan en geen verband meer bespeurd worden tusschen de stroomen op twee dicht bij elkaar gelegen, maar tot verschilleude peilschalen betrokken plaatsen.

Daarenboven is bij deze methode de juiste kennis van de tijdstippen van Hoogwater en Laagwater aan vele peilschalen noodig, wat zeer bezwaarlijk is; want tot nog toe is men er niet in geslaagd — ten minste voor onze kustplaatsen — om met voldoende nauwkeurigheid deze tijdstippen te berekenen, zoodat men dus op de dagen van stroommeting voortdurend den stand van het water aan de naastbij gelegen peilschaal zoude moeten gadeslaan. Dat dit kostbaar en moeilijk is, behoeft geen betoog, en van zelve zien wij dus reeds het aantal peilschalen tot dat viertal inkrimpen, hetwelk in de jaren van ons onderzoek met zelfregistreerende toestellen voorzien was: Vlissingen, Hoek van Holland, Katwijk en den Helder.

Nog blijven de moeilijkheden groot, want de eigenaardige vorm der verticale waterbeweging langs onze kust, verhindert ons hier het tijdstip van Hoogwater, ginds dat van Laagwater te bepalen. Zoo wordt in den regel aan den Helder een dubbel-Hoogwater waargenomen, doch nu eens vloeien beide Hoogwaters ineen, dan weder is enkel het eerste, dan weer slechts het tweede zichtbaar (Plaat V, fig. 6 en 7). Aan den Hoek van Holland is daarentegen het tijdstip van Laagwater moeilijk na te gaan; meestal vindt men den laagsten stand *na* den „agger” (de kleine verheffing van den waterspiegel, welk door eene even

(1) Het werktuig heeft echter o. a. op de Ooster-Schelde op 22 M. diepte gedurende een geheel dag onafgebroken gewerkt en bij deze proefneming voldaan.

*Herleiding der waarnemingen tot den tijd van Hoogwater aan den Hoek van Holland.*

kleine daling gevolgd wordt). Somwijlen verdwijnt de agger en vloeien beide Laagwaters ineen (Plaat V, dezelfde figuren).

Wij zagen ons dus van zelf er toe gebracht om den Engelschen zeeofficier BEECHY na te volgen en alle stroommetingen te herleiden tot het Hoogwater aan ééne peilschaal.

§ 2. Aangezien de mareograaf aan den Hoek van Holland de eenige zelfregistreerende peilschaal is, welke werkelijk in de Noordzee ligt, (daar zij op het zeeëinde van den 2000 meter langen noorder-leiddam is aangebracht), zoo werd besloten alle stroommetingen op alle stations te herleiden tot het Hoogwater-tijdstip dat door dit instrument werd aangewezen.

Het bepalen van het juiste tijdstip van Hoogwater is echter steeds eene moeilijke zaak, zelfs waar zooals hier, de getijlijn door een toestel wordt opgeteekend, omdat geruimen tijd vóór en na den hoogsten stand, de hoogte van den waterspiegel slechts uiterst langzaam verandert. (Plaat V, fig. 6 en 7). Een Engelsche geleerde, die met gelijk bezwaar ten zijnent te kampen had, trachtte dit te ontgaan door niet het oogenblik van den hoogsten of den laagsten stand tot uitgangspunt te kiezen, maar het tijdstip waarop het water de halve hoogte tusschen Hoogwater en volgend of voorgaand Laagwater bereikt — aangezien de hoogte van den waterspiegel bij dezen middelstand zeer snel verandert en derhalve dit oogenblik scherper bepaald kan worden.

*Hoogwatertijdperk.*

Doch het scheen ons raadzamer toe om het tijdstip van Hoogwater als uitgangspunt aan te houden en dit dan liever door middeling te bepalen. Men mag nl. zonder hinderlijke onnauwkeurigheid aannemen dat het water nabij den hoogsten stand, aan den Hoek van Holland even snel daalt als rijst, zoodat het Hoogwater-tijdstip juist in het midden van een zeker tijdperk ligt, waaraan wij den naam van *Hoogwater-tijdperk* hebben gegeven. Hoe meer men de grenzen van dit tijdperk naar den Hoogwater-stand toe verschuift, hoe minder de zoo even medegedeelde veronderstelling van de waarheid zal afwijken, en derhalve hebben wij de grenzen van het Hoogwater-tijdperk gesteld in de oogenblikken waarop de waterspiegel zich slechts één decimeter onder den hoogsten stand bevindt. Op deze grenzen verandert nl. de buiging der getijlijn nog juist met voldoende snelheid om eene nauwkeurige tijdsbepaling toe te laten. (Toch beslaat dit Hoogwater-tijdperk gemiddeld niet minder dan  $1\frac{1}{3}$  uur, niettegenstaande zijne grenzen zóó dicht nabij den Hoogwater-stand geplaatst zijn.)

Het juiste tijdstip van Hoogwater is derhalve door ons gemiddeld uit: 1°. het oogenblik waarop het water nog één decimeter moest rijzen, vóórdat de hoogste stand bereikt werd; 2°. het direct gemeten tijdstip van Hoogwater; en 3°. het oogenblik waarop het water wederom één decimeter beneden den hoogsten stand gevallen is. (1)

Vervolgens werd de tijd tusschen elke twee op elkaar volgende Hoogwaters in 12 gelijke deelen verdeeld. Het oogenblik van Hoogwater werd uur 0 genoemd en aan de volgende deelstrepen I, II, III . . . . XI tot rangcijfer gegeven.

*Nummers der getijden.*

§ 3 Aangezien de getijden menigmaal half op den eenen, half op den volgenden dag vallen, zoo moesten wij naar eene telwijze omzien, welke onafhankelijk van de gewone dagrekening is, en namen wij hiertoe de gestalten van die voorname bewerkster van eb en vloed: de maan, tot beginpunten van telling aan. Ter vereenvoudiging zijn alle getijden in slechts twee reeksen verdeeld: de eene heeft op volle en nieuwe maan, de andere op de kwartierstanden betrekking.

Aan het Hoogwater aan den Hoek, dat het dichtst bij het tijdstip van volle of nieuwe

(1) Ofschoon de mareograaf nog niet aan alle eischen voldoet, waren zijne aanwijzingen tijdens onze stroommetingen in 1880 en 1881, voor ons doel volkomen bruikbaar. In 1882 teekende echter het toestel langen tijd niet voldoende aan. Alstoen werd het Hoogwater-tijdstip aan den Hoek van Holland berekend uit de aanwijzingen der rondom liggende zelfregistreerende peilschalen: Brouwershaven, Hellevoetsluis, Maassluis en Katwijk.

maan lag (hetzij de culminatie zichtbaar of onzichtbaar was, voor of na de gestalteverandering geschiedde) werd namelijk het rangcijfer 1 gegeven. Het volgende werd 2 genoemd en aldus voortgeteld totdat laatste of eerste kwartier intrad. Alsdan begon de telling van meet af aan; doch ter onderscheiding zijn de ranggetallen, welke van af volle of nieuwe maan tellen, met vette cijfers aangegeven.

Noemen wij de waterbeweging welke zich langs onze kust van het zuiden naar het noorden voortplant: *vloedstroom*; die welke zich in tegengestelde richting verbreidt: *ebstroom*, dan mag op grond van onze waarnemingen verklaard worden: *dat het Hoogwater aan den Hoek van Holland nagenoeg samenvaalt met de maxima-snelheid van den vloedstroom aldaar*. Het lag dus voor de hand om aan dezen vloedstroom hetzelfde rangcijfer toe te kennen als aan het gelijktijdig Hoogwater. *Dit cijfer behoudt deze vloedstroom over de geheele lengte onzer kust*. Aan den ebstroom gaven wij het rangcijfer van den *voorafgaanden* vloedstroom en lieten ook hem dit kenmerk over onze geheele kustlengte behouden.

§ 4. Hoe eenvoudig onze herleiding tot eenzelfde Hoogwater, onze tijdverdeling en onze rangbepaling zijn, wij kunnen niet ontkennen dat zij zeer willekeurig schijnen.

*Bedenkingen tegen onze handelwijze.*

Wat onze herleiding van alle stroomen, waar ook gemeten, tot het Hoogwater-tijdstip aan den Hoek van Holland betreft, kan men vragen: of dan soms het verschil in tijd tusschen dit oogenblik en het oogenblik van Hoogwater aan de overige peilschalen langs onze kust, constant is?

Volkomen constant is dit tijdsverschil niet. Een blik op plaat V (fig. 1 en 2) bewijst zulks voldoende. Maar in de schommelingen ontdekten wij geen regelmaat en zij waren niet van dien aard, dat zij in rekening gebracht behoeften te worden of grooten invloed op het eindresultaat konden uitoefenen.

Onze tijdsverdeling in twaalf gelijke deelen zoude men wellicht beter gerechtvaardigd achten, indien het Hoogwater-tijdstip zich geleidelijk verplaatste en niet nu en dan als het ware sprongen nam. Zoo viel bijv. het Hoogwater aan den Hoek op 13 Juli 1881 en volgende dagen achtereenvolgens op de tijdstippen (1) (3<sup>u</sup>-41'); 3<sup>u</sup>-48'; (4<sup>u</sup>-31'); 4<sup>u</sup>-36'; (5<sup>u</sup>-18'); 5<sup>u</sup>-22'; (6<sup>u</sup>-0'); 6<sup>u</sup>-13'; (6<sup>u</sup>-55'); 7<sup>u</sup>-9'. De *Hoogwater-uren* — aldus noemen wij elk twaalfde deel van het tijdsverloop tusschen twee opeenvolgende Hoogwaters aan den Hoek — *veranderen dus telkens van grootte*.

*Hoogwater-uren.*

Ook de rangregeling der getijden is aan bedenking onderhevig. Mocht men deze omstandigheid buiten rekening laten: dat de maan zich nu eens dicht bij de zichtbare dan bij de onzichtbare culminatie bevindt op het oogenblik dat dit hemellichaam in eene nieuwe schijngestalte treedt? — mocht men verwaarloozen dat nu eens de culminatie vóór, dan weder na die nieuwe schijngestalte plaats grijpt?

In de praktijk bleken echter alle deze bezwaren ongegrond te zijn, omdat de willekeurige schommelingen in duur en sterkte der stroomen langs onze kust zóó aanzienlijk zijn, dat zij dergelijke periodieke veranderingen van lageren rang — zoo deze al bestaan — in alle geval geheel bedekken. De eenige maal zelfs, dat wij den duur der stroomen geleidelijk zagen veranderen (op punt P, Plaat I), konden wij slechts eene abnormaliteit vermoeden!

§ 5. Met drie factoren: tijd, richting en snelheid, moesten wij bij het in tekening brengen onzer stroommetingen rekening houden; het beste was dus deze twee aan twee saam te voegen.

*Het in tekening brengen der waarnemingen*

Op Plaat II, fig. 8 wordt eene proeve gegeven der door ons gevolgde handelwijze. Het

(1) Steeds worden in ons Verslag de uren tusschen middag en middernacht tusschen haakjes geplaatst.

voorbeeld is op de halve schaal van het origineel, dat op zoogenaamd ruitjespapier geteekend werd. In het bovendeel is op de abcis-as de tijd, als ordinaat de bijbehorende snelheid in meters per minuut, aangebracht. Onder deze voorstelling is die der stroomrichtingen geplaatst. Ook hier is de tijd op de abcis-as uitgezet, terwijl de richting waarheen de stroom zich begaf, in graden van een rechtwijzend kompas (d. i. naar het ware noorden wijzend) uitgedrukt, als ordinaat op het bijbehorend tijdstip is geteekend (1). (Aan boven- en onderzijde sluit deze teekening met de lijn af, welke het ware Westen (270°) aangeeft, zoodat men dus als het ware met een plat geslagen cilindervlak te doen heeft, dat langs een der beschrijvende lijnen is opengesneden.)

Nadat de vertikale lijnen getrokken waren, welke uur O, I, II enz. na Hoogwater aan den Hoek beteekenen, verkreeg elk getij het hem toekomend rangcijfer en werden richting en snelheid van den wind langs de noordlijn neergeschreven. (De snelheid van den wind is in meters per seconde uitgedrukt, de richting wordt volgens rechtwijzend kompas gegeven, waarbij wij het gewone gebruik volgen, dat voorschrijft den stroom aan te duiden door de richting waarheen hij zich begeeft, den wind door den hoek uit welchen hij waait.)

Loopen in fig. 8 de drie lijnen welke de snelheden aangeven tamelijk uit elkander, en is hetzelfde bij de drie lijnen welke de richtingen voorstellen, op te merken, in den regel is dit op andere punten dan K niet het geval, zoodat men in het algemeen de stroomen, welke op 4 M. en op 10 M. diepte werden waargenomen, mag middelen. (Want richting en snelheid van den oppervlaktestroom worden te zeer door wind beheerscht om bij deze middeling in aanmerking te komen.) Van deze gemiddelden is op plaat II, fig. 9 een voorbeeld op halve schaal gegeven.

Deze nieuwe lijnen, welke den stroom op 7 M. diepte beneden de oppervlakte voorstellen, vormen den grondslag van ons verder onderzoek.

Het opzoeken uit de teekeningen der verschillende cijfers voor de tabellen, bijlage A.

§ 6. Overeenkomstig BEECHY's handelwijze, welke zoo goed aan de eischen der scheepvaart voldoet, werd nu nagegaan welke — op elk uur na Hoogwater aan den Hoek — de richting en de snelheid van den stroom op 7 M. diepte waren. Deze cijfers zijn in tabellen vereenigd en als bijlage A, I, achter dit Verslag gevoegd.

Tijdstip van maxima-snelheid.

Doch voldoet men op deze wijze aan sommige eischen, er is meer noodig om den juisten vorm, den duur en den voortgang der getijden te leeren kennen. Ten eerste moet men het tijdstip en de grootte der maxima-snelheid bepalen. Terwijl men de grootte licht kan aangeven, stuit men bij het bepalen van het oogenblik waarop deze voorkomt, op dezelfde soort moeilijkheid, welke wij straks bij de bepaling van het Hoogwater-tijdstip aantreffen, en het bezwaar is hier grooter omdat de meettoestellen zooveel grover zijn. Nabij het oogenblik der maxima-snelheid — gelijk het voorbeeld op Plaat II (fig. 9) aangeeft — verandert nl. de stroomsterkte slechts langzaam, en gewone fouten van meting verbergen dus allicht het ware tijdstip voor ons oog; weshalve het geraten is, hier een tijdstip van maxima-snelheid in te voeren, even als wij straks een Hoogwater-tijdstip instelden. Doch hier dienen de grenzen overeenkomstig met onze grove meettoestellen ruim gesteld te worden, en leggen wij deze derhalve in de oogenblikken op welke de snelheid 6 M. per minuut minder dan de maxima-snelheid bedraagt. Deze grenzen vormen met het direct gemeten tijdstip der maxima-snelheid wederom drie punten, waaruit op soortgelijke wijze als bij de bepaling van het Hoogwater-tijdstip, het meest waarschijnlijke oogenblik der maxima-snelheid kan worden afgeleid.

(1) Wanneer de stroomsnelheid zeer gering wordt, bijv. beneden 6 M. per minuut daalt, heeft de richting-bepaling weinig waarde. De richting bij deze kleine snelheid is derhalve nooit in tekening gebracht.

Nog moeilijker valt het tijdstip van kentering of beter gezegd: van minima-snelheid te bepalen, want tijdens de zeer kleine snelheden worden de metingen door het rondzwaaien van het schip onder den invloed van den wind, minder betrouwbaar. Hier dient dus eveneens een tijdstip te worden aangenomen, van hetwelk de grenzen gelegd worden in die oogenblikken, op welke de stroomsterkte 6 M. per minuut meer dan de minima-snelheid bedraagt.

Tijdstip van kentering.

Met behulp van bovengenoemde tijdstipen zoude men zich een vrij juist beeld van den vorm der getijden kunnen maken, indien men slechts vier een genoegzaam aantal waarnemingen kon beschikken. Maar het aantal dat ons gewoonlijk ten dienste stond, is te gering om op deze wijze tot eene uitkomst te leiden, weshalve andere scherper bepaalde punten van het snelheidsverloop moesten opgezocht worden. Gelijk bij de verticale waterbeweging de rijzing of daling van den waterspiegel, zoodra men zich buiten het Hoog- of Laagwater-tijdstip bevindt, regelmatig en vrij snel verloopt, evenzoo verandert de stroomsterkte buiten de tijdstipen van maxima en minima-snelheid betrekkelijk zeer regelmatig en snel, zoodat de fouten van meting den vorm van dit gedeelte van het snelheidsverloop niet kunnen verduisteren.

Tijdstippen van  $\frac{1}{4}$  MSV,  $\frac{1}{2}$  MSV enz.

Dientengevolge leenen zich de oogenblikken, op welke de stroom tot  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  der maxima-snelheid is gestegen of gedaald, veel beter dan de tijdstipen van maxima- of minima-snelheid tot het bepalen van den vorm van het verloop der stroomsterkte, en kan ook de voortplanting der getijden met meer nauwkeurigheid uit deze nieuwe tijdstippen worden opgespoord. Ter bekorting zal steeds door het symbool M.S. de maxima-snelheid worden aangeleid, door V of E gevolgd, al naarmate wij vloedstroom of ebstroom bedoelen. Wordt de breuk  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  of  $\frac{3}{4}$  vóór de lettergroep geplaatst, dan bedoelen wij een tijdstip, dat aan het oogenblik der maxima-snelheid voorafgaat, in het tegengestelde geval volgt het getal de letters. Dus beteekent bijv. M S E  $\frac{1}{2}$ : het tijdstip waarop de snelheid van den ebstroom wederom gedaald is tot op de helft der sterkte, welke de maxima-snelheid van den ebstroom eigen was.

Al wat op de tijdstipen van maxima- of minima-snelheid en op de zoo even genoemde tijdstippen betrekking heeft, is in de tabellen bijlage A, II, verzameld. Deze vervangen met de straks beschreven uurwaarnemingen (bijlage A, I), en de oorspronkelijke waarnemingsstaten, en de daaruit getrokken grafische voorstellingen, welke zoovele boekdeelen beslaan dat zij aan dit Verslag niet toegevoegd konden worden.

In de kolom »aanmerkingen» zijn de somwijlen min of meer aanzienlijke onderlinge afwijkingen in snelheid en richting der stroomen op verschillende diepte, neergeschreven, voor zooverre zij nl. merkwaardig zijn of niet bloot door den wind veroorzaakt werden.

### HOOFDSTUK III.

#### Algemeene uitkomsten van het onderzoek.

§ 1. De vraag welke het eerst beantwoord dient te worden, luidt: welke is de snelheid bij springtij, welke die bij doortij; volgens welke wet verandert de stroomsterkte in verband met de schijn gestalten der maan?

Verband tusschen snelheid en maansgestalte; snelheid bij springtij en bij doortij.

Een blik op de tabel, bijlage B, in welke de maxima-snelheden van vloedstroom en ebstroom op de voornaamste punten langs den vasten Hollandschen wal, volgens rangorde geschikt zijn, doet zien, dat dit antwoord niet zonder moeite te verkrijgen was. Want oogenschijnlijk is niet de minste regelmatige verandering in die snelheden te bespeuren, zelfs niet op de stations waar langeren tijd vertoefd werd. Doch eene merkwaardige hoedanigheid van den

stroomloop tusschen den Hoek van Holland en den Helder, welke wij op eene wijze ontdekten, die later zal worden beschreven, gaf eindelijk uitkomst. De stroomen hebben nl. over deze geheele uitgebreidheid overal dezelfde kracht en denzelfden duur. Derhalve mogen alle cijfers der bijlage B beschouwd worden, alsof zij op slechts ééne waarnemingsplaats gevonden waren, waardoor dus de gelegenheid ontstaat om hen naar welgevallen te middelen. Dit is in de volgende tabel gedaan.

TABEL I.

Maxima-snelheid der stroomen langs den vasten Hollandschen wal, op genoegzaam windvrije dagen.					
Rangcijfer der getijden uit welke gemiddeld werd.	Gemiddelde maxima-snelheid in meters per minuut van den		Verhouding tusschen de maxima-snelheden van	Aantal waarnemingen uit welke gemiddeld werd	
	vloedstroom.	ebstroom.		vloedstroom en ebstroom.	bij vloedstroom.
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. . .	38 M.	27 M.	100 : 71	9	11
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 .	43 >	31 >	100 : 72	12	11
<b>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 . .</b>	55 >	37 >	100 : 67	16	17
<b>9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 .</b>	46 >	33 >	100 : 72	21	16

Uit deze cijfers mag de volgende regel getrokken worden:

*Regel omtrent de sterkte van den stroom van den Hoek tot den Helder, bij springtij en bij doortij.*

*Langs de Hollandsche kust bedraagt de gemiddelde maxima-snelheid van den vloedstroom 45 M. per minuut (1 $\frac{1}{2}$  knoop); bij springtij is zij één vijfde sterker, bij doortij een vijfde zwakker. De maxima-snelheid van den ebstroom bedraagt  $\frac{3}{4}$  der maxima-snelheid van den vloedstroom.*

In welke reden de stroomsterkte tusschen doortij en springtij van dag tot dag verandert, is uit onze waarnemingen niet gebleken. Daartoe zoude hun aantal zeer veel grooter moeten geweest zijn.

Ook uit de waarnemingen aan boord der lichtschepen (Plaat III, fig. 2), kunnen gemiddelden worden opgemaakt op de wijze als in tabel I is geschied, doch het is verkieslijker de gegevens der uurtabellen, bijlage A, te bezigen en het onderzoek omtrent de wisselingen in stroom sterkte, over het geheele getij uit te strekken. Wederom is het aantal cijfers, na uitsluiting der dagen, op welke de wind wellicht invloed heeft uitgeoefend, te gering om anders dan groepsgewijze te worden gebruikt.

TABEL II. Noord-Hinder.

Getij-groepen uit welke de snelheden zijn gemiddeld. (1)	Gemiddelde snelheid in meters per minuut, op de uren na H.W. aan den Hoek van Holland.											Aantal waarnemingen.	
	H.W. Hoek.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.		XI.
1, 2, 3, 4	25	21	17	2	12	23	36	31	27	10	16	30	$\frac{5}{2}$
7, 8, 9, 10	34	26	14	8	15	35	46	31	25	9	8	31	$\frac{5}{2}$
<b>1, 2, 3, 4</b>	50	41	23	5	?	33	50	47	28	12	31	47	$\frac{4}{1}$
<b>7, 8, 9, 10</b>	51	49	33	15	23	40	54	49	36	14	34	51	$\frac{3}{1}$
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10	30	24	15	5	14	29	41	31	26	10	17	31	
<b>1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10</b>	51	45	25	10	23?	37	52	48	32	13	23	49	
Vershil	21	21	13	5	9	8	11	17	6	3	6	18	

TABEL III. Terschellingerbank.

Getij-groepen uit welke de snelheden zijn gemiddeld.	Gemiddelde snelheid in meters per minuut, op de uren na H.W. aan den Hoek van Holland.											Aantal waarnemingen.	
	H.W. Hoek.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.		XI.
1, 2, 3, 4	14	12	27	37	32	24	15	2	9	12	19	20	$\frac{9}{4}$
10, 11, 12, 13	27	14	23	35	37	34	23	8	9	17	27	31	$\frac{7}{4}$
<b>1, 2, 3, 4</b>	24	10	17	39	40	31	19	8	4	18	26	29	$\frac{8}{5}$
<b>10, 11, 12, 13</b>	22	8	25	41	37	27	17	7	6	16	27	27	$\frac{7}{5}$
<b>10, 11, 12, 13, 1, 2, 3, 4</b>	18	10	26	39	34	25	16	4	7	14	23	23	
10, 11, 12, 13, <b>1, 2, 3, 4</b>	25	12	20	37	38	32	21	8	6	17	26	30	
Vershil.	7	2	$\div 6$	$\div 2$	4	7	5	4	$\div 1$	3	3	7	

(1) Niet op elk uur der serie I, I, III, enz. . . XI valt een even groot aantal waarnemingen. In de kolom aantal waarnemingen, worden slechts het grootste en het kleinste aantal medegedeeld, welke in die serie voorkwamen. Beide cijfers zijn — gelijk steeds zal geschieden — in den vorm eener breuk geschreven.

Uit tabel II blijkt dat ook te Noord-Hinder de stroom bij springtij niet onbelangrijk sterker is dan bij doortij; doch het aantal waarnemingen is te gering om de wet der verandering te kunnen opmaken.

De waarnemingen op Terschellingerbank, tabel III, leeren ons dat alhier het verschil in snelheid tusschen de stroomon bij springtij en bij doortij veel kleiner is dan op den Noord-Hinder.

De stroomen op den Noord-Hinder, die langs den Hollandschen vasten wal, en die op Terschellingerbank, volgen dus verschillende wetten. Straks zullen wij dan ook zien, dat zij tot min of meer verschillende stroomstelsels behooren.

Doch tevens blijkt zeer duidelijk uit de bovenstaande tabellen dat de stroomen in ons waarnemingsgebied en niet krachtig zijn, en bij springtij slechts weinig in sterkte van die bij doortij verschillen.

De laatstgenoemde eigenschap onzer kuststroomen is ons zeer te stade gekomen bij het samenstellen van de kaart, welke de gelijktijdige stroomsterkte op alle stations doet kennen. Zoodanig overzicht wordt voor eenen bepaalden dag gegeven, bijv. voor dien van volle maan, zoodat alsdan de stroomen op de tekening voorgesteld worden met de kracht welke zij op dien dag bezitten. In de meeste gevallen dienen hiertoe de gedane waarnemingen — welke natuurlijk slechts zelden op dien dag kunnen vallen — door coëfficiënten tot de stroomsterkte op den dag van volle maan herleid te worden, (vergelijk § 7, Hoofdstuk I), en het bepalen van zulke coëfficiënten alléén, vordert reeds meer tijd dan wij voor ons geheele onderzoek beschikbaar hadden. Doch aangezien de kracht der stroomen langs de Nederlandsche kust slechts weinig door de maangestalten gewijzigd wordt, mochten wij eenen korteren weg inslaan: In plaats van het overzicht van den stroomloop voor den dag van volle of nieuwe maan vast te stellen, besloten wij den toestand te teekenen welke midden tusschen springtij en doortij in is gelegen, waartoe eene oordeelkundige schifting onzer waarnemingen, zonder bepaalde herleiding, voldoende nauwkeurige gegevens leveren kon.

Stroomkaart,  
fig. 2, Plaat III.

§ 2. Met behulp van de tabellen I, bijlage A, ontstond op deze wijze de Stroomkaart, fig. 2, Plaat III, welke zonder verdere uitlegging gemakkelijk te begrijpen is.

Dadelijk ziet men dat de stroomen langs den vasten Hollandschen wal zeer weinig „draaien”, terwijl daarentegen de stroomen langs de zuidelijke eilanden en op den Noord-Hinder, sterk tegen zon (in eene richting tegenovergesteld aan die in welke de wijzers van een horloge zich bewegen); nabij den Helder en op Terschellingerbank, sterk met zon draaien.

Gebruikelijke  
verklaring van  
het draaien der  
stroomen.

Het met zon draaien der stroomen langs kusten als de onze gelegen, wordt door den Engelschen geleerde W. WHEWELL op de volgende wijze verklaard: De getijgolf plant zich op groote diepte sneller voort dan op kleine, sneller dus in zee dan langs de kust. Het Hoogwater treedt dus in zee eerder in dan aan wal, en daar zich dit van het zuiden naar het noorden voortplant, zoo zal tijdens het stijgen van den waterspiegel, het water van uit zee naar de kust stroomen. Naarmate het Hoogwater in zee tot de hemelsbreedte der plaats aan den wal nadert, op gelijke breedte komt, of de plaats voorbijsnelt, — in diezelfde mate zal de stroom draaien en eerst naar het noorden, dan naar het oosten en eindelijk naar het zuiden gericht zijn. De stroomrichting komt derhalve meer en meer loodrecht op de kust te staan naarmate men tot het Hoogwater-tijdperk nadert; is het Hoogwater in zee de plaats aan den wal voorbijgesneld, dan zal daarentegen het water van de kust naar zee stroomen. Naar gelang vervolgens het Laagwater in zee (dat zich eveneens van het zuiden naar het noorden voortplant), tot de hemelsbreedte der plaats aan den wal nadert, op gelijke breedte komt, of de plaats voorbijsnelt — in diezelfde mate zal de stroom met

draaien voortgaan en eerst naar het zuiden, dan naar het westen en eindelijk naar het noorden gericht zijn. De stroom langs onze kust moet dus voortdurend en met zon draaien.

Soortgelijke redeneering doet zien dat aan de tegenovergestelde kust de beweging der stroomen tegen zon moet geschieden, natuurlijk in de onderstelling dat het Hoogwater zich daar in dezelfde richting voortplant. (1)

Omtrent de kenteringen zegt de Engelsche geleerde het volgende:

Nabij den wal moet de kentering van vloed naar eb,  $V/E$ , nagenoeg tijdens het Hoogwater plaatsvinden, want hoewel de getijgolf in zee die aan wal vooruitsnelt, moeten de Hoogwatertijdperken aan wal en in zee gedeeltelijk samenvallen, omdat zij uitermate lang duren (Zie § 2 Hoofdstuk II). Naarmate het verschil in waterstand tusschen het punt in zee en dat aan wal tot nul daalt, vermindert de sterkte van den stroom, welke alsdan nagenoeg loodrecht naar den wal gericht is, en gaat eindelijk te niet.

Op soortgelijke wijze ontstaat nabij den wal de kentering van eb- naar vloedstroom,  $E/V$ , tijdens het gedeeltelijk samenvallen der Laagwatertijdperken in zee en aan wal.

Richting en grootte van het verhang naar en van de kust bepalen volgens WHEWELL geheel de richting en de sterkte der stroomen nabij den wal, en deze wet wordt slechts in zooverre door die van het behoud van arbeidsvermogen gewijzigd, dat door de eenmaal verkregen levende kracht de stroomen nog eenigen tijd kunnen voortloopen nadat het verhang zich heeft omgekeerd.

Kan men derhalve in het algemeen zeggen dat aan wal de stroomen nabij het tijdstip van Hoogwater of Laagwater kenteren, en dat tijdens het vallen van den waterspiegel eb, tijdens het stijgen vloed gaat, op genoegzamen afstand uit de kust zal daarentegen volgens WHEWELL het tijdstip van kentering ongeveer samenvallen met het oogenblik waarop de waterspiegel zich halverwege tusschen den Hoog- en den Laagwaterstand bevindt. (Want beschouwt men een willekeurig punt in zee, dan zal het aldaar Hoogwater of Laagwater zijn (dat wil zeggen, zal de stand van het water niet veranderen) wanneer de stroom aan beide zijden van dit punt gelijke kracht heeft en dus in het tijdperk van maxima-snelheid is.) De kentering heeft dus in open zee ongeveer drie uur later dan aan den wal plaats, en derhalve moet een min of meer uitgebreid gebied gevonden worden, waarin het tijdstip van kentering geleidelijk van het eene uiterste in het andere overgaat.

Bovenstaande theorie welke W. WHEWELL in de *Philosophical Transactions of the London Society* in 1833 openbaarde, vond algemeen bijval en werd later door hem toegepast bij het vervaardigen zijner *cotidal-lines* kaarten (kaarten waarop lijnen getrokken zijn door de punten welke op hetzelfde tijdstip Hoogwater hebben). Een dezer is gedeeltelijk op plaat V, fig. 8, weergegeven.

In hoeverre bevestigt echter de Stroomkaart, fig. 2, Plaat III, de theorie van WHEWELL?

Vestigt men eerst den blik op de richting van den stroom langs den vasten wal, van den Hoek van Holland tot den Helder, dan ziet men dat de stroom wel niet gedurende langen tijd juist eenzelfde richting behoudt, maar dat in alle geval van eene regelmatige draaiing, hetzij met zon, hetzij tegen zon, geen sprake is. Op de punten K, L, N, R beweegt de vloedstroom zich eenigszins met zon, op O, P, U eenigszins tegen zon, terwijl op punt M de richting van den vloedstroom tijdens zijnen geheelen duur niet verandert. (Toch is op dit station eene waarneming gedaan, gedurende welke de vloed, zij het ook weinig, duidelijk met zon draaide). Ook de ebstroomen draaien op de verschillende punten niet op dezelfde wijze.

Draaiing der  
getijden langs  
onze kust.  
a. De stroomen  
langs den vasten  
Hollandschen  
wal.

(1) Merkwaardig is uit het oogpunt der theorie het draaien der stroomen in het Engelsch kanaal (Zie fig. 7, Plaat VIII).

*De stroomen langs den vasten Hollandschen wal zijn geene draaiende, maar recht heen- en weergaande.*

De algemeene indruk echter, welke wij van den stroomloop op de punten M. tot U, bij het maken der grafische voorstellingen verkregen (zie § 5 Hoofdstuk II), is deze: — De stroomloop is — zelfs bij windstil weder — niet elken dag dezelfde, er is eenige *schommeling* te bespeuren; zooals dan ook wel te begrijpen is, daar geene dichtbij gelegen oevers de richting bepalen, en allerlei atmosferische en andere invloeden — dichtbij en ver van het punt van waarneming — kracht en richting van den stroom eenigszins kunnen wijzigen. Grofweg echter kan men verklaren, dat de stroomen langs den Hollandschen vasten wal geene draaiende, maar recht heen en weergaande, evenwijdig aan de kuststrekking gerichte stroomen zijn; dat bij de kentering, de stroom noch op den wal aanloopt, noch daaruit zet, maar geleidelijk afneemt en versterft zonder zijne hoofdrichting te verlaten, terwijl de stroom welke hem vervangt eveneens in de tegenovergestelde hoofdrichting van meet af aangroeit en verloopt. De stroomen zijn daarenboven in het tijdperk van kentering zóo zwak, dat niet wel beslist kan worden of de kentering met zon of tegen zon plaats vindt.

Evenmin bestaat hier het verband, dat volgens WHEWELL nabij den wal fussen de tijdstippen van kentering en van Hoogwater en Laagwater gevonden moet worden. Er is zeker bezwaarlijk eene kust aan te wijzen, waar de vorm der verticale waterbeweging in een klein bestek zulk eene uitlopende is als langs de Nederlandsche; een enkele blik op de getijlijnen welke boven de Stroomkaart zijn aangebracht (Plaat III, fig. 1) — welke samenstelling wij later zullen behandelen — kan hiervan de overtuiging schenken. Volgde nu, zooals WHEWELL vermeent, de horizontale waterbeweging de verticale waterbeweging in al hare gedaanteverwisselingen, dan zoude het snelheidsverloop der stroomen langs den Hollandschen wal zeer ingewikkeld moeten zijn en van station tot station aanzienlijk veranderen; doch dit is gelijk de Stroomkaart aantoon, geenszins het geval.

b. *De stroomen langs de Zuid-Hollandsche en de Zeeuwsche eilanden.*

Slaan wij nu den blik zuidwaarts van den Hoek van Holland. Op A, B, C, D, E en F (Plaat III) draaien de stroomen zeer duidelijk tegen zon. Is hierbij de invloed der zeegaten in het spel? Gedeeltelijk wel; de richting van den stroom op punt A moet zonder twijfel aan diens ligging in den mond der Wester Schelde toegeschreven worden. Doch de richting der stroomen op de andere zoo even genoemde punten is eene geheel andere dan die op punt A, en duidelijk blijkt dat men op deze plaatsen met *zeestroomen* te doen heeft. Hoogstens ondergaan deze eenige wijziging door het uit de zeegaten vloeiende water: want op de uren, gedurende welke de ebstroom in de zeegaten het sterkst is, is de zeestroom op de punten B, C, D, E en F zwak, zoodat de sterk uit den wal zettende richting, welke de stroomen op deze uren op deze punten hebben (uur 3, 4 en 5) wellicht gedeeltelijk veroorzaakt zijn door het uitstroomende water.

Doch is hiermede niet in tegenspraak dat bij den overgang van den eb- in den vloedstroom op de plaatsen D, E en F — tijdens welke kentering in de zeegaten reeds een sterke vloed loopt — de snelheid tot nul daalt? Indien de stroom op dezen afstand uit den wal werkelijk nog onder den invloed van dien in de zeegaten stond, zoude de stroom op deze punten tijdens deze kentering met meerder of minder kracht naar den wal moeten zetten. En zeer stellig kan de draaiing der stroomen tegen zon, welke zoo duidelijk op de ver verwijderde Noord-Hinder wordt waargenomen, niet aan den invloed der zeegaten worden geweten. (1)

c. *De stroomen ten Noorden van den Helder.*

Richten wij nu den blik noordwaarts. Op de punten V en W nabij het Texelsche zeegat, en niet minder beslist op Terschellingerbank, draaien de stroomen met zon. Hadden de zeegaten ook hier invloed, dan zoude — evenals op de evenver uit den wal verwijderde

(1) Men zij verder gedachtig dat de richting der stroomen in de zeegaten natuurlijk geheel onder den invloed is van het beloop van den bodem ter plaatse van waarneming, zoodat aan deze stroomrichtingen geene algemeene beschouwingen mogen worden vastgeknoot.

punten B, D en E, — minstens op punt V de stroomen tegen zon moeten draaien. Er blijft dus weinig anders over dan de verschillende draaiingen niet op rekening der zeegaten te plaatsen.

Onze eigen waarnemingen stellen ons niet in staat verder in deze door te dringen, doch wel veroorloven ons dit de uitgebreide onderzoekingen, die de Engelsche zeekapitein BEECHY in de eerste helft dezer eeuw verrichtte. De kaarten in welke hij de uitkomsten van zijnen arbeid neerlegde, komen voor in de *Philosophical Transactions of the London Society* voor 1851; wij hebben hen verkleind, en aangevuld met andere en eigen gegevens — waarover later — als Plaat VII achter dit Verslag gevoegd.

Uit deze kaarten blijkt dat langs onze kust verschillende stroomstelsels bestaan. De stroom, die uit het zuiden komt, volgt de kuststrekkingen van België en Nederland tot den Helder; de stroom uit het noorden volgt denzelfden weg in omgekeerde richting, zoodat beiden geacht kunnen worden één stelsel te vormen. Het enige, kleine verschil tusschen beiden is: dat op uur III na Hoogwater aan den Hoek van Holland, de stroom bezuiden den Hoek, naar het midden van der zuidelijken inham der Noordzee ombuigt, en uit den wal over de Noord-Hinderbank loopt.

Een tweede stroomstelsel steekt als het ware de Noordzee over en loopt van de Deutsche naar de Engelsche kust heen en weder.

In het ontmoetingsgebied van beide stroomstelsels liggen de punten V, W en Terschellingerbank; vandaar de sterke draaiing op deze punten en de zeer sterke schommelingen in richting die op Terschellingerbank-lichtschip worden waargenomen en welke zooveel aanzienlijker zijn dan de schommelingen, die aan boord van het Noord-Hinder-lichtschip worden opgeteekend. (Wellicht is aan dezelfde oorzaak toe te schrijven dat op de Terschellingerbank de stroomsterkte tusschen springtij en doortij zoo weinig afwisselt. Zie tabel III, bladz. 16.)

Ofschoon onze waarnemingen langs de noordelijke eilanden gering in aantal zijn, stellen die op de punten Y en Z, aangevuld met de gegevens omtrent den stroomloop op de lichtschepen: *Borkummerif*, *Wezer*, *Buiten-Jade* en *Eider*, (ontleend aan het jaarboekje: *Gezeitentafeln*, v. h. *Hydrographisches Amt der Kaiserlichen Marine*) ons in staat te verklaren dat oostwaarts van den Helder de stroomen wederom meer en meer van draaiende, heen en weergaande worden.

Uit de kaarten van BEECHY blijkt ten slotte dat de oorzaak van het al of niet met zon draaien der stroomen langs onze kust, buiten ons waarnemingsgebied ligt en deze uit WHEWELL's theorie niet verklaard kan worden.

§ 3. Wil men nagaan welke de invloed der stroomen op het beloop van den zeebodem en dus ook op de kustlijn kan wezen, dan is een andere voorstellingswijze dan die van de Stroomkaart noodig, want bij het doorbladeren der tabellen II, bijlage A, blijkt dat de stroom op eenzelfde punt niet op alle waarnemingsdagen, zelfs niet op even windvrije, dezelfde richting heeft. Zoowel de richting der maxima-snelheid als de richtingen welke de stroom op de oogenblikken  $\frac{1}{4}$ MS,  $\frac{1}{2}$ MS enz. bezit, zijn veranderlijk.

Op Plaat IV, fig. 5, is aangegeven binnen welke grenzen deze schommelingen geschieden. Op elk station hebben 4 sectoren, telkens met grooter straal getrokken, betrekking op den vloedstroom, evenvele op den ebstroom. De sector met den kleinsten straal geeft aan dat de stroom zich zoolang zijne snelheid meer dan  $\frac{1}{4}$ MS bedraagt (dus in het tijdperk  $\frac{1}{4}$ MS-MS $\frac{1}{4}$ ), nooit buiten den betreffenden sectorhoek heeft bewogen. Op gelijke wijze heeft de sector met dubbelen straal betrekking op het tijdperk  $\frac{1}{2}$ MS-MS $\frac{1}{2}$ , die met driedubbelen straal op het tijdperk  $\frac{3}{4}$ MS-MS $\frac{3}{4}$ ; terwijl de sector met den grootsten straal de schommeling in de richting der maxima-snelheid aangeeft.

*Stroomkaarten van Beechy. Algemeene loop der stroomen in het zuidelijk gedeelte der Noordzee. Plaat VII.*

*Kaart der grootste stroomsectoren, van de voortplanting der getijden. fig. 5, Plaat IV.*

De gemiddelde richting der maxima-snelheid, (dat wil zeggen de richting welke waarschijnlijk de meeste dagen van het jaar zal worden waargenomen), is door eene lijn met pijlspits voorgesteld. Waar over een genoegzaam aantal metingen kon beschikt worden, is aan deze lijn eene lengte gegeven evenredig aan de gemiddelde maxima-sterkte. Het aantal streepjes achter de pijlspits duidt het aantal genoegzaam volledige waarnemingen aan; waarbij elk streepje drie waarnemingen vertegenwoordigt.

*Boven en beneden deze lijnen* zijn de waarden der grootste en der kleinste waargenomen maxima-snelheid, *tusschen de sectoren* nabij het middelpunt, de grootste en de kleinste waargenomen kenterings-snelheid, vermeld. Laatstgenoemde cijfers hebben betrekking op de *uit* den wal gerichte kentering wanneer zij *boven*, op de *naar* den wal gerichte kentering, wanneer zij *onder* het punt van waarneming zijn geschreven.

De richting waarin de stroomen draaien is door pijltjes aangeduid; deze ontbreken waar volgens onze meening van geen eigenlijke draaiing sprake is.

Uit deze kaart blijkt dat behalve op A, B en C, *nooit een stroom van eenige sterkte naar den wal gericht is, evenmin recht uit den wal komt.*

Op enkele plaatsen beslaan de sectoren veel grooter hoeken dan elders. De groote schommelingen van den stroom op de punten nabij de Zeeuwsche eilanden, kunnen volgens de voorgaande paragraaf, slechts gedeeltelijk aan den invloed der zeegaten geweten worden, en zijn zonder twijfel grootendeels veroorzaakt door invloeden welke buiten ons waarnemingsgebied gelegen zijn. De schommelingen op de punten nabij den Helder en op Terschellingerbank zijn volgens de stroomkaarten van BEECHY aan de ontmoeting van twee stroomstelsels toe te schrijven.

Doch op geen enkel punt zijn de schommelingen in de richting van den stroom zóó merkwaardig als op punt K, op 5 kilometer afstand uit de kust, noordwaarts van den Hoek van Holland gelegen, en ofschoon de eigenaardigheden van den stroomloop op dit punt later uitvoeriger behandeld zullen worden, geve het onderstaande reeds hier eenig denkbeeld van den merkwaardigen toestand nabij den Hoek van Holland.

*Bezuiden den Hoek draaien de stroomen tegen zon, benoorden den Hoek zijn de stroomen heen- en weergaande.* Tusschen het gebied der draaiende en dat der heen- en weergaande stroomen kan natuurlijk geene scherpe grens liggen — die grens verschuift zich, schommelt even goed als al het andere. Toch is het een zeer bekend feit, dat de visschers uit de richting der kentering kunnen nagaan of zij noordwaarts of zuidwaarts van den Hoek van Holland liggen. Zuidwaarts, zeggen zij, geschiedt de kentering *tegen*, noordwaarts *met* zon. Dit zou in strijd zijn met bovenstaanden regel, volgens welke de stroomen ten noorden van den Hoek recht heen- en weergaande zijn, indien niet punt K er eene uitzondering op maakte en aldaar de stroomen zeer duidelijk *met* zon draaiden. Nabij den Hoek van Holland draaien dus werkelijk de stroomen op dicht bij elkaar gelegen plaatsen in tegenovergestelden zin, en de grens tusschen beiderlei beweging is zóó scherp geteekend, dat op den dag van gelijktijdige waarneming op K en H, op eerstgenoemd station de vloedstroom *met* zon draaide, terwijl deze zich op het andere station *tegen* zon bewoog (de ebstroom draaide dien dag op beide punten *met* zon, doch op punt K in veel sterkere mate). Deze scherp getrokken grens is echter verplaatsbaar, daar éénmaal zelfs de stroom op punt K (ook die op 10 M. diepte,) *tegen* zon draaide. (1)

Welke is de reden dat de stroomen op punt K in den regel zoo duidelijk *met* zon draaien?

(1) Meermalen draaiden op punt K de stroomen bij het kenteren in het geheel niet en daalden tot nul zonder eenigzins van richting te veranderen. Wellicht was op deze dagen punt K juist op de grens tusschen de *met* zon en de *tegen* zon draaiende stroomen gelegen. (In het geheel zijn op punt K 18 vloed en 14 ebben waargenomen.)

Stroomloop op punt K.

De stroom in de onmiddellijke nabijheid van den Hoek draait benoorden *met* zon, bezuiden deze plaats *tegen* zon.

Wij weten deze niet, maar zeer waarschijnlijk hebben wij met een lokaal verschijnsel te doen, misschien veroorzaakt doordat hier de grens tusschen de onafgebroken Hollandsche kust en de eilanden ligt, en zoude wellicht iets dergelijks nabij Texel worden gevonden, indien daar de stroomen eveneens tegen zon draaiden (1).

Doch de kaart, fig. 5, Plaat IV, is vooral belangrijk omdat zij de hoofdrichting der stroomen langs onze kust doet kennen. Want zij doet zien dat de stroomen tijdens hunne maxima-snelheid, *in zee* het beloop der dieptelijnen, *nabij den wal* den vorm der kust volgen, zooals zeer duidelijk blijkt uit de stroomrichting op punten waar, gelijk bij U, V, W, X, Y en Terschellingerbank, de kuststrekking een zeer gebogen beloop heeft. — (Op punt Z werd slechts ééne waarneming verricht).

En niet slechts op de oogenblikken van maxima-snelheid, ook gedurende de tijdperken  $\frac{3}{4}$  M S—M S  $\frac{3}{4}$ , en zelfs gedurende de ruimere tijdperken  $\frac{1}{2}$  M S—M S  $\frac{1}{2}$ , schommelen de stroomen slechts weinig uit deze richting, zooals de met grootere stralen getrokken sectoren dezer kaart doen zien.

Deze tijdperken van grootere snelheid duren daarenboven, zooals in § 5 van dit Hoofdstuk zal worden aangetoond, betrekkelijk langer dan de overige, zoodat alles er toe leidt om de stroomen langs onze geheele kust met betrekking tot den invloed die zij op strand en bodem uitoefenen, *als evenwijdig met het beloop der diepte- en kustlijnen* te beschouwen.

Derhalve moeten zij ons strand evenwijdig aan zich zelf achteruit doen gaan, al geschiedt dit slechts langzaam omdat hunne kracht gering is; en dat deze achteruitgang werkelijk plaats grijpt, staaf de geschiedenis van de kust, waaromtrent wij in Hoofdstuk VI in eenige bijzonderheden zullen treden.

§ 4. Wat de Fransche hydrograaf KELLER heeft gedaan in zijn *Exposé du régime des courants dans la Manche et la mer d'Allemagne*, voor de stroomen in het Engelsch kanaal, trachten wij in Plaat IV, fig. 1, voor onze kuststroomen te leveren, namelijk eenen aanwijzer of „*routier*”. De abcis-as stelt de lijn voor welke in zee, op 10 kilometer uit de kust, evenwijdig aan de kuststrekking kan getrokken worden — de lijn dus welke midden door ons waarnemingsgebied loopt. Op deze zijn de plaatsen der peilschalen en der stations geprojecteerd, en aan haar werden lijnen evenwijdig getrokken op den afstand welke één Hoogwateruur voorstelt. In het aldus verkregen netwerk werden de waarden der maxima-snelheden en der grenzen der kenteringstijdperken aangebracht, zooals deze uit de tabellen II, bijlage A, gemiddeld waren volgens de wijze, welke in § 6, Hoofdstuk II, is aangegeven. Waar de projecties van twee waarnemingspunten op de abcis-as samenvielen — bijv. van N en van O — werden de tijds-waarden welke op die stations betrekking hadden gemiddeld, daar later te vermelden onderzoekingen ons bewezen, dat zulks geoorloofd is.

Het gebruik van den zeestroom-aanwijzer kan het best door een voorbeeld worden duidelijk gemaakt. Bevindt men zich op zekeren datum op welken het Hoogwater aan den Hoek om drie uur is ingetreden, — ten vijf ure ter hoogte van IJmuiden — dan moet men

(1) Dat het verschijnsel op punt K een plaatselijk verschijnsel is, leiden wij voornamelijk af uit de omstandigheid dat *gewoonlijk* slechts de oppervlaktestroom in vrij sterke mate met zon draait, terwijl die op 4 M. diepte zeer weinig met zon draait en die op 10 M. diepte nagenoeg recht heen en weergaande is. De oppervlaktestroom kan daarenboven op dit punt zeer in sterkte en verloop van dien op diepte afwijken. Van een en ander geeft het voorbeeld fig. 8, plaat II, eenig denkbeeld. (Tot meerdere duidelijkheid is van denzelfden dag de stroomrichting en snelheid aan de oppervlakte en op 10 M. diepte, op diezelfde plaat in fig. 11 nog op eene andere wijze geteekend. Eene derde voorstellingswijze is op plaat VIII, fig. 6 gegeven; aldaar is de weg geteekend welke een waterdeeltje dien dag op punt K afgelegd zoude hebben, indien men mag aannemen dat de stroomen over eenige uitgebreidheid gelijk en gelijkvormig zijn.)

Hoofdrichting der stroomen langs onze kust.

Stroom-aanwijzer (routier).

op den aanwijzer ter plaatse waar de verticaal is geteekend welke op IJmuiden betrekking heeft, de horizontale lijn zoeken, welke met uur II wordt aangeduid. Uit de richting der harceering en de ligging van de lijn der maxima-snelheid, blijkt dan dat men zich in den vloedstroom bevindt, doch tevens dat deze reeds in sterkte afneemt, en dat over ruim twee uren de kentering zal intreden.

Op den stroom-aanwijzer zijn verder de voortplanting van het Hoog- en van het Laagwater-tijdstip langs de kust, door lijnen aangegeven. Deze lijnen loopen niet evenwijdig aan die der maxima-snelheden, noch schijnt er — voor zooverre men dit uit dezen aanwijzer kan opmaken — eenig verband tusschen de verticale en de horizontale waterbeweging te bestaan. Wat de knik betreft, welke nabij den Helder de lijnen van maxima-snelheid en van kentering vertoonen, deze kan niet bevreemden omdat in de vorige paragraaf bleek, dat alhier twee zeer verschillende stroomstelsels elkaar ontmoeten.

Vorm van het  
snelheidsverloop.

§ 5. De lijnen welke op den stroomaanwijzer de voortplanting der maxima-snelheden en der kenteringen aangeven, zijn *gebroken* lijnen. In hoeverre is echter hieraan de wijze schuld, op welke wij het beloop dezer lijnen vastgesteld hebben? Slaat men de tabellen II der bijlage A op, dan wordt men maar al te zeer gewaar dat elk tijdstip hetwelk op eenig onderdeel van het snelheidsverloop betrekking heeft — en de tijdstippen van maxima- of van minima-snelheid niet minder dan de andere — aan aanzienlijke schommelingen onderhevig is.

Waar zulke schommelingen gevonden worden, geven de gewone eenvoudige methoden van middeling, zooals straks bij het samenstellen van den stroomaanwijzer gebezigd werden, minder voldoende uitkomsten. Derhalve zal op de volgende bladzijden tot juistere bepaling van de kenter-tijdstippen der stroomen en van den vorm van het snelheidsverloop, een weg worden ingeslagen, die wel is waar minder kort is, doch de bijzonderheden van den stroomloop beter doet kennen.

In plaats van op de grootte en de tijdstippen van maxima- en minima-snelheid te letten, zal nl. alle aandacht gewijd worden aan den *vorm* van het snelheidsverloop. Derhalve zullen de tijdstippen  $\frac{1}{4}$ MS,  $\frac{1}{2}$ MS enz., welker beteekenis in hoofdstuk II, § 6, is gegeven, nu op den voorgrond treden en tevens in plaats van *absolute* waarden, relatieve of percentische worden ingevoerd. Wel is waar verwijderen wij ons hierdoor schijnbaar ver van het praktische, doch in werkelijkheid ontdoen wij slechts onze waarnemingen van het toevallige, van hetgeen de waarneming van den eenen dag onderscheidt van die op den anderen, ten einde datgene op te sporen, hetwelk hun allen gemeen is.

Bij dit onderzoek komt ons zeer te stade dat op één station om verschillende redenen (zie hoofdstuk I, § 7, c, d.) een zoo groot aantal waarnemingen verricht werden, dat deze onafhankelijk van die op de overige stations behandeld kunnen worden. Want de kleine reeksen van waarnemingen op de overige stations zijn wel voldoende om na te gaan of eenige regel algemeen geldig is, maar geenszins om tot het opsporen van dergelijke regels aanleiding te geven.

Derhalve zullen wij ons steeds eerst tot de op punt K verrichte metingen wenden en nadat eenige eigenschap van het snelheidsverloop dáár ter plaatse ontdekt is, nagaan in hoeverre die eveneens aan den stroomloop op de andere punten van ons waarnemingsgebied eigen is, om vervolgens ter opsporing van nieuwe eigenschappen wederom tot punt K terug te keeren.

Slaat men de bij station K behoorende tabel II der bijlage A op, en doorloopt men een voor een, in verticale richting, de kolommen op de linker bladzijde, dan bespeurt men dat de tijdstippen in elke kolom onderling zeer verschillen. (Zoo is bijv. de vloedstroom op den 4<sup>en</sup> Augustus 1880 reeds om 10<sup>u</sup>-27' tot de helft der maximum-sterkte van dien dag gestegen, terwijl hij op den 17<sup>en</sup> Augustus 1880 eerst om 10<sup>u</sup>-51' tot dezelfde be-

De schommelingen  
in duur en vorm  
der getijden,  
langs  
den vasten wal.  
a. op punt K.

trekkelijke sterkte was geklommen.) Doch bij nader onderzoek ziet men dat sommige der punten  $\frac{1}{4}$ MS,  $\frac{1}{2}$ MS, enz. aan *kleinere* tijdschommeling onderhevig zijn dan andere, want stelt men de waarnemingen ter zijde op welke de wind niet zonder invloed zal geweest zijn, dan wordt de volgende uitkomst verkregen:

TABEL IV.

Punt K.	Vroegste en laatste tijdstippen (in Hoogwatertijd uitgedrukt) op welke de snelheid tot onderstaande sterkte is gestegen of gedaald.															
	Vloedstroom. (1)							Aantal waar- nemingen.	Ebstream.							Aantal waar- nemingen.
	$\frac{1}{4}$ MS	$\frac{1}{2}$ MS	$\frac{3}{4}$ MS	MS.	MS $\frac{3}{4}$	MS $\frac{1}{2}$	MS $\frac{1}{4}$		$\frac{1}{4}$ MS	$\frac{1}{2}$ MS	$\frac{3}{4}$ MS	MS	MS $\frac{3}{4}$	MS $\frac{1}{2}$	MS $\frac{1}{4}$	
	u'	u'	u'	u'	u'	u'	u'		u'	u'	u'	u'	u'	u'	u'	
	10-40	10-57	11-16	1-55	3-0	3-44	4-29	$\frac{16}{13}$	5-24	5-51	6-21	7-30	8-34	9-20	10-0	$\frac{11}{10}$
	10-6	10-27	10-42	11-25	1-3	2-13	3-25		4-20	4-48	5-20	6-16	7-39	8-38	9-21	
Verschil of slingerwijdte.	0-34	0-30	0-34	2-30	1-57	1-31	1-4		1-4	1-3	1-1	1-14	0-55	0-42	0-39	

De slingerwijdten der punten  $\frac{1}{4}$ MSV,  $\frac{1}{2}$ MSV,  $\frac{3}{4}$ MSV zijn, gelijk uit bovenstaande tabel blijkt, zeer gering en onderling gelijk, waaruit volgt dat de — overigens nog onbekende — regel volgens welke de vloodsnelheid van de kentering af tot nabij het maximum stijgt, slechts aan geringe storingen onderhevig kan zijn. Daarentegen slingert, zooals de tabel leert, het oogenblik der maxima-vloodsnelheid uitermate, even als het oogenblik der maxima-ebbsnelheid, zoodat beide niet geschikt zijn om bij verder onderzoek tot uitgangspunten te dienen. Ook de regels volgens welke de snelheid van den vloedstroom afneemt en die van den ebstream toeneemt, zijn volgens de slingerwijdte der betreffende punten, uiterst weinig standvastig, en hierdoor treft de *stabiliteit van den ophomenden vloedstroom* des te meer en wordt het van belang om na te gaan of ook op de overige stations deze punten  $\frac{1}{4}$ MSV,  $\frac{1}{2}$ MSV,  $\frac{3}{4}$ MSV, zich zoozeer van de overige onderscheiden. Hiertoe zijn in de onderstaande tabel de slingerwijdten op de verschillende plaatsen langs den vasten Hollandschen wal met die op punt K vergeleken.

b. Schommelingen  
op de andere  
punten langs den  
vasten wal.

(1) De beteekenis der symbolen, enz. is te vinden op de bladzijden XXVI en XXVII der Inleiding.



TABEL V.

Slingerwijdte in minuten der oogenblikken op welke de snelheid van den stroom klimt of daalt tot:

Namen der punten.	vloedstroom.							Aantal waarnemingen.	ebstroom.							Aantal waarnemingen.
	1/4 MS.	1/2 MS.	3/4 MS.	MS	MS 3/4	MS 1/2	MS 1/4		1/4 MS.	1/2 MS.	3/4 MS.	MS.	MS 3/4	MS 1/2	MS 1/4	
H } bij den Hoek.	6'	9'	5'	32'	63'	68'	44'	3/3	41'	47'	62'	54'	34'	59'	84'	3/2
K }	34'	30'	33'	150'	102'	70'	64'	14/12	64'	63'	61'	74'	55'	42'	39'	11/10
L } bij Katwijk.	15'	17'	26'	24'	102'	37'	31'	3/3	33'	27'	47'	44'	53'	51'	24'	3/4
N }	15'	7'	15'	47'	58'	70'	81'	4/3	32'	32'	30'	43'	31'	4'	3'	3/2
P } bij IJmuiden.	21'	15'	12'	48'	105'	69'	33'	9/7	54'	57'	72'	96'	60'	45'	48'	11/9
R }	19'	12'	21'	59'	117'	93'	42'	7/7	50'	35'	33'	66'	72'	27'	24'	6/4
V } bij den Helder.	12'	27'	24'	48'	15'	39'	15'	4/4	0'	3'	27'	114'	36'	42'	×	2/2
W }	27'	17'	3'	39'	72'	90'	57'	3/3	15'	36'	54'	27'	66'	×	×	3/2

Vorm van het snelheidsverloop langs den vasten wal. a. Op punt K.

Werkelijk slingeren dus de drie punten 1/4MSV, 1/2MSV, 3/4MSV, het minst van alle, hetgeen natuurlijk het duidelijkste uitkomt op die stations, waar het grootst aantal waarnemingen verricht werden. Kortheidshalve mag deze eigenschap der drie punten samengevat worden in deze wet: *de opkomende vloedstroom is stabiel*; en al is de oorzaak onbekend welke de snelheid van den vloedstroom van nabij de kentering tot nabij de maximum-sterkte doet toenemen, dit blijkt genoegzaam: dat zij zeer krachtig moet wezen, om deze aangroeiing in zoo sterke mate voor storende invloeden ongevoelig te doen zijn.

Keeren wij thans ten behoeve van het onderzoek naar den vorm van het snelheidsverloop, terug tot de waarnemingen op punt K, en gaan wij na in welken tijd de sterkte van den stroom van een vier le der maxima-snelheid stijgt tot op de helft der maxima-snelheid, enz., enz., in het kort volgens welke regels de aangroeiing en de afname van de snelheid plaats vindt.

Niet van kentering tot kentering zullen wij echter vloedstroom of ebstroom rekenen, maar aangezien die tijdstippen van kentering zoo moeielijk meetbaar zijn, liever onze grenzen in de oogenblikken 1/4MS en MS 1/4 leggen.

In onderstaande tabel zijn slechts de waarnemingen buitengesloten, welke niet het geheele tijdperk 1/4MS-MS 1/4 omvatten; alle andere zijn er in opgenomen, ook die tijdens welke de wind tamelijk hevig was: want de afwijkingen in den vorm van het snelheidsverloop waren op laatstbedoelde dagen niet grooter dan die, welke op kalme dagen gevonden werden.

TABEL VI.

Gemiddelde duur der verschillende ondertijdperken van vloedstroom en ebstroom (in minuten.)

Punt K.	Vloedstroom.							Aantal waarnemingen.	Ebstroom.							Aantal waarnemingen.
	1/4 MS tot 1/2 MS	1/2 MS tot 3/4 MS	3/4 MS tot MS	MS tot MS 3/4	MS 3/4 tot MS 1/2	MS 1/2 tot MS 1/4	1/4 MS tot 1/2 MS		1/2 MS tot 3/4 MS	3/4 MS tot MS	MS tot MS 3/4	MS 3/4 tot MS 1/2	MS 1/2 tot MS 1/4	1/4 MS tot 1/2 MS		
Grootste duur langer dan gemiddelde .	8'	12'	124'	66'	55'	30'	57'	13	12'	21'	21'	43'	16'	43'	65'	11
Gemiddelde duur .	19'	22'	69'	105'	61'	46'	325'		26'	35'	65'	90'	43'	31'	290'	
Kleinste duur korter dan gemiddelde .	7'	7'	49'	46'	23'	29'	91'		14'	25'	34'	62'	19'	6'	53'	
Gemiddelde duur in percenten . . .	6%	7%	21%	32%	20%	14%	100%		9%	12%	22%	31%	15%	11%	100%	
3/4MS-MS 3/4 . . .	58%								58%							
1/2MS-MS 1/2 . . .	80%								80%							

Uit deze tabel blijkt dat de tijdperken: 1/4MSV-1/2MSV en 1/2MSV-3/4MSV, veel korter, zowel relatief als absoluut, dan de overige tijdperken duren en dat zij tevens slechts weinige percenten van den geheelen duur van het snelheidsverloop van den vloedstroom uitmaken. De tijdstippen 1/4MSV, 1/2MSV en 3/4MSV, welke zich volgens tabel IV reeds door hunne geringe slingerwijdte kenmerken, onderscheiden zich dus tegelijk door hunnen kleinen onderlingen afstand.

Deze eigenschappen samenvattende, mag derhalve gezegd worden dat op punt K:  
 1°, de snelheid van den vloedstroom zeer snel toeneemt;  
 2°, dat deze toename steeds denzelfden tijd vordert;  
 3°, dat deze steiging elken dag op hetzelfde tijdstip intreedt, van af het H. W. tijdstip aan den Hoek gerekend.

Gaan wij thans na wat de waarnemingen op de overige stations langs den vasten Hollandischen wal leeren, wanneer zij, op gelijke wijze als hierboven voor punt K geschiedde, tot percentische gemiddelden herleid worden.

b. op de overige stations.

TABEL VII.

Gemiddelde duur der verschillende ondertijdperken van vloedstroom en ebstroom, uitgedrukt in procenten der totale tijdruimte  $\frac{1}{4}$ MS- $\frac{1}{4}$ MS.

Namen der punten.	Aantal waarnemingen.	Vloedstroom.									Aantal waarnemingen.	Ebstroom.																	
		$\frac{1}{4}$ MS. tot $\frac{1}{2}$ MS.	$\frac{1}{2}$ MS. tot $\frac{3}{4}$ MS.	$\frac{3}{4}$ MS. tot MS.	MS. tot $\frac{1}{4}$ MS.	$\frac{1}{4}$ MS. tot $\frac{1}{2}$ MS.	$\frac{1}{2}$ MS. tot $\frac{3}{4}$ MS.	$\frac{3}{4}$ MS. tot $\frac{1}{4}$ MS.	$\frac{1}{4}$ MS. tot $\frac{1}{2}$ MS.	$\frac{1}{2}$ MS. tot $\frac{3}{4}$ MS.		$\frac{3}{4}$ MS. tot $\frac{1}{4}$ MS.	$\frac{1}{4}$ MS. tot $\frac{1}{2}$ MS.	$\frac{1}{2}$ MS. tot $\frac{3}{4}$ MS.	$\frac{3}{4}$ MS. tot MS.	MS. tot $\frac{1}{4}$ MS.	$\frac{1}{4}$ MS. tot $\frac{1}{2}$ MS.	$\frac{1}{2}$ MS. tot $\frac{3}{4}$ MS.	$\frac{3}{4}$ MS. tot $\frac{1}{4}$ MS.	$\frac{1}{4}$ MS. tot $\frac{1}{2}$ MS.	$\frac{1}{2}$ MS. tot $\frac{3}{4}$ MS.	$\frac{3}{4}$ MS. tot $\frac{1}{4}$ MS.							
		%	%	%	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
H	$\frac{1}{3}$	7	9	22	29	19	14	51	79	5"-10'	4	8	9	24	28	19	12	52	80	5"-3'									
K	13	6	7	21	32	20	14	53	80	5"-25'	11	9	12	22	31	15	11	53	80	4"-50'									
L	3	7	7	21	30	22	13	51	80	5"-0'	5	10	9	22	26	19	14	48	76	5"-19'									
N	$\frac{1}{3}$	6	7	14	39	20	14	53	80	4"-53'	$\frac{5}{4}$	9	9	26	27	17	10	55	81	4"-47'									
P	7	6	6	19	34	19	16	53	78	4"-43'	8	8	9	25	31	16	11	56	81	5"-18'									
R	$\frac{9}{7}$	5	8	16	36	20	15	52	80	4"-33'	$\frac{7}{5}$	9	11	29	29	14	8	58	83	5"-18'									
V	4	8	9	12	25	23	23	37	69	4"-19'	2	10	15	33	22	14	6	55	84	5"-3'									
W	$\frac{1}{3}$	7	8	27	26	15	17	53	76	5"-26'	$\frac{3}{2}$	× <sup>(1)</sup>	×	×	×	×	×	×	×	×									
Gemiddeld		6	7	20	32	20	15	52	79	5"-1'		9	10	26	28	16	11	54	80	5"-3'									

In de eerste plaats trekt de aandacht dat in bovenstaande tabel de verschillende ondertijdperken op de stations H tot en met R, door genoegzaam dezelfde verhoudingsgetallen worden uitgedrukt; waaruit dus volgt dat het snelheidsverloop op al deze plaatsen denzelfden vorm heeft. In verband met hetgeen tabel V leerde omtrent de geringe slingerwijdte van den opkomenden vloed, verkrijgt deze eenvormigheid hogere beteekenis: Langs den geheelen vasten Hollandschen wal moeten de stroomen door eenzelfde oorzaak ontstaan; en de snelheid waarmede de kracht van den vloedstroom toeneemt, de standvastigheid waarmede deze elken dag op denzelfden tijd intreedt, terwijl alle andere deelen der getijden zoo wisselvallig in vorm en duur zijn, doen van zelf aan eene soort impulsie denken. Deze kan dan ook werkelijk geleverd worden door den stroom welke zich in het Engelsch kanaal van het westen naar het oosten voortplant en welke volgens fig. 7, Plaat VIII, zooveel sterker is dan die in de Noordzee.

Plant zich de vloedstroom langs onze kust niet tengevolge van een verhang, maar ten gevolge van eenen *stoot* voort, dan kan niet slechts de eenvormigheid van den stroom op

(1) Op punt W begint de ebstroom bij eene snelheid grooter dan  $\frac{1}{4}$ MSE. Bij de eindmiddeling zijn de punten V en W buiten rekening gelaten, aangezien de stroomen aldaar te veel onder den invloed van het tweede stroomstelsel staan. (Zie Plaat VII en blad. 19).

alle stations geene verwondering meer wekken, doch mag tevens aangenomen worden dat de stroomen in ons waarnemingsgebied overal dezelfde sterkte bezitten, omdat de gelijkvormigheid van den zeebodem nabij onze kust, versnelling of vertraging van den voortgestooten watermassa onmogelijk maakt. Deze gevolgtrekking is van veel belang omdat Bijlage B omtrent deze zaak geene uitsluiting geeft, aangezien de stroomen in dit gebied te zwak en derhalve te zeer aan ondergeschikte invloeden onderhevig zijn, dan dat de in deze tabel verzamelde waarnemingen hunne onderlinge gelijkheid zouden kunnen uitwijzen. Des te meer waarde heeft het dus dat deze gelijkheid door de gelijktijdige metingen op K en P bevestigd wordt. (Zie § 5, Hoofdstuk V.)

Doch de beschouwingen van meer algemeene strekking naar § 9 van dit Hoofdstuk verwijzende, keeren wij thans naar tabel VII terug, ten einde uit deze eenen regel van praktischen aard te trekken.

Uit de eindgemiddelden dezer tabel blijkt, dat de tijdperken  $\frac{1}{4}$ MS- $\frac{1}{4}$ MS bij ebstroom en vloedstroom even lang duren. Daar elk hunner 5 uren in beslag neemt en de stroomen te zamen 12 uren (in hoogwatertijd uitgedrukt) duren, zoo blijven er 2 uren over waarin de kenteringen liggen ( $\frac{1}{4}$ MS- $\frac{1}{4}$ MSE en  $\frac{1}{4}$ MSE- $\frac{1}{4}$ MSV). Daar ook de tijdperken  $\frac{3}{4}$ MS- $\frac{1}{4}$ MS en  $\frac{1}{2}$ MS- $\frac{1}{2}$ MS bij vloedstroom en bij ebstroom genoegzaam even lang duren, zoo mogen wij dus het snelheidsverloop langs onzen vasten wal op deze wijze omschrijven:

*Ebstroom en vloedstroom duren beiden even lang, te zamen beslaan zij eene tijdruimte van 12 uren (in Hoogwatertijd uitgedrukt); gedurende 10 uren is de snelheid grooter dan één kwart, gedurende 8 uren grooter dan de helft, gedurende 5 uren grooter dan drie kwart der maxima-snelheid van ebstroom of vloedstroom.*

*Regel omtrent het snelheidsverloop van den Hoek van Holland tot den Helder.*

§ 6. Terwijl tabel VII den vorm van het snelheidsverloop langs den vasten Hollandschen doet kennen, geeft zij echter geenerlei inzicht in de absolute waarde der snelheden of in de verhouding tusschen de krachten van vloedstroom en ebstroom. Het is wenschelijk hieromtrent eenigszins uitvoeriger nasporingen te doen dan in § 1 van dit Hoofdstuk geschiedde, en daarbij tevens de gemiddelde snelheid der stroomen te bepalen. (Als gemiddelde snelheid van een getij wordt aangenomen: de som van alle om het kwartier waargenomen snelheden, van het eene tijdstip van kentering tot het andere, verminderd met de helft der minima-snelheden, en gedeeld door het aantal waarnemingen, verminderd met één.) Na terzijdestelling der dagen op welke de wind een wijzigenden invloed kan uitgeoefend hebben, vinden wij uit de waarnemingen op H, K, L, N, P, R:

*Verhouding tusschen de maxima-snelheden en de gemiddelde snelheden der getijden, enz.*

TABEL VIII.

Verhouding tusschen maxima-snelheid en gemiddelde snelheid, wanneer de maxima-snelheid = 100 gesteld wordt.	Vloedstroom.			Ebstroom.		
	Gemiddelde verhouding.	Grootste en kleinste verhoudingscijfer.	Aantal waarnemingen.	Gemiddelde verhouding.	Grootste en kleinste verhoudingscijfer.	Aantal waarnemingen.
Wanneer de gemiddelde snelheid bedraagt:						
Van 10 M tot en met 20 M per 1' .	100:60	:65 :50	40	100:64	:76 :54	27
> 21 M > 30 M per 1' .	100:61	:70 :50	35	100:66	:75 :58	31
Meer dan 30 M per 1' . . . . .	100:63	:81 :52	22	100:71	:75 :62	4

De verhouding is dus bij den vloedstroom een weinig anders dan bij den ebstroom; bij beiden zijn de afwijkingen van de gemiddelde verhoudingswaarde zeer aanzienlijk.

Verder vindt men:

TABEL IX.

Verhouding tusschen de gemiddelde snelheid van den vloedstroom en die van den volgenden of voorafgaanden ebstroom, eerstgenoemde = 100 stellende.	Gemiddelde verhouding	Aantal waarnemingen.	Grootste en kleinste verhoudingscijfer.
Wanneer de gemiddelde vloedsnelheid bedraagt:			
Van 21 M tot en met 30 M per 1' . . . . .	100:76	:93 :65	13
Meer dan 30 M per 1' . . . . .	100:71	:90 :53	13

Ook in tabel IX zijn de afwijkingen van het gemiddelde verhoudingscijfer niet onaanzienlijk; daar zij echter over alle stations regelmatig verspreid liggen, verzwakken zij geenszins de stelling: dat het snelheidsverloop langs den vasten Hollandschen wal eenvormig is en dat de stroomen op dit gebied overal dezelfde sterkte bezitten.

Aangezien in § 1 van dit Hoofdstuk werd gevonden dat de maxima-vloedsnelheid tusschen springtij en doottij in, 45 M. per minuut bedraagt, zoo zal volgens tabellen VIII en IX, de gemiddelde vloedsnelheid  $45 \times \frac{62}{100} = 28$  M. per minuut; de gemiddelde ebsnelheid  $28 \times \frac{73}{100} = 20,5$  M. per minuut; de maxima-ebsnelheid  $20,5 \times \frac{100}{65} = 31,5$  M. per minuut bedragen. Dit laatste getal werd, op andere wijze bepaald, in § 1 van dit Hoofdstuk eveneens gevonden.

*Vorm van het snelheidsverloop aan boord der lichtscheepen.*

De waarnemingen langs de eilanden zijn te gering in aantal om op dezelfde wijze als die langs den vasten wal behandeld te worden. Op de lichtscheepen was daarentegen het aantal waarbij de wind buiten rekening mocht worden gelaten, groot genoeg om tot het samenstellen der volgende tabellen, in welke de gegevens voor punt K ter vergelijking opgenomen zijn, aanleiding te geven.

TABEL X.

Slingerwijdte in minuten der oogenblikken op welke de sterkte van den stroom klimt of daalt tot:

Namen der punten.	Vloedstroom.							Aantal waarnemingen.	Ebstroom.							Aantal waarnemingen.
	1/4 MS	1/2 MS	3/4 MS	MS	MS 3/4	MS 1/2	MS 1/4		1/4 MS	1/2 MS	3/4 MS	MS	MS 3/4	MS 1/2	MS 1/4	
Noord-Hinder . . .	58	75	122	110	87	78	65	26/13	136	87	87	102	97	46	48	24/16
Punt K (Hoek) . . .	34	30	34	150	117	91	64	16/13	64	73	61	74	55	42	39	11/10
Terschellingerbank .	172	148	121	165	172	214	139	37/22	156	169	118	121	140	103	94	35/21

TABEL XI.

Gemiddelde duur der verschillende ondertijdperken van vloedstroom en ebstroom in minuten uitgedrukt:

Punten van waarneming.	Vloedstroom.							Aantal waarnemingen.	Ebstroom.							Aantal waarnemingen.
	1/4 MS tot 1/2 MS	1/2 MS tot 3/4 MS	3/4 MS tot MS	MS tot MS 3/4	MS 3/4 tot MS 1/2	MS 1/2 tot MS 1/4	1/4 MS tot 1/2 MS		1/4 MS tot 1/2 MS	1/2 MS tot 3/4 MS	3/4 MS tot MS	MS tot MS 3/4	MS 3/4 tot MS 1/2	MS 1/2 tot MS 1/4	1/4 MS tot 1/2 MS	
Noord-Hinder . . .	39'	32'	83'	71'	42'	55'	322'	13	35'	29'	65'	86'	47'	32	294'	9
Punt K (Hoek) . . .	19'	22'	69'	105'	64'	46'	325'	13	26	35	65'	90'	43'	31'	290'	11
Terschellingerbank .	34'	28'	68'	74'	52'	52'	308'	16	38'	46'	72'	70'	32'	32'	290'	16
In percenten . . .	%	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%
Noord-Hinder . . .	12	10	26	22	13	17	100	13	12	10	22	29	15	11	100	9
Punt K . . . . .	6	7	21	32	20	14	100	13	9	12	22	31	15	11	100	11
Terschellingerbank .	11	9	22	24	17	17	100	16	13	16	25	24	11	11	100	16

TABEL XII.

VERHOUDINGEN.

	Noord-Hinder		Punt K.		Terschellingerbank.	
	Gemiddelde verhouding.	Aantal waarnemingen.	Gemiddelde verhouding.	Aantal waarnemingen.	Gemiddelde verhouding.	Aantal waarnemingen.
Maxima-snelheid vloedstroom: maxima-snelheid voorafgaanden of volgenden ebstroom . . . . .	100:107	20	100:68	11	100:80	33
Maxima-snelheid vloedstroom: gemiddelde-snelheid vloedstroom, wanneer de gemiddelde snelheid bedraagt:			te zelden voorgekomen.		100:59	13
van 10 tot en met 20 M per 1' . . . . .	niet voorgekomen.				100:59	15
wanneer deze meer dan 20 M. per 1' bedraagt . . . . .	100:64	25	100:64	14	100:59	15
Maxima-snelheid ebstroom: gemiddelde-snelheid ebstroom, wanneer de gemiddelde snelheid bedraagt:						
van 10 tot en met 20 M. per 1' . . . . .	niet voorgekomen.		100:66	6	100:61	19
wanneer deze meer dan 20 M. per 1' bedraagt . . . . .	100:62	28	100:66	6	100:62	19
Gemiddelde maxima-snelheid van den vloedstroom . . . . .	40 M. per 1'		45 M. per 1'		38 M. per 1'	
> minima-snelheid bij de kentering V/E . . . . .	4 >		0 >		0 >	
> maxima-snelheid van den ebstroom . . . . .	42 >		31 >		30 >	
> minima-snelheid bij de kentering E/V . . . . .	9 >		0 >		7 >	

Uit tabel X ziet men, dat evenals op punt K, (hetwelk den stroom langs den Hollandschen vasten wal vertegenwoordigt (§ 5)), ook op de Noord-Hinder de slingerstroom langs onze kust zijn ontstaan aan eene impulsie uit het Engelsch kanaal te danken heeft (1). Of de nabijheid van het Engelsch kanaal oorzaak is dat op de Noord-Hinder (Tabel XII) de ebstroom sterker is dan de vloedstroom, kunnen wij niet beslissen; hierbij komt wellicht de ligging van de bank in het spel (2).

Verder blijkt uit deze tabellen, dat zooals de kaarten van BEECHY aantoonden, de stroomen op Terschellingerbank tot een geheel ander stelsel behooren, dan die langs den vasten Hollandschen wal.

*Grafsche voorstelling van het snelheidsverloop.*

Met behulp der vorenstaande tabellen kunnen nu wel reeds *gedeelten* van het snelheidsverloop op de drie punten van waarneming, op welke de meeste metingen verricht werden, geteekend worden, doch niet het *geheele* snelheidsverloop. Met behulp van tabellen VI en XII kan bijv. voor punt K, in fig. 3, plaat IV, het gedeelte *ABC* dat van  $\frac{1}{4}$ MSV tot  $\frac{1}{4}$ MSE reikt, en het gedeelte *DEF* dat van  $\frac{1}{4}$ MSE tot  $\frac{1}{4}$ MSV reikt, aangebracht worden, doch de kromme kan niet verder voltooid worden, beide gedeelten kunnen niet aan elkander verbonden worden en evenmin op hunne juiste plaats ten opzichte van het beginpunt van tijdtelling gesteld worden.

Daartoe zoude men bijv. de juiste ligging in tijd uitgedrukt, van *A* ( $\frac{1}{4}$ MSV) moeten kennen, benevens den afstand in tijd tusschen *C* en *D* ( $\frac{1}{4}$ MSV— $\frac{1}{4}$ MSE.) En deze gegevens ontbreken ons, omdat, gelijk tabel IV leert, de tijdstippen  $\frac{1}{4}$ MSV (*C*) en  $\frac{1}{4}$ MSE (*D*) aanzienlijk schommelen, terwijl ook de schommelingen van  $\frac{1}{4}$ MSV (*A*) hoewel veel geringer, niet onbeduidend zijn.

Om gelijke redenen kunnen de krommen, welke het snelheidsverloop op Noord-Hinder en Terschellingerbank voorstellen (fig. 2 en 4, plaat IV) slechts ten deele geteekend worden.

De juiste ligging van de gedeeltelijke krommen *ABC* en *DEF* dient dus eerst op de eene of andere wijze bepaald te worden.

*Zwaartepunten van ebfiguur en vloedfiguur.*

§ 7. De methode welke wij na eenig tasten vonden, berust op het volgende: Noemt men de oppervlakte *ABCDEF* (Plaat II, fig. 9), welke tusschen de abcis-as en de kromme van het snelheidsverloop van den vloedstroom is begrepen: *vloedfiguur*, de oppervlakte *EDGHIK*: *ebfiguur*, dan zijn *M* en *N* de zwaartepunten dier figuren, *M*<sub>1</sub> en *N*<sub>1</sub> de projecties dier zwaartepunten op de as der tijden.

*F M*<sub>1</sub>, bedraagt 6 minuten, *K N*<sub>1</sub>, 57 minuten; het zwaartepunt der vloedfiguur ligt dus op I<sup>a</sup>-6', het zwaartepunt der ebfiguur op VI<sup>a</sup>-57' (alles in Hoogwatertijd uitgedrukt).

Berekent men nu de ligging der zwaartepunten van alle vloedfiguren en ebfiguren welke op punt K zijn waargenomen, dan blijkt dat deze ligging zeer stabiel is.

En dat de zwaartepunten der figuren eene betrekkelijk zoo stabiele ligging hebben, is

(1) Wij verwijzen overigens naar bladzijde 71 van dit Verslag, waar hetzelfde vraagstuk op nieuw behandeld wordt, naar aanleiding van den geringen invloed die zelfs hevigen wind op den *opkomenden* vloedstroom blijkt te hebben.

(2) In verband hiermede is het niet ondienstig te weten, dat hoewel volgens het voorbericht der *Annales des Courants de la Manche*, in het Engelsch kanaal noch de vorm van het snelheidsverloop, noch de verhouding tusschen de maxima-snelheden van ebstroom en vloedstroom bepaald is, de samensteller van dit jaarboekje aanneemt, dat beiden gelijke kracht en duur bezitten; waaruit schijnt te volgen dat het verschil tusschen beide stroomen aldaar gering is.

geene uitsluitende eigenschap der stroomen op punt K; berekent men de ligging der zwaartepunten op Terschellingerbank en Noord-Hinder, dan blijkt dat men hier met een algemeen verschijnsel te doen heeft:

TABEL XIII.

Tijdstip (in hoogwatertijd uitgedrukt) van het zwaartepunt der figuur van eb- of vloedstroom.

Noord-Hinder.		Punt K.		Terschellingerbank.		De verschillende waarden zijn in deze tabel volgens hunne getalsgrootte gerangschikt.
Vloedfiguur.	Fbfiguur.	Vloedfiguur.	Ebfiguur.	Vloedfiguur.	Ebfiguur.	
VI <sup>a</sup> - 48'	0 <sup>a</sup> - 12'	I <sup>a</sup> - 9'	VII <sup>a</sup> - 25'	IV <sup>a</sup> - 22'	XI <sup>a</sup> - 21'	Slechts van de waarnemingen op kalme dagen is in deze tabel gebruik gemaakt; (dagen op welke de anemometer minder dan 5 meter windsnelheid per seconde aanwees.)
> - 34	> - 9	> - 9	> - 20	> - 20	> - 10	
> - 26	> - 8	> - 7	> - 15	> - 15	> - 4	
> - 25	> - 6	> - 6	> - 15	> - 9	> - 4	
> - 23	> - 4	> - 6	> - 12	> - 9	> - 0	
> - 22	> - 3	> - 5	> - 6	> - 6	X - 57	
> - 20	> - 2	> - 5	> - 5	> - 4	> - 57	
> - 18	> - 0	> - 3	> - 0	III - 54	> - 57	
> - 18	XI - 57	> - 3	VI - 57	> - 54	> - 56	
> - 13	> - 51	0 - 55		> - 51	> - 48	
> - 9	> - 48	> - 46		> - 51	> - 44	
> - 9	> - 48			> - 50	> - 43	
> - 5	> - 43			> - 50	> - 38	
	> - 40			> - 45	> - 36	
	> - 36			> - 43	> - 35	
	> - 33			> - 33	> - 33	
				> - 30	> - 30	
				II - 51	> - 28	
					> - 28	
					> - 27	
					> - 25	
					> - 22	
					> - 19	
					> - 6	
					IX - 57	

Het zwaartepunt der vloedfiguur op station K schommelt zooals uit deze tabel blijkt, over 23 minuten, dat der ebfiguur over 28 minuten. Deze schommelingen zijn zeer gering, vooral indien men hiermede de schommelingen der tijdstippen  $\frac{1}{4}$  MS. enz. op hetzelfde station, in tabel IV, blad. 23 vergelijkt.

Op gelijke wijze blijkt ook de schommeling van de zwaartepunten der getijden op Noord-Hinder en op Terschellingerbank veel kleiner te wezen dan de schommeling van eenig punt van het snelheidsverloop op deze plaatsen (vergelijk tabel X). (1)

*Samenstelling  
der figuren  
2, 3, 4, Plaat IV.*

§ 8. Gaan wij thans na op welke wijze van de zwaartepunten bij het teekenen van het snelheidsverloop gebruik is te maken.

Verlengt men de kromme *ABC* (fig. 3, Plaat IV,) aan weerszijden totdat zij de absis-as raakt, dan zal het zwaartepunt der figuur welke tusschen deze voltooide kromme en die as begrepen is, volloende nauwkeurig het zwaartepunt der vloedfiguur voor punt K voorstellen. Daar dit zwaartepunt volgens tabel XIII op  $1^{\text{u}}-5'$  ligt, moet men de kromme *ABC* zoodanig plaatsen, dat het proefondervindelijk bepaalde zwaartepunt der figuur op dit tijdstip valt. Alsdan ligt de kromme *ABC* naar behooren.

Hierna wordt op gelijke wijze de kromme *DEF* op de juiste plaats gebracht. Het zwaartepunt der gemiddelde ebfiguur voor station K, ligt volgens tabel XIII op  $7^{\text{u}}-11'$ ; men heeft dus slechts het proefondervindelijk bepaalde zwaartepunt der oppervlakte, welke tusschen de tot de absis-as verlengde kromme *DEF* en deze as begrepen is, op  $7^{\text{u}}-11'$  te plaatsen.

De juiste ligging van *ABC* en *DEF* nu bekend zijnde, mag het ontbrekende deel van het snelheidsverloop op het oog aangevuld worden.

Op soortgelijke wijze zijn de voorstellingen fig. 2 en fig. 4 verkregen, waarbij tevens acht is geslagen op de grootte der kenterings-snelheden uit tabel XI.

*Voortplanting  
der kenteringen  
fig. 5, Plaat IV.*

De zwaartepunten der figuren, de meest stabiele van alle punten, die wij tot nu toe leerden kennen, verschaffen ons eene welkome gelegenheid om de voortplanting der kenteringen op juistere wijze te bepalen, dan bij de samenstelling van den stroom-aanwijzer, fig. 1, Plaat IV, kon geschieden.

Hiertoe dient nagegaan op welken afstand van de zwaartepunten van vloedfiguur en ebfiguur, het tijdstip der kentering  $V/E$  is gelegen.

Het tijdstip van kentering van vloedstroom naar ebstroom valt op station K (uit alle daartoe bruikbare waarnemingen gemiddeld) op  $4^{\text{u}}-18'$ , en aangezien het zwaartepunt der vloedfiguur gemiddeld op  $1^{\text{u}}-5'$ , het zwaartepunt der ebfiguur op  $7^{\text{u}}-11'$  ligt, zoo valt derhalve het tijdstip van kentering  $V/E$ , omtrent midden tusschen beiden ( $10'$  later). Op het lichtschip te Noord-Hinder ligt het zwaartepunt der vloedfiguur gemiddeld op  $11^{\text{u}}-57'$ , der ebfiguur op  $6^{\text{u}}-20'$ , terwijl de kentering  $V/E$  om  $3^{\text{u}}-12'$  voorvalt; dus eveneens omtrent midden tusschen beiden in ( $4'$  later). Iets dergelijks wordt te Terschellingerbank waargenomen, alwaar het gemiddeld tijdstip van het zwaartepunt der vloedfiguur  $3^{\text{u}}-52'$ , der ebfiguur  $8^{\text{u}}-39'$ , der kentering  $V/E$   $7^{\text{u}}-26'$  is ( $11'$  later dan het midden tusschen beide zwaartepunten). Derhalve mogten wij aannemen dat overal deze verhouding bestaat en hieruit den voortgang der kentering langs de geheele kust bepalen, en de lijnen van kentering in fig. 5, Plaat IV teekenen.

(1) Uit de stabiliteit der ligging dezer zwaartepunten volgt dat het nu eens sneller, dan eens langzaam opkomen of afgaan van vloedstroom en ebstroom, het nu eens vroeger dan eens later intreden der maxima-snelheid, afwijkingen van lagere orde zijn.

Schrijft men achter de waarden der tabel XIII de rangcijfers der betreffende getijden, dan blijken deze volgens generlei regel gegroepeerd liggen. Derhalve hangt de schommeling der zwaartepunten niet van de maansgestalten af en is van secundaire beteekenis.

Meer nauwkeurig dan uit den stroom-aanwijzer (fig. 1, dezer plaat,) kan men nu den stroom op een bepaald oogenblik uit de fig. 2, 3, 4 en 5 leeren kennen. Bevindt men zich wederom op zekeren dag, op welken het Hoogwater aan den Hoek te drie uur intreedt, te vijf uur nabij IJmuiden, dan geeft de ordinaat van uur II, fig. 3, de snelheid aan die op dit tijdstip aan den Hoek wordt gevonden; en de ordinaat welke bij de abscis  $1^{\text{u}}-4'$  behoort, die welke te gelijker tijd te IJmuiden wordt waargenomen, aangezien uit den voortgang der kentering (fig. 5) blijkt, dat de getijstroom nabij IJmuiden omtrent  $\frac{3}{4}$  uur later intreden dan aan den Hoek.

*Bepaling van de  
stroomsterkte  
op een willekeurig  
uur op eene wille-  
keurige plaats tus-  
schen den Hoek  
en den Helder.*

§ 9. Wij dienen thans stil te staan bij eene hoogst merkwaardige zaak, welke tot nu toe slechts ter loops werd aangevoerd.

De kennis omtrent verhangen en snelheden wordt hoofdzakelijk verkregen door het onderzoeken van den waterloop op bovenrivieren, of daarmede in aard overeenkomende kanalen en kanaaltjes, aangezien daár de observatie's het gemakkelijkst te verrichten zijn en de wetten, welke daár de verschijnselen beheerschen, betrekkelijk eenvoudig genoemd mogen worden. Dit onderzoek leidt er toe om een innig verband tusschen het verhang en de snelheid aan te nemen. Wordt het verhang kleiner terwijl het overige onveranderd blijft, dan neemt de snelheid af, terwijl zonder verhang geene snelheid mogelijk is; en ofschoon bij sommige proefnemingen in het klein, het water tegen het verhang oploopt (*ressaut*), heeft men uit het oogpunt der praktijk slechts rekening te houden met watermassa's, die zich in denzelfden zin bewegen als het verhang.

*Verband tusschen  
de horizontale  
en de verticale  
waterbeweging.*

Eerst de studie der benedenrivieren maakt opmerkzaam op den factor, welke bij de bovenrivieren buiten rekening kon gelaten worden: het behoud van het arbeidsvermogen. Bij het einde der ebloopt het water nog zeewaarts, terwijl de waterspiegel reeds begint te stijgen, zoodat het alsdan tegen het verhang oploopt. Ook bij het einde van den vloed vindt eene dergelijke afwijking plaats van den regel, welke op de bovenrivieren geldt: dat de richting van den stroom uit die van het verhang volgt.

Doch deze afwijkingen zijn te gering, zoowel wat kracht als duur betreft, om de algemeene aandacht te trekken, of aanleiding te geven om het gewone spraakgebruik te wijzigen, dat de woorden „eb” en „vloed” zoowel bezigt waar het de richting der *stroomen*, als waar het de periodieke *rijzing* en *daling* van het water betreft: want het aanzienlijkste deel der daling gaat aan de zeewaartsche richting van den stroom, dat der rijzing aan de tegenovergestelde richting gepaard.

De regel welke op bovenrivieren steeds, op benedenrivieren tijdens het langste deel van den dag geldt, is men natuurlijk geneigd toepasselijk te achten op de zeestroomen.

Wat leeren echter de stroomen tusschen den Hoek en den Helder, welke nagenoeg evenwijdig aan de kust loopen (fig. 2, Plaat III, en fig. 5, Plaat IV), en dus eene schoone gelegenheid aanbieden om den regel omtrent het verband tusschen snelheid en verhang te toetsen?

Terwijl de onderzeesche bodem een vloeiend beloop vertoont, (fig. 3, Plaat I), blijkt de rijzing en daling van den waterspiegel langs die kuststrekking (fig. 1, Plaat III) op de eene plaats geheel andere regels te volgen dan op de andere, en te meer treft het derhalve dat, gelijk tabel VII aantoonde, de vorm van het snelheidsverloop tusschen den Hoek en den Helder overal dezelfde, het snelheidsverloop dus éénvormig is. Ook planten zich de kenteringen langs dit gedeelte der kust met eenparige snelheid voort, gelijk fig. 5, Plaat IV uitwijst.

Hoe kan eene zoo groote afwisseling in de wijze op welke het water rijst en daalt, gepaard gaan aan éénvormigheid in alles wat den stroomloop betreft? Slechts indien het

verband tusschen verhang en snelheid, dat zóó vast op de bovenrivieren is, in zee betrekkelijk los genoemd mag worden, kan deze schijnbare tegenstrijdigheid verklaard worden.

Dat dit verband werkelijk van weinig innigen aard is, zullen de volgende bladzijden aantonen. Van zelf volgt daaruit dat de woorden „eb” en „vloed” welke, gelijk straks gezegd werd, gewoonlijk zonder onderscheid zoowel op het *rijzen* en *dalen* van den waterspiegel als op de richting der *stroomen* worden toegepast, slechts met omzichtigheid mogen gebruikt worden, of liever, ten einde spraakverwarring te voorkomen, geheel ter zijde moeten gesteld worden. Daarom worden dan ook steeds in dit Verslag de veel omslachtigere maar meer duidelijke benamingen: *verticale* en *horizontale waterbeweging* gebezigd, en wordt waar wij de horizontale beweging van het water in de eene richting onderscheiden willen van die in de tegenovergestelde richting, nimmer van eb en vloed, maar steeds van *ebstroom* en *vloedstroom* gesproken.

#### HOOFDSTUK IV.

##### *De verticale waterbeweging.*

*Veranderingen in den tijd en de hoogte van Hoogwater en Laagwater aan de peilschalen langs onze Noordzeekust, Plaat V, fig. 1 en 2.*

§ 1. Ofschoon de verticale waterbeweging langs onze kust, gelijk in de laatste paragraaf van het vorige Hoofdstuk aangeteekend werd, op de eene plaats een geheel anderen vorm heeft dan op de betrekkelijk dicht daar neven gelegene, bewijzen hare regelmatige schommelingen de nauwe onderlinge verwantschap der schijnbaar onafhankelijke getijlijnen.

De periodieke schommelingen in tijd en in hoogte van Hoogwater en Laagwater welke wij hier bedoelen, zijn wel is waar reeds lang bekend, doch konden eerst na de invoering der zelfregistreerende peilschalen nauwkeurig over eenig langer tijdsverloop worden nagegaan. Zijn deze schommelingen uit een praktisch oogpunt niet van belang ontbloot, uit een wetenschappelijk standpunt bezien, zijn zij hoogst gewichtig, daar zij het bewijs leveren, dat de theorie omtrent den invloed der hemellichamen op den vorm van den waterspiegel, zeer nauw aan de werkelijkheid aansluit.

Daarenboven leveren deze periodieke schommelingen bewijzen voor onze stelling omtrent den lossen aard van het verband tusschen de verticale en de horizontale waterbeweging langs onze kust.

Wij hebben derhalve genoegzame redenen om aan de beschrijving dezer periodieke schommelingen de eerste vier paragrafen van dit Hoofdstuk te wijden, terwijl in de beide daarop volgende in het kort zal worden aangegeven op welke wijze men dergelijke wisselingen in het algemeen verklaard.

Het weder was in de tweede helft der maand Augustus en in de eerste helft der maand September 1880 gunstig, en uit de alstoen waargenomen waterhoogten kan men zich een — voor ons doel voldoende — denkbeeld vormen van de verticale waterbeweging langs onze kust.

In fig. 2, Plaat V zijn — met behulp van een coördinatenstelsel, waarvan de abcis-as die der tijden, de ordinaat-as die der hoogten ten opzichte van A.P. voorstelt — de achtereenvolgende Hoog- en Laagwaterstanden aan de peilschalen aan den Hoek van Holland, te Katwijk en te Helder geteekend.

Vervolgens zijn alle aan eenzelfde peilschaal waargenomen Hoogwaterstanden door eene gebroken lijn vereenigd, en is hetzelfde met de Laagwaterstanden geschied.

Deze gebroken lijnen hebben een zeer eigenaardigen vorm; beschouwt men bijv. die welke de achtereenvolgende Hoogwaters aan den Hoek van Holland vereenigt, dan merkt men eene dubbele beweging op: eene langzaam golvende en eene zig-zag beweging.

De golflengte der lijn beslaat — zooals uit de op de teekening geplaatste maansgestalten blijkt — een halven maansomloop; het Hoogwater neemt in hoogte toe naarmate het tot nieuwe of volle maan nadert, neemt daarentegen in hoogte af naarmate het tot de kwartiermanen voortschrijdt. Het hoogste Hoogwater valt echter niet samen met den doorgang van nieuwe of volle maan, het laagste niet met den doorgang der kwartiermanen: eerst eenige dagen nadat de maansgestalte veranderd is, wordt het hoogste of het laagste Hoogwater waargenomen.

De zig-zag beweging is daarentegen eene half-dagelijksche. Deze is niet voortdurend even aanzienlijk en verspringt daarenboven.

Noemt men elk Hoogwater dat grootere hoogte dan het voorgaande en het volgende Hoogwater bezit: *hoog-Hoogwater*, de anderen in tegenstelling: *laag-Hoogwaters*; en geeft men aan het hoog-Hoogwater dat aan den Hoek enkele uren na middernacht 17-18 Augustus inviel, het rangcijfer 1, aan de daarop volgende Hoogwaterstanden de rangcijfers 2, 3, 4 enz., dan zal tot op den 24<sup>sten</sup> Augustus elk hoog-Hoogwater door een *oneven* getal worden aangeduid. Van af dien dag tot op den 28<sup>sten</sup> Augustus is geene zig-zag merkbaar; tijdelijk vervalt het onderscheid tusschen hoog-Hoogwater en laag-Hoogwater, dat daarentegen van 28 Augustus tot 6 September wederom zeer duidelijk is. Doch zet men de nommering van straks voort, dan zal nu elk hoog-Hoogwater een *even* ranggetal dragen; derhalve moet tusschen 24 en 28 Augustus de volgorde: hoog-Hoogwater, laag-Hoogwater, zijn omgesprongen.

Op welke wijze dit omspringen geschiedt, leeren ons de waterhoogten van 24-28 Augustus niet. Het verschil tusschen hoog-Hoogwater en laag-Hoogwater, vervloeit; wordt het daarna weer merkbaar, dan is de omspringing afgelopen. Hier duurde het tijdperk der omwisseling vier à vijf dagen, meermalen beslaat het er echter slechts een tweetal.

Ten gevolge van dit omspringen der zig-zag traden de hoog-Hoogwaters — zoowel van 18 tot 24 Augustus als van 28 Augustus tot 6 September — steeds des *nachts* in. Zonder deze omwisseling zouden de *dag*getijden van 28 Augustus tot 6 September, hooger dan de *nacht*getijden geweest zijn, aangezien in twaalf etmalen ongeveer vijf en twintig Hoogwaters voorkomen en van 18 tot 24 Augustus de *nacht*getijden het hoogst waren.

Wat voor de Hoogwaters aan den Hoek geldt, geldt ook voor die te Katwijk en te Helder; terwijl daarenboven de schommelingen in hoogte aan alle drie peilschalen genoegzaam even groot zijn.

De gebroken lijnen, welke de achtereenvolgens waargenomen Laagwaters vereenigen, geven tot soortgelijke beschouwingen aanleiding.

Het eenige wat opmerking verdient is: dat bij de Laagwaters de *halfmaandelijksche* hoogteverandering zeer gering blijkt te zijn, terwijl de *halfdagelijksche* daarentegen zeer duidelijk is. (Deze eigenaardigheid der waterbeweging wordt niet slechts in Augustus en September 1880 gevonden, maar wordt voortdurend waargenomen.)

Ook bij de Laagwaters springt de zig-zag om: want steeds volgt van 18 tot 23 Augustus op een hoog-Hoogwater een hoog-Laagwater, en hetzelfde geschiedt van 29 Augustus tot 7 September.

§ 2. Niet minder merkwaardig dan de schommelingen in *hoogte*, zijn de schommelingen in *tijd* der Hoogwaters en der Laagwaters, indien men deze aan het oogenblik van maansdoorgang vastknoopt.

In fig. 1, plaat V, is de verplaatsing ten opzichte van den maansdoorgang, der hierboven behandelde Hoogwaters en Laagwaters voorgesteld. De ordinaten geven van boven naar beneden tellende, den tijd (burgerlijken) na maansdoorgang aan. Ook hier zijn de tijd-

*Halfmaandelijksche schommeling in hoogte van het Hoogwater aan den Hoek van Holland.*

*Halfdagelijksche schommeling in hoogte van het Hoogwater aan den Hoek van Holland.*

*Schommelingen in hoogte der Laagwaters.*

*Schommelingen in tijd der Hoogwaters en der Laagwaters aan de peilschalen langs onze Noordzeekust, fig. 1, Plaat V.*

stippen, welke op de achtereenvolgende Hoogwaters of Laagwaters aan eenzelfde peilschaal betrekking hebben, door lijnen vereenigd.

Hierbij moest echter rekening gehouden worden met de eigenaardigheden der getijlijnen aan den Hoek en te Helder, eigenaardigheden, welke fig. 6 en 7 dezer plaat doen zien. Bij springtij neemt men nl. aan den Hoek een dubbel Laagwater waar, en ofschoon de *hoogte* van het Laagwater vóór den agger, weinig verschilt van die, welke ná den agger intreedt, is het *tijdsverschil* zeer aanzienlijk. Te Helder wordt daarentegen een dubbel Hoogwater gevonden, waarvan de toppen nagenoeg even hoog zijn, maar zeer ver van elkander verwijderd liggen. Derhalve is in fig. 1 en het Laagwater aan den Hoek en het Hoogwater te Helder door een tweetal lijnen voorgesteld, welke nabij de kwartierstanden in elkaar vloeien, omdat alsdan het dubbel Laagwater aan den Hoek in een enkelvoudig Laagwater overgaat en iets soortgelijks met het dubbel Hoogwater te Helder geschiedt (fig. 6 dezer plaat). Dat het in elkaar vloeien of uit elkander gaan niet geleidelijk, maar vrij plotseling plaats grijpt, toonen de lijnen op 28 en 31 Augustus aan.

*Halfmaandelijke schommeling van het tijdstip van Hoogwater aan den Hoek van Holland.*

Ook de gebroken lijnen in fig. 1 bezitten eene dubbele beweging: de halfmaandelijke golvende en de halfdagelijksche zig-zag. Doch de golfbeweging *in tijd*, is zeer onderscheiden van die *in hoogte*, gelijk o. a. duidelijk blijkt uit de lijnen welke op het Hoogwater aan den Hoek van Holland betrekking hebben.

Van 18 tot 28 Augustus werd de tijd, welke tusschen den maansdoorgang en het tijdstip van Hoogwater verliep, geregeld korter — *vervroegde* dus dit Hoogwatertijdstip regelmatig —, vervolgens vergrootte de tijdsruimte, en deze *verachtering* van het Hoogwatertijdstip geschiedde zóó snel, dat op den 1<sup>sten</sup> September het Hoogwater omtrent een kwartier later na maansdoorgang inviel dan op den 18<sup>den</sup> Augustus.

De totale vervroeging van 1½ uur, tot welke *tien* dagen noodig waren, werd dus door eene totale verachtering van 1¼ uur gevolgd, welke in slechts *vier* dagen tot stand kwam.

De gebroken lijnen, welke de tijdstippen van Hoogwater te Katwijk en te Helder vereenigen, loopen genoegzaam evenwijdig met de hier behandelde: vervroeging en verachtering volgen derhalve langs onze kust eenzelfde wet. (1) Neemt men echter de *Tide-Tables* ter hand, welke de tijdstippen van Hoogwater te Brest, Dover, Londen, Harwich, Hull en andere Engelsche kustplaatsen van dag tot dag geven, dan ziet men dat in al deze havens de vervroeging en verachtering van het Hoogwatertijdstip volgens andere regels plaats heeft dan langs onze kust. Wat hiervan de reden is zal later blijken.

*Halfdagelijksche schommeling van het tijdstip van Hoogwater aan den Hoek van Holland.*

Wat de halfdagelijksche schommeling in *tijd* betreft, deze verspringt op gelijke wijze als zulks uit fig. 2 met de halfdagelijksche schommeling in *hoogte* het geval bleek te zijn. Noemt men elk Hoogwater, dat eerder dan het voorgaande of het volgende na maansdoorgang intreedt: *vroeg-Hoogwater*, de anderen in tegenstelling: *laat-Hoogwaters*, dan bespeurt men dat aan den Hoek van Holland het *hoog-Hoogwater* tevens een *vroeg-Hoogwater* is. Zoo wel van 18 tot 24 Augustus als van 24 Augustus tot 6 September zijn de *hoog-Hoogwaters* tevens *vroeg-Hoogwaters*, de *laag-Hoogwaters* daarentegen *laat-Hoogwaters*.

Wat voor het Hoogwater aan den Hoek geldt, geldt ook voor dat te Katwijk, alsmede voor het *eerste* Hoogwater van den dubbelen vloedkop te Helder: ofschoon de vorm van den Helderschen vloedkop geene scherpe tijdsbepaling toelaat.

De vervroeging en verachtering van het tijdstip van Laagwater volgt soortgelijke wetten.

(1) In het Jaarboekje van het Instituut van Ingenieurs worden een drietal tabellen van vervroeging en verachtering gegeven, van welke een bij onze zeelieden in gebruik is; vergelijkt men echter de waarden voor de achtereenvolgende tijdstippen van Hoogwater aan den Hoek van Holland met behulp dier tabel berekend, met de werkelijk waargenomene, dan ziet men dat deze tabel evenmin als de beide andere hier toepasselijk is.

Ook hier heeft eene halfdagelijksche schommeling plaats, doch deze is minder sprekend dan die van het Hoogwater, en de regelmatigheid der zig-zag schijnt door nevenoorzaken lichter verstoord te worden. Toch mag men zeggen dat het tweede Laagwater van het dubbel-Laagwater aan den Hoek, het Laagwater te Katwijk en het Laagwater te Helder, beurtelings vroeg & hoog, of laat & laag zijn.

Het bovenstaande samenvattende kan men derhalve den volgenden cirkelgang vaststellen: vroeg- & hoog-Hoogwater; vroeg- & hoog-Laagwater; & laat-laag-Hoogwater; laat- & laag-Laagwater.

Voor zooverre onze onderzoekingen zich over andere jaren en maanden uitstrekken, schijnt deze regel steeds voor de hierboven genoemde peilschalen te gelden.

§ 3. Hoewel theoretische bespiegelingen in dit Verslag zooveel mogelijk vermeden worden, dienen wij wel een oogenblik stil te staan bij de wijze, op welke gewoonlijk de halfdagelijksche schommelingen verklaard worden.

Bedekte eene waterschicht de geheele aarde, dan zoude de watermassa den vorm eener omwentelingsellipsoïde aannemen, van welke de groote as in de lijn ligt welke de middelpunten van hemellichaam en aarde verbindt. Zij het vlak door deze lijn en de aard-as gebracht, ons vlak van teekening (fig. 3<sup>a</sup> plaat V), terwijl het hemellichaam eene declinatie = 0 bezit (met andere woorden: zich in het vlak van den evenaar bevindt). Alsdan zullen op eenigen breedtecirkel *AB* — hier op 40° N.Br. getrokken — twee Hoogwaters *Aa* en *Bb* voorkomen, welke 180° lengte van elkander verwijderd zijn en gelijke waarde bezitten; terwijl op 90° lengte van uit deze plaatsen gerekend, twee Laagwaters *C, c*, en *C, c,* worden aangetroffen, welke eveneens eenzelfde waarde hebben (fig. 3<sup>b</sup>). Blijft de stand van het hemellichaam onveranderd, dan zal door de dagelijksche omwenteling der aarde elke waarnemer op genoemden breedtegraad, achtereenvolgens deze verschillende Hoogwaters en Laagwaters ontmoeten, aangezien de vaste aardkern als het ware *onder* de waterellipsoïde draait, welke groote as eene onveranderlijke richting behoudt.

Het Hoogwater *Aa* treedt voor den waarnemer in op het oogenblik der zichtbare culminatie van het hemellichaam; zes uur later neemt hij het Laagwater *C, c*, waar; wederom zes uur later — op het oogenblik der onzichtbare culminatie — het Hoogwater *Bb*; nog zes uur later het tweede Laagwater *C, c,*.

Daar beide Hoogwaterstanden een zelfde waarde bezitten en beiden op het oogenblik der culminatie van het hemellichaam worden waargenomen, kan hier evenmin sprake zijn van eene onderscheiding in hoog-Hoogwater en laag-Hoogwater, als van eene onderscheiding in vroeg-Hoogwater en laat-Hoogwater. — Hetzelfde geldt voor de Laagwaters.

§ 4. Zoodra echter de declinatie van het hemellichaam van nul afwijkt, wijzigen zich de verschijnselen. Zij wederom het vlak van teekening door de aard-as en de lijn gebracht, welke de middelpunten van hemellichaam en aarde verbindt, dan zullen de Hoogwaters op den breedtecirkel van straks — 40° N.Br. — nu door *A'a* en *B'b* worden voorgesteld (fig. 4, plaat V). Nog steeds bedraagt hunne afstand 180° lengte en vallen zij zamen met de culminaties van het hemellichaam, doch beider hoogte is niet meer dezelfde, beurtelings treedt een *hoog-Hoogwater* en een *laag-Hoogwater* in.

Uit den afstand der doorsneden van het kegeloppervlak, dat door de peilschaal gedurende de dagelijksche omwenteling wordt beschreven, met de waterellipsoïde en met de aardkern, kan de plaats der beide Laagwaters worden afgeleid. Beiden projecteeren zich in *Cc* (1) en

(1) De lijn *Cc* is niet in de figuur getrokken: zij richt zich door het midden der beide letters, even als de lijnen *A'a* en *B'b*, naar het middenpunt der aarde.

*Verklaring van het ontstaan van dag- en nachtgetijden.*

*Op welke wijze Hoogwater en Laagwater ontstaan in geval de aantrekkingskracht door één hemellichaam met eene declinatie van nul verschillend, wordt uitgeoefend.*

hebben eenzelfde waarde, daar ons vlak van teekening zoowel de waterellipsoïde als de aardkern in twee symetrische deelen scheidt. Doch booglengthe  $A'C$  is niet gelijk aan booglengthe  $C'B'$ , met andere woorden, de Laagwaters liggen niet langer zes uren van elk Hoogwater verwijderd: zij zijn naar het laag-Hoogwater toe verschoven. Thans zal dus de waarnemer de verschillende Hoogwaters en Laagwaters ontmoeten nadat de aarde in hare dagelijksche omwenteling de bogen  $A'C$ ,  $C'B'$ ,  $B'C$ , en  $C'A'$  heeft doorloopen, met andere woorden: op het hoog-Hoogwater volgt een *laat*-Laagwater, dan een laag-Hoogwater, en eindelijk een *vroeg*-Laagwater.

Op welke wijze Hoogwater en Laagwater ontstaan ingeval de aantrekkingskracht door twee hemellichamen wordt uitgeoefend.

§ 5. Reeds zijn de Hoogwaters in hoog- en laag-, doch nog niet in vroeg- en laat-Hoogwater onderscheiden; wij kennen vroeg- en laat-, doch geen hoog- of laag- Laagwater. Hiertoe dienen wij der werkelijkheid nog eene schrede nader te komen en in plaats van de aantrekkingskracht van één hemellichaam, den invloed van twee hemellichamen in te voeren. Elk dezer zal van het water eene omwentelingsellipsoïde trachten te vormen, van welke de groote as door het middelpunt der aarde en door het zijne gaat. Doch zon en maan — de hemellichamen om welke het hier handelt — hebben niet eenen even grooten invloed; de aantrekkende kracht is evenredig met de massa, omgekeerd evenredig met het vierkant van den afstand, en derhalve is die der zooveel kleinere maan gemiddeld  $2\frac{1}{5}$  maal grooter dan die der ontzaglijke, maar tevens verder van ons verwijderde zon. Men mag dus aannemen dat de waterschicht welke de aarde bedekt, zich onder den invloed der maan tot eene omwentelingsellipsoïde vervormt, van welke de as door de middelpunten van maan en aarde gaat, doch welke ellipsoïde meer of min door den invloed der zon wordt gewijzigd.

Veronderstellen wij een oogenblik dat in fig. 5, plaat V, zon  $Z$  en maan  $M$  beiden eene declinatie = 0 bezitten. Blijf de zon buiten spel, dan zouden de Hoogwaters op den breedte-cirkel van  $40^\circ$  N.Br., in  $\alpha$  en  $\beta$  gevonden worden (het vlak van teekening is in deze figuur door den evenaar gebracht) en  $180^\circ$  lengte of 12 uren uit elkander liggen; terwijl daarentegen, indien de maan geen invloed uitoefende, deze Hoogwaters in  $\gamma$  en  $\delta$  zouden worden waargenomen. De werkelijke Hoogwaters zullen dus tusschen  $\alpha$  en  $\gamma$ , en  $\beta$  en  $\delta$  liggen, dichter bij  $\alpha$  en  $\beta$  dan bij  $\gamma$  en  $\delta$ ; derhalve in  $\alpha$ , en  $\beta$ . (1) De waarnemers in  $\alpha$ , en  $\beta$ , hebben op het oogenblik van Hoogwater de maan nog niet in het zenith, en beide Hoogwaterstanden treden *vóór* maansculminatie in, m. a. w. zij *vervroegen*.

Doch ten gevolge van de beweging der maan om de aarde zullen de Hoogwaters niet voortdurend vervroegen, maar zullen integendeel om de zeven dagen beurtelings eene vervroeging en eene verachtering intreden, welke telkens eerst toe- en daarna afnemen. Want toen zon, maan en aarde op het oogenblik van nieuwe maan ( $NM$ ) in ééne lijn stonden, was van vervroeging van het Hoogwater nog geen sprake, daar de groote assen der waterellipsoïden welke zon en maan trachten te vormen, in elkander vielen. Is vervolgens de maan uit den stand  $M$  naar dien van eerste kwartier ( $EK$ ) voortgeschreden, dan staan de groote assen der waterellipsoïden welke deze hemellichamen trachten te vormen, loodrecht op elkander en is derhalve de vervroeging weder te niet gegaan. Daarentegen zullen de Hoogwaters verachterten, wanneer de maan eenen stand  $M'$  tusschen eerste kwartier en volle maan in, aanneemt, omdat de Hoogwaters alsdan niet in  $\alpha$ , en  $\beta$ , maar in  $\alpha''$  en  $\beta''$ , dus na maansculminatie intreden.

Deze vervroeging en verachtering der Hoogwaterstanden — iets soortgelijks heeft met de de Laagwaterstanden plaats — is die halfmaandelijksche schommeling in *tijd*, welke fig. 1 dezer plaat weergaf. Dat de groote assen der waterellipsoïden, welke zon en maan trachten

(1) In de figuur is verkeerdelijk  $\beta'$  in plaats van  $\beta$ , geschreven.

te vormen, nu eens bij volle of nieuwe maan samenvallen, dan weder bij kwartiermaan loodrecht op elkaar staan, geeft tevens aanleiding tot de halfmaandelijksche schommeling in *hoogte*, welke ons fig. 2 deed zien.

Thans blijft nog slechts de *halfdagelijksche* schommeling in *tijd* te verklaren. (Want de halfdagelijksche schommeling in *hoogte* vond reeds in § 4 eene uitlegging). Hiertoe moeten wij in herinnering brengen, dat slechts zeer zelden zon en maan beiden een declinatie = 0 bezitten en dat daarenboven de maansdeclinatie gedurende een geheelen omloop verre van onveranderlijk is. Want daar de baan der maan nagenoeg in het vlak der ecliptica ligt, verkrijgt de declinatie van dit hemellichaam bij dien omloop tweemaal alle waarden tusschen maxima-zuid en maxima-noord in gelegen.

In fig. 5 heeft de maan eene noordelijk declinatie van omtrent  $23\frac{1}{2}^\circ$  (even als het hemellichaam in fig. 4); het Hoogwater  $\alpha$  is dus een hoog-Hoogwater (evenals  $A'a'$  in figuur 4), het Hoogwater  $\beta$  daarentegen (evenals  $B'b'$ ) een laag-Hoogwater. De zonne-Hoogwaters  $\gamma$  en  $\delta$  zullen daarentegen, gelijk de Hoogwaters  $Aa$  en  $Bb$  in figuur 3, eene zelfde hoogte hebben, aangezien de zon even als het hemellichaam in fig. 3 eene declinatie = 0 bezit. Hieruit volgt dus dat het *werkelijk waargenomen Hoogwater*  $\alpha$ , minder in tijd en hoogte van  $\alpha$  zal afwijken dan  $\beta$ , van  $\beta$ , want aangezien de beide zonne-Hoogwaters eenzelfde hoogte hebben, zoo zal het *hoog-maan-Hoogwater* minder dan het *laag--maan-Hoogwater* door het zonne-Hoogwater gewijzigd worden. Derhalve zijn boog  $\alpha\alpha$ , en  $\beta\beta$ , niet meer gelijk;  $\alpha\alpha$ , zal kleiner dan  $\beta\beta$ , wezen, met andere woorden: het Hoogwater  $\alpha$ , ligt dichter bij den maansdoorgang dan het Hoogwater  $\beta$ , zoodat het hoog-Hoogwater tevens een *vroeg*-Hoogwater, het laag-Hoogwater tevens een *laat*-Hoogwater is geworden.

Men begrijpt licht dat op gelijke wijze de Laagwaters, welke onder den invloed van één hemellichaam reeds in laat-Laagwater en vroeg-Laagwater onderscheiden werden, nu onder de inwerking der twee hemellichamen ook in *hoogte* gaan verschillen en zich in hoog-Laagwater en laag-Laagwater splitsen.

Doch al deze *schommelingen* in tijd en hoogte van Hoogwater en Laagwater moeten uiterst afwisselende waarden bezitten. Want de maansdeclinatie verandert van maxima-zuid tot maxima-noord of omgekeerd, in omtrent veertien dagen, terwijl de zonsdeclinatie gelijke verandering in den loop van elk halfjaar ondergaat. Daarenboven zijn de afstanden van maan en zon onderling en tot de aarde niet steeds dezelfde; zoodat de gemiddelde verhouding tusschen den invloed van maan en zon welke wij op  $2\frac{1}{5} : 1$  stelden, tusschen  $1\frac{9}{10} : 1$  en  $2\frac{9}{5} : 1$  wisselt. En ofschoon deze en nog andere omstandigheden in werkelijkheid niet dien invloed hebben, welchen men verwachten zoude, doen toch de zeer menigvuldige wijzigingen in hoogte en tijd van Hoogwater en Laagwater zien dat de theorie van eb en vloed op zeer deugdelijke gronden berust.

Het loonde dan ook zeer de moeite, om de lijnen, welke in fig. 1 en 2, Plaat V, slechts voor een dertigtal dagen geteekend zijn, voor eenige jaren te vervaardigen, en uit het onderzoek dezer lijnen — welke echter niet bij dit Verslag gevoegd zijn — bleek dat werkelijk aan de peilschalen aan den Hoek, te Katwijk, te IJmuiden en te Helder, de halfdagelijksche schommeling in tijd en in hoogte met de maansdeclinatie samenhangt, en dat deze schommeling kort na de maxima-declinatie verspringt.

§ 6. In de vorige paragrafen zijn de schommelingen in hoogte en tijd van Hoogwater en Laagwater verklaard, welke aan alle peilschalen langs onze kust — zij het ook niet in gelijke mate — worden waargenomen; doch de reden van het dubbel-Laagwater aan den Hoek, van den dubbelen vloedkop te Helder, in het algemeen van den zeer merk-

Voortplanting der getijden.