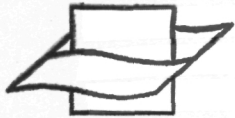


24919

Tesch, Dr. J. J.

De physische gesteldheid der Noordzee.

K.N.A.G. Vol. XXVII, 1910.



Vlaams Instituut voor de Zee
Flanders Marine Institute

702

DE PHYSISCHE GESTELDHEID DER NOORDZEE

DOOR

Dr. J. J. TESCH.

(Met kaarten XV en XVI).

De zeer belangrijke economische beteekenis der Noordzee heeft een reeks van onderzoekingen uitgelokt, die, zij het ook in den aanvang hoofdzakelijk op de belangen der scheepvaart en der visscherij gericht, niettemin ook op zuiver wetenschappelijk terrein belangrijke vruchten hebben afgeworpen. Een hooge vlucht namen deze onderzoekingen vooral, toen men het stadium der meer plaatselijke nasporingen en der oriënteerende expedities, als van de „Pommerania”, de „Sophie” en de „Drache”, te boven was, en na de internationale conferenties van Stockholm (1899) en Christiania (1901) eene organisatie tot stand kwam, die zich, onder krachtige medewerking van alle staten van Noordwest-Europa, eene rationeele exploitatie van de aan deze landen grenzende zeeën tot einddoel stelde. De resultaten van dit zeer omvangrijke werk, dat sinds de samenkomst te Kopenhagen in Juli 1902 tot heden, een belangrijken staf van geleerden uit alle deelnemende landen heeft bezig gehouden, hebben in zoo menig opzicht nieuwe banen van onderzoek geopend, dat ik gaarne deze gelegenheid aangrijp, omtrent deze uitkomsten, voor zoover ze de physische gesteldheid van de Noordzee betreffen, een en ander mede te deelen.

1. Grenzen en uitgestrektheid van het Noordzee-gebied.

Daar niet aan alle zijden natuurlijke grenzen kunnen

worden aangegeven, zullen deze steeds, al naarmate van het standpunt waarop men zich stelt, eenigszins willekeurig moeten worden getrokken.

Op de internationale conventie van 1882 werden als grenzen, behalve natuurlijk de kustlijnen, aangenomen:

noordwestwaarts: een lijn langs de Orkney- en Shetlands-eilanden tot aan 61° N. Br.

noordwaarts: de 61^{ste} breedtegraad tot aan de kust van Noorwegen.

noordoostwaarts: een lijn van Lindesnäs naar Kaap Hanstholm.

zuidwaarts: een lijn van South-Foreland naar Kaap Gris-Nez.

In de Noorsche visscherij-rapporten, en ook door Krümmel, wordt evenwel de noordgrens getrokken van de Shetlands-eilanden naar Kaap Stat aan de kust van Noorwegen op $62^{\circ} 11'$ N. B., terwijl ook de grenslijn in het Skagerrak door Krümmel en Henking eenigszins anders wordt aangenomen, eene wijziging, die hier intusschen van geen belang is ¹⁾.

Van zuiver oceanographisch standpunt zal men evenwel reeds dadelijk de diepe Noorsche geul en het Skagerrak, waar geheel andere toestanden heerschen dan in de eigenlijke Noordzee, afzonderlijk moeten beschouwen, en verdient het aanbeveling, in het Noorden de dieptelijn van 200 M. (zie kaart XV) als grens aan te nemen. Het aldus eenigszins beperkte gebied beslaat dan nog eene oppervlakte van 507 650 K. M².

De bioloog, die zich met de verspreiding der bodemdieren in de Noordzee heeft bezig gehouden, zal veeleer geneigd zijn het plateau, dat zich in het Noorden tusschen 100 en 200 M. diepte uitstrekt, als niet meer tot het eigenlijke Noordzee-gebied behoorend te beschouwen, en dus

1) De hier bedoelde lijn gaat niet van Lindesnäs, maar van Flekkerö, dicht bij Christiansand uit, is echter eveneens naar Kaap Hanstholm gericht.

de 100 M. lijn als grens willen aannemen. Beiden echter, de oceanograaf en de bioloog, zullen, zooals duidelijk is, ook aan de onmiddellijk aangrenzende terreinen hun aandacht moeten schenken. De officieele grens in het Kanaal, van South-Foreland naar Kaap Griz-Nez, kan ook wetenschappelijk gereedelijk aanvaard worden.

II. *Morphologie van de Noordzee.*

De Noordzee kan beschouwd worden als eene ondiep randgebied van den Atlantischen Oceaan, waarin door de breede toegangspoorten water met hoog zoutgehalte binnendringt, en zich vermengt met het van het land stroomende zoetwater, waardoor tamelijk ingewikkelde mengingsverhoudingen ontstaan. Deze toegangspoorten zijn vier in getal: het Nauw van Calais in het Zuiden, de Pentland Firth tusschen Schotland en de Orkney-eilanden in het Noordwesten, verder de toegang tusschen laatstgenoemde eilanden en de Shetlands, en eindelijk als voornaamste: de breede weg tusschen deze eilanden en de kust van Noorwegen.

Van anderen aard daarentegen is de toegang door het Skagerrak, daar hier juist het Oostzee-water van minder hoog zoutgehalte in de Noordzee stroomt.

Terwijl voor de zuidelijke Noordzee de stroom uit het Kanaal een zeer belangrijke rol speelt, wordt het diepere noordelijke gebied beheerscht door het water, dat door de breede poort tusschen de Shetlands en de Noorsche kust naar binnen dringt. Dit alles zal later meer uitvoerig besproken worden.

Eene beschouwing van kaart XV, waarop in algemeene trekken het verloop der dieptelijnen is geteekend, zal ons een beeld geven van het relief van den bodem der Noordzee.

Al dadelijk valt dan de geringe diepte op, die de Noordzee vertoont. Slechts naar de zijde van de Noorsche geul en het Skagerrak bezit de bodem eene tamelijk steile helling, overigens is zij als een vlak, meestal zeer zwak gol-

vend terrein te kenschetsen. In het centrale gedeelte van deze vlakke is de Doggersbank gelegen, een gebied iets grooter dan Nederland, van langwerpige-ovale gedaante, waarvan de hoofdas in Z. W.—N. O. richting loopt. De bank ligt nergens dieper dan 40 M. onder de oppervlakte der zee, op enkele plaatsen (de zoogenaamde „Patch” in het Z. W.) bedraagt de diepte niet meer dan 10—15 M. en het is te begrijpen, dat op deze plaats bij hevige stormen branding wordt waargenomen.

Wanneer we ons de zoeven genoemde hoofdas der Doggersbank naar weerszijden verlengd denken, tot zij de kusten snijdt, dan wordt daardoor de Noordzee in tweeën gedeeld, welke gedeelten we als noordelijke en zuidelijke Noordzee tegenover elkander kunnen stellen. Het best laat men evenwel de lijn iets zuidelijker verlopen, n. l. van Spurn Point, aan den mond van de Humber, tot Kaap Hanstholm.

De noordelijke Noordzee is het grootste gebied, en vertoont hier en daar aanzienlijke diepte, die in het Skagerak, zij het ook naar eene verouderde looding, meer dan 800 M. bedragen zou¹⁾; overigens in de Noorsche geul meer dan 200 M. bereikt. Ten O. van de Shetlands- en Orkney-eilanden ligt hier het, door de 200 M. lijn begrensde, meer dan 100 M. diepe Noordzee-plateau, dat op Nederlandsche zeekaarten als Trechter wordt aangeduid, op Scandinavische en Engelsche „Tampen” genoemd wordt. Diepten van 80—100 M. treft men over het algemeen slechts over kleine uitgestrektheden aan; alleen tusschen 0° en 2° O. L. vertoont de 80 M. lijn eene scherpe, zich tot over 56° N. B. uitstrekkende bocht, waarbinnen de Long Forties en de Cemetery gelegen zijn. De Groote Visschersbank en het gebied langs de kust van Engeland en Schotland heeft eene diepte van 60—80 M., terwijl op de Kleine Visschersbank en het terrein rondom de Doggersbank de

1) Recente Zweedsche onderzoekingen toonden hier een diepte van 650 M. aan.

bodemdiepte van 40—60 M. afwisselt. Alleen ten Z. van de bovengenoemde Patch strekt zich een meer dan 60 M. diepe geul, het Zilverdiep, uit.

Hiermede zijn wij reeds op het terrein der zuidelijke Noordzee gekomen, waar de bodem nog ondieper en vlakker is dan in het noordelijk van de Doggersbank gelegen gedeelte. Behalve het Zilverdiep hebben we hier slechts ééne breede, in N.—Z. richting langs de Engelsche kust op de hoogte van Yarmouth en Lowestoft verloopende inzinking, het Diepwaterkanaal, met een diepte van 40—50 M. Overigens is verreweg het grootste gedeelte niet dieper dan 20—40 M. Zoo ligt b. v. voor de Hollandsche kust een gebied van 3500 K. M²., de Breeveertien, waar de diepte nagenoeg overal standvastig is, en slechts tusschen 22—25 M. (dus 12¹/₂—14 vadem) afwisselt.

Eene merkwaardige formatie van de zuidelijke Noordzee zijn de voor de Belgische en Zeeuwsche kusten liggende zandbanken van langgerekte gedaante, de Vlaamsche banken, en verder dergelijke verheffingen van den bodem ten N. van het Diepwaterkanaal (Dowsings). Hunne algemeene gedaante en de in beide groepen onderling evenwijdige strekking hebben Engelsche geologen tot het vermoeden geleid, dat ze door de werking der getijstroomen waren ontstaan, in welker hoofdrichting ze dan ook steeds gelegen zijn. Weliswaar bestaan ze hoofdzakelijk uit zandophooping, maar toch bezitten ze een kern van hier en daar te voorschijn tredend gesteente van de Portland-formatie.

Deze laatste omstandigheid bracht Krümmel¹⁾ er toe, de veronderstelling dat deze banken door de, vooral in het Kanaal zeer sterke, getijstroomen waren gevormd, in hoofdzaak voor juist te verklaren; daarbij evenwel de heuvelkammen, of liever hun kern, te beschouwen als de laatste rest van een voormalig land, dat vroeger Zuid-Engeland

1) Die deutschen Meere im Rahmen der internationalen Meeresforschung. Veröffentlich. Inst. Meereskunde, Heft 6, 1905.

met België en Noord-Frankrijk verbond. De getijstroomen zouden dan in dit gebied het lichtere en meer bewegelijke materiaal hebben weggevoerd, waardoor tusschen de banken diepe geulen werden uitgeschuurd, en de banken zelf met massa's zand werden overdekt. Hij wijst daarbij op het voorbeeld van Helgoland, dat nog voor twee eeuwen met het kleine, vlak daarbij gelegen, zandige eilandje verbonden was, terwijl later door den krachtigen getijstroom het verband geheel werd verbroken.

Dit alles brengt ons op de geologische voorgeschiedenis der Noordzee. Volgens A. J. Jukes—Browne ¹⁾ was na den ijstijd, en misschien reeds gedurende deze periode, de geheele Noordzee nog vasteland, waarbij de strekking van de Doggersbank en hare tamelijk steile hellingen in het Z. en Z. W. op de richting van het uit Scandinavië afdalende gletscherijs schijnen te wijzen. Na den ijstijd is waarschijnlijk het noordelijkste deel der Noordzee het eerst ontstaan; op de Doggersbank en ten Z. daarvan evenwel leefden toen diluviale zoogdieren, als mammoth, wolharige rhinoceros, bison enz., welker beenderen nu nog, ofschoon begrijpelijkerwijs minder dan vroeger wegens de intensieve bevissing der Noordzee, door de visschers op de Doggersbank nu en dan worden opgehaald. Deze zoogdieren leefden toentertijd aan de oevers van den Rijn, die vanaf zijne tegenwoordige monding hoofdzakelijk in N. richting stroomde en eene diepe bedding langs de Doggersbank uitschuurde, die we nu als het Zilverdiep kennen. Misschien ontving de Rijn toen ook de Theems als zijrivier, en is als eene vroegere bedding van den laatsten stroom het Diepwaterkanaal te beschouwen. Aan het begin van onze alluviale periode is toen de daling begonnen, die zoowel van het Noorden als van het Zuiden het land deed overstroomen, en de Vlaamsche banken benevens de Dowsings schiep.

1) Contemporary Review 1893, p. 704.

De Noorsche geul daarentegen schijnt van veel ouderen datum te zijn, en is waarschijnlijk door dislocatie ontstaan. Hare hellingen zijn langs de kust van Noorwegen zeer steil, daarentegen zwakker in de richting van het eigenlijke Noordzeegebied. Het geheel stelt een, vooral in het Skagerrak diep ingezonken, bekken voor, dat zich zoowel van het ondiepere Kattegat als van het Noorweegsche rotsplateau tamelijk scherp afgrenst, en ook van het z. g. „Nordmeer”¹⁾ door een 280 M. diepen drempel, op de hoogte van Udsire, wordt afgescheiden.

III. *Bodemsoorten der Noordzee.*

Al vele jaren is de aard van den bodem der Noordzee voldoende bekend, reeds doordat de scheepvaart en de zich later ontwikkelende trawlvisscherij genoeg belang hadden bij een algemeen overzicht over de gesteldheid van den zeebodem, om ons althans een tamelijk volledig beeld van deze gronden te geven.

Zooals bekend is, bestaat de bodem voor verreweg het grootste deel uit zand, dat nu eens grover, dan weer fijner gekorrelt, of meer of minder met schelpstukjes vermengd is, maar toch over het geheel in de verschillende gedeelten der Noordzee weinig verschil in samenstelling vertoont. Over de mineralen, waaruit dit zand, nevens de kwartskorreltjes, bestaat, zal hieronder worden gesproken.

Op dit zand liggen in sommige gebieden, meer of minder dicht, steenen verspreid. Men vindt ze van allerlei grootte, van blokken van honderden kilogrammen tot kei-steentjes toe, maar alle rondachtig en afgeslepen, echte erratische gesteenten, die in den ijstijd door het gletsjerijs uit Skandinavië in de tegenwoordige Noordzee zijn gevoerd. Hunne verspreiding op den bodem (zie kaart XVI)

1) Met dezen naam (waarvoor eene Hollandsche benaming mij niet bekend is, tenzij men van „Noorsche zee” wilde spreken) wordt het gebied aangeduid, dat zich tusschen Noorwegen, Farör, IJsland, Groenland en Spitsbergen uitstrekt.

is tamelijk onregelmatig. Het meest komen ze voor langs den rand van de Noorsche geul, op de Kleine Visschersbank en langs den zuidwestrand van de Doggersbank. Overal zijn hier grootere of kleinere gebieden, waar steenen min of meer dicht opeen liggen, en in het laatste geval natuurlijk eene groote hindernis zijn voor de trawlvisserij.

Eigenlijke rotsgrond, dus blootliggend vast gesteente, komt in de Noordzee zeer weinig voor. Voornamelijk wordt het aangetroffen in de onmiddellijke nabijheid van de oostkust van Engeland en Schotland, verder hier en daar op de Vlaamsche banken en eindelijk in de omgeving van Helgoland.

Op zeer onregelmatig verstrooide plekken komt verder in de Noordzee slijk voor. Een eenigszins uitgestrekt samenhangend gebied vormt het evenwel zoo goed als nooit; meestal is het sterk met zand vermengd. Alleen op de zoogenaamde Oestergronden, ten Z. O. van de Doggersbank, komen tamelijk groote slijkbanken voor, op allerlei plekken evenwel afgebroken en doorsneden door zand. Verder wordt het natuurlijk in groote hoeveelheden in riviermondingen, zoo vooral in den mond van de Elbe (tot Helgoland toe), en in den Dollart gevonden. Hier zijn de talrijke vaste deeltjes, door het rivierwater aangevoerd, langzamerhand bezonken, en hebben met eene meer of minder dikke laag het zand bedekt en ook de steenen, die hier verspreid gelegen mogen hebben. In andere gebieden der Noordzee, waar de beweging van het water krachtiger is, kan zich een dergelijke slijkbodem niet vormen, maar worden zand en steenen steeds als het ware schoongeveegd. Behalve in riviermondingen en doode zeeboezems zal het slijk dus voornamelijk dáár voorkomen, waar de bewegingen van het water slechts zwak zijn, dus vooral op groote diepten.

Dit slijk is een vaste, eenigszins korrelige substantie, voor het grootste deel uit klei bestaande, waarbij veel

organische overblijfselen zijn gevoegd. Zoo vond Ehrenberg bij mikroskopisch onderzoek van het slijk der Noordzeewadden, „afgezien van alle organische substantie, die door verandering na den dood onherkenbaar kan en moet geworden zijn”, dat nog $\frac{1}{20}$ van het volume uit duidelijk te herkennen kiezelschalen van Diatomeeën bestond. In de haven van Emden moet, volgens Prestel, de na iedere ebperiode afgezette slijklaag voor meer dan de helft uit schalen van „infusorien” bestaan ¹⁾. In 't algemeen kan men zeggen, dat er des te meer organische resten in het slijk aanwezig zijn, naarmate de kleur van het laatste donkerder is.

Al deze afzettingen zijn van zuiver terrigenen oorsprong. In de diepe Noorsche geul en in het Skagerrak daarentegen treffen we eene zoogenaamde hemipelagische formatie aan (Krümmel): donkere, blauwe modder, in de diepere lagen meest blauw of leikleurig, de bovenste laag evenwel van rood- of bruinachtige tint. De blauwe substantie is van vergane organismen afkomstig, de kleur berust op een zeer fijn verdeelde toevoeging van zwavelijzer; vandaar dat een dergelijk monster een duidelijke lucht van zwavelwaterstof verspreidt. De bovenste laag bevat rijkelijk ijzeroxyden of -hydraten, die in de diepere lagen gereduceerd worden. Droogt een dergelijk bodemmonster uit, dan worden de sulfiden geoxydeerd, en het geheel wordt grauw of bruin van kleur.

In deze modder is nu meer of minder rijkelijk kalk van pelagische organismen gemengd. v. Gumbel ²⁾ vond in de Noorsche geul op 300 M. diepte massa's kalkschaaltjes van Foraminiferen (*Uvigerina*, *Globigerina*), en terwijl de helft van het monster uit fijne klei bestond, bedroeg het kalkgehalte toch nog 13—14%. Noordelijker, in het zoogenaamde „Nordmeer” is de Foraminifeer *Biloculina* zulk

1) Zie O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, Band I, Stuttgart 1907, p. 163.

2) Geologisch-mineralogische Untersuchungen, in: Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S. M. Knbt. „Drache” in der Nordsee. Berlin, 1886.

een kenmerkend bestanddeel van den zeebodem, dat Noorsche onderzoekers van „*Biloculina*-ooze” spreken.

Het is niet alleen door de, uit den aard der zaak tamelijk oppervlakkige, loodingen ten behoeve van de visscherij ver-richt, maar ook dank zij de zorgvuldige onderzoekingen van de Duitsche kanonneerboot „Drache” in 1884 en door de recente tochten van het voor het tegenwoordige internationale Noordzee-onderzoek bestemde Duitsche stoomschip „Poseidon”, dat we omtrent de gesteldheid van den zeebodem in hoofdzaak zijn ingelicht. De bodemmonsters met laatstgenoemd schip verzameld, zijn door E. Küppers in Kiel aan een nauwkeurig physisch en mineralogisch-geologisch onderzoek onderworpen¹⁾. Het bleek daarbij, dat het zand, hoofdzakelijk uit de centrale en zuid-oostelijke Noordzee afkomstig, weinig in samenstelling afwisselde, en dat de zware mineralen, met een soortel. gewicht > 2.83 (de scheiding geschiedde door middel van bromoform) een gehalte van $0.8-1.3\%$ vormden, zoodat dit zand tot de Scandinavische diluviaalzanden moet gerekend worden, die een gehalte van meer dan 0.5% aan zware mineralen bevatten, terwijl dit bij de Rijn- en Maaszanden minder dan 0.5% bedraagt. Karakteristiek is overigens ook het algemeen voorkomen van hoornblende. Onder de zware mineralen komen het meest voor: magnetiet, hoornblende, augiet en graniet; onder de lichte: glimmer, ortho- en plagioklaas, zeldzamer mikroklien en zwarte korreltjes, die op vulkanisch glas gelijken, verder hier en daar vuursteen en glauconiet. Zonder twijfel zijn dus deze zanden van noordelijken, diluvialen oorsprong.

Dit alles geldt echter alleen van de bovenste laag van den bodem. Wat daaronder ligt, zelfs maar op een voet diepte, is grootendeels onbekend. Zeer gewenscht zou het daarom zijn, door boringen nadere gegevens omtrent de diepere lagen te verkrijgen. De geologische geschiedenis

1) Physikalische und mineralogisch-geologische Untersuchungen von Bodenproben aus Ost- und Nordsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Zehnter Band, Abt. Kiel, 1908.

van de Noordzee, die langzamerhand vele lage landen overstroomde, maakt het trouwens waarschijnlijk, dat veenbanken, die ook hier en daar langs de tegenwoordige kustlijn zijn gevonden, volstrekt niet zeldzaam onder den zeebodem moeten voorkomen, en dat meer of minder uitgestrekte kleilagen aan zandige kusten tegenwoordig onder het zand begraven kunnen zijn. Van de dikte van deze lagen, en op welke diepte het vaste gesteente begint, weten we ondertusschen nog weinig of niets.

IV. *Hydrographie der Noordzee.*

Zoutgehalte en temperatuur van het zeewater hangen ten nauwste samen met de bewegingen van de watermassa's zelf, hetzij deze bewegingen door standvastige stroomingen of door de afwisselende werking van eb en vloed worden veroorzaakt. We zullen dus deze invloeden in de eerste plaats moeten behandelen.

A. *Stroomingen.* Het was reeds lang bekend, dat eene standvastige strooming langs de Deutsche kust zich in N. en N.O. richting beweegt. In 1874 werden op Deutsche lichtscheperen een groot aantal flesschen, waarin een briefje met korte opgave van de herkomst en verzoek tot terugzending was ingesloten, in zee geworpen, en hiervan werden er 244 weder ingeleverd; 92 % waren in N.O. richting gedreven. Op het Deensche vuurschip „Horns Rif”, waar dagelijks de stroom wordt gemeten, is in den loop van het jaar eene beweging van het water naar het N. waargenomen, met eene gemiddelde snelheid van 8.6 c.M. per seconde of 4 zeemijlen in een etmaal¹⁾.

Dat ook in de zuidwestelijke Noordzee eene strooming bestaat, werd bewezen, door de in 1899 bij het lichtschip „West-Hinder” uitgezette flesschen, die, als bij de vorige proefneming, van ingesloten briefjes waren voorzien. In de

1) Eenige belangrijke waarnemingen omtrent richting en snelheid van den stroom werden gedaan naar aanleiding van de verspreiding van een Diatomee, *Biddulphia sinensis*. Zie p. 730—732.

beide eerstvolgende jaren zijn 92 % van deze flesschen in N. O. richting gedreven, zelfs tot aan de kust van Jutland. Dat de windrichting hierop geen merkbaaren invloed uitoefende, bewees de omstandigheid, dat de winden in deze periode volstrekt niet overwegend in dezelfde richting waren geweest als die, welke de drijvende flesschen hadden ingeslagen, zoodat aan een door het Nauw van Calais de Noordzee binnendringenden stroom niet getwijfeld kon worden.

Over de stroomingen in de Noordzee ten N. van de Doggersbank werd voldoende licht verspreid door de proefnemingen met flesschen, welke door het Schotsche visscherijbestuur in de westelijke Noordzee werden genomen. Op verschillende stoomvaartlijnen, van Edinburgh naar Christiania, Amsterdam en Rotterdam, werden van 1894—1897 in 't geheel 3553 flesschen in zee geworpen, natuurlijk met nauwkeurige notering van de plaats, waar dit geschiedde. Van deze flesschen werden er 572 weder ingeleverd. De resultaten van deze proef, die door Wemyss Fulton zijn medegedeeld, voeren tot de veronderstelling, dat langs de oostkust van Schotland en Noord-Engeland een stroom naar het zuiden trekt, vervolgens op de hoogte ongeveer van Flamborough Head zich oost-waarts richt, over de Doggersbank, en eindelijk voorbij den 5^{den} graad O. L. eene N. O. en N. richting inslaat, om zich in het Skagerak bij den uit het Kattegat komenden Baltischen stroom¹⁾ aan te sluiten, en met deze vereenigd langs de kust van Noorwegen in N. richting verder te gaan. Ook bij deze strooming bleek de windrichting niet van overwegenden invloed te zijn, al konden ook hevige en langdurige stormen uit het O. en N. O. enkele van de drijvende flesschen naar het Z. W., tot in het Kanaal, van den gewonen koers doen afwijken.

1) Deze stroom voert, zooals bekend is, het minder zoute water uit de Oostzee in eene oppervlakkige laag door het Kattegat en het Skagerrak naar buiten. Een onderstroom van zouter water voert in tegengestelde richting. Later hierover meer, bij de bespreking van het zoutgehalte.

Daarmede was eene duidelijke cyclonische beweging van het Noordzeewater, ten N. van de Doggerbank, aangetoond, eene cirkelstroming, die bijna een gesloten kring vormde en eene beweging had, tegengesteld aan de wijzers van een uurwerk. Ten O. van de Doggersbank sluit zich daarbij een uit het Kanaal komende stroom van oceaانwater aan, waarop beide vereenigd langs de kust van Jutland stroomend, zich ten slotte met den Baltischen stroom vermengen.

Ter verklaring van bovengenoemden cirkelstroom zullen we eenigszins uitvoeriger moeten zijn.

Het is bekend, dat het water van den Golfstroom over de Z. O.—N. W. gelegen drempels tusschen de Shetlandeilanden en IJsland heen stroomt. Voornamelijk is dit het geval door de geul tusschen de Farör en Shetland. Met de seizoenen evenwel wisselt ook de breedte van den Golfstroom af; de koude Oost-Groenlandstroom bereikt in het voorjaar en in den voorzomer een maximum van ontwikkeling, en zendt langs de oostkust van IJsland in Z. O. richting een tak uit, die zich tot voorbij Shetland, in den bovengenoemden Trechter, nog laat gelden. Het Golfstroomwater wordt dan tegen de westkust van Schotland gedrongen en stroomt hoofdzakelijk door de Farör-Shetland geul. Ten N. van laatstgenoemde eilanden zendt dit warmere water dan een arm in Z. richting, die de oorsprong wordt van den zoeven besproken cirkelstroom. Het binnendringen van oceaانwater begint in Juli en Augustus, neemt in den herfst en winter toe, en vermindert weder langzamerhand vanaf de maand Maart, om in Juli en Augustus opnieuw denzelfden cyclus van ontwikkeling te doorloopen.

B. *Zoutgehalte*. Dat de besproken stroomingen een grooten invloed op het zoutgehalte moeten hebben is duidelijk en blijkt dan ook uit de mededeelingen van M. Knudsen en K. Smith in: „Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, Rapports et Procès-verbaux”, Vol. VI, 1906, over de resultaten der onderzoekingen omtrent

het zoutgehalte der Noordzee gedaan in het tijdperk Aug. 1902—Mei 1905. Uit het verloop der isohalinen op hunne kaart, aangevende de gemiddelde waarde van het zoutgehalte aan de oppervlakte der Noordzee, is reeds de uitwerking van het oceaانwater te zien. Zoute tongen strekken zich zoowel vanuit het N. W. als van het Z. W. in de Noordzee uit. Ongeveer op den noordrand van de Groote Visschersbank ligt geïsoleerd een plek van 35‰, hier is ongeveer het centrum van den cirkelstroom en is het water tamelijk wel in rust. Langs de kusten wordt het zoutere water met zoet water vermengd, waardoor het zoutgehalte aanmerkelijk daalt. Behalve natuurlijk in de nabijheid der riviermonden, veroorzaken de langs de kusten sterke getijstroomen evenwel eene zoo intensieve vermenging van het water, dat een zoutgehalte van minder dan 33‰ alleen binnen een afstand van enkele zee-mijlen van de kusten voorkomt, en aan den bodem zeer zelden tot een diepte van 20 M. reikt. In verreweg het grootste gedeelte van de Noordzee wisselt het zoutgehalte tusschen 34 en 35‰¹⁾.

Merkwaardig in hydrographisch opzicht is het gebied tusschen de Hollandsche en Engelsche kust. We bespraken reeds de instrooming van oceaانwater door het Kanaal. Ofschoon deze stroom lang niet dezelfde overwegende uitwerking vertoont als die, welke het noordelijke gedeelte der Noordzee beheerscht, oefent zé toch een kenmerkenden invloed uit. Op bedoelde kaart van Knudsen en Smith zien we de isohalinen van afnemend zoutgehalte de Noordzee binnendringen. Hier wordt eene bijzondere hydrographische zone gevormd, die in O. W. richting gekenmerkt is door het dichte opeendringen der isohalinen. Terwijl in dit opzicht in horizontale

1) Met Pettersson en Ekman in „Grunddragen af Skageracks og Kattegats Hydrografi, Kongl. Svensk. Vetensk. Ak. Handl., Bnd. 24, Nr. 11, Stockholm, 1891” kunnen we voor de Noordzee de termen: oceaانwater, Noordzeewater en bankwater invoeren. Het eerste heeft een zoutgehalte van 35‰ en meer, het tweede van 34—35‰ en het laatste van 32—34‰.

richting groote afwisseling wordt gevonden, is het omgekeerde het geval, wanneer we hier op een bepaalde plaats het zoutgehalte, zoowel aan de oppervlakte als in diepere lagen en aan den bodem onderzoeken. Het blijkt n.l. dan, dat overal een zeer gering verschil in zoutgehalte in vertikale richting bestaat, dat dit verschil niet meer dan 0.1 of 0.2 ‰ bedraagt. Dit geheele ondiepe gebied, waar eene sterke en voortdurende vermenging van alle waterlagen plaats grijpt, bezit dus in horizontale richting dicht opeen gedrongen isohalinen, die zoowel aan de oppervlakte als aan den bodem nagenoeg overeenkomstig verlopen. Hetzelfde is het geval met de temperaturen, zooals nader zal worden besproken.

Aan de riviermondingen heerschen eenigszins andere verhoudingen. Het uitstroomende zoete water breidt zich in eene vlakke laag over het zoutere uit, en vermengt zich eerst langzamerhand.

In den loop van het jaar treden nu in het verloop der isohalinen aan de oppervlakte grootere of kleinere, maar in ieder geval periodiek verloopende, wisselingen op. In Augustus is het grootste deel van de Noordzee door water van 34—35 ‰ zoutgehalte ingenomen. Oostwaarts, vooral in de Noorsche geul, en verder langs de Duitsche, Nederlandsche en Belgische kust bedraagt het zoutgehalte minder dan 34 ‰. De isohaline van 35 ‰ bezit een tong in het N. W., die zich niet ver in de Noordzee uitstrekt, tenminste aan de oppervlakte, wel daarentegen aan den bodem, daar ze hier bijna tot den noordrand van de Doggersbank reikt, vanwege het grootere soortelijk gewicht. In de maand Augustus n.l. is het binnenstroomen van het Atlantische water, dat gedwongen wordt zijn weg door de Farör-Shetland geul te zoeken, slechts kort geleden begonnen.

In den loop van den herfst en winter neemt het zoutere water (> 35 ‰) steeds meer aan uitgebreidheid aan de oppervlakte toe. Ook de zuidelijke tong uit het Kanaal, die in den zomer nog zeer klein was, begint meer en meer

vooruit te dringen. Zoo bereiken beide tongen in Februari en Maart hun maximum, zóózeer dat in het centrale deel der Noordzee slechts een betrekkelijk smalle strook ten Z. van de Doggersbank vrij blijft van het zoute oceaانwater.

Het bovenstaande geldt slechts van het oppervlaktewater, en kan, met uitzondering van de zuidelijke Noordzee, niet op diepere lagen toegepast worden. Hier zijn de wisselingen veel kleiner en bedragen slechts enkele tiende deelen van promilles. Uit de kaart, waarop door Knudsen en Smith het gemiddeld zoutgehalte aan de bodem is aangegeven, blijkt in 't algemeen het verloop der overeenkomstige isohalinen belangrijk naar de kust verschoven, vooral zeer sterk in de Noorsche geul en het Skagerrak. Geheel overeenkomstig daarentegen is het verloop in de zuidelijke Noordzee. In de open zee heeft de 35 ‰ isohaline een belangrijk grooter terrein veroverd dan aan de oppervlakte. Zoo zien we overal dus het zoutere en zwaardere water onder het minder zoutrijke en lichtere water voortdringen. Natuurlijk speelt hierbij ook de temperatuur eene belangrijke rol.

Voor een groot deel van de Noordzee, ten N. van de Doggersbank, zal dus, evenals voor het zuidwestelijke gebied, tenminste in de periode Augustus—Maart de regel gelden, dat de geheele waterzuil van de oppervlakte tot den bodem, tamelijk wel homohalien is. Het oceaانwater bedekt dan een groot deel van den bodem, en aan de oppervlakte breidt het zich gaandeweg meer en meer uit. De grootste verschillen in zoutgehalte zullen daarentegen in de maanden Maart—Augustus gevonden worden, daar dan het oceaانwater zich van de oppervlakte terugtrekt; belangrijk zijn deze verschillen evenwel niet (meestal niet meer dan 0.1—0.4 ‰).

Van de bespreking van het zoutgehalte wil ik niet afstappen, alvorens iets naders te hebben mededeeld omtrent het Skagerrak en de Noorsche geul. Hier heerschen gecompliceerde verhoudingen, daar een minder zoutrijke stroom (de Baltische stroom) uit de Oostzee en het Kattegat naar

buiten trekt, in diepere lagen daarentegen Noordzeewater naar binnen stroomt.

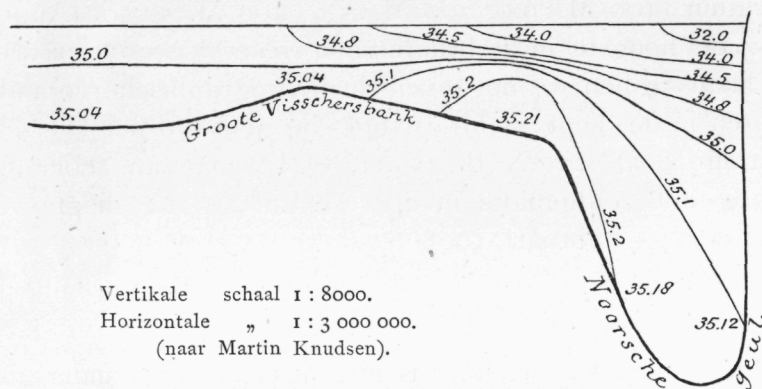
De Baltische stroom bereikt in het voorjaar een maximum van ontwikkeling en is des te breeder, en tevens te minder diep, naarmate zijn water minder zoutrijk is. Zooals ook in andere opzichten in de hydrographie der Noordzee, zijn de door de verschillende Noordzee-staten eenige jaren lang geregeld om de drie maanden uitgevoerde termijnvaarten (Februari, Mei, Augustus, November), waarbij op vaste stations zooveel mogelijk gelijktijdig waarnemingen werden verricht, ten zeerste van nut gebleken, om de periodieke veranderingen in het gebied van het Skagerrak na te gaan. Zoo was de Baltische stroom in Mei 1902 vanaf Ekersund tot aan het Deutsche termijnvaartstation 5 ($57^{\circ} 24'$ N. B., $3^{\circ} 42'$ O. L.) in een breedte van 100 mijlen aan te toonen als een 10 M. dikke waterlaag met een zoutgehalte van 31.7‰ ; dichterbij de kust reikte deze waterlaag niet meer dan 15 M. diep, met een zoutgehalte van 25.9‰ . In Mei 1904 evenwel was de Baltische stroom alleen vlak langs de Noorsche kust waarneembaar, in een breedte van 35 mijlen en met een zoutgehalte van $29.6\text{—}33\text{‰}$, terwijl deze laag nog niet de diepte van 20 M. bereikte. Reeds op 45 mijlen afstand van de kust was oceaانwater van meer dan 35‰ aan de oppervlakte te vinden, en dit laatste bevond zich verder hoofdzakelijk op de helling van den eigenlijken Noordzeebodem naar de Noorsche geul. Deze toestand is trouwens ook kenmerkend voor winter en voorjaar, terwijl in zomer en herfst de isohalinen meer horizontaal verlopen¹⁾ (zie ook de figuur bldz. 719).

Wat de diepere lagen in de Noorsche geul en het Skagerrak aangaat, zoo bestaan, volgens O. Pettersson²⁾,

1) Zie O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, Band I, 1907, p. 349—350.

2) Ueber die Wahrscheinlichkeit von periodischen und unperiodischen Schwankungen in dem atlantischen Strome und ihren Beziehungen zu meteorologischen und biologischen Phaenomenen, Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter. Bnd. II. Gotenburg, 1905.

ook hier regelmatig met elkander afwisselende perioden van toe- of afname van het zoutgehalte. Om dit toe te lichten, zullen we twee der Zweedsche termijnvaartstations (genoemd Skag. 7, op $58^{\circ} 26' N.B.$ $9^{\circ} 44' O.L.$, en Skag. 8, op $58^{\circ} 10' N.B.$ $9^{\circ} 18' O.L.$, dus beide in de lengteas van het Skagerrak gelegen) bespreken ¹⁾.



Bijgaande figuur, die eene doorsnede voorstelt van het Duitsche termijnvaartstation 4 in de Noordzee ($56^{\circ} 41' N.B.$, $2^{\circ} 15' O.L.$) naar Ekersund, duidt het gemiddeld verloop der isohalinen aan in de jaren 1902—1906.

Het zoutgehalte bedroeg hier in de periode Augustus 1902—Mei 1907:

		1 Febr.	1 Mei	1 Aug.	1 Nov.
Op 100 M. diepte	Skag. 7	35.06	34.97	34.98	35.06
	Skag. 8	35.07	34.98	34.98	35.13
Op 200 M. diepte	Skag. 7	35.14	35.03	35.07	35.12
	Skag. 8	35.15	35.04	35.07	35.13
Op 400 M. diepte	Skag. 7	35.14	35.08	35.12	35.17
	Skag. 8	35.14	35.10	35.11	35.18

Zoo vinden we dus in alle lagen een minimum in Mei, daarna stijgt het zoutgehalte langzaam, om in den herfst

¹⁾ Het hier volgende is overgenomen uit: Bulletin trimestriel des résultats acquis pendant les croisières périodiques.... etc. Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, Année 1906—1907, Partie supplémentaire, 1909, p. 20.

en winter een maximum te bereiken. Stelden we eene dergelijke tabel op voor de in de verschillende diepten waargenomen temperatuur, dan zouden we zien, dat de periodieke wisselingen van deze niet met die van het zoutgehalte samenvallen, maar de phase eenigszins verschoven is. In de verschillende waterlagen komt de laagste temperatuur (100 M.: 6.0, 200 M.: 5.9, 400 M. 5.5) in Augustus, de hoogste in Februari voor (resp. 7.0, 6.6 en 5.9).

Thans willen we nog even de hydrographische veranderingen in de diepte van de Noorsche geul (op het Deutsche station 8, $58^{\circ} 22'$ N. B., $5^{\circ} 31'$ O. L.) nagaan. Hier betrof het zoutgehalte in 200 M. en 300 M. diepte van Mei 1904—Februari 1908:

21 Feb.	11 Mei	18 Augustus	19 November
35.03	35.06	35.12	35.12

De periodieke wisseling is hier dus eenigszins anders dan bij het bodemwater van het Skagerrak. Het maximum valt hier tusschen Augustus en November, terwijl het minimum vermoedelijk tusschen Februari en Mei voorkomt. De hoogste en laagste zoutgehalten treden hier dus iets vroeger in, dan op de hoogte van de boven besproken Zweedsche stations. Dit wijst op horizontale stroomingen, die langs den bodem van de Noorsche geul in het Skagerrak binnendringen, en welker physische eigenschappen periodiek met de jaargetijden wisselen. In herfst en winter is het water van dezen diepen stroom zoutrijker dan in voorjaar en zomer; in de Noorsche geul begint de faseverandering vroeger dan in het Skagerrak ¹⁾.

Behalve de hier besproken periodieke veranderingen zijn

1) Behalve in het reeds aangehaalde werk van O. Pettersson, kan men omtrent het zoutgehalte der Noordzee en aangrenzende wateren belangrijke en uitvoerige gegevens vinden in de regelmatig verschenen „Bulletins trimestriels”, uitgegeven door den Conseil permanent international pour l'exploration de la mer. Talrijke en uitvoerige kaarten vindt men in het door bovengenoemden Conseil eveneens uitgegeven werk van M. Knudsen en Kirstine Smith: *The Salinity of the North Sea* . . . etc. Ann. A der Rapports et Procès-Verbaux, Vol. VI, 1906, dat reeds geciteerd werd.

nu en dan ook grootere onregelmatige wisselingen waargenomen. Zoo was in November 1905 het zoutgehalte aan de oppervlakte in het Kanaal buitengewoon hoog, hetzelfde was het geval in de wateren der noordwestelijke Noordzee, waar het zoutgehalte van 35.23‰ steeg tot 35.30‰ en zelfs tot 35.34‰ . Deze ongewone stijgingen waren het gevolg van een verder voortdringen van oceaanwater, dan in normale gevallen voorkomt. In Augustus 1906 daarentegen was het zoutgehalte abnormaal laag in het oostelijk en zuidelijk deel der Noordzee en in het Kanaal. De door het Nauw van Calais binnenstroomende tong van 35‰ was zeer zwak en reikte niet tot aan de lijn Ostende—Lowestoft. Merkwaardig is het, dat toen juist de isohaline van 35‰ in de noordelijke Noordzee zich verder dan gewoonlijk uitbreidde, en water van zulk hoog zoutgehalte bij uitzondering tot aan de noordzijde van de Doggersbank werd gevonden (aan de oppervlakte).

C. *Temperatuur*. Het spreekt van zelf, dat de temperatuur van het water in de Noordzee hoofdzakelijk door de temperatuur der lucht beheerscht wordt. Dat het maximum voor het water later valt dan voor de lucht, dat dus de fasen niet overeenkomen, is bekend. Dit phaseverschil is weliswaar in alle waterlagen na te gaan, blijkt evenwel in de diepte en aan den bodem het grootst te zijn. De temperatuur is verder in hooge mate afhankelijk van de vermenging van het water, hetzij deze door horizontale of verticale stroomingen of door golfbeweging plaats vindt. De verschillende factoren werken, naar gelang van de plaats, op zeer verschillende wijze, zoodat we in de Noordzee en aangrenzende zeeën gebieden aantreffen, welker temperatuurschommelingen in den loop van het jaar zeer groot (meer dan 13°) zijn, en in dieper water, soms dichtbij, andere, waar de wisselingen klein zijn (ongeveer 4°) en waar het water gedurende het geheele jaar betrekkelijk koud is. Ook zijn er streken, waar het phaseverschil der tem-

peratuur van lucht en water zeer klein, en andere, waar zij zeer groot is.

In de ondiepe, dus vrij snel verwarmde, en ook spoedig weer afgekoelde zuidwestelijke Noordzee, heeft het water bijna dezelfde temperatuur in alle diepten. De sterke getijstroommen veroorzaken eene intensieve vermenging van de verschillende lagen. Zoo is ook in dit opzicht hetzelfde van toepassing als bij de bespreking der isohalinen werd opgemerkt: ook de isothermen hebben in de verschillende diepten nagenoeg hetzelfde verloop in de zuidwestelijke Noordzee; we kunnen ons hier vertikale waterzuilen, ieder voor zich homotherm, voorstellen, die zich in horizontale richting verplaatsen. In Februari is het bodemwater ongeveer ten N. van een lijn van Hoek van Holland naar Hull 0.1° — 0.2° warmer dan aan de oppervlakte; ook in het Kanaal is dit het geval — gevolg van het binnenstroomende warmere oceaانwater. In Augustus is in de geheele zuidwestelijke Noordzee het verschil in temperatuur van bodem en oppervlakte (de laatste hoger) 0.1° — 0.8° ; aan de Belgische kust is het water echter aan den bodem weer iets warmer (0.1° — 0.2°).

In de zuidoostelijke Noordzee, de zoogenaamde Deutsche Bocht, treden zoowel in Februari als in Augustus dergelijke verschillen op. In Februari is de temperatuur aan den bodem iets hoger dan aan de oppervlakte (0.1° — 0.3°); in Augustus, waarin de verhoudingen omgekeerd zijn, is het oppervlaktewater iets warmer (0.2° — 0.8°).

De noordelijke Noordzee, ten N. van een lijn van Spurn Point naar Kaap Hanstholm, is in den winter (Februari) nagenoeg homotherm, alleen in het Skagerrak is het bodemwater hier en daar $\pm 3^{\circ}$ warmer dan dat aan de oppervlakte; in den zomer evenwel bestaan hier en daar, vooral op het gebied onmiddellijk ten N. van de Doggersbank belangrijke verschillen tusschen bodem en oppervlakte, en wordt dit laatste 7.3° , 7.7° soms zelfs 8° warmer, door de zonnebestraling.

De gemiddelde temperatuur in *Februari* wisselt in de geheele open Noordzee in verticale richting zeer weinig. Het laagst is zij dicht bij de Deensche kust (3°) en stijgt tot 6° in het centrale deel der Noordzee, tot 7° in het Nauw van Calais. In het Skagerrak en in de Noorsche geul bestaan evenwel verschillen tusschen oppervlakte- en dieptetemperatuur, die door eene tusschenliggende warmere laag van ongeveer 7° veroorzaakt worden. Deze water-massa strekt zich van het Skagerrak tot in de Noordzee uit, en is aan alle kanten door kouder water omgeven. Waarschijnlijk is dit warmere water afkomstig van het ten N. van Schotland binnenstroomende oceaانwater, en heeft zich, zonder den omweg van de hoofdmassa door de geheele Noordzee te maken, waarbij het oorspronkelijk betrekkelijk warme water wordt afgekoeld, direct onder de oppervlakkige lagen naar het Skagerrak een weg gebaad. Zoo komt het, dat we in Februari in het Skagerrak aan de oppervlakte een temperatuur van 3° — 5° , vanaf een diepte van 60—80 M. ongeveer 7° , en aan den bodem 5.5 — 6.5° aantreffen.

De gemiddelde temperatuur in *Mei* is aan de oppervlakte het laagst (6° — 7°) in een gordel, die van Flamborough Head tot aan de Doggersbank en vandaar in N. richting tot aan de westkust van Noorwegen reikt. Vanaf dezen gordel stijgt de temperatuur zoowel in de richting van het ten N. van Schotland binnenstroomende oceaانwater als naar de Duitse en Deensche kust, alsook in de zuidwestelijke Noordzee (ongeveer 8° — 9°) om vervolgens tot 11° in het westelijk deel van het Kanaal toe te nemen.

Ook in diepere lagen wordt in deze maand het koudste water iets N. van de Doggersbank gevonden. Zoo bedraagt hier de temperatuur 6° — 7° op 20 m. diepte, op 60 m. en aan den bodem minder dan 6° . In het Skagerrak komen aan den bodem temperaturen van minder dan 5° voor, zoodat hier, evenals aan de oppervlakte, een minimum-

gordel van Flamborough Head naar het Skagerrak, waarneembaar is. In ondieper water (zuidwestelijke Noordzee en Duitse Bocht) gaat natuurlijk de intensieve verwarming in verticale richting veel sneller dan in het noordelijke gebied, ook brengt de Kanaalstroom al spoedig warmer water aan. Ten N. van den zoeven genoemden minimum-gordel stijgt de temperatuur eveneens (tot 8° in de bovenste laag) door toevoer van het uit het N. toestroomende oceaانwater. Langs de kust van Noorwegen komen op een diepte van 30—60 M. temperatuurminima (5°) voor, die den weg aanduiden, waarlangs het in den verlopen winter afgekoelde water van Skagerrak en Noordzee deze streken verlaat.

De gemiddelde temperatuur in *Augustus* bereikt een maximum van 17° — 18° langs de Belgische en Hollandse kust. Van hier neemt zij aan de oppervlakte geleidelijk af, totdat een minimum van 11° ten Z. van Shetland bereikt wordt. In het Skagerrak is de oppervlaktetemperatuur 15° — 16° , in de Noorsche geul 14° .

Het merkwaardige van de Augustusmaand is, dat op een diepte van 40 M. de temperatuur zeer snel in N. richting afneemt. Op de Doggersbank zelf treffen we op deze diepte (die slechts op den N. O. punt voorkomt) nog een temperatuur van 11° aan, op de noordelijke helling van de bank is zij reeds tot 8° gedaald. Dit wijst er op, dat de boven vermelde minimum-gordel van Flamborough Head naar het Skagerrak ook in Augustus, vanaf een diepte van 40 M. tot aan den bodem, evenals in Mei, toen het koude water evenwel bovendien aan de oppervlakte gevonden werd, kan worden aangetoond¹⁾. Zoo wordt in Augustus de laagste temperatuur (6° — 7°) (althans in de eigenlijke Noordzee)

1) Op een diepte van 30—40 M., soms reeds op mindere diepte, in dezen minimumgordel daalt de temperatuur plotseling eenige graden (van ± 13 tot $\pm 10^{\circ}$) en neemt dan weer geleidelijk af tot den bodem. We hebben hier dus een duidelijke overgangslaag („Sprungschicht“).

op 40 M. diepte op de Grootte Visschersbank waargenomen. In het Skagerrak is op deze diepte de temperatuur nog iets lager ($< 6^{\circ}$).

De gemiddelde temperatuur in *November* is dicht bij de kust, waar de afkoeling het snelst plaats vindt, het laagst. Langs de Hollandsche kust bedraagt zij 10° en neemt langs de Duitsche en Deensche kust af tot 8° . Dit geldt tot voor een diepte van 40 M. De warmere Kanaalstroom, die, zooals men zich herinnert, in den loop van den herfst langzamerhand in uitgebreidheid toeneemt, veroorzaakt een tamelijk hooge temperatuur (11° — 12°) in de geheele zuidwestelijke Noordzee (behalve vlak bij de kust), zelfs tot ver in de Duitsche Bocht, in alle hier voorkomende diepten. Ten N. van de Doggersbank neemt de temperatuur geleidelijk af.

In het Skagerrak zien we in November een tusschenliggende warmere laag van ongeveer 100 M. dikte, die in het centrum een temperatuur van 10° heeft, en aan alle kanten door kouder water wordt omgeven; op ongeveer 50 M. diepte zich in de lengteas van het Skagerrak tot in de Noorsche geul uitstrekken. Dit water, dat geleidelijk afkoelt, hebben we reeds boven, bij de bespreking van de temperatuur in Februari, ontmoet, en blijft, zij het dan ook gewijzigd, den geheelen winter hier bestaan, komt echter in Februari of vroeger in contact met den stroom van oceaانwater, die ten N. van Schotland de Noordzee binnenstroomt.

De *maximum*temperatuur (17°) vindt men in den zomer langs de Belgische en Hollandsche kust; van daaruit neemt zij in alle richtingen af, en daalt in noordelijke richting reeds spoedig tot 8° — 9° ; in de Noorsche geul en in het midden van het Skagerrak is het maximum slechts ongeveer 5.5° aan den bodem. In een groot deel van de Noordzee stijgt de temperatuur in den loop van het jaar niet boven 9° .

De *laagste* temperatuur in den winter (3°) vinden we

langs de Duitsche en Deensche kust. In het Skagerrak is het bodemwater iets warmer dan aan de oppervlakte, terwijl ze in de geheele open Noordzee nagenoeg gelijk is in alle diepten. Vlak bij de kust kan de temperatuur nog aanzienlijk onder 3° dalen.

De *jaarlijksche temperatuurwisseling* is het aanzienlijkst langs de Belgische, Hollandsche en Deensche kust (10° — 12° aan de oppervlakte, 11° — 14° aan den bodem), dus in het ondiepste water.

Ten slotte nog iets over de *dagelijksche amplitude* der temperatuur. Deze is door v. Everdingen¹⁾ nagegaan op verschillende Hollandsche lichtscheepen. Vooral is hierop de zonshoogte van invloed. Het bleek, dat de dagelijksche amplitude op de lichtscheepen „Maas” en „Terschellingerbank” 1° in Juni, resp. Juli was, daarentegen 0.2 in December („Maas”) en 0.0 in November—December („Terschellingerbank”). Het grootst is ze dus in den voorzomer, het kleinst in den winter. Haar minimum valt iets vroeger dan het jaarlijksche temperatuur-minimum.

Bij het lichtschip „Noord-Hinder” was in den zomer de grootste dagelijksche amplitude slechts 0.4° , hetgeen het gevolg is van de meer vrije ligging in de open zee van dit lichtschip dan bij het lichtschip „Maas” het geval is, waar ook de invloed van het uitstroomende rivierwater nog merkbaar is.

De hoogste oppervlakte-temperatuur treedt bij het lichtschip „Maas” ’s middags van 2—4 uur in, in den zomer iets later dan in den winter; terwijl de laagste temperatuur ’s nachts van 12—8 uur voorkomt.

Dit alles komt overeen met waarnemingen, die door Matthews²⁾ in Juli 1903 in het Kanaal werden verricht,

1) Oberflächentemperaturbeobachtungen in der Nordsee, September 1903—Aug. 1904. Kon. Ned. Meteor. Inst. Nr. 102. Mededeelingen en verhandelingen 2—4, p. 10—24. Utrecht 1906.

2) Report on the physical conditions in the English Channel 1903. North Sea

terwijl door Gilson¹⁾ in September 1906 op de reede van Ostende een reeks van onderzoekingen werd ingesteld, die ook over de dagelijksche amplitude in diepere waterlagen eenig licht verspreiden. Het bleek, dat deze amplitude aan de oppervlakte hoofdzakelijk van de temperatuur der lucht, in dieper water daarentegen ook van de getijstroomen afhing. De eb veroorzaakte een hogere temperatuur dan de vloed, en daar in de maand der waarnemingen (September) het kustwater nog iets warmer is dan dat in de open zee, mag men besluiten, dat de eb hoofdzakelijk kustwater, de vloed evenwel voornamelijk water uit de open zee aanvoerde.

V. *De Verspreiding van Planten en Dieren in de Noordzee.*

Deze hangt, zooals begrijpelijk is, af van de levensvoorwaarden, die iedere bijzondere soort stelt.

A. *Meercellige planten.* Onder de meercellige planten vallen vooral op de bruinwieren (als *Fucus*, *Ascophyllum* en *Laminaria*) en de roodwieren, verder onder de Phanerogamen het zeegras (*Zostera*). Hoofdvoorwaarde voor deze planten is geringe diepte van het water, zoodat voldoende licht voor de assimilatie beschikbaar is. Vandaar hunne verspreiding langs de kust, en hunne afwezigheid in de open zee. Terwijl verder de bruin- en roodwieren als substraat voor hunne wortels een steenachtigen bodem verlangen, wordt het zeegras hier en daar in groote banen op zandigen grond gevonden, alleen echter op rustige plaatsen.

B. *Plankton.* Wat de vrij in het water zwevende or-

Fisheries Investigation Committee, Report nr. 2 — Southern Area, 1902—1903. London 1905.

1) Exploration de la mer sur les côtes de Belgique; Première Série: Recherches sur le milieu marin et ses variations au voisinage de la côte belge. Extrait des Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, T. IV, Bruxelles, 1907.

ganismen, planten zoowel als dieren, het zoogenaamde plankton aangaat, is het in de eerste plaats van belang hunne herkomst en hunne verspreiding binnen het Noordzeegebied te gaan. Behalve door vroegere onderzoekingen, waaronder vooral die van P. T. Cleve genoemd dienen te worden, is in de latere jaren, dank zij de internationale samenwerking der verschillende staten, een massa gegevens verzameld, die ons omtrent het plankton een tamelijk volledig inzicht verschaffen ¹⁾.

Cleve, de eerste, die nauwkeurig het Noordzee-plankton onderzocht, gaf aan, hoe hij zich in het algemeen de herkomst van het uit den Oceaan de Noordzee binnendringende plankton dacht. Langs de kusten van zuidwest-Europa tot aan de Azoren is het plankton gekenmerkt door een Diatomee, *Rhizosolenia styliformis*, die zulk een overheerschende plaats inneemt, dat het plankton daaraan den naam van Styliplankton ontleent. Dit nu wordt zoowel door het Kanaal als ten N. van Schotland in de Noordzee gevoerd en verandert daarmede eenigszins van samenstelling.

In de noordelijke Noordzee, ten N. ongeveer van een lijn van Spurn Point naar Kaap Hanstholm is het plankton gekenmerkt door een Peridinee, *Ceratium tripos* (vandaar de naam Triposplankton), die vooral in den nazomer en herfst talrijk is, terwijl het plankton ten Z. van bovengenoemde lijn zich vooral onderscheidt door weliswaar met het Styliplankton verwante, maar meer aan het leven in brakwater aangepaste vormen (zuidelijk-neritisch plankton ²⁾) of

1) Ik moet hier van Hollandsche zijde speciaal het uitstekende werk van Dr. P. J. van Breemen noemen, die in zijn „Plankton van Noordzee en Zuiderzee”, Ac. Proefschrift, Leiden 1905, een duidelijk overzicht, zoowel systematisch als faunistisch, geeft van het plankton in de zuidwestelijke Noordzee. Het hier volgende is hoofdzakelijk aan dit werk ontleend; ook voor de litteratuur zij hierheen verwezen.

2) Ook wordt noordelijk-neritisch plankton onderscheiden, (eveneens Didymusplankton), dat in het Skagerrak voorkomt, en daarheen, volgens Cleve en Aurivillius,

Didymus-plankton (naar de Diatomee *Chaetoceras didymus*).

Het zuidelijk-neritisch plankton van de zuidwestelijke Noordzee, waarbij, volgens Cleve, eveneens echt oceanische vormen van het Styliplankton zich voegen, zou hoofdzakelijk door het Kanaal aangevoerd worden.

Uit de onderzoekingen van van Breemen (l.c.) evenwel is gebleken, dat aanvoer van oceanische vormen uit het Styliplankton door het Kanaal niet of in zeer onbetekende mate plaats vindt. Voor een viertal tot systematisch geheel verschillende groepen behorende soorten kon hij aantonen, dat ze in het Kanaal, maar niet in het oostelijk gedeelte, en evenmin in de zuidwestelijke Noordzee haar normaal verspreidingsgebied hebben, terwijl ze wel weer in de noordelijke Noordzee optreden. Deze soorten zijn *Oithona similis*, *Rhizosolenia atlantica*, *Ceratium macroceras* en de planktonalg *Halosphaera viridis*. Zij kunnen als typische vertegenwoordigers beschouwd worden van een reeks van vormen, die in hunne verspreiding eene overeenkomstige leemte vertoonen, welke alleen verklaard kan worden, doordat de oceanische soorten van het Styliplankton in het water van het oostelijk deel van het Kanaal en de zuidwestelijke Noordzee afsterven. Het is bekend, hoe fijn verschillende (speciaal oceanische) planktonvormen op veranderingen in samenstelling van het water reageeren, hetzij hierbij aan eene vermindering in het zoutgehalte of aan bepaalde, uit riviermondingen of zeebodem afkomstige, vergiftige stoffen moet worden gedacht.

Wat speciaal het plankton der zuidwestelijke Noordzee aangaat kunnen we, met van Breemen¹⁾, hier twee hoofd-

door middel van den Kanaalstroom en den langs de kust van Jutland voerenden stroom, getransporteerd moest zijn.

De term neritisch (van Gran afkomstig) duidt de soorten aan, die in hunne levenswijze, speciaal in hunne voortplanting, op eenige wijze afhankelijk zijn van den zeebodem der ondiepere kustzeeën.

1) Jaarboek van het Rijksinstituut voor het Onderzoek der Zee, 1903. Helder 1904, p. 56—58.

gebieden onderscheiden, een Z. O. en een N. W. district. Het eerste is gekenmerkt door een zuiver kust- of neritisch plankton (naar de Copepode *Oithona nana*, die hiervan een typisch bestanddeel vormt, Nanaplankton genoemd); het laatste strekt tot woonplaats aan hoofdzakelijk oceanische vormen (naar de Copepode *Oithona similis*, die hier talrijk voorkomt, Similisplankton geheeten), we kunnen het beschouwen als een min of meer verarmd, voor de noordelijke Noordzee kenmerkend, Triposplankton, daar enkele standvastige elementen van dit laatste hier geheel ontbreken.

In het Nanaplankton¹⁾ hebben Diatomeen de overhand. In Mei bereiken zij een maximum van ontwikkeling, nemen vervolgens iets af, om in November een tweede bloeiperiode, die evenwel wat minder is, door te maken. Het minst in aantal zijn zij in Februari en Augustus. Vanaf Mei ontwikkelt zich in enorme massa's een kleine, slijmige planktonalg, *Phaeocystis globosa*, die na enkele maanden weder geheel verdwijnt. De zomer is verder gekenmerkt door de reusachtige ontwikkeling van *Noctiluca miliaris*, de kleine Protozoe, die voornamelijk het lichten der zee bewerkt.

Voor het Tripos- en Similisplankton, dat langs de kust van Engeland en hoofdzakelijk verder in de noordelijke Noordzee wordt aangetroffen, kan in 't algemeen worden gezegd, dat het grootendeels uit Peridineen (voornamelijk *Ceratium*) is samengesteld, die in den zomer en herfst het talrijkst zijn.

Van de bespreking van het plankton willen we niet afstappen, zonder met een enkel woord melding te hebben gemaakt van eene merkwaardige Diatomee, *Biddulphia sinensis*²⁾. Deze is oorspronkelijk te huis in de kustwateren van

1) Dit is dus weder een onderdeel van het Didymusplankton.

2) Zie hiervoor C. H. Ostenfeld: On the Immigration of *Biddulphia sinensis* Grev. and its Occurrence in the North Sea during 1903—1907... etc. Meddelelser fra Komm. for Havundersøgelser. Serie Plankton. Bind I. nr. 6. København, 1908. Volgens dezen schrijver is het plotseling optreden in de Noordzee alleen te verklaren uit een toevallig transport door een of ander voor Hamburg bestemd schip.

Zuid-, Zuidoost- en Oost-Azië, en werd in den Atlantischen Oceaan slechts twee malen door Cleve (1900) op de kust van Guiana aangetroffen. Verder kwam deze soort nergens voor, en ook in de talrijke planktonmonsters, die vóór 1903 in de Noordzee werden geschept, werd ze nimmer aangetroffen. In genoemd jaar evenwel, in November, werd ze opeens in massa aan de mond van de Elbe gevonden, en dreef, zooals latere vondsten bewezen, met den Jutlandschen stroom naar het Noorden, tot in het Skagerrak en zelfs in de Oostzee.

Daar we in dit geval met een organisme te doen hebben, dat, mede uit hoofde van de neritische levenswijze, aan groote wisselingen van temperatuur en zoutgehalte weerstand kan bieden, dus eurytherm en euryhalien is, en bovendien geheel passief met den stroom wordt medegevoerd, hebben we thans, daar we de juiste plaats kennen van waaruit de soort zich verspreidde, een object te beschouwen, dat als geschikte „stroomwijzer” kan fungeeren, en ons dus over richting en snelheid van den stroom eenigszins kan voorlichten.

Wij zullen niet stilstaan bij het „acclimatiseeringsproces” van deze uit tropische en sub-tropische wateren afkomstige soort in onze Noordzee. Genoeg zij het te constateeren, dat zij in haar eersten winter en ook in den daarop volgenden zomer, na haar eerste bloeitijdperk in het najaar, op zoodanige schaal afstierf, dat ze ongeveer een jaar na haar eerste optreden bijna geheel was verdwenen. Toen volgde evenwel een nieuw maximum, dat zich sedert dien tijd ieder jaar in den herfst herhaalde, uitgaande van haar „nursery” in de Deutsche Bocht.

Wat ons hier speciaal interesseert, is hare functie als stroomindicator. Dit in 't kort samenvattend, kunnen we zeggen:

1°. dat de Jutlandsche stroom, in het Skagerrak gekomen, eenerzijds aan de oppervlakte met den Baltischen stroom W. waarts en N. W. waarts vloeit, anderzijds, als onder-

stroom, door het Kattegat en de groote Belt haar water in de Oostzee voert, en in den winter (Februari) het verst reikt, daar in Februari 1905 *Biddulphia sinensis* in diep water tot in de baai van Dantzig werd gevonden.

2°. dat de Baltische stroom in Februari 1907 zich buitengewoon ver had uitgebreid, daar *Biddulphia sinensis* in dezen stroom tot Z.O. van Shetland werd waargenomen. Het hier binnenstroomende oceaانwater werd daardoor aan de oppervlakte geheel verdrongen.

3°. dat een omgekeerde richting van den Kanaalstroom, die, zooals men weet, voornamelijk N.O. waarts stroomt¹⁾, waarschijnlijk wordt, doordat *Biddulphia sinensis* in November 1904 plotseling voorkwam op de Belgische kust, en zich daar verder in stand hield, *zonder evenwel aanvankelijk ergens tusschen deze kust en den mond van de Elbe gevonden te worden*. Eerst in November 1905, van twee centra uitgaande, heeft ze zich van België tot in het Skagerrak uitgebreid.

Doordat in het najaar van 1903, toen dezen *Biddulphia* zich voor het eerst in de Noordzee vertoonde, regelmatig aan 't begin en in 't midden van iedere maand aan boord van verschillende Deensche lichtscheperen planktonmonsters werden genomen, heeft Ostenfeld verder, door als maatstaf het achtereenvolgende eerste optreden van bovengenoemde soort te nemen, de minimumsnelheid van verplaatsing van dit organisme, en dus ook van het water van den stroom zelf, berekend. Hij vond een minimumsnelheid voor den Jutlandstroom, ook in het Skagerrak en Kattegat van ± 17 c.M. per seconde²⁾, in het zuid. Kattegat en in de

1) Deze stroomomkeering is trouwens ook van andere zijde en reeds vroeger waarschijnlijk gemaakt door proefnemingen met „bottom-trailers”, kunstmatig zwevend gehouden, gemerkte voorwerpen, die in volle zee werden uitgezet, dus naar het door Wemyss Fulton toegepaste flesschensysteem (zie hiervoor). De omkeering zou plaats vinden in volle zee op ongeveer 3° O.L. Zie Geo. P. Bidder, Principal Results of the Experiments with Bottom-Trailers, Cons. perman. internat. de l'expl. de la mer, Rapports et Procès-Verbaux, Copenhague, Vol. VI, 1906.

2) Volgens andere berekeningen (zie hiervoor p. 712) bedraagt de stroomsnelheid

Groote Belt werd deze snelheid in den onderstroom op ± 3 c. M. per seconde bepaald.

C. *Bodemdieren*. De algemeene regel, dat de verspreiding der organismen in hooge mate afhankelijk is van de uitwendige invloeden, en van de wijze, waarop de verschillende soorten, ieder afzonderlijk beschouwd, op deze invloeden reageeren, geldt ook in hooge mate bij de bodemdieren. Willen wij iets van de wetten te weten komen, volgens welke de bodemfauna (en ik wil hier verder om niet te uitgebreid te zijn alleen op de lagere dieren het oog houden), verspreid is, dan zal ons de kennis omtrent de physische gesteldheid van het levensmilieu van veel nut kunnen zijn.

De factoren, waarop hier gedoeld wordt, zijn verlerlei; enkele van de voornaamste zullen we kort bespreken.

Temperatuur. We weten, dat dit stellig een van de meest gewichtige uitwendige invloeden is. Echter moet hierbij wel onderscheiden worden tusschen de toestanden in diep water, waar gedurende het geheele jaar de temperatuuramplitude gering is, en dus de dieren, aan deze verhoudingen aangepast, zich kunnen handhaven (afgezien natuurlijk van andere levensvoorwaarden) — en het leven op ondiepe plaatsen, op banken en aan de kust, waar de jaarlijksche wisseling der temperatuur belangrijk grooter is, en ook het gemiddelde hooger ligt. Voor die bodemorganismen, die meer dan een jaar noodig hebben om hun leven te volbrengen, bestaan nu verschillende mogelijkheden: óf zij moeten zich zoowel aan maximum- als minimum temperatuur geheel hebben aangepast, óf zij graven zich in het voor hen ongunstige seizoen in den bodem, die, volgens de onderzoekingen van Petersen¹⁾, een tamelijk standvas-

bij het lichtschip „Horns Rif” slechts 8, 6 c.M. per seconde. Dit is, dus een aanmerkelijk verschil; Ostenfelds berekeningen gelden intusschen slechts voor October en November 1903.

1) C. G. Joh. Petersen: Det videnskabelige Udbytte af Kanonbaaden „Hauchs” Togter... etc.... i aarene 1883—'86, Kjobenhavn 1893. General results. p. 441.

tige, en wel met de gemiddelde temperatuur van het water overeenkomende, warmtegraad bezit, óf zij trekken naar andere plaatsen, die betere levensvoorwaarden kunnen aanbieden.

Voor een aantal bodemdieren in ondiep water is het gemakkelijker te zeggen, hoe ze niet dan hoe ze wel handelen om het ongunstige jaargetijde door te komen. Voor onbewegelijk vastgegroeide dieren vervalt al dadelijk iedere vrijwillige verplaatsing van standpunt. Andere, zooals bijna alle Mollusken, zijn zoo langzaam in hunne bewegingen, dat voor hen van emigratie geen sprake is; bij vele Gastropoden en Lamellibranchiaten is trouwens aangetoond, dat zij zich 's winters in den bodem begraven. Aanpassing, ook aan de ongunstige temperaturen, zal voor de meeste soorten wel het eenige zijn, dat overblijft.

De temperatuur werkt trouwens door groote wisselingen niet steeds ongunstig op het leven in. Er zijn vele soorten, die in het eene seizoen (meestal het warmere) zich voeden en daardoor groeien, in het andere daarentegen hunne geslachtsproducten doen rijpen en voor de voortplanting zorgen. Zoo heeft de temperatuurschommeling eene belangrijke physiologische waarde, ja is ze dikwijls voor het leven onontbeerlijk.

Zoutgehalte. Terwijl we dus de bodemdieren, zooals bekend is, al naar gelang van hunne aanpassing aan de temperatuur in stenotherme, die slechts geringe schommelingen kunnen verdragen, en eurytherme soorten, waarbij het aanpassingsvermogen grooter is, kunnen verdeelen, valt eene dergelijke scheiding ook t. o. van het zoutgehalte te maken (stenohalien en euryhalien). Het zal in 't

Onderzoekingen werden in den winter 1891-'92 in de Kolding Fjord verricht; het bleek, dat in den modderbodem op ± 1 M. diepte de temperatuur $\pm 7^\circ$ bedroeg, terwijl die van het bovenstaande water $\pm 0^\circ$ was. Al werd later dit water iets warmer, de temperatuur op deze diepte in den bodem veranderde slechts in veel geringer mate en bleef voortdurend hooger, ook in de meer oppervlakkige lagen van den bodem.

algemeen duidelijk zijn, dat eurytherme soorten ook tevens euryhalien zullen zijn, daar in de ondiepe kustwateren niet slechts de temperatuur, maar ook het zoutgehalte niet onbelangrijk kan wisselen. Bij sommige visschen, waarvan ik zeker geen voorbeelden heb te noemen, kan de graad van aanpassing inderdaad buitengewoon genoemd worden, maar ook onder de lagere diersoorten zijn er vele, die hetzelfde vertoonen. Zoo is de gewone hartschelp onzer stranden, *Cardium edule*, in hooge mate euryhalien, en het merkwaardige daarbij is, dat tevens naar den graad van het zoutgehalte, die gemiddeld op eene bepaalde plaats heerscht, ook kleur en vorm van de schaal zich wijzigt, en in tal van kleine bijzonderheden varieert. Andere soorten hebben zich in haar geheel aan brak water aangepast, en zijn daarna dikwijls min of meer stenohalien geworden.

Diepte. Terwijl we bij de bespreking van temperatuur en zoutgehalte rekening moesten houden met op dezelfde plaats steeds, zij het dan ook soms weinig, wisselende factoren, zijn de invloeden, die we thans nog moeten behandelen van meer standvastigen aard.

Dat de diepte in hare onmiddellijke uitwerking op het organisme, n. l. door het veroorzaken van den voor eene bepaalde soort vereischten druk, in de ondiepe Noordzee een gewichtige factor zou zijn, valt te betwijfelen — tenminste, wanneer we van de toestanden in de Noorsche geul en het Skagerrak, die we trouwens faunistisch niet meer tot het eigenlijke Noordzeegebied kunnen rekenen, afzien. Dat de diepte op de verspreiding der bodemfauna in de Noordzee van veel gewicht is, zou men misschien op het eerste gezicht wel geneigd zijn aan te nemen; toch blijkt deze meening, wanneer we de verticale verspreiding van dezelfde soorten in andere zeeën nagaan, niet juist te zijn, en moeten we veeleer gelooven, dat het andere invloeden zijn (meer standvastige, lage temperatuur, tamenlijk hoog zoutgehalte, afwezigheid van sterke golfbewe-

ging, en aard van den bodem), die de diepere deelen der Noordzee doen bevolken.

Bodem. De aard van den bodem speelt eene groote rol bij de verspreiding. Sommige soorten leven het liefst op zandgrond, andere op slijk, weer andere op en tusschen de steenen. Reeds kaart XVI heeft ons duidelijk gemaakt, hoezeer deze verschillende grondsoorten met elkander afwisselen.

In 't algemeen kunnen we zeggen dat het leven het rijkst ontwikkeld is daar, waar de grond met steenen bezaaid is. Immers deze geven aan talrijke vastzittende dieren: zeeanemonen, zeepokken, hydroidpolypen e. a. gelegenheid zich vast te hechten, en daartusschen leeft dan weer een rijke fauna van meer bewegelijke dieren. Daarentegen zijn de onvermengde slijkgronden arm aan leven, daar zich vasthechtende dieren nergens een steunpunt vinden en onmiddellijk in den grond zouden verzinken. Alleen die dieren kunnen hier leven, welke in staat zijn zich vrijwillig in het slijk in en uit te graven, of welke zich aan enkele boven den zachten bodem uitstekende harde deelen kunnen vasthechten. Op zandgrond komt weder eene rijkere fauna voor, die echter over 't algemeen rijker aan individuen dan aan soorten is.

Afhankelijkheid der dieren onderling en van planten. Ook deze factor zal, zooals vanzelf spreekt, van grooten invloed zijn, o.a. bij de parasieten, die natuurlijk in hunne verspreiding afhankelijk zijn van hun gastheer. Ook behoef ik slechts te wijzen op het geval, waarbij eenige diersoort in haar voedsel op enkele soorten, of misschien zelfs één enkele soort is aangewezen, en deze moet volgen.

Na de voorafgaande behandeling der verschillende factoren zal het duidelijk zijn, hoe gecompliceerd de voorwaarden zijn, die de verspreiding van eenige diersoort bepalen. Niet alle zijn voor een bepaald geval van gelijke waarde. Nu eens zal het b.v. de temperatuur, dan weer

de aard van den bodem zijn, die als hoofdfactor bij de verspreiding geldt. Dat voor iedere soort aan bepaalde voorwaarden moet zijn voldaan, die telkens weder in andere combinaties kunnen optreden, blijkt wel hieruit, dat ten slotte de verspreiding in de zee aan bepaalde wetten is gebonden, dat de soort een zeker gebied heeft, welks grenzen ze op den duur blijkbaar niet kan overschrijden. Het duidelijkst komen deze beperkende voorwaarden voor den dag, wanneer we zien, dat aan de meeste soorten een machtig middel tot verspreiding ten dienste staat, n.l. het bezit van pelagische eieren of larven, die, evenals de door den wind voortgedreven zaden van vele landplanten, hetzij door stroomingen, hetzij door eigen beweging, naar allerlei richtingen kunnen worden gevoerd. Toch, slechts daar, waar de levensvoorwaarden voor het volwassen en geslachtsrijpe dier gunstig zijn, zijn ze in staat zich verder te ontwikkelen en op den bodem stand te houden, elders gaan zij te gronde.

Slechts in enkele gevallen kunnen we dadelijk een hoofdfactor aangeven bij de verbreiding van eenige soort. Zoo wil ik er hier eenige noemen.

1°. De overal bekende zeester, *Asterias rubens*, die aan onze kusten buitengewoon algemeen is, komt door de geheele Noordzee op zandgrond voor. Zand is voor de soort een hoofdvereischte, overigens schijnt ze in hooge mate eurytherm en euryhalien te zijn. Dat evenwel ook deze laatste factoren van invloed zijn, bewijst wel het feit, dat ze alleen op groote diepten (> 40 M.), waar de temperatuur vrij laag en het zoutgehalte tamelijk hoog blijft, eene kolossale grootte van meer dan een voet lengte bereikt; aan onze ondiepe kusten blijft ze veel kleiner. Dat de soort bij haar gering voortbewegingsvermogen op lateren leeftijd tochten van meer dan 60—100 mijlen naar diep water zou ondernemen, om daar verder te groeien, is niet te gelooven.

2°. Een andere Echinoderm, *Brissopsis lyrifera*, is een

typisch bewoner van onvermengde slijkgronden. Alleen en uitsluitend op zulk een bodem wordt deze soort gevonden. Maar ook hier wordt aan grootere diepten de voorkeur gegeven; noch voor den mond van de rivieren, noch ergens langs onze kust is zij te vinden.

3°. Onze zandgronden zijn in hooge mate gekenmerkt door een krab, *Corystes cassivelaunus*, die hier in menigte leeft. Reeds ten N. van den 54^{sten} breedtegraad evenwel is deze vorm zeldzaam, en komt ten N. van de Doggersbank nauwelijks meer voor, hoewel hier toch ook uitgestrekte zandgronden liggen. De reden is, dat deze *Corystes* een zuidelijke soort is, die aan de lagere temperaturen van de noordelijke Noordzee niet is aangepast. Slechts aan onze kust kan zij des zomers, bij een tamelijk hooge temperatuur, leven; des winters graaft zij zich hoogstwaarschijnlijk in den bodem.

We zouden deze gevallen met nog vele kunnen vermeerderen; uit deze enkele voorbeelden evenwel blijkt, hoezeer steeds verschillende samenwerkende factoren bij de verspreiding in 't spel zijn.

Ik wil thans besluiten met enkele typische fauna's, met levensgemeenschappen, als men het zoo wil noemen (hoewel niet te bewijzen is, dat de samenstellende elementen steeds van elkander afhankelijk zijn), die we in de Noordzee aantreffen.

I. Fauna van onze Hollandsche kust (Breeveertien, Bruine Bank). Hoofdkarakter: vlakke, zandige gronden, diepte hoogstens 30 M., hooge zomertemperatuur. Kenmerkend zijn hier onder de Echinodermen: *Asterias rubens*, *Astropecten irregularis*, *Ophioglypha texturata*, *Echinocardium cordatum*; onder de Crustaceen: *Eupagurus bernhardus* (heremiet-kreeft), *Corystes cassivelaunus*; onder de Mollusken: *Mactra subtruncata*, *Mactra stultorum*, *Buccinum undatum* en vele andere.

II. Fauna van het Diepwaterkanaal, langs de Z.O. kust v. Engeland. Hoofdkarakter: zandgrond met veel steenen,

hier en daar slikkig, diepte tot ± 50 M., temperatuur als boven. In de eerste plaats kenmerkend voor dit gebied zijn een aantal hoogere Crustaceen van zuidelijke afkomst, die uit het Kanaal zijn geïmmigreerd ¹⁾, verder de zeester *Solaster papposus*, die hier een tamelijk geïsoleerd gebied bewoont.

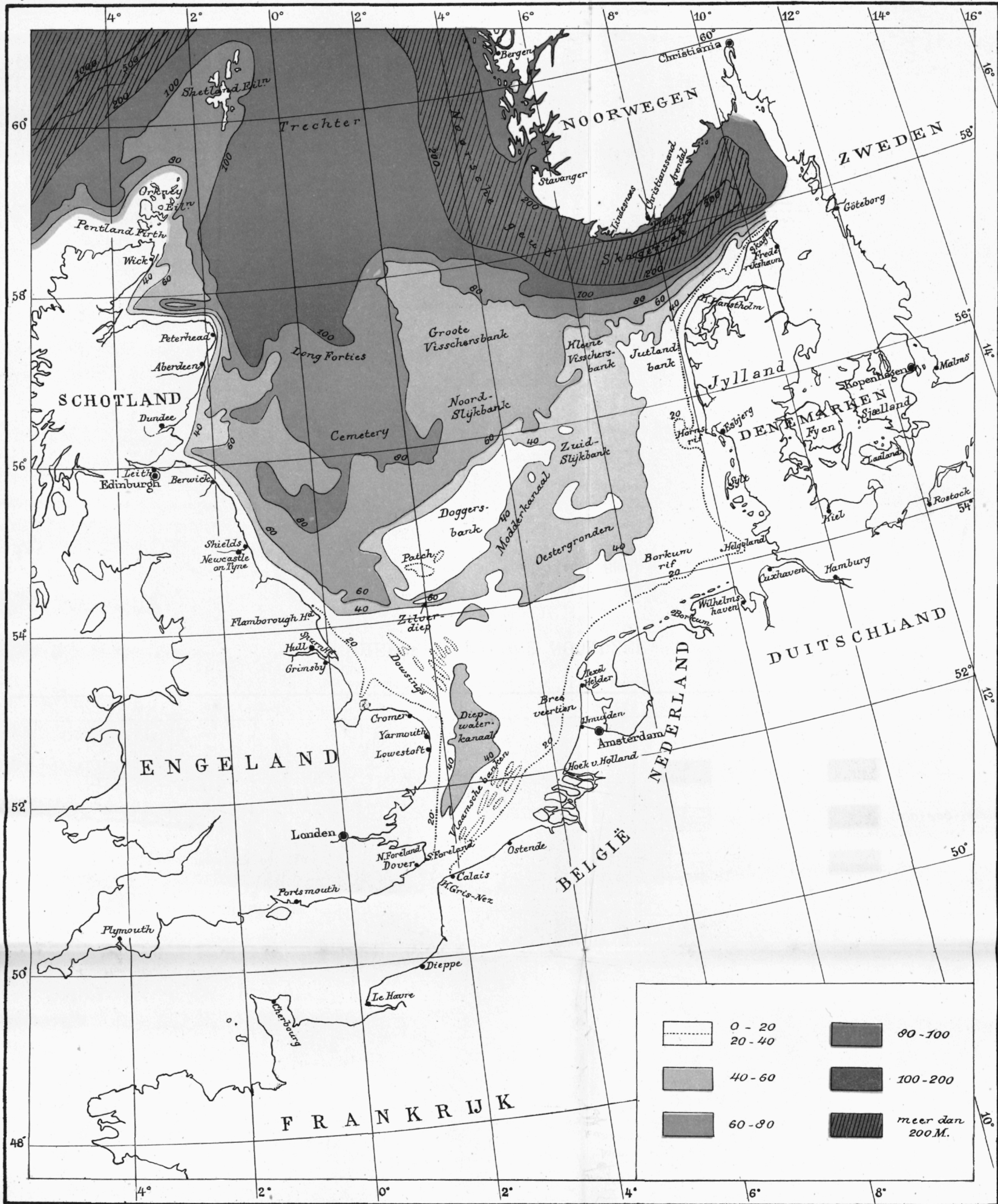
III. Fauna der Oestergronden, Z. O. van de Doggersbank. Hoofdkenmerk: slijkgrond, zelden evenwel zuiver, gewoonlijk met veel zand vermengd; diepte ongeveer dezelfde als die in het Diepwaterkanaal. Zooals reeds de naam aanduidt, komen hier vooral oesters (*Ostrea edulis*) voor, hoofdzakelijk daar, waar een dunne laag slijk den zandbodem bedekt. Meestal zijn deze oesters tot groepen van 4 of 5 aan elkander gegroeid; op dergelijke klompen zitten groote plompe kolonies van *Alcyonium digitatum* (doômansduimen) vastgehecht, verder een aantal hydroidpolypen. Daartusschen bewegen zich talrijke Crustaceen als *Galathea intermedia*, *Fanira maculosa*, terwijl ook de groote *Nephrops norvegicus* algemeen voorkomt, verder veel naaktslakken als *Tritonia hombergi* en *plebeja*, *Archidoris tuberculata*, *Coryphella rufibranchialis*, *Polycera quadrilineata*. In en op den bodem zelf leven de Echinodermen, vooral *Astropecten irregularis* en *Parechinus miliaris*, tevens *Brissopsis lyrifera* (deze alleen in zuivere slijkgronden), ook een aantal Anneliden, waaronder *Harmothoe imbricata*, *Lepidonotus squamatus* en vooral de groote *Aphrodite aculeata* in het oog vallen. Onder de Mollusken worden *Cyprina islandica*, *Cardium echinatum* en *Neptunea antiqua* veelvuldig aangetroffen, die trouwens ook voor het volgende gebied kenmerkend zijn.

IV. Fauna van de Groote Visschersbank. Hoofdkenmerk: zandgrond met tamelijk veel steenen, hoog zoutgehalte, lage

1) Hiervoor mag ik verwijzen naar mijn kort geleden verschenen artikel: Decapode Crustaceen, gedeeltelijk verzameld met de „Wodan”. Bijdragen tot de Fauna der zuidelijke Noordzee, IV. Jaarboek Rijksinstituut voor het Onderzoek der Zee, 1908, p. 102—103.

temperatuur (minimumgordel!), betrekkelijk rustig bodemwater, daar hier ongeveer het centrum ligt van den bij herhaling genoemden cirkelstroom, eindelijk een diepte van 60—80 M. In de eerste plaats is dit gebied gekenmerkt door ontzaggelijke massa's kolonievormende Bryozoën, n.l. *Flustra securifrons*, *Alcyonidium gelatinosum* en *hirsutum*, die overal op kleine en grootere steenen, maar ook op alle mogelijke harde voorwerpen zijn vastgehecht; zoo vindt men kolonies van *Alcyonidium* van meer dan een voet lengte op een enkele doode *Mastra*-schelp. De fauna is nog rijker dan op de Oestergronden. De Echinodermen *Asterias mülleri* en *Cribrella sanguinolenta* zijn typisch voor dit terrein, onder de Mollusken wordt *Sipho (Fusus) gracilis* zeer veelvuldig gevonden. Tal van noordelijke soorten, die hun weg door de Noorsche Geul en het Skagerrak genomen hebben, komen hier voor; hare opsomming evenwel zou hier geheel overbodig zijn, daar het mij slechts te doen was, om zeer beknopt enkele kenmerkende districten in de bodemfauna der Noordzee te noemen.

Den Helder, Rijksinstituut voor het Onderzoek der Zee, Februari 1910.



Boekhandel en Drukkerij voorheen E. J. BRILL, Leiden.

DRUK V. MULDER.

DIEPTEKAART DER NOORDZEE

DOOR

DR. J. TESCH.

SCHAAL 1 : 6.000.000

(Naar O. Krümmel, M. Knudsen en K. Smith.)



Boekhandel en Drukkerij voorheen E. J. BRILL, Leiden.

DRUK V. MULDER.

BODEMSOORTEN DER NOORDZEE

DOOR

DR. J. TESCH.

SCHAAL 1 : 6.000.000

(Naar O. T. Olsen's Engelse Visscherijkaart, Londen, 1908.)

