

De danske farvandes hydrografi i Litorinatiden.

AF

E. STEEMANN NIELSEN.

Hydrografien i tidligere geologiske perioders have er endnu kun i meget ringe grad kendt. I følge sagens natur er forholdene overordentlig vanskelige og det er meget forstaaeligt, at egentlige faghydrografer kun i ringe grad har fattet interesse for sagen.

For en marinbiologisk forsker stiller forholdene sig imidlertid noget anderledes, idet netop vekselvirkningen mellem den biologiske og den geologiske videnskab giver mulighed for udforskningen baade af geologiske og biologiske problemer. Da den hydrografiske viden danner en af de allervigtigste støtter ved biologiske undersøgelser i nutidens have, er det af allerstørste betydning, saafremt marinbiologien skal kunne faa nytte af geologiens resultater, at man i saa høj grad som mulig forsøger at udrede hydrografien i tidligere perioders have.

I særlig grad er perioderne siden den sidste istid af betydning for biologien. Paa mange felter har samarbejdet her mellem geologien og biologien faaet stor betydning for begge videnskabsgrene.

I denne artikel skal søges udredet, hvorledes de hydrografiske forhold i de danske farvande under Litorinatiden maa formodes at have været.

Litorinatidens begyndelse dateres i reglen til ca. 5500 f. v. t. og perioden har antagelig varet ca. 3—4 tusind aar. Danmarks kystlinier var i denne periode ikke særlig forskellige fra de nuværende. Siden Litorinatiden har Danmark hævet sig nord for en linie fra Nissumfjord til Møen, medens landet derimod syd for denne linie har sænket sig noget. Under Litorinahavets maksimum var den nordligste del af den jyske halvø nord for en linie Frederikshavn—Hirtshals dækket af havet. Gennem Limfjordsomraadet har der i

følge NORDMANN (1905) ikke været nogen egentlig forbindelse mellem Nordsøen og Kattegat. Meget karakteristisk for Litorinatiden er fjordene, som skar sig ind i den nordøstlige del af landet; ikke alene gik de nuværende fjorde længere ind i landet, men desuden fandtes endnu en lang række fjorde.

Sundet og bælteerne havde i Litorinatiden omtrent samme bredde som i vore dage. Sundet var kun ganske ubetydelig bredere ved det nordre indløb end i nutiden. Passagen gennem Storebælt derimod var paa forskellige steder smallere, idet f. eks. Langeland var landfast med Fyn over Taasinge. Dybden i Sunden og Bælteerne var omtrent som nu. Paa de for vandpassagen særlig vigtige tærskler, dels mellem København og Malmø, dels mellem Gedser og Dasserort, var paa førstnævnte sted dybden under Litorinahavets maksimum ca. 3 m større end i nutiden, medens den paa det andet sted var nogle meter lavere end nu.

Førend hydrografien i Litorinatiden skal diskuteres, maa omtales de nuværende hydrografiske forhold i de danske farvande. De danske farvande danner overgangsomraadet mellem Nordsøen og Østersøen. Medens Nordsøen staar i aaben forbindelse med Atlanterhavet og har en kraftig vandudveksling med dette, hvilket blandt andet har til følge, at saltholdigheden er høj, er vandet i Østersøen saltfattigt paa grund af stadig tilstrømning af ferskvand fra land. Da fordampningen ikke er saa stor som tilstrømningen af ferskvand, bliver der et overskud af vand i Østersøen, der strømmer ud som en overfladestrøm gennem de danske farvande. Hvis der nu ikke til stadighed blev tilført saltvand til Østersøen, vilde denne følgelig nu være helt fersk. En saadan tilstrømning af saltvand finder imidlertid ogsaa sted i form af en dybdestrøm gennem Storebælt og i mindre grad ogsaa gennem Lillebælt. Aarsagen til denne indadgaende dybdestrøm i de danske farvande maa søges i den i forhold til Østersøen betydelig højere saltholdighed i Kattegat. Selv om vandstanden er en ubetydelighed højere i Østersøen end i Kattegat, ca. 10 cm, udøver Kattegat dog et positivt tryk overfor Østersøen, da vandmasserne paa grund af de højere saltholdigheder er betydelig tungere. Gennem Øresund finder der gennemgaende ingen tilstrømning af salt bundvand til Østersøen, da dybden over tærsklen mellem København og Malmø er meget ringe. For bundvandet, der gennem bælteerne trænger ind i Østersøen, ligger tærsklen som nævnt mellem Gedser og Dasserort, hvor dybden er næsten 20 m.

I følge JACOBSEN (1925) er den aarlige udstrømning af saltfattigt

overfladevand gennem Øresund og bælteerne ca. 800 km³, medens den årlige tilstrømning af salt dybdevand gennem bælteerne er ca. 350 km³.

De ovenfor nævnte strømme gennem Sundet og bælteerne er middelstrømmene for hele aaret. De i hvert øjeblik tilstedeværende strømme er desuden og især betingede af forskellige faktorer, fremforalt vinden, tidevandet og forskellen i barometerstanden mellem Østersøen og Nordsø-Kattegatområdet. Især har vinden og de deraf fremkaldte vandstandsforskelle en overordentlig stor betydning for strømmen. En virkelig kraftig strøm gennem de danske farvande maa altid søge sin årsag i stærk vind. Vestenvind vil fremme en indadgående overfladestrøm, medens østenvind vil fremme den udadgående overfladestrøm. Tidevandsbølgen, der kommer ind fra Nordsøen, har kun en ringe amplitude i de danske farvande. Strømme inducerede heraf er kun af ringe styrke men dog til at iagttage i alle danske farvande.

I Kattegat ligesom naturligvis ogsaa i bælteerne finder der en kraftig opblanding sted mellem dybde- og overfladevandet. Paa højde med Mols har overfladevandet gennemgående en saltholdighed paa ca. 20 ‰; medens denne paa højde med Skagen er ca. 30 ‰.

Gaar vi nu over til at betragte de danske farvandes hydrografi i Litorinatiden, er der et forhold, der er absolut sikkert: der har i denne periode været en større vandudveksling mellem Østersøen og Nordsøen end i nutiden. Saltholdigheden i Litorinatidens Østersø har været ca. dobbelt saa høj som nu, hvilket kan ses af udbredningsforholdene af forskellige mollusker i denne periode (se f. eks. EKMAN, 1933, fig. 15). Samtidig maa tilstrømningen af ferskvand til Østersøen have været mindst lige saa kraftig som i nutiden. Litorinatiden falder sammen med den atlantiske periode, som absolut var fugtig. Det er derfor kun muligt at forklare de højere saltholdigheder i Østersøen som følge af en i forhold til nutiden kraftigere vandudveksling mellem Nordsøen og Østersøen.

Man har forsøgt at forklare denne kraftigere vandudveksling paa forskellig maade. For det første har man ment, at en større forbindelse mellem Nordsøen og Kattegat paa grund af det nordlige Jyllands lavere beliggenhed i Litorinatiden har været årsagen. Dette lyder imidlertid ret usandsynligt, især da det er blevet vist af NORDMANN (1905), at der praktisk taget ingen aaben forbindelse har været mellem Nordsøen og Kattegat gennem Limfjordsområdet. Som

anden forklaring har været angivet en større bredde og dybde af bælteerne i Litorinatiden. Som allerede nævnt har kun Sundet været bredere og endda kun ganske ubetydeligt. Bælteerne derimod har som helhed været smallere — omend ogsaa kun ubetydeligt — Langeland var landfast med Fyn.

Hvad dybden angaar, var denne ringere over den undersøiske tærskel mellem Gedser og Dasserort, der i nutiden er den væsentlige forhindring for det saltholdige dybdevand, der strømmer ind i Østersøen. Den lidt større dybde over tærsklen mellem København og Malmø er uden væsentlig betydning, da den alligevel kun har været ganske ringe — mindre end 10 m under Litorina-sænkningens maksimum. Hvis der ikke i Litorinatiden havde gjort sig en anden faktor gældende, maatte man i hvertfald ikke have forventet højere saltholdighed i Østersøen end nu — maaske endda lavere.

Den egentlige aarsag til den større vandudveksling gennem de danske farvande i Litorinatiden, vil jeg formode, har været en i forhold til nutiden kraftigere tidevandsbølge, som fra Nordsøen har forplantet sig ind gennem Skagerak, Kattegat og bælteerne.

Som det vil blive vist i det følgende tyder en lang række forhold paa et saadant kraftigt tidevand i de danske farvande i Litorinatiden. Ligeledes skal det vises, at Nordsøen antagelig har haft en saadan topografi, at det i høj grad er sandsynlig, at der herfra i denne periode er trængt en kraftigere tidevandsbølge end nu ind i de danske farvande.

Tanken om at der i Litorinatiden har været kraftigere tidevandsbevægelser i de danske farvande har tidligere været berørt i en afhandling om ernæringsforholdene i havet af SPÄRCK (1926), der nævner, at den næringskrævende musling *Scrobicularia piperata*'s store udbredelse i de danske farvande i Litorinatiden kunde forklares, hvis man antog, at tidevandet dengang var kraftigt.

Vi vil først diskutere de antagelige virkninger af en kraftig tidevandsbølge, der fra Nordsøen trænger ind i de danske have, idet vi foreløbig slet ikke tager hensyn til, om en saadan fandtes i Litorinatiden. Først og fremmest vil resultatet blive, at de lavere liggende kyststrækninger to gange om dagen vil blive overskyllede. I hvor høj grad vandet ved flodtid vil kunne skylle ind over kysterne, vil afhænge af flodbølgens amplitude, der lokalt vil kunne udvise store forskelligheder. Et andet synligt resultat af tidevandsbølgen vil de kraftige tidevandsstrømme være, især i bælteerne og Sundet. Dette vil atter bevirke en betydelig forøget vandudveksling mellem Nord-

søen og Østersøen gennem de danske farvande. Baade her og i Østersøen vil saltholdigheden stige ganske betydeligt.

Paa grund af den kraftigere vandudveksling vil temperaturen holde sig ret høj om vinteren. Ogsaa strømsøen, der maa blive en direkte følge af de kraftige tidevandsstrømme gennem bælteerne og Sundet, vil medvirke til at skabe en høj vintertemperatur, idet den modarbejder dannelsen af stabiliserede vandlag.

Et kraftigt tidevand vil ogsaa bevirke, at selv de inderste kroge af de lange fjorde vil blive udsat for en kraftig vandudveksling, saaledes at man ogsaa her vil have høje saltholdigheder. Endelig vil ernæringsforholdene for havdyrene blive bedre, dels fordi fytoplanktonproduktionen bliver kraftig paa grund af lettere mulighed for opblanding af overfladevandet med næringsrigt dybdevand, dels f. eks. for muslingerne paa grund af den stærkere vandfornyelse. For østersens ernæring f. eks. er en kraftig vandfornyelse af overordentlig vigtighed.

Nu viser det sig, at forholdene i de danske farvande i Litorinatiden netop har været som antydnet. Der var en kraftig vandudveksling mellem Nordsøen og Østersøen. Endvidere har selv de inderste arme af de lange smalle fjorde været udsat for en kraftig vandfornyelse. Saaledes har man f. eks. i den inderste del af den lange smalle Lejrearm af Roskildefjord fundet naturlige østersbanker fra Litorinatiden. Da østersen kræver en saltholdighed af noget mere end 20 ‰, er det vanskeligt at forklare østersen her, hvis man ikke antager, at tidevandet har bevirket vandfornyelse. I Lejrearmen udmundede den nuværende Lejreaa, der afvander et ret betydeligt areal af Midt-sjælland.

Ernæringsforholdene for østersen maa have været ganske overordentlig gunstige i fjordene i Litorinatiden. Saaledes finder man baade i Odensefjord og Roskildefjord store arealer med metertykke aflejringer af østersskaller. Selv om man maa regne med at det har taget flere tusind aar at danne disse banker, har østersproduktionen dog været overmaade stor. Den kan sammenlignes med den nuværende østersproduktion i bugterne ved Frankrigs kyst, hvor netop den rige produktion er en følge af det kraftige tidevand, der baade skaber betingelser for en stor produktion af planktonalger og samtidig bevirker en kraftig og stadig vandfornyelse over østersbankerne.

C. G. JOH. PETERSEN (1922) anfører, at man ikke kan sammenligne østersproduktionen i Litorinatiden med de nuværende forhold

ved Frankrigs kyst. Som sammenligningsgrundlag bruger han derimod de nuværende forhold i Limfjorden. Dette er imidlertid ganske afgjort forkert, idet man ikke, selv om man bruger de for østersproduktionen gunstigste perioder i Limfjorden som grundlag, i løbet af tre tusind aar vilde faa dannet skalbanker, som blot tilnærmelsesvis kan maale sig med skalbankerne fra Litorinatiden f. eks. paa bunden af Roskildefjord. C. G. JOH. PETERSEN har sluttet ud fra mængden af østers i køkkenmøddingerne. Det er dog kun en ganske forsvindende del af østersskallerne f. eks. fra Roskildefjord, der er havnet her.

Ligesom tidevandsteorien gør den kraftige produktion af østers i Litorinatidens fjorde forstaaelig; paa samme maade er det tilfældet med en lang række andre muslinger. F. eks. kan anføres *Scrophularia piperata*'s udbredelse, saaledes som allerede nævnt SPÄRCK (1926) har paapeget. Det kan i denne forbindelse nævnes, at denne musling er et af karakterdyrene i de beskyttede bugter ved Frankrigs kyst.

Ligesom i nutiden ved Frankrigs kyst østersbankerne findes inde i de beskyttede bugter, paa samme maade fandtes i Litorinatiden østersbankerne inde i fjordene. I aabne farvande har man ikke hverken i Kattogat eller i bælteerne, fundet skalbanker af østers fra denne periode. Spredt forekomst af østers har der derimod antagelig nok været forskellige steder. Naar østersen ikke har haft særlig gode kaar her, skyldes det sikkert ikke, at ernæringsforholdene ikke har været gode her. Aarsagen maa sikkert søges deri, at sommertemperaturen ikke har været saa høj her, at larverne, der er meget varme-krævende, har haft gode betingelser. De stærke tidevandsstrømme har haft en hæmmende indflydelse paa stabiliseringen af vandlagene. Sommeropvarmningens indflydelse er gaaet dybere ned, hvorved overfladetemperaturen ikke har naaet saa høje værdier, som østerslarven kræver. I de lavvandede fjorde derimod har temperaturen sikkert om sommeren kunnet blive et par grader højere end udenfor. Thi selv om fjordene har været udsat for en kraftig vandfornyelse, er det jo langt fra hele vandmassen i fjorden, der daglig er blevet fornyet. De egentlige opvoksningssteder for østerslarverne har vel nok været de indre dele af fjordene. Ved ebбетid, naar vandet strømmede ud af fjordene, er larverne ogsaa ført til de ydre dele af fjordene og naturligvis ogsaa for en stor dels vedkommende helt ud af fjordene. Har de været i stadiet, hvor de skal sætte sig fast, har dette kunnet ske ogsaa i de ydre dele af fjordene og i de aabne

farvande udenfor. Naar østersen først har sat sig fast, er den ikke mere saa varmekrævende. Det er imidlertid forstaaeligt, at de egentlige store østersbanker kun findes i de lange fjorde og i reglen ikke lige ved indløbet. I Roskildefjord begynder de store østersskalaflejringer først lidt nord for Frederikssund.

Naar man ved Svendborgsund finder østers fra Litorinatiden er aarsagen den, at dette sund i Litorinatiden var en fjord. I egentlige sunde, selv om de har været smalle og lavvandede, har der ikke været mulighed for egentlig østersproduktion, idet vandmasserne her er udsat for stadig fuldstændig fornyelse.

Som man ser støtter alle disse nævnte forhold i høj grad teorien om, at der i Litorinatiden gjorde sig stærkere tidevandsforhold i de danske farvande gældende end i nutiden.

Et andet punkt maa nævnes i denne forbindelse: hvordan har stenalderfolkene faaet fat paa østersen. Hvis forholdene dengang havde været som nu i Limfjorden, vilde det have været overmaade vanskeligt for de primitive mennesker at faa fat paa østersen. Har forholdene derimod været som nu i bugterne ved Frankrigs kyst, er forholdet et helt andet, idet store dele af østersbankerne ved ebбетid ligger helt blot. Hvor i nutiden primitive mennesker til dels lever af muslinger og deslige, er det ogsaa netop paa steder, hvor fjæren ved ebбетid ligger tør og saaledes tillader menneskene uden megen besvær at samle føden. Selv om muslingerne saa langt nær har været stenalderfolkets vigtigste næringsmiddel, saaledes som man en overgang troede, har det dog været ikke helt ringe mængder af disse skaldyr, der er gaaet ind i stenalderfolkets husholdning. Det er maaske endda rimeligt at antage, at en stor del af østersen er blevet fortæret paa stedet. I køkkenmøddingerne skulde saaledes kun en del skaller af de spiste østers findes.

Det skal nu diskuteres, om det ud fra forholdene i Litorinatiden i Nordsøen er til at antage, at der herfra er trængt en i forhold til nutiden kraftigere tidevandsbølge ind i de danske farvande. Den anskuelse, at det er en ganske selvfølgelig sag, at man i de danske farvande kun har minimal ebbe og flod, er absolut forkastelig. Det har derimod netop været et overordentlig kompliceret problem for tidevandsforskere at faa klarlagt aarsagerne til, at der ikke induceres en kraftigere tidevandsbølge i de danske farvande. Gennem tiderne har forskellige teorier været fremsat og det er egentlig først i de allerseneste aar, at man er naaet til nogenlunde klarhed herover (se THORADE 1932).

Vi vil derfor først omtale tidevandsforholdene i den nuværende Nordsø, saaledes som de efter de senere aars undersøgelser opfattes.

Tidevandet i Nordsøen skyldes næsten udelukkende den bølge, som nord om Skotland trænger ind i bassinet. I den norske rende forplanter bølgen sig paa grund af den store dybde hurtigt af sted, medens hastigheden i den vestlige halvdel af Nordsøen paa grund af de ringere dybder er betydelig langsommere. I den sydlige del af Nordsøen bevirker tidevandet paa grund af interferensen mellem den indtrædende og den fra nordkysten af Tyskland tilbagekastede bølge, at der dannes et saakaldt amphidromi — d. v. s. der dannes en staaende bølge omkring et centrum. I dette centrum, der ligger øst for Doggerbanken, er forskellen mellem ebbe og flod 0. Paa grund af teoretiske beregninger foretaget af den tyske oceanograf DEFANT for ca. 10 aar siden (DEFANT 1923) havde man antaget, at der ogsaa i den nordlige del af Nordsøen maatte dannes et lignende amphidromi med centrum ud for sydkysten af Norge. Her er forskellen mellem ebbe og flod ganske minimal. Nøjagtige maalinger af flodtiderne ved Norges sydkyst udført i de seneste aar har imidlertid vist, at flodbølgen langs Norges sydkyst gaar mod sydøst, hvilket modbeviser tilstedeværelsen af dette amphidromi. Var et saadant tilstede, maatte man ogsaa forvente et betydeligt tidevand ved kysten af Bohuslen, hvilket ikke er tilfældet. Interferensen mellem de forskellige bølger giver saaledes ikke ud for indløbet til Skagerrak anledning til dannelsen af noget amphidromi. Man maa forestille sig forholdene saaledes som f. eks. KRÜMMEL (1911) opfattede dem, at de to bølger her danner simpel interferens og saaledes næsten ophæver forskellen mellem ebbe og flod.

Foruden den skotske bølge trænger ogsaa en flodbølge gennem den engelske kanal ind i Nordsøen. Men den er paa grund af den engelske kanals snæverhed og forholdsvis ringe dybde kun af underordnet betydning for tidevandsforholdene i Nordsøen. Den bevirker kun, at der dannes et amphidromi i Hofderne. Lord KELVIN har engang meget drastisk fremhævet, at det ikke vilde faa nogen betydning for tidevandsforholdene i Nordsøen, om der blev bygget en dæmning mellem Dover og Calais. I følge geologernes fremstilling af forholdene i Nordsøen f. eks. hos DUDLEY STAMP (1936) skal det være bølgen gennem den engelske kanal, der er afgørende for tidevandet i Nordsøen. Geologerne regner derfor med, at de nuværende tidevandsforhold begyndte, da Atlanterhavet brød ind gennem den engelske kanal. Dette er imidlertid ganske afgjort forkert.

Da der finder interferens sted mellem forskellige tidevandsbølger netop paa det sted i Nordsøen, hvor dette hav gennem Skagerak staar i forbindelse med de danske farvande, bliver tidevandsbølgen, der trænger herind kun af ganske ringe mægtighed. Tidevandet her er derfor uden større betydning.

At sige noget nærmere om, hvorledes tidevandsforholdene i Nordsøen har været under Litorinatiden er temmelig umuligt. Dertil ved man altfor lidt f. eks. om dybdeforholdene, der er af afgørende betydning for tidevandet; og selv om man kendte Nordsøens topografi nøje fra denne periode, vilde det dog være ret haabløst at sige noget bestemt om tidevandet. Kun for bassiner af simpel geometrisk form er det til nød muligt at udregne tidevandsforholdene. Det eneste man med sikkerhed kan sige om tidevandsforholdene i Nordsøen i Litorinatiden er, at man ikke fra tidevandsforholdene nu kan slutte sig til forholdene dengang.

Vi vil se lidt nærmere paa Nordsøens antagelige topografi i Litorinatiden. I perioden før Litorinatiden, i Ancylustiden, var hele den sydlige del af Nordsøen fastland. I følge BAAK (1936) kan man sætte Litorinatidens begyndelse omtrent samtidig med at den første forbindelse mellem den engelske kanal og Nordsøen blev etableret. Denne forbindelse antages at have ligget langs en linie i nærheden af den engelske kyst, hvor man nu finder forholdsvis store dybder. Ogsaa mod øst brød vandet ind, og der dannedes herved en stor ø, hvor den nuværende Doggerbanke ligger. Paa et senere tidspunkt, hvornaar er det umuligt at afgøre, er Doggerøen forsvundet. Dens højeste punkt ligger nu kun 13 m under havet.

Doggerøens forsvinden skyldes antagelig dels en landsænkning, dels havets erosion. Dette sidste ses blandt andet af de talrige stenrev, der er resterne af tidligere morænebakker, der er blevet udskyllede af havet. Der finder den dag i dag erosion sted paa Doggerbanken. Paa de højere partier af den staar der ved storm brænding. Pollenspektrene af tørv fra Doggerbanken kan ikke antages at give noget billede af forholdene umiddelbart før Doggerøens forsvinden. Tørven fra de seneste perioder har ligget øverst og det er rimeligst at antage, at den er eroderet bort, da havet langsomt brød ind over øen. Paa de højere dele af Doggerøen er der slet ikke fundet tørv. Det er vel at formode, at den her fuldstændig er eroderet bort.

Ved sin isolerede beliggenhed midt i Nordsøen har Doggerøen været i særlig grad udsat for havets erosion, idet materialet let blev skyllet ud paa det dybe hav. Ved en fastlandskyst er sagen noget

anderledes, idet havet her kun ligger til den ene side. Det borteroderede materiale vil her nogenlunde blive paa stedet. Man ser saaledes at det ved kysterne af Slesvig og Holsten borteroderede materiale er blevet paa stedet, idet det har dannet de store marskpartier indenfor ørækken langs kysten.

Gennem hele Litorinatiden har havet antagelig langsomt spist væk af Doggerbanke omraadet. En lang række af de mange stenrev i den sydlige del af Nordsøen og op langs den jydsk kyst f. eks. Hornsrev er vel ogsaa opstaaet i denne periode ved borterrosion af oprindelige morænepartier.

Først i slutningen af Litorinatiden, da Slesvig og Holsten og kysten ned til Flandern sank i forhold til havets niveau, hvorved vadehavet opstod indenfor den nu isolerede ørække, er vel ogsaa Doggerbankeomraadet sunket ned til omtrent det nuværende niveau. Nordsøens topografi havde faaet den nuværende udseende. De nuværende tidevandsforhold i Nordsøen er begyndt, hvorved der kun sendes en ubetydelig tidevandsbølge ind i de danske farvande. Vandudvekslingen mellem Kattegat og Østersøen bliver mindre. Østersøens saltholdighed falder stærkt. Endvidere ophører de gunstige betingelser f. eks. for østersen i de danske fjorde.

Som allerede engang kraftigt pointeret er det umuligt at rekonstruere tidevandsforholdene i Litorinatidens Nordsø. De har sikkert ogsaa ændret sig jævnt gennem hele denne periode. Hvad enten man antager at Doggerøen som saadan er forsvundet paa et ret tidligt tidspunkt af Litorinatiden eller først i slutningen af denne periode, har Nordsøens topografi været en anden end i nutiden. Amphidromiets beliggenhed i den sydlige Nordsø har maaske været forskubbet i forhold til nu. Der har maaske ogsaa været et amphidromi i den nordligere del af Nordsøen. Alt dette er det imidlertid umuligt at sige noget nærmere om. Vi saa, at der i nutiden opstaaer interferens mellem forskellige tidevandsbølger, hvorved ebbe og flod næsten helt forsvinder, netop paa det sted i Nordsøen, hvor forbindelsen med de danske farvande findes. At der under helt andre forhold i Litorinatiden netop ogsaa paa dette sted skulde have fundet fuldstændig interferens sted, er saa langt fra givet. Naar saa tilmed en række andre forhold tyder paa, at der i Litorinatiden trængte en kraftig tidevandsbølge ind i de danske farvande, er det absolut rimeligst at antage, at en saadan næsten fuldstændig interferens ikke fandtes, i hvert fald ikke paa samme sted som i nutiden.

En tidevandsbølge, der fra Nordsøen er trængt ind i Skagerak,

maa ogsaa have øvet sin indflydelse f. eks. i Oslofjorden. Dyrene, der har levet her i Litorinatiden, tyder ogsaa herpaa. F. eks. var stenkorallen *Lophohelia prolifera* almindelig her, ligeledes den store musling *Lima excavata*. Disse dyr findes i nutiden ikke levende i Oslofjorden. De er ikke særlig varmekrævende. Deres forekomst i Litorinatiden maa antages at skyldes den kraftigere vandudveksling paa grund af tidevandet. Oslofjorden har i denne periode været mere oceanisk præget end nu.

De hydrografiske forhold i de danske farvande har kun været omtalt i store træk; men det er mit haab at denne artikel muligvis vil give andre anledning til detailstudier. Der er dog et par enkelte punkter, som kort skal omtales.

Danmarks kystlinier har sikkert forandret sig jævnt gennem hele Litorinatiden paa grund af havets erosion. Denne har sikkert været betydelig kraftigere end i nutiden paa grund af den stærkere strøm. Mange af stenrevne i de indre danske farvande er sikkert dannede i denne tid paa grund af borterosion af udsatte morænepartier. Dette maa ogsaa tages i betragtning ved diskussioner om bælternes og Sundets bredde gennem Litorinatiden. Endelig er det vel ogsaa sandsynligt at selve dybden her mange steder først i løbet af Litorinatiden er naaet ned paa det nuværende niveau. F. eks. er det vel rimeligst at antage, at de dybe huller i Storebælt, som i følge S. A. ANDERSEN (1927) er dannet paa grund af erosion af en ud- og indgaaende strøm i dette farvand, netop er opstaaet i Litorinatiden. Ved de nuværende strømforhold sker der ingen erosion her, idet der tværtimod aflejres materiale. Det er mudderbund, man finder her lige som forøvrigt i bunden af alle de dybe render i Storebælt.

Medens kystlinierne i de indre danske farvande i nutiden nogenlunde følger linierne for middelvandstanden, har dette i følge den kraftigere ebbe og flod ikke været tilfældet i Litorinatiden. En mindre del af »landhævningen« af den nordlige del af Danmark efter Litorinatiden skyldes saaledes muligvis det forhold, at tidevandet er blevet mindre. Da ebbe og flod sikkert ligesom i nutiden f. eks. i den irske kanal har været af meget forskellig udstrækning selv paa punkter, der ligger ret nær hinanden, maa dette tages i betragtning ved undersøgelser over landhævningen. Ogsaa ved Jyllands vestkyst bør man tage dette i betragtning. Det forhold f. eks. at marsken ved Ribe tilsyneladende har hævet sig $1\frac{1}{2}$ m siden vadehavet blev dannet (A. JESSEN. 1916), kan muligvis skyldes, at tidevandsforskellen her nu er mindre. Sydligere ved Slesvigs kyst finder man

ikke en saadan landhævning. I nutiden formindskes tidevandsforskellen stærkt langs Nordsøens kyst, naar man gaar fra syd til nord; men saaledes som det vil fremgaa af afsnittet om tidevandet i Nordsøen, er det absolut ikke sikkert, at det samme har været tilfældet, da vadehavet blev dannet.

Stormfloder i de indre danske farvande i Litorinatiden maa have været af ganske andre dimensioner end i nutiden. Stormfloderne er i reglen kun meget voldsomme, hvor tidevandsbølgen er kraftig. Da stormfloderne i Nordsøen tilsyneladende i historisk tid har været særlig almindelige i bestemte aarhundreder — langperiodiske svingninger af tidevandet, der skyldes maanebanens stilling i forhold til jordbanens er muligvis aarsagen (H. PETTERSSON, 1914) —, er noget lignende ogsaa tænkeligt for Litorinatiden. »Litorinatransgressioner« af mindre maalestok kan muligvis undertiden forklares paa denne maade. Endvidere behøver tidevandet i de danske farvande ikke at være aftaget jævnt. Det er f. eks. ikke helt udelukket, at der i Litorinatiden kan have været flere maksimer for tidevandet. Endelig er det langt fra givet, at tidevandet har forandret sig paa samme maade paa de forskellige steder, da tidevandet, som allerede nævnt, uden tvivl har udvist stor forskel rent lokalt. Disse lokale forskelle kan godt have forandret sig indbyrdes i løbet af Litorinatiden.

Det er mig en kær pligt at takke de mange, der paa forskellig maade har hjulpet mig ved udarbejdelsen af denne afhandling. I særlig grad gælder dette professor R. SPÄRCK, dr. S. A. ANDERSEN, dr. A. BRUUN og magister H. THOMSEN.

Zusammenfassung.

In der Litorinazeit war der Salzgehalt der Ostsee ungefähr doppelt so hoch wie jetzt. Da die Litorinazeit mit der feuchten Atlantischen Periode zusammenfällt, muss ein im Verhältnis zu jetzt grösserer Wasseraustausch durch die dänischen Gewässer stattgefunden haben. Die Passage durch die Belte und den Sund war damals nicht breiter als jetzt; vor allem aber war die Tiefe über der unterseeischen Schwelle zwischen Gedser und Dasserort etwas geringer als jetzt. Diese Schwelle ist jetzt das wichtigste Hindernis für das salzhaltige Tiefenwasser, das in die Ostsee hineinströmt. Die Ursache des grossen Wasseraustausches damals durch die dänischen Gewässer muss in kräftigeren Gezeitenströmungen gesucht werden.

Der Gedanke, dass in der Litorinazeit kräftigere Gezeiten als jetzt in den dänischen Gewässern sich fanden, ist früher von SPÄRCK (1936) berührt worden, der in einer Abhandlung über die Ernährungsverhältnisse im Meere erwähnt, dass die grosse Verbreitung der sehr nahrungsverlangenden Muschel *Scrobicularia piperata* in den dänischen Gewässern in der Litorinazeit verständlich wäre, wenn man annehmen würde, dass die Gezeiten damals kräftiger wären.

Aber auch eine grosse Reihe anderer biologischer Tatsachen deuten in derselben Richtung hin. Vor allem lassen sich die Grösse und Lage der grossen Austerbänke aus der Litorinazeit schwer ohne eine Annahme von kräftigen Gezeitenströmungen erklären. Das Auftreten der Steinkoralle *Lophohelia prolifera* und der Muschel *Lima excavata* im Oslofjord muss auch erwähnt werden. Ferner wird es auch so verständlich, wie es für die primitiven Steinaltermenschen möglich war, die grossen Mengen Auster zu erbeuten. Zur Ebbezeit haben sie die Auster mit den Händen sammeln können.

Die geringen Gezeiten in den dänischen Gewässern jetzt sind die Folge von beinahe völliger Interferenz zwischen verschiedenen Gezeitenwellen in der Nordsee im Gebiete des Skageraks. Dass auch in der Litorinazeit in demselben Bereiche eine solche beinahe völlige Interferenz vorhanden gewesen ist, ist bei weitem nicht selbstverständlich. Der Verlauf der Gezeitenwellen ist im hohen Grade von der Topographie eines Gewässers abhängig. Da die Topographie der Nordsee in der Litorinazeit anders war, — z. B. ist während dieser Periode eine grosse Insel da, wo jetzt die Doggerbank liegt, verschwunden — muss man auch mit einem anderen Verlauf der Gezeitenwellen rechnen. Es ist aber nicht möglich, die Gezeitenverhältnisse der Nordsee theoretisch zu rekonstruieren, selbst wenn man die Topographie in dieser Periode genau gekannt hätte; dazu sind die Gezeiten allzu verwickelt. Nichts spricht aber gegen eine Annahme von einer von der Nordsee inducierten kräftigen Gezeitenwelle in den dänischen Gewässern während der Litorinazeit.

LITTERATUR.

- ANDERSEN, S. A. 1927: Storebælt i Nutid og Fortid. — Geol. Fören. i Stockholm Förhandlingar.
- BAAK, J. A. 1936: Regional Petrography of the Southern North Sea. Wageningen.
- DEFANT, A. 1923: Grundlage einer Theorie der Nordseezeiten. — Annalen d. Hydrographie.
- EKMAN, S. 1933: Spät- und postglaziale Geschichte der baltischen Fauna. — Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Lieferung XXIII.
- JACOBSEN, I. P. 1925: Die Wasserumsetzung durch den Öresund, den Grossen und den Kleinen Belt. — Medd. Komm. Havundersøgelser. Ser. Hydr. B. II. Nr. 9.
- JESSEN, A. 1916: Marsken ved Ribe. D. G. U. II. Rk. Nr. 27.
- KRÜMMEL, O. 1907: Handbuch der Ozeanographie, 2. Ausg. Stuttgart.
- NORDMANN, V. 1905: Bemærkninger om Molluskfaunaen (i JESSEN, A. Beskrivelse til de geologiske Kortblade Aalborg og Nibe. — D. G. U. I. Rk. Nr. 10).
- PETERSEN, C. G. JOH. 1922: Om Tidsbestemmelse og Ernæringsforhold i den ældre Stenalder i Danmark. En biologisk Studie. Biol. Medd. udg. af D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. III Bd. Nr. 9.
- PETTERSSON, H. 1914: Long Periodical Variations of the Tide Generating Force. — Publ. de Circonst. Nr. 65.
- SPÄRCK, R. 1926: On the Food Problem in Relation to marine Zoogeography. — Physiological Papers dedic. to Prof. August Krogh. Copenhagen.
- STAMP, L. DUDLEY. 1936: The Geographical Evolution of the North Sea Basin. — Journal du Conseil. Vol. XI. Nr. 2.
- THORADE, H. 1930: Ebbe und Flut in der Nordsee. — Petersmanns Mitt. Ergänzungsheft Nr. 209.