

# Tre Foredrag

holdte i Danmarks naturvidenskabelige  
Samfund 1922.

- I. Kontinenternes Forskydning.
- II. Jordskorpens Natur.
- III. Fortidens Klimater.

Af

**A. Wegener, Hamburg.**

---

*Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. Bd. 6. Nr. 16.*

---

1923.

*Ansaret for Afhandlingernes Indhold paahviler Forfatterne.*

## I. Kontinenternes Forskydning.<sup>1)</sup>

(23. Nov. 1922.)

Palæontologer og Biologer er kommet til det Resultat, at Udviklingen af Livet paa Jorden kun lader sig forklare, naar man antager, at de nutildags adskilte Kontinenter i tidligere Tid har været forbundet med hinanden saaledes, at en uhindret Udveksling af deres Fauna og Flora har kunnet finde Sted. Identiteten af de fossile Faunaer og Floraer og det nære Slægtskab mellem de nulevende godtgør i lige høj Grad dette. Man har hidtil tænkt sig disse Forbindelser som Landbroer, Kontinenter, der senere skulde være sunket i Havet og nu udgøre Bunden af Oceanerne. Forstaaelsen af denne Forestilling støder imidlertid paa overordentlige fysikalske Vanskeligheder, og naar man alligevel har holdt fast paa Landbroerne, saa var det ikke fordi man undervurderede disse Vanskeligheder, men fordi man behøvede Forbindelserne mellem Kontinenterne og ikke saa anden Udvej hertil.

Der gives imidlertid en Udvej, der er fri for disse Vanskeligheder, men som blot ikke er taget i Betragtning paa Grund af sin revolutionerende Karakter; det er den Antagelse, at Kontinenterne tidligere har hængt sammen uden Mellemlid, ja har dannet en fast Blok, der saa har spaltet sig, hvorpaa de forskellige Stykker i Aarmillionernes Løb har fjernet sig mere og mere fra hinanden. Allerede ved et flygtigt Blik paa Verdenskortet ser man, at mange Træk i Jordens Udseende netop peger hen paa en saadan

---

<sup>1)</sup> Foredragene er oversat af Hr. H. ØDUM efter Professor A. WEGENERS Manuskript.

Adskillelse. Endnu den Dag i Dag er de imod hinanden vendende Kyster af Brasilien og Afrika paafaldende kongruente: Ikke blot kommer det store, retvinklede Knæk paa den brasilianske Kyst ved Kap San Roque igen i Bugten ved Kamerun, men ogsaa s. f. disse korresponderende Punkter svarer hver Udbugtning paa den brasilianske Side til en Indbugtning paa den afrikanske og omvendt. Og ser vi paa et Verdenskort, hvor ikke Kystlinien, men den stejle Skrænt mod Dybhavet, som danner Kontinentblokkens egentlige Rand, er fremhævet, saa fremtræder hele Atlanterhavet umiddelbart som en kæpemæssig forstørret, nord-sydlig Spalte.

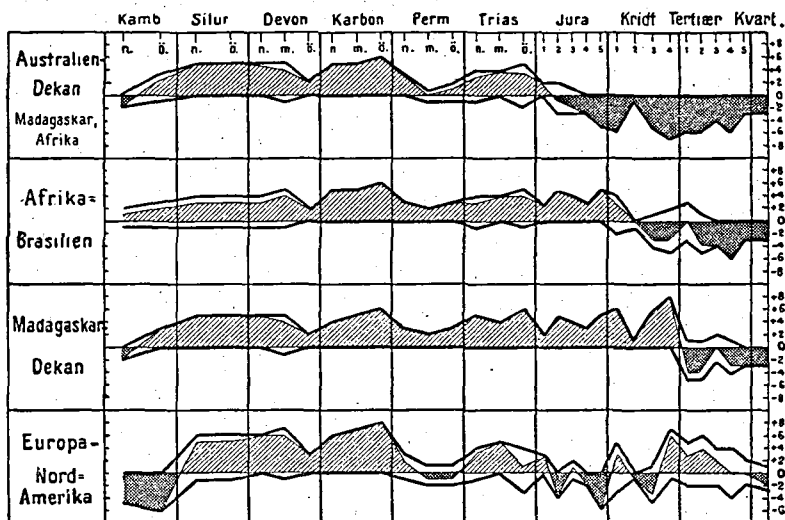


Fig. 1. Antal bekræftende (den øvre fuldt optrukne Kurve) og Antal benægtende Stemmer (den nedre fuldt optrukne Kurve) ved Spørgsmaalet om Eksistens af fire Landbroer siden Kambrium. Den bekræftende Majoritet er skraveret, den benægtende er dobbelt skraveret.

I Fig. 1 er gengivet Resultatet af en Optælling hos 20 Specialforskere angaaende Eksistensen eller Ikke-Eksistensen af Landforbindelser i de forskellige, geologiske Perioder. De bekræftende Stemmer er blevet afsat opad, de benægtende nedad, og det til Differencen (Majoriteten) svarende

Areal er blevet skraveret. Man faar saaledes et anskueligt Billede af, at Landforbindelsen mellem Australien og Forindien, ifølge de fleste Specialforskeres Anskuelse, har bestaaet lige til den ældre Juratid, hvorpaa den blev endelig afbrudt. Paa det Tidspunkt skiltes disse Blokke altsaa af en Spalte, der siden er blevet bredere og bredere. Ligeledes brast Sammenhængen mellem Brasilien og Afrika i mellemste Kridt, og mellem Forindien og Madagaskar paa Overgangen mellem Kridt og Tertiær. Derimod gik Forbindelsen mellem Nordamerika og Europa aabenbart flere Gange tabt ved Transgressioner, efter hvilke den atter blev tilvejebragt. Den sidste Afbrydelse ved Slutningen af Tertiærtiden var dog ogsaa her en Sprængning af Kontinentblokken, hvilket det nuværende, brede Dybhav mellem de to Kontinenter viser.

Den Udvikling, som Kontinentblokkene herefter har gennemløbet siden Karbon, er paa Fig. 2 vist paa tre for Karbon, Eocæn og ældre Kvartær rekonstruerede Kort.

Det er klart, at det ved Antagelsen af denne Forskydningsteori vil være nødvendigt at foretage en Omgruppering og Nyorientering af det Materiale af Kendsgerninger, som Palæontologien, Dyre- og Plantegeografien, Geologien, Palæoklimatologien, Geofysiken og Geodæsen arbejder med. Dette vil være Opgaven for en hel Generation af Forskere. Men allerede angaaende Spørgsmaalet om Rigtigheden af Forskydningsteorien maa alle disse Omraader gennemsøges for Kriterier derpaa. Et saadant Gennemsyn viser en stor Mængde paafaldende Forenklinger, som man naar til ved Anvendelse af Forskydningsteorien, ja paa mange Steder byder den aabenbart den eneste Mulighed for en Forklaring. I det 3. (ganske omarbejdede) Oplag af min Bog »Die Entstehung der Kontinente und Ozeane« (Rækken »Die Wissenschaft« Nr. 66, Braunschweig 1922, Vieweg) har jeg forsøgt at stille disse Argumenter sammen. I dette Foredrag kan jeg kun berøre de vigtigste Punkter.

Vi vil først betragte nogle paafaldende Kendsgerninger fra Dyregeografien. Australiens Dyreverden grupperer sig,

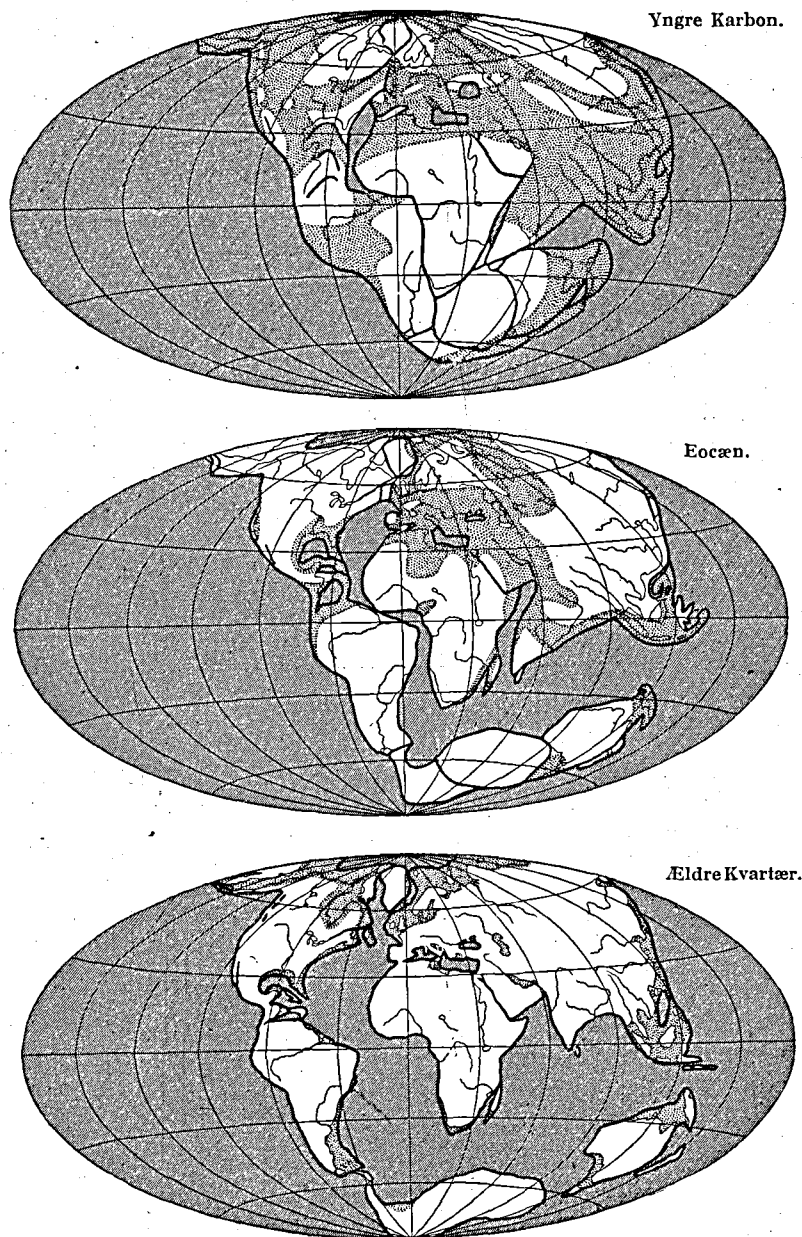


Fig. 2. Rekonstruktion af Verdenskortet for tre forskellige Tider efter Forskydningsteorien. Skraveret: Dybsø; punkteret: Fladsø; de nutidige Omrids og Floder til Orientering. Gradnettet vilkaarligt.

som allerede WALLACE erkendte, i tre ulige gamle Elementer, nemlig et ældste, »gondwanisk« Element med Slægtskabsforbindelse med Ceylon og Forindien, et mellemste Element, hvortil Pung- og Kloakdyrene hører, og som viser Forbindelse med Sydamerika, og som det tredje Element den ganske unge Fauna paa Sundaøerne, der ganske har erobret New Guinea og allerede hersker i Nordøstaustralien. Det »gondwaniske« Element, der nutildags overvejende findes i den sydvestlige Del af Australien, indeholder ogsaa varmeelskende Former saasom Reptilier og Regnorme; i det midterste Element mangler disse, og her er hovedsagelig Amfibier, Fisk og Pattedyr, der taaler højere Kulde, repræsenteret, hvilket ogsaa viser hen paa en Landforbindelse over Antarktika. Disse Forhold forklares heller ikke tilfredsstillende gennem Teorien om det sunkne Mellemkontinent. For det første er det tvivlsomt, om en Landbro mellem Australien og Sydamerika i deres nuværende Beliggenhed vilde kunne forklare Slægtskabet. Afstanden udgør mere end en Jord-Kvadrant; Mellem-Australien er fjernet lige saa langt fra den mellemste Del af Argentina, som Kapstaden fra Nordpolen! Og saa skulde Australien ikke have staaet i Udveksling med det saa nærliggende Sunda-Arkipelag, Bagindien og Østasien! Indvandringen af Sunda-faunaen viser dog, lige saa vel som den begyndende Udvandring af de australske Pattedyr (Wallace-Grænsen for Pattedyrene gaar allerede gennem Malakkastrædet), at Australiens nuværende Beliggenhed ikke længere byder det nogen Isolering. Disse Forhold, der er forekommet alle Dyregeografer saa gaadefulde, faar nu pludselig gennem Forskydningsteorien en overraskende enkel Løsning, som vi simpelthen kan aflæse paa vore Rekonstruktionskort: Lige til Juratiden var Sydvest-Australien knyttet umiddelbart til Ceylon og Forindien, fra da af og indtil Eocæn hang det over Antarktika sammen med Sydamerika, fra Eocæn og omtrent indtil Nutiden var det fuldstændig isoleret, og først i den nyeste Tid er det kollideret med Sunda-

Arkipelagets Ørækker, hvorved der igen er blevet indledet en Udveksling af Dyreformer.

Som andet Eksempel kunde jeg henvise til Udbredelsen af en enkelt Dyregruppe, Regnormene, paa hele Jorden. Regnormene er særdeles velegnede dertil, da de repræsenterer meget gamle Former, vandrer overordentlig langsomt, og da de fleste af dem overhovedet ikke taaler Saltvand, saa kan der kun blive Tale om en oversøisk Udbredning

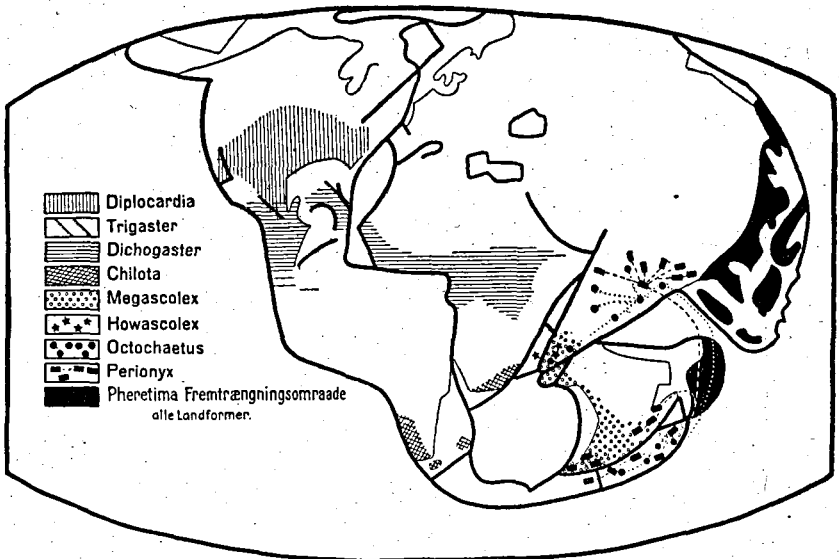


Fig. 3. Den nutidige Udbredelse af nogle Slægter af Oligochæt-Familien *Megascolecina* indtegned i det rekonstruerede Verdenskort for Karbon, efter MICHAELSEN.

for faa af dem. MICHAELSEN har i en nylig udkommet Afhandling undersøgt, om Regnormenes Udbredelse lader sig forlige med Forskydningsteorien, og kommer til det Resultat, at denne giver den simpleste Forklaring paa deres Udbredelse. Fig. 3 viser den ene af de Kortskitser, som MICHAELSEN meddeler for at anskueliggøre disse Forhold. Den gælder for Familiegruppen *Megascolecina*. Den Forenkling, som Forskydningsteorien byder, viser sig særlig ved *Chilota* og *Megascolex*, men ogsaa ved *Howascolex*, *Octochaetus* og



*Perionyx*, naar man tager i Betragtning, at de aabenbart forud for *Pheretima*'s Fremtrængen havde et sammenhængende Udbredningsomraade. *Trigaster* (i Vestindien) er en Efterkommer af *Diplocardia*, og *Dichogaster* atter en Efterkommer af *Trigaster*. De nærmere Omstændigheder i det afrikanske Udbredningsomraade synes at vise, at *Dichogaster*'s Vandring her er foregaaet fra Vest mod Øst. Noget lignende, som for Familiegruppen *Megascolecina*, gælder ogsaa for de øvrige Regnorme.

De to anførte Eksempler fra Dyregeografien giver sig kun ud for at være Stikprøver. I Virkeligheden er hele Dyregeografien et eneste stort Vidnesbyrd om Rigtigheden af Kontinentforskydningerne, og ogsaa Plantegeografien vinder (som et endnu under Trykning værende Arbejde af IRMSCHER viser) paa dette nye Grundlag for første Gang plausibel Forklaring paa mange mærkelige Forhold.

Vi vil nu vende os til Argumenterne paa Geologiens Omraade. Hvis Atlanten virkelig er en stor Spalte, saa maa der fra Tiden før Adskillelsen findes Bjergfoldninger, der fortsætter sig fra den ene Side over paa den anden, og i saa Fald har vi en skarp Prøve i deres Beliggenhed, idet de maa afbrydes paa nøje korresponderende Punkter. Dette viser sig virkelig at være Tilfældet paa en ganske overraskende Maade. Lige overfor de permiske Kapbjerge i Sydafrika ligger de lige saa gamle Sierra de Tandil ved Buenos Aires, hvilke KEIDEL betragter som deres Fortsættelse. Deres Afstand fra henholdsvis Kap San Roque og Kamerun er nøjagtig den samme. Hvem kan tro, at dette er Tilfælde, naar der nu er 6200 km mellem de to Brudstykker af Foldekæden? Paa de to store Gnejskolde i Brasilien og Afrika hersker der ligeledes paafaldende ensartede Forhold. De gamle Foldningsretninger i Gnejsen, der i Afrika dels stryger Nordøst-Sydvest, dels Nord-Syd, kommer igen i Sydamerika, hvor de dog er drejet med hele Kontinentet. BROUWER har endvidere henledt Opmærksomheden paa, at hele Eruptivserien i Brasilien er identisk med den i Afrika; det gælder bl. a. den Diamant-førende

Kimberlit, der forekommer paa begge Kontinenterne. Ogsaa Sedimenterne paa begge Sider viser de samme Ligheder. Ifølge Du Toit synes det tilmed, som om visse Blokke af sribet Jaspis, der forekommer i Sydbrasilens Moræner fra den permokarboniske Indlandsis, er blevet transporteret derover af Isen fra Sydafrika paa den Tid, da de to Kontinenter hang sammen. Endvidere findes der i Europa og Nordamerika tre gamle Foldekæder af forskellig Alder, der alle afbrydes paa korresponderende Steder af Kontinentranden, nemlig en karbonisk (den saakaldte armorikanske) Foldning i Sydengland og Bretagne paa den ene og New-Foundland og Appalacherne paa den anden Side, endvidere en silurisk-devonisk (den saakaldte kaledoniske) Foldning i Norge og Skotland paa denne Side og ligeledes i New-Foundland og Appalacherne paa den anden Side af Oceanet, og for det tredje en algonkisk Foldning, der i Europa findes i Nordskotland og paa Hebriderne og i Amerika i det sydlige Labrador. Betydningen af dette Bevis for Forskydningsteorien er ofte blevet undervurderet. Den samme Rækkefølge i Afbrydningsstederne af Foldninger, der er opstaaet til saa forskellige Tider fordrer, at Kontinenterne engang maa have ligget lige ved Siden af hinanden. Ogsaa Endemorænerne fra den diluviale Iskappe passer sammen i Rekonstruktionen og leverer en yderligere Bekræftelse.

Af andre geologiske Kriterier skal endvidere nævnes Bjergkædefoldningerne, der staar i den nøjeste Sammenhæng med Forskydningen af Kontinentblokkene. Langs Forranden af de mod Vest vandrende amerikanske Blokke har under Vandringen den lange Andeskæde rejst sig, og ligeledes ser vi langs Forranden af den mod Nordvest vandrende australske Blok, nemlig paa New Guinea, et højt, ungdommeligt Bjergstrøg. Forud for Løsrivelsen fra Antarktika var Australiens Østside Forside m. H. t. Bevægelsen; dengang foldedes Bjergkæderne paa New Zealand, der endnu hang umiddelbart sammen med Australien for senere at rive sig løs som Guirlande og blive hængende tilbage. Disse

Foldninger langs Forranden af Kontinentblokken skyldes vel sagtens den Modstand, som denne møder.

Det er vel nutildags almindelig anerkendt, at Jordklodens store Foldekæder repræsenterer mægtige, horisontale Sammenskydninger af Jordskorpen. I Alperne anslaaer Geologerne Forkortningen af Blokken til  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ . Da Omraadets nuværende Bredde beløber sig til 150 km, saa er altsaa her et Stykke af Jordskorpen paa 5—10 Breddegrader blevet skudt sammen til kun lidt over 1 Breddegrad. Geologerne er næsten alle enige om, at en saadan Sammenskydning ikke kan forklares ved Jordens Kontraktion. Saa maa Følgen dog være, at Jordskorpen har revet sig løs paa andre Steder eller at muligt tilstedeværende Spalter har aabnet sig tilstrækkeligt. Men dermed er vi allerede naaet til Forestillinger, der nærmer sig stærkt til Forskydningsteorien.

Anvender vi nu disse Erfaringer paa Jordens højeste Bjærgkæde, Himalaja, saa viser det sig først, hvor falsk det palæogeografiske Billede er, som man sædvanlig danner sig uden at tage Hensyn til Sammenskydningen. Ogsaa i Himalaja har man for nylig fastslaaet store Overskydninger ligesom i Alperne, og Hævningen af marine, eocæne Lag til 5600 m Højde bekræfter den vældige Sammenskydning, der har fundet Sted. Nu er Højasien imidlertid 1000 km bredt, og den gennemsnitlige Højde over Havet er det dobbelte af Alpernes. Antager vi alligevel, at det kun er skudt sammen til  $\frac{1}{4}$ , saa maa Forindien tidligere have ligget 3000 km længere mod Syd, altsaa ved Siden af Madagaskar. Til et sunket »Lemuria« mellem Madagaskar og Forindien bliver der slet ingen Plads, hvorimod det synes umuligt at afvise Forskydningsteoriens Forestilling om en tidligere, umiddelbar Sammenhæng mellem Forindiens Vestkyst og Madagaskars Østkyst. Begge Kyster danner iøvrigt en paafaldende retlinet Afbrydelse af ensartede Gnejsplateauer af 10 Breddegraders Længde, der begge ved Nordenden overlejres af Basaltdækker.

Til Slut kunde jeg lige omtale de Kriterier, som vi vil kunne opnaa paa et helt andet Omraade, nemlig Geodæsiens. Hvis Forskydningen af Kontinenterne vedvarer den Dag i Dag, hvad man maa vente, saa kan vi ved Hjælp af den nuværende Afstand og det absolute Tidsrum, der er forløbet siden Adskillelsen, beregne den omtrentlige Hastighed. Saaledes er der 1780 km mellem Kap Farvel og Skotland, og Adskillelsen kan antages at have fundet Sted for omkring ved 100.000 Aar siden; herefter maatte man vente en aarlig Forøgelse af Afstanden paa ca. 18 m, en Størrelse, der med radiotelegrafisk Længdebestemmelse vil kunne eftervises i Løbet af 5—10 Aar. Det er meget interessant at se, at hvor vi har Maalinger, der er gentaget efter længere Tids Mellemlum, der giver de et lignende Resultat. I. P. KOCH fandt ved at sammenligne »Danmark-Ekspeditionens« Længdebestemmelser fra 1907 med dem, som BÖRGEN og COPELAND havde anstillet paa den »2. tyske Nordpols ekspedition« i 1870, at Grønland i Mellemtiden tilsyneladende havde forskudt sig 1190 m mod Vest, medens Middelfjelen kun beløb sig til henholdsvis 256 og 124 m. Naturligvis er disse Iagttagelser, der jo tjente andre Formaal, ikke af den her krævede Sikkerhed, men ogsaa en ældre Iagttagelse af SABINE fra 1823 gaar i samme Retning, idet den nemlig svarer til en vestlig Forskydning af Grønland paa 420 m i Aarene fra 1823 til 1870. Det er i hvert Fald af den største Vigtighed, at den danske Gradmaaling har bestemt sig til at overvaage Grønlands Beliggenhed gennem Maalinger, der skal gentages systematisk <sup>1)</sup>. Ogsaa paa flere

<sup>1)</sup> Hr. Direktør BUCHWALDT gav den mundtlige Meddelelse, at en 1922 foretaget, radiotelegrafisk Længdebestemmelse i Godthaab havde angivet Beliggenheden forskudt 882 m mod Vest i Forhold til ældre Iagttagelser i 1863 og 1882—83. Paa Grund af de gamle Iagttagelsers Unøjagtighed kan man heller ikke tillægge denne Bestemmelse nogen fuldstændig Sikkerhed; en saadan vil først kunne muliggøres ved Gentagelse af de nøjagtige Maalinger efter en Aarrækkes Forløb. Men da alle Prøver gaar i den samme Retning, kan man dog næsten betragte Grønlands Forskydning, med den af Forskydningsteorien krævede Hastighed, som fastslaaet.

andre Steder af Jorden kan man vente at finde maalelige Forskydningshastigheder, og det kan ventes, at man ogsaa vil skride til Eftervisningen af dem, naar Forskydnings-teorien er blevet almindelig indført, og naar det endelige Bevis er lykkedes for Grønlands Vedkommende.

## II. Jordskorpens Natur.

(24. Nov. 1922.)

Jordoverfladens hypsometriske Kurve eller endnu bedre en almindelig grafisk Fremstilling af Hyppigheden af Arealet

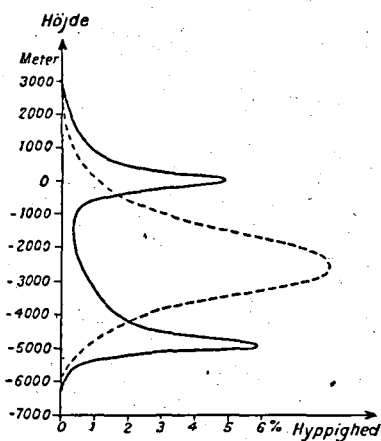


Fig. 4. De to Hyppighedsmaxima for Højderne.

for hver 100 m viser, at en meget fremtrædende Lov gør sig gældende i Fordelingen af Landhøjderne og Havdybderne paa Jorden. Der gives nemlig to Hyppigheds-Maxima, der ligger ved  $+ 100$  og  $- 4700$  m, medens de derimellem liggende Dybder, tilmed dem, der ligger omkring Middel-Niveauet, er meget sjældne (Fig. 4). I et halvt Aarhundrede har man kendt denne Lov, men hidtil har man mærkværdigvis aldrig

spurgt efter en Forklaring. En saadan maa imidlertid nødvendigvis gives, thi hvis Jordoverfladens Højder og Dybder virkelig, saaledes som Geologerne mener, var fremkommet kun ved Hævninger og Sænkninger med et fælles Ligevægts-Niveau som Udgangspunkt, saa maatte der aabenbart være et eneste Hyppigheds-Maximum tilstede omtrent ved Middel-Niveauet, og Afvigelserne herfra maatte blive sjældnere og sjældnere jo større de var; man maatte altsaa nærmest

vente den prikkede Linie paa Fig. 4, omtrent svarende til den Gauss'ske Fejllov. I Stedet for dette er der to Maxima tilstede, og ved hvert af dem har Kurven omtrent Fejllovens Karakter. Vi maa altsaa slutte, at der er to Udgangs- eller Ligevægts-Niveauer tilstede, hvorfra de geologiske Hævninger og Sænkninger er blevet iværksat. Man kan altsaa ikke undgaa den Slutning, at Kontinentblokkene og Dybhavs bunden repræsenterer to forskellige Lag i Jordskorpen. I Kontinentblokkene ser vi det øverste Lag, der imidlertid ikke længere dækker hele Jordoverfladen, og i Dybhavs bunden det andet Lag, i hvilket Kontinentblokkene er indlejret, og over hvilket de rager ca. 5 km op.

De øvrige Grene af Geofysiken bekræfter dette Resultat. Thi at Dybhavs bundens Bjergarter magnetiseres stærkere og altsaa formodentlig er mere jernrige end Fastlandenes, at Jordskælvsbølgerne løber mærkeligt hurtigere over Dybhavs bunden, end over Kontinentomraader, og at man ved Skrabninger hovedsagelig faar vulkanske Brokker for Dagen — meget i Modsætning til Kontinenterne —, tyder altsammen i samme Retning. Det er meget sandsynligt, at de to Materialer, der sammensætter Kontinenterne og Dybhavs bunden, er identiske med de to store Bjergartsgrupper, som man efter E. SUSS benævner med Begyndelsesbogstaverne af deres Hovedkomponenter, Sial og Sima, og hvis Hovedrepræsentanter er Gnejs paa den ene og Basalt paa den anden Side.

Af stor Betydning for Spørgsmaalet om vor Opfattelses Rigtighed er ogsaa Tyngdemaalingernes Resultater. De paa Havet udførte Maalinger viser, at her, trods den store Dybde, hersker den samme Tyngdekraft, som paa Kontinenterne, hvilket ogsaa stemmer med den overalt bekræftede Isostasi, d. v. s. at Jordskorpen svømmer paa et magmatisk Underlag. Heraf fremgaar naturligvis, at Dybhavs bunden ikke kan være nogen sunken Kontinentblok. Endvidere er det interessant at bemærke den ejendommelige Forstyrrelse i Tyngdekraften, der optræder ved Randen af Kontinentblokken. Den gør det muligt at beregne Blokkens Tykkelse, som man maa ansætte til 50—300 km. Paa Ocean-

Øer bevirker denne Forstyrrelse en altfor stor Tyngdekraft; saadanne Øer maa ikke blot have en Sialkerne, selv naar de synes at bestaa udelukkende af basaltisk Lava, men ogsaa et ca. 50 km mægtigt Underlag af Sial under Havbunden. Af stor Vigtighed er endvidere Tyngdeafvigelsen i Bjergegne, hvis Væsen maaske bliver klarere, naar man siger, at der ogsaa der, trods de høje Bjergkæder, hersker den samme Tyngde, som i Lavlandet, saaledes at det tilsyneladende Masseoverskud viser sig at være kompenseret ved en større Mægtighed af den lettere Sialskorpe, hvis Undergrænse her sænker sig dybt ned. Ogsaa her hersker der altsaa Isostasi, og Bjergkædefoldningen er en Sammenkydning af et svømmende Dække under Overholdelse af dets Ligevægt.

Der er fra flere Sider blevet rejst den Indvending mod Forskydningsteorien, at Kontinenterne aldeles ikke kan være i Stand til at forskyde sig, idet Jorden er 2—3 Gange saa seig som Staal, hvilket overensstemmende fremgaar af Jordskælvsbølgenes Hastighed, Tidebølgen (svarende til Ebbe og Flod) i den faste Jordskorpe og af Polsvingningerne. Og selv om vi antager, at der tæt under Kontinenterne ligger et mindre seigt Lag af Jordskorpen, saa lader det sig dog ifølge SCHWEYDAR paavise, at ogsaa dets Seighed i det mindste maa være 10,000 Gange saa stor som Segllaks ved almindelig Temperatur. Dette er altsammen rigtigt, men det er kun tilsyneladende i Modstrid med Forskydningsteorien. Segllak ved almindelig Temperatur viser sig, naar man giver det tilstrækkelig Tid, at være et seigt-flydende Stof. Anbringer man en Stang Segllak saaledes, at den rager horisontalt ud i Luften, saa bøjer den sig i Løbet af en Maanedstid jævnt nedad; en Maaned for Segllakken er imidlertid et Aartusinde for det subkontinentale Sima. I Løbet af Aarmillionerne kan Kontinentalblokkene derfor meget vel udføre store Vandringer, selv om Basalten paa Grund af sin Haardhed er den bedste Brosten. Spørger man imidlertid, hvorledes Sialet kan bevare sin Form, bortset fra Foldningerne, mens Simaet viger flydende ud,

saa maa man henvise til, at blød og haard ikke er ensbetydende med flydende og fast. Tager vi i vort Forsøg Voks i Stedet for Segllak, saa indtræder der ikke nogen Nedbøjning. Voks er et blødt og fast Stof, Segllak er haardt og flydende. Og paa samme Maade maa man tænke sig Forskellen mellem de sialiske Kontinentblokke og Simaet.



Fig. 5. Dybdekort fra Farvandet mellem Sydamerika og Grahams Land (Drake-Strædet).

To Eksempler vil oplyse Forskydningen. Fig. 5 viser et Dybdekort over Drakestrædet med Ildlandet, Grahamsland og de sydatlantiske Øer. Vest-Vandringen af de to Fastlande viser sig tydeligt ved, at deres tilspidsede Ender slæber bagefter. Det smalleste Forbindelsesstykke er allerede blevet hængende fast for lange Tider siden, og andre Kæder er i Færd med at løsne sig og gøre det samme. Endnu i Pliocæn synes der at have været en, omend maaske allerede indskrænket, Udveksling mellem de to Fastlandes Faunaer. Først under den sidste Del af Tertiærtiden har Fast-



landene altsaa tilbagelagt en betydelig Strækning mod Vest. Dermed stemmer, at den yngre tertiære Foldning, som er stærkt udviklet langs Fastlandenes Forrand, mangler paa Øerne, mens de ældre Foldninger ogsaa findes paa disse. Thi da denne Foldning fremkommer som Følge af den Modstand, som det overordentlig sejge Sima paa Bunden af det urgamle Stillehav yder mod Kanten, saa maa den naturligvis ophøre, saa snart Blokstumpen bliver hængende i Simaet.

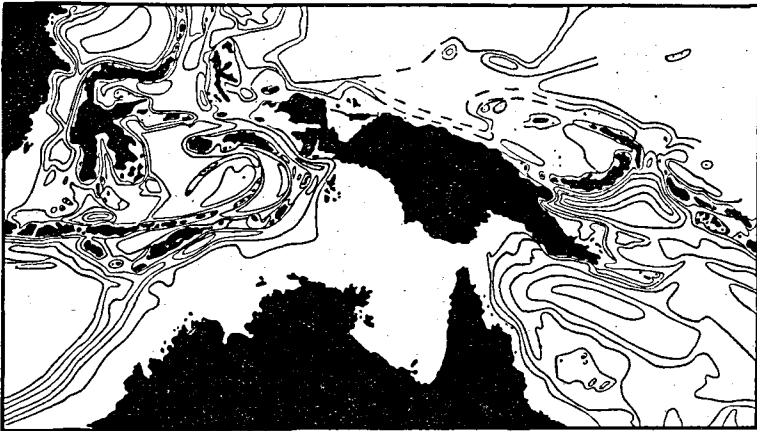


Fig. 6. Dybdekort fra Omegnen af New Guinea.

Som andet Eksempel kan man vælge Dybdekortet over New Guineas Omegn (Fig. 6). Den store Blok Australien-New Guinea har, idet den trængte frem fra Sydøst mod Nordvest, sprængt Øernes formodentlig tidligere sammenhængende, øst-vestlige Dobbeltkæde i Sunda- og Bismarck-Arkipelaget. Derved blev de vestlige Kæder, Java-Wetter og den ved det umiddelbare Stød helt deformerede Titnor-Kæde, begge rullet spiralførmigt sammen, og af den østlige Dobbelttrække blev Øen Neupommern revet med af New Guinea, hvorved den blev drejet mere end  $90^\circ$ , mens der bag ved den blev en mere end 9 km dyb Rende tilbage, som hidtil ikke har kunnet blive udfyldt af det efterstrømmende Sima.

Sluttelig kan i denne Sammenhæng ogsaa det Spørgsmaal berøres, af hvad Art de Kræfter er, der bevirker Forskydningen af Kontinenterne. Dog maa det herved fremhæves, at dette Spørgsmaal ligger udenfor Forskydnings-teoriens Bevisførelse. Denne sidste er helt igennem empirisk, d. v. s. vi maa antage Forskydningerne, fordi Iagttagelserne viser, at det kun har været saaledes og ikke anderledes. Først naar vi betragter dette Spørgsmaal som løst, kan vi spørge videre, om Aarsagerne til disse Bevægelser allerede nu lader sig erkende. Paa Grund af den korte Tid, i hvilken den teoretiske Geofysiks og Geodæsiens Repræsentanter har beskæftiget sig med dette Spørgsmaal, kan der endnu ikke gives noget endeligt Svar herpaa, men det kan dog vel have

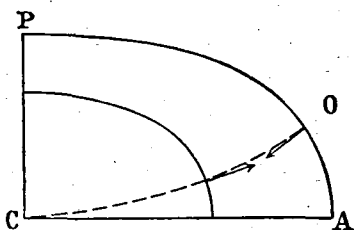


Fig. 7. To Niveauflader og den bøjede Lodlinie.

nogen Interesse at høre, hvor langt man hidtil er kommet. EÖTVÖS og KÖPPEN har beskrevet en Polflugtskraft, der er i Stand til at drive Kontinenterne mod Ækvator. Den skyldes Jordrotationen og opstaar ved, at en Kontinentbloks Tyngdepunkt ligger mere

end 2 km højere, end Tyngdepunktet for det fortrængte Sima. Niveaufladerne gennem disse to Punkter har forskellig Affladning (Fig. 7), saaledes at Lodlinien (stiplet paa Fig. 7) er bøjet, undtaget ved Polen og ved Ækvator. Vægt og Opdrift er derfor ikke rettet lige mod hinanden, men giver en lille, mod Ækvator rettet Resultant. Størrelsen af denne Polflugtskraft blev beregnet overensstemmende af EPSTEIN, LAMBERT og SCHWEYDAR til ca. en Tremilliontedel af Tyngden; den er dog altsaa omtrent 4 Gange saa stor som den horisontale Tidevandskraft. SCHWEYDAR har beregnet, at hvis alle Jordens Lag havde Staalets Seighed, saa vilde denne Kraft være tilstrækkelig til at bevæge et Kontinent med en Hastighed paa 20 cm om Aaret. Derimod synes det tvivlsomt, om ogsaa Bjergkædefoldningen, f. Eks. den store Foldning ved den tertiære Ækvator, lader sig forklare herved.

Ogsaa en mod Vest virkende Kraft, ovenikøbet af væsentlig større Orden, har SCHWEYDAR fundet i Teorien om Jordaksens Præcession under Indflydelse af Solens og Maanens Tiltrækning, men den udførlige Beretning derom er endnu ikke offentliggjort.

Andre Kræfter kan opstaa ved, at Jordens Form afviger fra Rotationsellipsoiden; særlig ved Polvandringerne kan disse Afvigelser, som de vekslende Transgressioner viser, beløbe sig til flere Hundrede Meter; de Kræfter, der opstaa heraf, kan ligeledes blive væsentlig større end den sædvanlige Polflugtkraft. Og endelig kan man ogsaa tænke sig Strømninger i Simaet som Følge af uensartet Tæthedsfordeling. Det er meget sandsynligt, at alle disse Kræfter, og maaske flere andre, virker samtidig og derved har Indflydelse paa hinanden, ja maaske delvis betinger hinanden, saa disse Kræfters Spil i hvert Fald er meget kompliceret. Af ydre Kræfter kender vi foreløbig kun Maanens og Solens Tiltrækning, og det er derfor meget sandsynligt, at Jordens Udvikling, saaledes som det sidst er antaget af WINSLØV, kan have været afgørende paavirket af Maanens Skæbne, saaledes, at det, naar vi faar bedre Kendskab til denne sidste, maaske vil være muligt at bygge Bro mellem denne kosmiske og den jordiske Udvikling.

### III. Fortidens Klimater.

(25. Nov. 1922.)

Emnet for dette Foredrag er egentlig en Anvendelse af Forskydningsteorien; men vi vil se, at der ogsaa paa dette Omraade findes overraskende Bekræftelser paa Teorien.

Tallet paa Klima-Indikatorer fra den geologiske Fortid er Legio. Moræner, Kul, Salt, fossilfri Sandsten med rød eller gul Farve og andre Vidnesbyrd fra den uorganiske Natur forener sig med de som Regel overordentlig talrige, men ogsaa mindre paalidelige Vidnesbyrd fra den organiske

Verden. Herved gælder: Den enkelte Form kan bedrage, idet saavel Planter som Dyr kan tilpasse sig til et fremmed Klima. Men den hele Fauna eller Flora bedrager ikke. Saaledes kan en Reptilfauna ikke have eksisteret i et Polar-klima, og heller ikke Regnorme, men derimod nok Amfibier, Fisk og Pattedyr.

Disse Vidnesbyrd viser nu paa det mest overraskende, at der paa de fleste Steder af Jorden har hersket et ganske andet Klima i Fortiden, end der er nu. Et Eksempel: Paa Spitsbergen, der nutildags ligger i det strengeste Polarklima og er dækket med Indlandsis, har der endnu i det ældre Tertiær staaet Skove, der var rigere paa Arter, end de nuværende Skove i Mellemeuropa. Der fandtes ikke blot Fyr, Gran og Taks, men ogsaa Lind, Bøg, Poppel, Ælm, Eg, Løn, Vedbend, Slaaen, Hassel, Hvidtjørn, Snebolle og Ask, ja selv saa varmeelskende Planter som Aakander, Valnød, Sumpcypres, mægtige Kæmpefyr, Platan, Kastanie, Ginkgo, Magnolie og Vin. Der maa have været et Klima omtrent som i Nutidens Frankrig; Aarets Middeltemperatur maa have været ca. 20° højere, end den er nutildags. Og gaar vi endnu længere tilbage i Jordens Historie, saa finder vi i Jura og det ældre Kridt Sagopalmer, der nu kun vokser i Troperne, Ginkgo (nutildags en Art i Kina og Syd-japan), Bregnetræer o. a. Og i det ældre Karbon finder vi træagtige Calamiter, Lepidodendron, Bregnetræer, kort sagt den samme Flora, som er kendt fra Europas og Nordamerikas yngre Karbon, og som siden POTONÉ'S omhyggelige Undersøgelser i Almindelighed anses for at være tropisk. Dengang maa Aarets Middeltemperatur paa Spitsbergen have været ca. 30° højere end nu, d. v. s. Spitsbergen har siden Karbon gennemløbet hele Skalaen af de Klimater, der nu findes paa Jorden.

Man kan vanskelig forklare disse Kendsgerninger paa anden Maade, end at Polen har ændret sin Belliggenhed i Forhold til Spitsbergen med omtrent en Jordkvadrant; Nordpolen maa have nærmet sig til Spitsbergen fra Stillehavets Side.

Vi kan gøre Prøve paa Rigtigheden af denne Løsning, naar vi fra Spitsbergen bevæger os  $90^{\circ}$  mod Syd paa det store Kontinent-Massiv Eurasien-Afrika. Der skal den modsatte Klimaændring være foregaaet. Og det er i Virkeligheden Tilfældet. I Centralafrika laa der i Karbon Indlandsis, og nu ligger det i den ækvatoriale Regnzone. Endvidere: Gaar vi fra Centralafrika  $90^{\circ}$  mod Øst, saa kommer vi til Sundaøernes Omraade, hvor der har hersket den samme varme Temperatur i det mindste siden Tertiær. Lignende Forhold har ogsaa hersket i den nordlige Del af Sydamerika, om end kun i den senere Tid paa Grund af Vandringerne mod Vest.

Talrige Forfattere har da ogsaa udtalt sig til Gunst for Polforskydningen som Forklaring paa Klimaændringerne, og især siden NEUMAYR'S og NATHORST'S Arbejder er vel Flertallet af Geologerne af den Mening, at man ikke kan komme videre paa anden Maade. Paa den anden Side er det imidlertid paafaldende, hvorledes de faa Forsøg, der af geologiske »Outsidere« er blevet gjort paa at fastslaa Polens skiftende Beliggenhed gennem alle Jordens Perioder, for de ældre Tidens Vedkommende stedse er stødt paa haabløse Modsigelser.

Den største Hindring af denne Art dauner de permokarboniske Glacialaflejringer, paa Falklandsøerne, i Togo, Kongo, Sydafrika, Forindien og i næsten alle Egne af Australien. Med den nuværende Beliggenhed af Kontinenterne ligger Lokaliteterne i det nordlige Brasilien og i Nordøstaustralien 150 Storcirkelgrader fra hinanden, og selv om man lægger Sydpolen paa det gunstigste Sted ( $45^{\circ}$  sydl. Bredde og  $45^{\circ}$  østl. Længde), saa kommer de fjerneste Isspor dog til at ligge paa en geografisk Bredde af ikke engang  $10^{\circ}$ . Issporenes store Udbredelse vidner imidlertid om Indlandsis, altsaa Polarklima. Altsaa skulde hele den ene Halvkugle af Jorden have haft Polarklima, medens den anden Halvkugle ikke bærer sikre Spor af Is, men derimod af tropisk Varme. Dette Afsind har, kan man vel sige, hidtil ligefrem lammet Palæoklimatologien.

Det er nu ganske interessant at se, hvorledes alle de nedisede Omraader ved Forskydningsteoriens Rekonstruktion rykker koncentrisk sammen om Sydafrika, saa at hele det nedisede Areal ikke bliver større end den diluviale Nedisning paa den nordlige Halvkugle (Fig. 8). Her frembyder Forskydningsteorien ikke blot en Forenkling, men overhovedet den første Mulighed for en Forklaring.

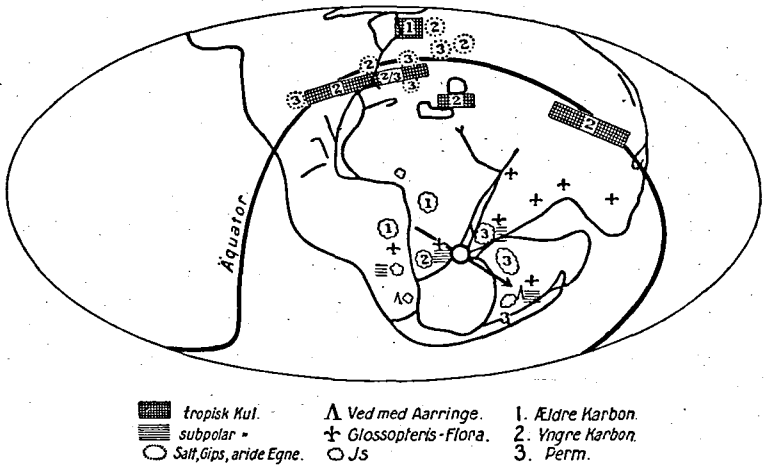


Fig. 8. Klimatiske Vidnesbyrd fra Permokarbon.

Ogsaa de øvrige Klimavidnesbyrd fra denne Tid kæder sig nu sammen til et naturligt Billede, naar man tager Hensyn til, at heller ikke Glacialsprene er ganske samtidige, men i Brasilien og Afrika ligger under, og i Australien over Glossopterisfloraens Horisont. Man maa antage, at de ældste Isspor stammer fra det ældre Karbon, de sydafrikanske omtrent fra det yngre Karbon, og de yngste, de australske fra Perm. Iskappens vekslende Udbredelse vilde da svare til en Vandring af Sydpolen omtrent fra Loanda til Mellemaustralien. Paa vort Kort Fig. 8 er foruden Issporene ogsaa Findestederne for Glossopterisfloraen afsat. Det er ikke sikkert, om denne træløse Flora var en ægte Tundraflora eller blot hørte til i det

tempererede Bælte. I hvert Fald adskiller den sig skarpt fra den tropiske Karbonflora, saaledes som denne er fastslaaet fra Europa og Nordamerika. Denne Glossopterisflora optræder paa den sydlige Halvkugle overalt i umiddelbar Tids-Sammenhæng med Indlandsismorænerne, men gaar naturligvis ud over Issporernes Grænser. Paa to Steder, nemlig i Østaustralien og paa Falklandsøerne, har man fundet Træer med Aarringe. Endvidere er der paa Figuren angivet Fund af »subpolare« Stenkul, d. v. s. Kul, der er opstaaet af den daværende Tids subpolare Tørvemoser. De ligger for det meste umiddelbart paa Morænerne fra den daværende Indlandsis, ganske som de kvartære Tørvemoser i Nordeuropa, Nordamerika og Ildlandet. Lagene er tyndere end i de tropiske Kul i Hovedkurbæltet, der strækker sig gennem Nordamerika, Europa og Kina. Disse er opstaaet af det ækvatoriale Regnbæltets Tørvemoser af samme Art, som de først for nylig opdagede Moser paa Sumatra, Ceylon og i Centralafrika. Floraens tropiske Karakter fremgaar af Bladvifternes Størrelse og aabenbart hurtige Vækst, Mangelen paa Aarringe, Slægtskabet med Familier, der endnu har hjemme i Troperne, den hyppige Forekomst af træagtige og klatrende Bregner og den nutildags kun i Troperne forekommende Kauliflori (Stammeblomstring) hos Calamariaceer, Sigillariaceer og visse Lepidodendraceer. Ogsaa den store Mægtighed af disse Kullag tyder paa en yppig, uafbrudt Vækst. Ogsaa paa Spitsbergen findes der saadanne tropiske Karbon-Kul, der ifølge ANDERSSON udgør mere end  $\frac{2}{3}$  af de samlede Kulmasser der. Men disse Kul er ældre-karboniske. De øvrige tropiske Kulfelter paa vort Kort stammer overvejende fra det yngre Karbon; i Europa er Permet endnu kun kulførende i de ældste Lag. I det hele kan man fastslaa en Forskydning af Kuldannelsen fra Nord mod Syd, hvad der passer godt med den af os antagne Vandring af Sydpolen. Hermed stemmer endelig ogsaa de hovedsagelig ved Salt- og Gipsaflejringer kendetegnede Vidnesbyrd om Tørkebæltet. Fra det ældre Karbon kendes intet Salt, Tørkebæltet laa vel dengang endnu

n. f. Spitsbergen. Men allerede i det yngre Karbon er Spitsbergen arid, og i Ural saavel som paa New Foundland (her ovenover Kullene) findes der Saltlejer. Tørkebæltet følger altsaa lige i Hælene paa Kuldannelsen. De største Saltlejer findes imidlertid først i Perm og endda først i yngre Perm, efter at Kuldannelsen er hørt endelig op. Der kan altsaa ikke være nogen Tvivl om, at Saltdannelserne svarer til det nordlige Tørkebælte, og om at saavel det ækvatoriale Regnbælte som det nordlige Tørkebælte i Tiden mellem ældre Karbon og Perm er rykket fra Nord mod Syd, alt i nøje Overensstemmelse med den tidligere udledede Forskydning af Sydpolaromraadet. Nordpolaromraadet laa imidlertid saa godt som fuldstændig i den nordlige Del af Stillehavet. Hvis vi lader Kontinenterne forblive i deres nuværende Stilling, saa vilde ikke blot det sydlige Polaromraade blive trukket ud over en hel Halvkugle, men ogsaa Hovedkurbæltet vilde blive saa deformeret, at det ikke mere vilde svare til en Storcirkel, saa det blev umuligt at lægge et ækvatorielt Regnbælte derigennem. Man ser altsaa, at Karbontidens Klimabælter kun lader sig konstruere ganske logisk, naar man lægger Forskydningsteorien til Grund for Rekonstruktionen. Under denne Forudsætning ordner alt sig imidlertid saa logisk ind i Billedet, at der ikke kan være nogen Tvivl om den tilnærmelsesvis rigtige Orientering af Pol og Ækvator.

Lad os for Fuldstændigheds Skyld kaste endnu et Blik paa Devonet, selv om vi ikke længere har noget Kort dertil. I Devon finder vi i Sydafrika Indlandsis, i Nordamerika, Grønland, Spitsbergen og Nordeuropa Old Red Ørkensandsten (nordlige Tørkebælte), som i Nordamerika og Østersøprovinserne ogsaa indeholder Salt og Gips, og endvidere tropiske Kul i Eifel og Korallrev i Europa fra Alperne til England; det sydlige Tørkebælte synes at være repræsenteret af den nubiske Sandsten i Afrika. Det synes altsaa, som om Sydpolen i Devon endnu har ligget nær Afrikas Sydspids, derefter naaet sit største Udslag i ældre Karbon (Loanda), for derefter indtil Perm at vandre mod Australien.



Denne store Vandring af Sydpolen finder nu en paa-faldende og højst interessant Bekræftelse i Transgressionernes Skiften. At disse hænger sammen med Polvandringerne er en Formodning, som allerede er blevet udtalt af talrige Forfattere. Paa Grund af sin Seighed kan Jorden ikke momentant tilpasse sin Affladning efter Rotationsaksens nye Beliggenhed, den kommer bagefter, mens Vandet i Oceanet ikke kommer bagefter. Som Følge heraf maa der være Regression foran den vandrende Pol, Transgression bagved den. Hvis vi fra de sædvanlige, palæogeografiske

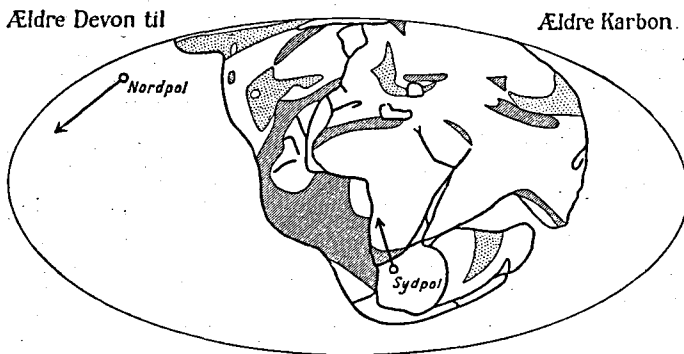


Fig. 9. Transgression (punkteret) og Regression (skraveret) og Polvandring mellem ældre Devon og ældre Karbon.

Kort overfører Kystlinierne for ældre Devon og ældre Karbon paa Kortet over vor Karbonrekonstruktion, saa kan vi uden Vanskelighed finde de Strækninger, der i det nævnte Tidsrum paany blev dækket af Vand, og paa den anden Side de Strækninger, der samtidig dukkede op. Fig. 9 viser Resultatet: Paa en meget virksom Maade bekræftes det Resultat, at foran den vandrende Pol hersker der Regression, bagved den Transgression. Fig. 10 viser nu det samme Resultat for det følgende Tidsrum, fra ældre Karbon til yngre Perm. Hævnings- og Sænkningssomraaderne har fuldstændig byttet Rolle, hvilket passer fortræffeligt med vor Antagelse om Polens næsten modsatte Bevægelse. Disse Eksempler er i sig selv af stor Betydning for Spørgs-

maalet om Transgressionsvekslingernes Natur, men de kan ogsaa betragtes som videre Støtte for de ovenfor antagne Beliggenheder af Polen og sluttelig ogsaa for Forskydnings-teorien.

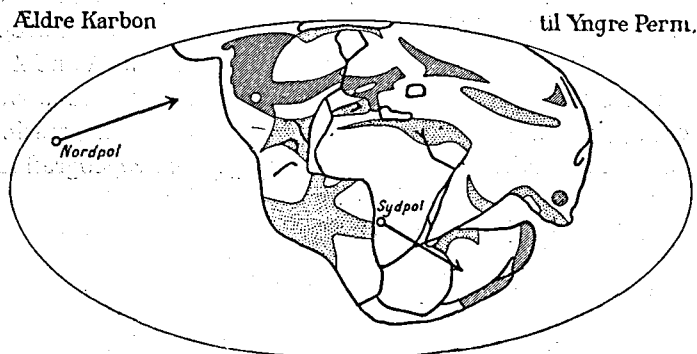


Fig. 10. Transgression (punkteret) og Regression (skraveret) og Polvandring mellem ældre Karbon og yngre Perm.

Den tilsvarende Bestemmelse af Polens Beliggenhed i de følgende Afsnit af Jordens Historie lige til Nutiden er et Arbejde, som jeg for Tiden beskæftiger mig med sammen med Prof. KÖPPEN. Det er imidlertid endnu ikke saa langt fremskredet, at jeg allerede nu kan give Meddelelse derom. Kun skal det i al Almindelighed betones, at man her — omend mange Spørgsmaal i Palæoklimatologien endnu staar aabne — i Forskydningsteorien endelig har fundet den Nøgle, for hvilken Portene aabner sig, saa der vel kun vil forløbe kort Tid, før man ogsaa her har tilvejebragt et rationelt Grundlag for Ordningen af de talrige lagtlagelser.