

Pelsværkskompagni, der fra Tid til anden fik sin Bevilling fornyet, arbejdede i en Aarrække Side om Side med »Hudson-Bugt-Kompagniet«, men da der bestandig indløb Klager til Regeringen i St.

Petersborg fra disse fjerne Kolonier, besluttede den sig til at afhænde Alaska og tilhørende Egne til »de forenede Stater«, og hermed endte i 1867 den russisk-amerikanske Pelshandels Saga. —

Som Hovedkilder henvises til: L. Farrand: Basis for American History. 1906. — H. M. Chittenden: The American Fur Trade of the Far West. 1902 — Alexander Mackenzie: Voyages from Montreal etc. 1902. — A. R. Dugmore: The Romance of the Beaver. 1914.

## Jordklodens Undersøgelse med Seismograf.

Af

Oberstløjtnant E. G. Harboe.

Den første, egentlige Seismograf konstrueredes 1897 af J. A. Ewing, Japan. Siden da er der fremkommet mange ny Konstruktioner og Forbedringer af Seismografen, ved hvilke dennes Præstationsevne er bleven i saa høj Grad udvidet, at Nutidens første Klasses Seismografer automatisk registrerer alle Bevægelser i Jorden baade i to paa hinanden lodrette Retninger og dermed altsaa i en hvilken som helst vandret Retning samt i lodret Retning, hvis Størrelse er saa lille som 1 Titusindedel af 1 Millimeter, foruden at Angivelsen af Variationer i Standpladsens Hældning kan drives indtil 1 Tusindedel af 1 Buesekund.

I Tidens Løb er der bleven anlagt en stor Mængde fortrinligt ledede Seismografstationer, spredt over hele Jorden. Fra Begyndelsen af 1899 daterer sig den engelske Professor John Milnes seismologiske Verdensforskninger, der forestaas af Foreningen »British Association«. Den 1. April 1903 oprettedes endvidere den »Internationale Seismologiske Association«, der organiseredes i Lighed med den »Internationale Gradmaaling«, og som baade direkte og indirekte har bidraget mægtigt til Seismologiens Udvikling.

Det ses heraf, at den seismologiske Forskning ved Hjælp af Seismografer først er fremkommet omtrent ved det indeværende Aarhundredes Begyndelse og altsaa endnu kun er ret ung. Ikke destomindre har den dog allerede bragt Resultater, som er af meget stor Betydning for Kendskabet til vor Klode, og det er disse Resultater, som det

er Hensigten her at fremstille saa kortfattet og letfatteligt som muligt.

Sin Hovedbetydning har Seismografen naturligvis for »Jordskælvsforskningen«. Forinden dens Fremkomst var Jordskælvsforskningen alene henvist til Benyttelsen af »makrosejsmiske« Iagttagelser, det vil sige af Iagttagelser af saadanne Svingninger i Jorden, som er umiddelbart følelige af Mennesket. Disse Bevægelser er imidlertid af meget grov Beskaffenhed i Sammenligning med de »mikrosejsmiske« Bevægelser, som Seismografen angiver. Den mindste, for Mennesket endnu umiddelbart følelige Bevægelse i Jorden er nemlig en Brøkdæl af 1 mm, medens Seismografen, som før sagt, kan registrere Bevægelser, hvis Størrelse kun er Brøkdæle af 1 Tusindedel af 1 mm, hvad der kaldes 1 »Mikrom« (1  $\mu$ ). Paa Grund af denne Fintfølehed registrerer Seismografen Svingninger i Jorden fra store Jordskælv, hvis Centrum ligger endog saa fjærnt fra Seismografstationen som dennes Antipodepunkt. Dette i Forening med den kontinuerlige, automatiske Registrering i 3 paa hverandre lodrette Retninger, saaledes som før nævnt, gør Seismografen til en uhyre vigtig Løftestang i Jordskælvsforskningen. Herved maa det desuden erindres, at makrosejsmiske Iagttagelser fra Havene og fra ubeboede eller kun sparsomt beboede Egne kun kan være overmaade sjældne, rent tilfældige og dertil meget mangelfulde, og betragter man blot

Havene for sig, da er efter de nyeste Opgørelser Forholdet mellem Havfladernes og Landfladernes samlede Størrelse som 2,57 til 1.

Til Forstaaelse af den Nytte, som Sejsmografens Registrationer yder, maa der her gives et kort Overblik over de Processer, der sker ved et tektonisk Jordskælv. Aarsagen til et saadant er altid Fremkomsten af Brudflader i Jordskorpen, foraarsaget af sekulære Forandringer i denne, naar disse har naaet den Grænse, som Materialernes Elasticitet stiller. Fra hvert Punkt af Brudfladerne udgaar der i Brudøjeblikket i alle Retninger Bølger i Jorden. Fra de Dele af Brudfladerne, der er nærmest ved Jordoverfladen, udgaar de Bølger, der foraarsager de makrosejsmiske Rystelser af den. Ofte kan Brudfladerne naa helt op til Jordoverfladen og her danne direkte synlige »Hærdlinier« som den langs Nordamerikas Vestkyst gaaende, næsten 300 km lange Spalte i Jorden, der fremkom ved S. Franciskos Jordskælv den 18. April 1906. Bølgerne fra de dybere liggende Dele af Brudfladerne kan derimod kun foraarsage mikro-sejsmiske Rystelser i Jordoverfladen. Da man hidtil ikke er bleven opmærksom paa Forekomsten af mikro-sejsmiske Bevægelser uden samtidig Forekomst af makrosejsmiske Bevægelser, maa det antages, at Brudfladerne altid fortsætter sig op til Jordoverfladen eller til dennes Nærhed, men hvor langt de naar ned i Jordskorpen turde være meget forskelligt efter de tilstedeværende Forhold.

Paa Grund af, at Jordskælvsbølgernes Forplanteshastighed vokser med deres Dybde under Jordoverfladen, bliver deres Baner gennem Jorden ikke rette men krumme Linier, der vender Konveksiteten mod Jordindret. Stødstraalens »Emergentsvinkel«, det vil sige Vinklen mellem Bølgebanen og Horisonten i det Punkt paa Jordoverfladen, hvor Banen møder denne, bliver derfor desto større, jo større det nævnte Punkts Afstand fra Jordskælvscentret er. Fra hvert Punkt af Brudfladerne udgaar der 2 Slags Bølger, nemlig »longitudinale« og »transversale« Bølger. De førstnævnte frembringer paa deres Vej gennem Jorden afvekslende Sammenpresninger og Udvidelser ligesom f. Eks. Lydbølgerne paa deres Vej gennem Luft og Vædske, hvorimod de transversale Bølger bevirker Sidesvingninger i Materialet paatværs af Bølgernes Forplantelsesretning ligesom Svingningerne i Strengene paa en Violin, naar de anstryges. De to Slags Bølger menes at følge omtrent den

samme Vej gennem Jorden, men med forskellig Hastighed. I Gennemsnit forholder de longitudinale Bølgers Hastighed sig til de transversales som 7 til 4, men noget varierer dette Forhold i Forhold til deres Baner gennem Jorden. Hvor Bølgerne træffer »Skilleflader« i Jorden, der angiver Overgangen fra en Beskaffenhed af Materialet til en anden, lider de Tilbagekastninger og Brydninger efter de fra Lysstraalerne kendte Love, hvorved deres Baners Form forandres. De longitudinale Bølger bruger omtrent 20 Minutter om at passere tværs gennem Jorden fra deres Udgangspunkt under Jordskælvscentret til dettes Antipodepunkt.

Endnu fremkommer der ved Jordskælv, vistnok ved Samvirkning af Bølger af de to førnævnte Slags, nogle langperiodiske Bølger, der følger langs med Jordoverfladen og derfor kaldes »Overfladebølger«. Ved meget stærke Skælv, kan disse Bølger kredse over en hel Gang rundt omkring Jorden, saa at en Sejsmografstation kan registrere dem indtil 3 Gange, nemlig som kommende til Stationen: <sup>1)</sup> ad den korteste Vej fra Jordskælvscentret; <sup>2)</sup> ad den længste Vej fra Centret, hvis Længde er  $360^\circ \div$  den førnævnte, korteste Vej og <sup>3)</sup> ad igen den korteste Vej, men efter at de desuden have kredset helt rundt om Jorden. Hyppigst har man fundet disse Bølgers »Periode«,  $\omega$ : Tiden for en hel Svingning frem og en hel Svingning tilbage, at være 18 Sek. og deres Hastighed at være 3,5 km pr. Sek. Hertil svarer en Bøgelængde af 63 km. Man har ment heraf at kunne udlede, at Jordskorpens Tykkelse maa være Halvdelen af denne Bøgelængde eller altsaa 31,5 km. Dette stemmer godt overens med den Tykkelse, som Jordskorpen skulde have efter den geothermiske Gradient, som man har fundet ved Temperaturmaalinger i forskellige Dybder, nemlig ca. 31,5 m Dybde for  $1^\circ$  C., naar alle Stenarter antages smeltede ved en Temperatur af  $1000^\circ$  C. I denne Dybde skulde altsaa efter Geologernes Forestillinger Magmalaget findes, fra hvilket Vulkanerne fødes. Hertil maa imidlertid bemærkes, at da Transversalbølgerne ikke kan tænkes at forekomme hverken i flydende eller luftformige Materialier, maa dog baade det nævnte Magmalag og de indenfor det værende Dele af Jorden tiltrods for de høje Temperaturer, som maa antages at herske i disse Dybder, paa Grund af tilsvarende høje Tryk, forholde sig som et fast Legeme.

Medens et Jordskælv i det makrosejsmiske

Rystelsesgebet og da navnlig i dettes stærkest bevægede Del, det »plejstosejsmiske« Gebet, kun fremtræder som en Række kortvarige, mere eller mindre stærk Stød, viser en Seismograf paa en Station udenfor det makrosejsmiske Gebet, en fortløbende Registration af sejsmiske Bølger, der kan vare 1 Time og derover og ikke viser noget Spor af de nævnte Stød. Først optræder i Fjærnskælvsregistrationen alene Longitudinalbølger, det »1. Forskælv«, dernæst kommer Transversalbølgerne til, det »2. Forskælv«, dernæst tillige de omtalte langperiodiske Overfladebølger, der danner det saakaldte »Hovedskælv«, og tilsidst kommer en gradvis Hændelsen af Svingningerne, »Efterskælv«. De Momenter i Registrationen, der hovedsagelig er af Betydning for Forskningen, er dem, i hvilken den første Bølge af 1. og 2. Forskælv optræder.

Paa Grund af at det, som særlig paavist af Ludw. Pilgrim i Stuttgart, altid bliver den longitudinale og den transversale Stødstraale, der udgaar fra den dybeste Del af Brudfladerne, der ankommer først til en Fjærnstation, bliver disse 2 Momenter særlig vel skikkede til af Seismogrammet at udlede Stationens Afstand fra Jordskælvscentret. De paagældende Bølgers Front kommer nemlig herved til at nærme sig til at have en cirkulær Form, som om Bølgerne vare udgaaede fra et vist Punkt i Jorden, »Hypocentret«, og det desto mere, jo fjernere fra dette de naar op til Jordoverfladen, selv om en enkelt meget lang Hærdlinie maatte vise sig fremherskende i det mikrosejsmiske Rystelsesgebet saaledes som ved S. Franciskos førnævnte Jordskælv. Ved Seismografstationer med første Klasses Horizontal- og Vertikalseismografer kan man derfor ofte med ret god Nøjagtighed alene af den først ankomende Longitudinalbølge udfinde Jordskælvscentrets Azimuth for Stationen. Paa Betydningen af de nævnte 2 Momenter er man meget hurtigt bleven opmærksom, hvorfor man har fremstillet Forbindelsen mellem de Tidsrum, som de omtalte to Bølger bruger om at naa ud til Seismografstationen og dennes Afstand fra Jordskælvscentret ved de saakaldt »Løbetidskurver«.

Af de Særegenheder, som disse Kurver udviser, har man ment at kunne paavise Tilstedeværelsen af flere »Skilleflader« i Jorden, som angiver Overgang af Materialet i denne fra en Beskaffenhed til en anden. Man har i den Henseende først fundet, at Jorden skulde bestaa af en ca. 1500 km tyk Kappe og en indenfor den værende Kærne med

4900 km Radius. Da Jordklodens samlede Vægtfylde er 5,53, skulde, naar Kappens Vægtfylde regnes at være 3,2, Kærnens Vægtfylde være 8,22, hvilket vilde svare til, at den bestod af komprimeret Jærn. Senere Undersøgelser har imidlertid ført til, at der i Stedet for den nævnte Skilleflade i 1500 km Dybde findes 2 saadanne, nemlig den 1. i 1200 km og den 2. i 2900 km Dybde. Først i denne Dybde skulde den omtalte Kærne naas, der skulde bestaa af Nikkel og Jærn ligesom den Afdeling af Meteoriter der benævnes »Sideriter«<sup>1)</sup>, medens Skallen om den har en anden Sammensætning.

For nylig har den førnævnte Ludw. Pilgrim fremstillet en hel Række Løbetidskurver, af hvilke hvert Par svarer til sin Dybde af Bølgerens Udgangspunkt eller »Hærdedybde«. Der er herved aabnet Muligheden for en langt nøjagtigere Bestemmelse af Jordskælvscentrenes Beliggenhed end hidtil gørigt, foruden at der ogsaa opnaas Kendskab til de Dybder i Jorden, til hvilke Brudfladerne ved de forskellige Jordskælv naa ned, hvilket alt er af den største Betydning i geotektonisk Henseende.

En samlet Fremstilling af Jordskælvscentrenes Fordeling paa Jorden er forsøgt af Greve F. de Montessus de Ballore, den nuværende Direktør for Chiles sejsmiske Tjeneste (udgivet i 1906), men den er alene baseret paa makrosejsmiske lagtagelser, hvorfor den kun kan give et meget mangelfuldt Billede af Forholdene. Langt fuldstændigere bliver det opnaaede Billede, naar man medtager Resultaterne af den mikrosejsmiske Forskning. I denne Henseende er der først de 313 Jordskælv i Aarene 1899—1903, hvis Centre John Milne, Sekretæren i British Associations seismologiske Kommission (fra 1895 til hans Død i 1913) har bestemt mere eller mindre omtrentligt alene paa Basis af mikrosejsmiske Registrationer med Seismografer af hans særlige Konstruktion. Disse 313 Jordskælv er kun dem, der i det nævnte Tidsrum havde foraarsget de største Registrationer. For hvert af de følgende Aar har Milne suppleret denne Liste paa den samme Maade.

<sup>1)</sup> De 3 store Sideriter ved Melvillebugtens Nordkyst i Nærheden af Kap York, der vejede 1100 pounds, 3 Tons og 36½ Tons og af Kommandør Rob. E. Peary blev transporteret til »American Museum of Natural History« i New York, angives at bestaa af 91% Jærn og 8% Nikkel samt smaa Indblandinger af Kobolt, Kobber Svovl, Fosfor og Kulstof.

Endvidere har d'Hrr. E. Tams, E. Rosenthal og G. Szirtes bearbejdet alt det mikrosejsmiske Materiale, der foreligger for de største Jordskælv i Tidsrummet 1903—1907. Endelig har den i Sommeren 1915 afdøde Redaktør af »Gerlands Beiträge zur Geophysik« E. Rudolph paa den 11. internationale, geografiske Kongres i Stockholm i 1910 givet en samlet Oversigt over disse Arbejder, supplerede med hans egne Sammenstillinger for 1908 og 1909.

I den nævnte Oversigt kommer Forfatteren til det Resultat, at i hele Jordskælvsbæltet, der omgiver Stillehavet, har Jordskælvscentre ganske vist som oftest ligget i Nærheden af Kysterne, men meget hyppigt paa selve Havbunden. De mikrosejsmiske Registrationer har derfor vist Forekomsten af et stort Antal store Jordskælv, der er bleven registrerede af alle Stationer paa Jorden, men som kun er optraadt med en paafaldende ringe Intensitet i det for dem fundne, makrosejsmiske Rystelsesgebet, idet kun en forholdsvis smal Strimmel af dette har naaet ind over de tilstødende Fastlandsdele. Til det samme Resultat er Forfatteren kommen for de nuværende Kystegne i den mediterrane Zone, det vil sige i det brede Bælte af Jordoverfladen, der optoges af Middelhavet i Tertiærtiden og som omfatter det nuværende Alpsystem, de betiske Kordillerer og den største Del af de asiatiske Højbjerge samt naaede mod Vest over til Vestindien. En stor Del af de vigtigste Kystskælv har altsaa ved den mikrosejsmiske Undersøgelse vist sig at være af undersøisk Oprindelse.

John Milne mener endvidere at kunne paavise, at Hyppigheden af Storskælv paa de to Sider af Stillehavet siden Aaret 1902 har varieret i den samme Retning, hvoraf han slutter, at Hyppigheden af Jordskælv i en Region ikke alene afhænger af lokale Aarsager, men ogsaa paavirkes af Processer af større Beskaffenhed.

Ser man nærmere paa Forholdene, viser det sig endvidere, at det største Antal Jordskælvscentre er ordnede i bestemte Linier, der staar i Forbindelse med visse Dele af Fastlandskysterne. I den føromtalte, pacifiske Kreds er der 3 Steder, paa hvilke Centrene findes særlig tæt. Dette er: <sup>1)</sup> i Hjørnet mellem Aleuterne og Kamschatkas Østkyst, <sup>2)</sup> foran Yedos Bugt og <sup>3)</sup> ved Philippinerne. Fra det sidste Sted stryger en Centrumslinie over Gangir- og Talautøerne til Nordkysten

af Celebes og her deler Linien sig, idet en Gren gaar over Bandaøernes Bue og de smaa Sundøer ved Sumatras Yderside til Nikobarerne for Nord for Andamannerne at slutte sig til Assams allerede længe kendte Centre, medens den anden Gren gaar mod Øst, parallelt med Ny Guineas Nordkyst, gennem Bismarck-Arkipelaget, over Salomonøerne indtil den sydligste Ende af Ny Hebriderne. En med denne parallel Linie synes at strække sig i sydøstlig Retning, pegende hen mod Ny Zeelands Nordø. Som en selvstændig Linie kan man anse en, der gaar parallelt med Tonga- og Kermandekøerne. Foran Yedos Bugt gaar en Linie ud, der over Bonin- og Vulkanøerne gaar ned til Marianerne. Om der end i Stillehavet desuden forekommer nogle Centre, der ikke viser nogen Forbindelse med de rækkeformigt ordnede Økæder, synes dette dog kun at hidrøre fra Kortheden af det Tidsrum, hvorover Iagttagelserne strækker sig, og at det kan ventes, at de med Tiden ogsaa engang vil vise sig at danne Led i en Række. Herpaa tyder nemlig deres umiddelbare Nærhed af Ørækker. Dette gælder saaledes om et Centrum Øst for Havaiiøerne og et andet ved Sydostenden af Gilbertøerne.

Mellem de sejsmiske Forhold i Stillehavet og i Atlanterhavet er der en skarp Modsætning. Ikke alene er Antallet af de i Atlanterhavet forefundne Jordskælvscentre paafaldende lille, men ogsaa har Skælvenes Intensitet, f. Eks. ved Azorerne og andetsteds, efter deres mikrosejsmiske Udbredelse at dømme, været saa lille, at Skælvene ikke kan sammenlignes med Storskælvene i Stillehavet. Maaske staar dette Forhold ikke alene i Forbindelse med Forskellen i Kysternes Bygning, men hidrører maaske ogsaa fra Forskelligheder i de dybere Jordskorpedeles Forhold.

Om de sejsmiske Forhold i det Indiske Hav kan der efter de hidtidige Iagttagelser ikke siges noget. De sejsmiske Stationers Fordeling omkring dette Hav er nemlig saa ugunstig og deres Antal er endnu saa ringe, at man kun i faa Tilfælde har kunnet paavise Storskælvscentre i det. Kun i dets sydlige Del er der ved 2 Jordskælvscentre østlig for Madagaskar antydet et sejsmisk Gebet, til hvilket der maaske hører et andet i det Arabiske Hav.

I Nordhavet, som man tidligere paa Grund af manglende Kendskab til det har anset som saa roligt i sejsmisk Henseende, naar kun undtages

Farvandene nærmest ved Islands nordlige Kyster, har den mikrosejsmiske Forskning nu paavist ret hyppige Jordskælv, som enten slet ikke eller kun i forholdsvis meget ringe Grad er bleven følt paa Nordisland eller andetsteds. Der er her forekommet undersøiske Jordskælv den 2. August 1904, 15. og 19. November 1905, 9. November 1906, 19. Marts 1906, 26. December 1908, 22. Januar 1910, 19. Maj 1913 og 1. Juni 1915, hvoraf somme har været ret stærke og da særligt det i 1910. Centrene for disse Skælv er endnu ikke alle nærmere lokaliserede, men synes dog alle at være fremkommet i Mellemrummet mellem Island, Grønland og Spitzbergen. Da undersøiske Jordskælv maa være vel-skikkede til Opbrydning af Ismasser paa Havet, hvorved de lettere maa komme i Drift og herved bevirker en abnorm Afkøling af det nordvestlige Evropa, kunde der være Anledning til en nærmere Undersøgelse i denne Henseende. Særlig kunde man saaledes være tilbøjelig til at sætte de abnorme Temperaturforhold her i Landet i Forsommeren 1915 i Forbindelse med Skælvet den 1. Juni s. A., hvis Centrum efter Registrationerne i Cartuja ved Granada og i Ottawa man har antaget at ligge vestlig for Spitzbergen (80,2° v. Br., 9,2° Ø for Gr.)

Rudolph ender sin Oversigt med den Slutning, at Storskælvenes Fremkomst er knyttet til de store Brudlinier, der naar ned i Jorden til ubekendt Dybde, hvorfor han kalder disse Skælv »Brudlinieskælv« i Modsætning til de overordentlig talrigere svage Skælv, der forekommer paa alle saavel oversøiske som undersøiske Dele af Jordoverfladen, men navnlig paa de foldede Dele af denne og her hidrører fra Bjærgfoldning, hvorfor han kalder dem »Foldningsskælv«. Da de foldede Dele af Jordskorpen hovedsagelig maa søges paa Fastlandene, medens de store Brud langs Fastlandenes Kyster maa betragtes som angivende Omrandingen af Indsænkningseger, bliver den anførte Slutning ensbetydende med, at Jordskælvene paa Fastlandene hovedsagelig skulde skyldes partielle Foldningsprocesser, medens Jordskælvene under Havene og langs deres Kyster skulde skyldes partielle Sænkninger eller Indstyrtninger i Havbunden, hvorfor de vel rigtigst turde benævnes »Sænkningsskælv«. Hvad det sidste angaar, da turde denne Del af Antagelsen i høj Grad blive støttet ved den Omstændighed, at de af O. Hecker ved Lufttrykmaalingen foretagne relative Tyngde- maalingen over Havene har paavist, at de over

den faste Jordskorpe værende Vandmassers forholdsvis ringe Vægt opvejes af en tilsvarende større Vægtfylde af de nedenunder værende Jordskorpedele, saa at Tyngden over Havene gennemsnitlig bliver tilnærmelsesvis normal som over Fastlandene. Om Maaden, hvorpaa de Foldninger fremkommer, som de nuværende Bjærgkæder udviser, vides der imidlertid egentlig intet, hvorfor det turde være for vidtgaaende at betegne de paa Fastlandene hovedsagelig fremkommende Skælv som »Foldningsskælv«. Derimod kunde der nok være Grund til at betegne dem som »Hævningsskælv«, nemlig som foraarsagede ved sekulære Hævninger. Man vilde herved rimeligvis faa en Forklaring paa et Fænomen, der kaldes det »Aristoteles'ske Fænomen«, fordi det først er bleven paavist af den antike, græske Filosof Aristoteles. Dette Fænomen bestaar i en gradvis Udtørring af Kontinenterne og skal kunne iagttages som endnu foregaaende paa alle Jordens Fastlande om end med ringe Afvigelse. Sekulære Hævninger turde nemlig være vel skikkede til Forklaring af dette Fænomen.

Ved sin førnævnte Samling af de ved mikrosejsmiske Registrationer angivne Storskælv er John Milne bleven ført til en interessant Sammenligning med Resultaterne af Undersøgelserne angaaende Temperaturen Tilvækst i Jorden med Dybden under dennes Overflade eller med andre Ord Temperaturgradienten i Jorden, hvilken Sammenligning han har fremført paa »British Association's Møde i Dundee i 1912. Af de for de 5 Aar 1899—1903 fundne 313 Storskælv fandt han de 61 liggende paa Kontinentalfader og Resten, de 252, langs trugformede Dyb i Oceanerne. Heraf sluttede han da, at Temperaturtilvæksten under de dybere Dele af Havene maatte være 4 Gange saa stor som langs Kystlinier og længere inde i Landene. Ved Sammenstilling af de foreliggende Opgivelser om Termometergradientens Størrelse under Højland med de tilsvarende Data for Kystlandene og med den Antagelse, at Forandringen af Gradienten fra en Kystlinie til et Havleje er proportional med dens Forandring fra Højland til en Kystlinie kom han til det Resultat, at Gradienten under et Hav af 12000 »feet« Dybde skulde være 1° F pr. 25 f Dybde, medens den for et Højland, hvis Middelhøjde o. H. var 2723 f var 1° F pr. 68 f, hvilket jo vilde stemme ret godt overens med hans førnævnte Antagelse. Var Jordskorpens Varmelednings- evne den samme overalt, maatte der derfor bort-

gaa 3 Gange saa megen Varme paa det første som paa det sidste Sted. Man maatte altsaa anlage, at den suboceaniske Jordskorpe enten er tyndere eller mere varmeledende end Jordskorpen under Fastlandene.

Angaaende den Dybde, hvortil de et tektonisk Jordskælv foraarsagende Brud naa ned i Jorden eller med andre Ord »Hypocentrets Dybde« er den førnævnte Ludw. Pilgrim kommen til de følgende Resultater:

For det sydtyske Jordskælv den	$\frac{16}{11}$	1911	var Dybden	100 à 110	km
- - kalabriske	—	$\frac{23}{10}$	1907	- —	140 à 170 -
- - indiske	—	$\frac{4}{4}$	1905	- —	50 -
- - meksikanske	—	$\frac{14}{4}$	1907	- —	110 à 140 -
- - Guatemales	—	$\frac{19}{4}$	1902	- —	170 -
- - kalabriske	—	$\frac{8}{9}$	1905	- —	140 -
- - kolumbiske	—	$\frac{31}{1}$	1906	- —	170 -
- S. Franciskos	—	$\frac{18}{4}$	1906	- —	140 -
- Messinas	—	$\frac{28}{18}$	1908	- —	75 à 170 -
- Agrams (Zagrebs)	—	$\frac{8}{10}$	1909	- —	75 -
- Kephalonias	—	$\frac{24}{1}$	1912	- —	90 -

Hele denne Undersøgelse er imidlertid endnu i sin Vorden.

De fintfølede Seismografer har angaaende Jordskælvs Hyppighed vist os, at Jordskælv ingenlunde hører til Sjældenhederne, men er et ret dagligdags Fænomen. Saaledes viser f. Eks. den Internationale Seismologiske Associations Generalkatalog alene for Aaret 1907 et Antal af ialt 6925 større og mindre Skælv, og dog kan man sige, at mange mindre Jordskælv paa den sydlige Halvkugle sikkert maa være undgaaet Opmærksomheden. Gennemsnitlig maa man herefter kunne paaregne ca. 20 Skælv pr. Dag for hele Jordkloden. Denne store Hyppighed opfordrer til forøvrigt ret besværlige, statistiske Sammenligninger med andre Forhold paa Jorden.

Der er da først Spørgsmaalet om Jordskælvenes Fordeling paa de forskellige Aarstider. Dette Spørgsmaal er imidlertid endnu ikke tilstrækkeligt oplyst.

Om Forbindelsen mellem Jordskælvenes Hyppighed og Maanens forskellige Facer er Resultatet foreløbigt endnu ret ubestemt. Det kan dog siges, at der ikke findes nogen tydeligt udpræget Lovmæssighed i denne Henseende.

Undersøgelser om en Forbindelse mellem Jordskælvshyppighed og de forskellige meteorologiske Elementer har hidtil ikke givet noget Resultat, om der end findes Antydninger af, at Fremkomsten af Jordskælv i nogle Tilfælde i Henseende til Tid har været sammenfaldende med et dybt Barometerminimums Passage. Et saadant Forhold

turde i og for sig være rimeligt nok, naar henses til den meget gradvise Modifikation af Størrelsen af Spændingerne i Jordskorpen, der forbereder Jordskælvs Fremkomst, og til at Lufttryk-Maksimaerne og Minimaerne kan naa ud over meget store Flader, hvorved Trykvariationerne ogsaa kan blive meget store. Foreløbig er dette dog kun en Formodning.

Som bekendt har Maalingerne af den geografiske Bredde vist, at Jordens Omdrejningsakse med Tiden forandrer sin Stilling i Jordkloden, saa at f. Eks. dens Nordende kommer til at beskrive en meget uregelmæssig Kurve omkring en vis Middelstilling, fra hvilken den kun fjærner sig, maalt paa Jordoverfladen, højst ca. 9 Meter. Man har nu undersøgt, om Jordskælvenes Hyppighed skulde staa i nogen Forbindelse med dette Fænomen, men man har kun opnaaet at finde en Antydning af, at Jordskælvshyppigheden kunde staa i Forbindelse, ikke med Afgigelsen fra Middelstillingen, men med den Hastighed, hvormed Afgigelsen forandrer sig eller altsaa med Krumningen af den omtalte Kurve.

Inden der her gaas bort fra Omtalen af Jordskælv, maa det anføres, at Seismogrammerne fra dem viser mange Ejendommeligheder, som ikke er omtalte her, fordi det endnu ikke er lykkedes at udfinde deres Aarsager, men hvis Tydning i høj Grad vil udvide vort Kendskab til Beskaffenheden af Jordens Indre og de Processer, der foregaar i Jorden.

I denne Henseende skal her kun efter Fysike-

ren og Seismologen Fyrste B. Galitzin anføres, at Fjærnskælvseismogrammerne viser Tegn til, at Longitudinalbølger med kortere Periode har en større Forplantelsehastighed end Longitudinalbølger med en længere Periode. Dette minder om den fra Optiken kendte Dispersion, paa hvilken hele Spektralanalysen baserer sig, ved hvilken man er naaet saa vidt i Udforskningen endog af de fjærneste Himmelleger. Dispersionen synes at være en til Materien i Almindelighed knyttet Egenskab, hvorfor det vilde være urimeligt ikke ogsaa at antage, at der findes en »sejsmisk Dispersion«. Ved meget elastiske Stoffer, saasom Staal og Elfenben, forekommer der rigtignok kun en ubetydelig Dispersion, men det er meget sandsynligt, at de forskellige Stenarter viser en mere reel Dispersion. Hermed vilde der aabne sig Udsigt til Opnaelse af hidtil uanede Oplysninger om Jordens Indre.

Foruden de af Jordskælv foraarsagede Svingninger i Jorden angiver Seismograferne ogsaa meget hyppigt en Del andre Svingninger, der under Et kunne benævnes »mikrosejsmisk Uro«. Disse Svingninger, der ofte kan være meget generende for Udnyttelsen af Jordskælvseismogrammerne, kan være af 4 forskellige Slags.

Der er da først de Svingninger, der foraarsages af den stedlige Færdsel og Industri. Det er den almindelige »Dagsuro«. Deres Periode er mindre end 4 Sekunder, hvorfor de giver Seismogramlinien et finttakket Udseende. Ogsaa Bevægelser, der kan fremkaldes af lokale Vindbyger hører herhen.

Dernæst er der Svingninger, der udmærker sig ved en mærkværdig rytmisk Regelmæssighed med en Periode af gennemsnitlig ca. 7 Sek., men hvis Amplitude kan være meget varierende. Disse Svingninger kaldes »mikrosejsmisk Bevægelse af I. Art«. Undertiden varer de kun nogle Timer, men undertiden kan de ogsaa forekomme gennem en hel Række Dage, gradvist voksende og derefter igen gradvist aftagende. Navnlig er de saa hyppige i Efteraars- og Vintermaanederne, at de næsten ikke nogen Dag mangler helt. I Foraars- og navnlig i Sommermaanederne er de derimod betydeligt svagere. Der kan da forekomme Dage, paa hvilke Seismogramlinien er næsten fuldstændig lige og glat. Det er navnlig disse Bevægelser, der kan vanskeliggøre Bearbejdelsen af

Fjærnskælvseismogrammer. Sædvanlig ligger Perioden mellem 4 og 8 Sek., men baade større og mindre Perioder kan dog forekomme. Som oftest vokser og aftager Perioden med Amplituden, hvis absolute Størrelse er nogle, højst 10 Mikrometer. Uro af denne Art synes hyppigt i Løbet af kort Tid, faa Timer, at kunne tiltage eller hende paa meget store Gebeter. Den 7. Februar 1912 indtraadte f. Eks. Kl. ca. 4 Morgen, M. E. T. en hurtig Stigen i Uroens Størrelse i Cartuja ved Granada og paa alle de mellemuropæiske Stationer mod Øst indtil Graz og Breslau, medens der ikke forekom nogen saadan i Upsala og Pulkova.

Tilsyneladende staar denne mikrosejsmiske Uro ikke i nogen direkte Forbindelse med Vindens Retning og Styrke paa Iagttagelsesstedet. Ofte kan den saaledes være meget stærk paa vindstille Dage. Derimod synes Forstærkning af den at gaa forud for et barometrisk Maksimum eller Minimum, der med stejl Barometergradient bevæger sig fra Havet ind over Fastlandet. Særlig er man bleven ledet til at anstille en Sammenligning mellem Uroen og Søgangen i Havet. Til dette Øjemed har man benyttet de saakaldte »Undografer«, der opstilles ved en for Søgangen aaben Klippekystrer og grafisk registrerer Havbølgerens Periode. Denne har herved vist sig at være 4—8 Sek. og at variere i Overensstemmelse med Perioden i Uroen inde i det paagældende Fastland. Man maa herefter antage, at det er Havets Bølger, der frembringer Uroen, som saa fra Kysten forplanter sig ind over Fastlandet. Til nærmere Undersøgelse af disse Forhold har den Kais. Hovedstation for Jordskælvforskning i Strassburg i E. siden Begyndelsen af Aaret 1913 ledsaget sine seismografiske Beretninger med en diogrammatisk Fremstilling af Søgangens Styrke ved Grisnez, Ile d'Aix, Borkum, Helgoland og Skudenæs hver Morgen Kl. 8, M. E. T. med Vedføjelse af Vindretning og Vindstyrke, saa at alle Stationer kan sammenholde den paa dem registrerede Uro af denne Art med den nævnte Fremstilling. Af hvad der her er fremført om den mikrosejsmiske Uro af I. Art vil det bemærkes, at der er Udsigt til paa den at basere en Metode til Forudsigelse af Storme.

Den mikrosejsmiske Uro af II. Art er meget uregelmæssigere end Uroen af I. Art og foregaar med langt større Perioder, der tillige kan variere indenfor langt videre Grænser. Gennemsnitlig kan man regne, at Perioden omtrent er 30 Sek. Disse

Svingninger synes at være af lokal Oprindelse og navnlig at bestemmes af den paa Stedet herskende Vind. Det maa være Vindens Virkning paa de fremragende Genstande paa Stedet, saasom Bygninger, Træer m. m., der bevirker dem. Dog synes de ogsaa tildels at kunne hidrøre fra Indvirkningen af svage Luftstrømninger i selve Registrerlokalet og følgelig tildels være af instrumentel Art.

Den fjerde Slags mikrosejsmisk Uro viser Svingninger af endnu længere Perioder, nemlig paa 1—2 Minutter og derover. Aarsagen til dem er endnu ikke opklaret, men der er dog fremført den Anskuelse, at de hidrører fra Virkningen af Frost.

Medens der i det foregaaende kun er omtalt Svingninger til begge Sider for den normale Sejsmogramlinie, skal der nu gaas over til Omtale af »Hældningsforandringer«, der fremtræder ved en mere eller mindre gradvis Afbøjning, som Sejsmogramlinien kan vise til den ene eller den anden Side af den rette Linie, som den normalt skulde danne. Saadanne Afvigelser kan foraarsages alene af svage Luftstrømninger, dels direkte og dels ved deres afkølede eller opvarmende Virkning paa Sejsmografen og altsaa være af instrumentel Art. Bortses der imidlertid fra dem, vidner en forekommende Afbøjning af Linien altid om en Forandring af Jordsmonnets Stilling i Forhold til Stedets Vertikallinie, hvad enten det er denne sidste eller Jordsmonnet eller begge i forskellig Grad eller til forskellig Side, der har forandret Retning. Saadanne Retningsforandringer er nu altid saa smaa, at det kun er ved Sejsmografernes føromtalte, overmaade store Følsomhed for Hældningsforandringer, at de kan paavises. Tiltrøds for deres Ringhed er de dog ikke alene af teoretisk Interesse, men kan ogsaa være af Betydning i geodætisk Henseende.

En Forandring alene af Jordsmonnets Stilling, som angives af Sejsmografen, kan allerede fremkomme ved en ensidig, midlertidig Belastning af Stationens nærmeste Omgivelser, f. Eks. ved den samiede Ankomst til eller Bortgang fra Stationen af et halvt Hundrede Personer. Af en anden Beskaffenhed er dog den Forandring i Jordsmonnets Stilling, som daglig foraarsages af Solens opvarmende Virkning. Paa Grund af den alene vilde Sejsmogramlinien faa Form som en Bølgelinie, hvis Periode er et Døgn, men hvis Amplitude na-

turligvis vil være forskellig paa de forskellige Aars-tider og forøvrigt vil variere efter de atmosfæriske Forhold. Virkningen er dog kun af en meget overfladisk Beskaffenhed. Det har vist sig, at i ren Sandjord er Bevægelsens Amplitude i en Dybde af 25 Meter kun  $\frac{1}{7}$  af, hvad den er paa Jordoverfladen.

Anderledes er det med den Virkning, som baade Sol og Maane udøver paa Jorden ved den gensidige Tiltrækningskraft mellem dem og Jorden. Var denne sidste fuldstændig stiv eller ueftergivende, vilde den nævnte Kraft bevirke en periodisk Forandring alene i Tyngdekraftens Retning og Sejsmogramlinien vilde derfor blive en tilsvarende Bølgelinie med et halvt Døgn Periode og en Amplitude, hvis Størrelse kan findes ved Beregning. Var Jorden derimod fuldstændig eftergivende som en Vædske, vilde Jordoverfladen paa det paagældende Sted altid rette sin Stilling efter Tyngdekraftens Retning, og Sejsmogramlinien vilde som Følge deraf ikke lide nogen Forandring og altsaa blive fuldstændig retliniet. Giver Jorden endelig kun delvist efter for den nævnte Kraft, vil Sejsmogramlinien blive en Bølgelinie, der ikke afviger saa meget fra den nysnævnte, rette Linie, som den vilde, naar Jorden var fuldstændig stiv og Forskellen mellem de to Bølgeliniers Afvigelser vil afgive et Maal for den Grad, i hvilken Jorden giver efter, hvoraf man kan beregne Jordens Elasticitetsmodul eller Styrke.

Allerede i 1880 har G. H. Darwin, en Søn af den berømte Charles Darwin i »Philosophical Transactions« offentliggjort en Undersøgelse, som han havde foretaget for af Tidevandene at udfinde Jordens Eftergiven for Tiltrækningen af Sol og Maane. Han benyttede hertil 14 Dages Tidevandene og han kom til det Resultat, at der var en Antydning af en »viskøs« Eftergiven i Jordmassen.

En egentlig Undersøgelse af dette Spørgsmaal er først muliggjort ved Sejsmografen. Denne maa imidlertid til dette Øjemed opstilles saa dybt nede under Jordoverfladen, at den føromtalte Virkning af Jordoverfladens Opvarmning af Solen saa vidt som muligt undgaas, idet denne Virkning for sig kan foraarsage en Afvigelse i Sejsmogramliniens Forløb, der er indtil 50 Gange saa stor som den, Solens Tiltrækningskraft for sig alene kan bevirke, foruden at den i Dybden herskende Konstanthed i Temperatur ogsaa er af stor Betydning.

Ved det Kgl. Preussiske Geodætiske Instituts



Undersøgelser i Potsdam i den Henseende, hvilke lededes af O. Hecker, den nuværende Direktør for den Internationale Seismologiske Associations Centralbureau i Strassburg i E., er der opnaaet det følgende Resultat: Maanen bevirker en Afvigelse af Lodlinien, der er ca.  $\frac{2}{3}$  af den, som den vilde bevirke, naar Jorden var fuldstændig stiv, og Solen viser en ganske tilsvarende Virkning. Jorden giver altsaa noget efter men yder dog en meget stor Modstand mod Deformation. Den forholder sig i denne Henseende næsten som en lige saa stor Kugle af Staal vilde forholde sig. Desuden tyder Observationerne hen paa, at Modstanden i Retning af Meridianen er mindre end i Retningen lodret paa den eller altsaa i Parallellens Retning. Dog kan dette Forhold ikke endnu anses for tilstrækkeligt oplyst, da Flod og Ebbe i de nærmest ved Stationen værende Have kan tænkes at have virket forstyrrende. Til den definitive Bestemmelse af Deformationerne maatte Undersøgelserne derfor anstilles i den størst mulige Afstand fra store Have eller altsaa i det Indre af de store Fastlande.

Endelig skal det anføres, at det ved Registreringen af Jordskælv ret ofte forekommer, at Linien, om hvilken de registrerede Svingninger sker, ved Begyndelsen af Hovedskælvet ret brat lider en større eller mindre »Forsætning« ud til den ene eller til den anden Side for dens normale Plads og derefter kun ganske langsomt og jævnt i Løbet af flere Timer atter kommer tilbage til den normale Plads. Der kan her kun være Tale om en Forandring af Jordsmonnets og ikke af Lodliniens Stilling. Saadanne Tilfælde er navnlig fremkomne, naar Jordskælvscentrets Afstand fra Seismografstationen kun har været forholdsvis ringe. Da de hidtil er forblevne temmelig upaaagtede, kan der ikke siges noget nærmere om dem her.

I det foregaaende er der kun omtalt Resultaterne, der er opnaaede med fast opstillede Seismografer. Man har imidlertid ogsaa **transportable Seismografer** og disse har vist sig at kunne yde stor, direkte praktisk Nytte. Man har nemlig anvendt saadanne til Bedømmelsen af Jærnbanebroers Styrke ved Undersøgelse af de Svingninger, som et Jærnbanetogs Passage hen over Broen fremkalder i denne. Ogsaa er de blevne benyttede til Undersøgelse af de skadelige Rystelser, som somme indu-

strielle Virksomheder frembringer i Omgivelserne, hvilket navnlig kan være af Betydning for Hospitaler.

Af det her fremførte ses det, at Mikroseismologien, hvor ung den end er, kun noget over en halv Snes Aar gammel, dog allerede har bragt mange baade i geografisk, fysisk, geologisk og geodætisk Henseende vigtige Resultater, foruden at den ogsaa synes med Tiden at ville blive af Betydning i meteorologisk Henseende. Med Føje maa man derfor vente, at den med Tiden vil kunne yde endnu meget mere, og der er Grund til at kaste et Blik paa, hvorledes Dyrkningen af den er bleven organiseret i de forskellige Lande. Oprindeligt var det Geologerne, der dyrkede Seismologien, men efterhaanden som Mikroseismologien udviklede sig, medførte den Maal og Arbejdsmetoder, der laa Geologerne for fjærnt. Følgen heraf er bleven den, at **Dyrkningen af Seismologien** i de enkelte Lande bestandigt mere og mere henlægges under en Kommission, i hvilken der er Repræsentanter for alle de Videnskaber og andre Faktorer, der kunde have større eller mindre Interesse i Seismologiens Udvikling. At gaa nærmere ind paa Forholdene i de enkelte Lande vilde her blive for vidtløftigt. Der skal derfor kun som et Eksempel anføres den ny Ordning, der er indført for den seismiske Tjeneste i Rusland.

Tjenesten forestaas der af den russiske, centrale, seismologiske Kommission, der sorterer under det Kejs. Videnskabernes Akademi i Petrograd. Denne Kommission bestaar af et Antal Medlemmer af Videnskabernes Akademi samt Repræsentanter for forskellige videnskabelige og praktiske Anstalter saasom det geodætiske Institut, det fysiskalske Centralobservatorium i Petrograd, Universiteterne, det russiske geografiske Selskab m. fl. Direktøren for det astronomiske Observatorium i Pulkova er Formand i Kommissionen. De Pengemidler, hvorover denne raader, er hovedsagentligt Statstilskud, men dog ogsaa mange Tilskud fra Private og Privatanstalter, der har en særlig Interesse for Seismologien. Kommissionen vælger igen blandt sine Medlemmer et Centralbureau, der nærmere forestaar alle de praktiske Arbejder, og deriblandt Tilsynet med Seismografstationerne tilligemed Offentliggørelsen af de vundne Resultater. Efter den ny Plan bliver der i Rusland 1 central, seismisk Sta-

tion i Pulkova, 7 Stationer af 1. Rang og 18 Stationer af 2. Rang.

Betragtes nu Forholdene her i Danmark, da er vi jo ganske vist i selve Hovedlandet forskaandede for at hjemses af ødelæggende Jordskælv. De lette Jordskælv, der forekommer her fra Tid til anden, kunde dog ogsaa være af en saadan geografisk Betydning, at der burde skænkes dem al gørlig Opmærksomhed. Desuden hører der jo til Danmark baade de dansk-vestindiske Øer, til hvilke der for Tiden stilles store Forhaabninger og hvor der vittterligt kan ventes Forekomsten af ødelæggende Jordskælv, samt Island, der er et Land af en enestaaende geofysisk Interesse. Omrandingen af Nordhavet paa de to Sider ved de danske Landsdele Island og Grønland turde ogsaa medføre en Forpligtigelse for Danmark til Medvirkning ved Nordhavets Undersøgelse. Den Beretning, som nuværende Forfatter har afgivet i Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening for de 5 Aar 1909—1913, viser ogsaa, at der allerede i makrosejsmisk Henseende i Danmark med Bilande stadigt forekommer ikke saa faa seismologiske Processer, som ikke bør overses men bør underkastes den størst mulige Undersøgelse. To Seismografstationer er desuden allerede oprettede her i Landet, nemlig en paa Diskøen i Nordgrønland og en i Reykjavik. Den førstnævnte er oprettet for private Midler, men siden Midten af Aaret 1912 har man desværre maattet standse Driften af den indtil videre paa Grund af manglende Pengemidler. Stationen i Reykjavik er oprettet i Aaret 1909 af den islandske Regering med Laan af Apparaterne til den fra den Internationale Seismologiske Association og holdes saavidt vides endnu stadigt i Drift af den islandske Regering. Fra 1911 inkl. henligger Seismogrammerne fra den imidlertid ubearbejdede, fordi der mangler Kræfter til Genemgaaelsen af dem. Det ses heraf, at der er al Grund til Oprettelsen af en sejsmisk Tjeneste, der

baade burde indsamle og bearbejde alle makrosejsmiske Oplysninger om sejsmiske Processer i Danmark med Bilande samt forestaa hele den Del af den mikrosejsmiske Forskning, som særlig maatte tilkomme Danmark.

Ved Skrivelse af 21. Juli 1914 har Kultusministeriet gennem nærværende Forfatter meddelt den Internationale Seismologiske Association, at det paa Finansloven for 1915—16 vilde fremsætte Forslag til en Bevilling af ca. 400 Kr. (aarlig) til Danmarks Indtrædelse i den nævnte Association. Som vistnok allerede bekendt var Danmark og Sverige nemlig de eneste Kulturlande, der ikke havde tiltraadt Associationen, og da det var bleven oplyst, at Sverrig kun ventede paa en Opfordring eller Anledning til at indtræde i den, havde Kultusministeriet bestemt sig til det nævnte Skridt, dog uden dermed at paatage sig nogensomhelst videre Forpligtelse. Rigtignok har den nuværende Krig bragt Forandring i Forholdene, men efter den nævnte Skrivelse maa det dog antages, at Danmarks Indtrædelse i Associationen kun er bleven foreløbig udsat, forhaabentlig ikke længe. Selv naar Danmark omsider maatte have tiltraadt Associationen, er imidlertid dermed ikke afhjulpet Manglen paa den økonomiske Støtte, hvortil Seismologien her i Landet, som det ses af det foregaaende, saa haardt trænger. Alle andre Videnskaber har her i Landet en økonomisk Basis, enten ved Undervisning eller ved de særlige, praktiske Øjemed, som den paagældende Videnskab tjener. Til at Seismologien paa en saadan Maade skulde opnaa nogen økonomisk Basis er der desværre foreløbigt ikke nogen Udsigt. Det ses derfor ikke, at den vil kunne finde noget egentligt Hjemsted her i Landet uden ved en Sammenslutning af de Videnskaber m. fl., der har Interesse af den, netop gennem en saadan Kommission som nys beskrevet for Ruslands Vedkommende.