

# Da drivende kontinenter blev slået fast - danske geologer, kontinentaldriften og pladetektonikken

Af Henrik Olsen, [henrik@ordbryggeriet.dk](mailto:henrik@ordbryggeriet.dk)

## Wegener, Danmark og kontinentaldriften

Alfred Wegener bliver født den 1. november 1880 i Berlin, og han dør 50 år senere i den arktiske kulde på Grønlands indlandsis. Hans liv er kort, men Wegener formår med sin kontinentaldriftsteori at sætte et markant præg på det geologiske verdensbillede, både mens han lever og længe efter sin tragiske død.

På et tidligt tidspunkt i Alfred Wegeners liv beslutter han sig for at udforske den arktiske natur. Som 25-årig - i 1906 - kontakter den unge tyske videnskabsmand den danske ekspeditionsleder Mylius-Erichsen. Wegener, som er astronom og meteorolog, har længe haft et ønske om at udforske den arktiske natur, og nu er chancen der: han tilbyder sig som Danmark-ekspeditionens meteorolog.



Efter både at have besøgt Mylius-Erichsen i København og skrevet adskillige breve til ham lykkes det omsider Wegener at få ansættelse, og samme år tager han sammen med ekspeditionens øvrige 27 deltagere til Grønland. Det bliver begyndelsen til Alfred Wegeners meget tætte forhold til Danmark og Grønland.

Et ønske om at kommunikere bedre med de danske ekspeditionsdeltagere og et tæt personligt venskab med J. P. Koch og Achton Friis fører til, at Wegener hurtigt lærer sig dansk. Hans sprogøve og vilje til både at tale og skrive dansk er med til at udbygge hans danske forbindelse.

Gennem de næste 24 år kommer Wegener til at deltage i yderligere tre ekspeditioner til Grønland, og det bliver også på den grønlandske indlandsis, at Wegener skal møde sit endeligt. En af de første novemberdage i 1930, og kort efter at have fejret sin 50-års fødselsdag på station *Eismitte*, ånder Wegener ud, længe inden hans kontinentaldriftsteori bliver alment anerkendt. Han omkommer på den arktiske isflade - ramt af et hjerteslag.

I de mellemliggende år besøger Alfred Wegener Danmark adskillige gange. Og København står da også på hans liste i 1918, hvor han turnerer med sine foredrag om kontinentaldriften.

Wegener møder i 1920-erne en stigende modstand i geologiske kredse verden over. Han fortsætter dog ufortrødent sin foredragsvirksomhed, og i 1922 gæster han igen København. Denne gang for på tre på hinanden følgende dage at holde tre foredrag i Danmarks naturvidenskabelige Samfund. Foredragene, som efterfølgende bliver oversat til dansk af H. Ødum og trykt i *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening*<sup>1</sup>, har titlerne: *Kontinenternes forskydning*; *Jordskorpens natur* og *Fortidens klimater*.

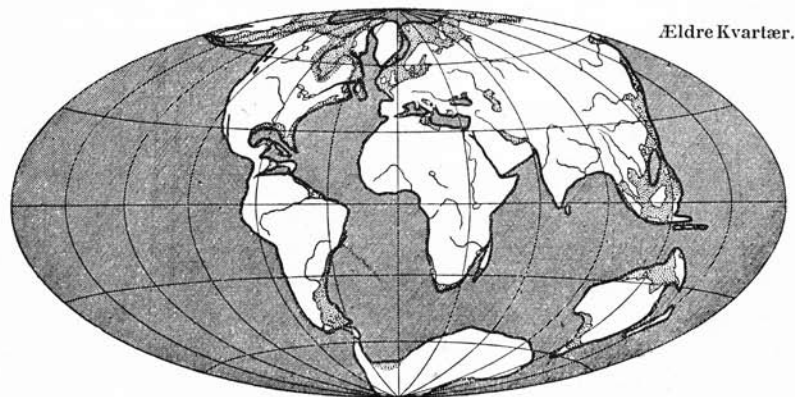
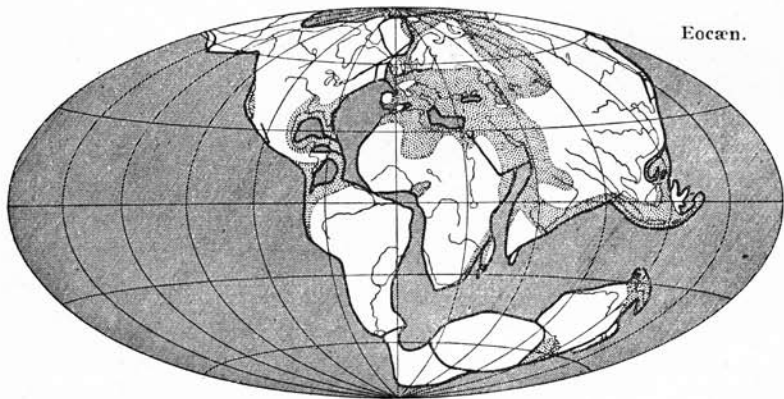
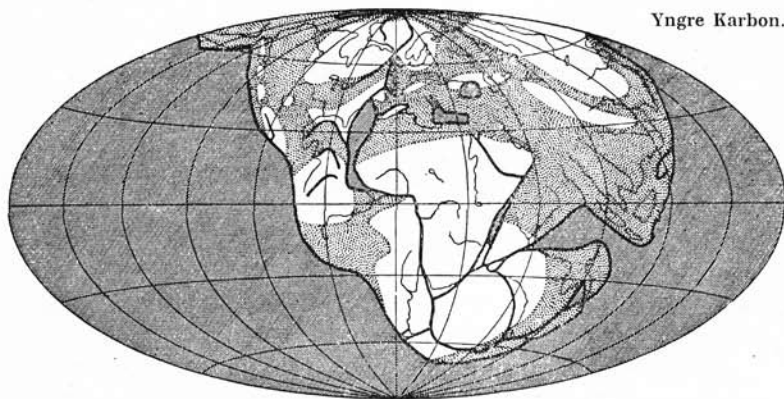
Alfred Wegener havde et meget tæt forhold til Danmark og Grønland. Her ses han i 1930 på den sidste af i alt fire ekspeditioner til Grønland. Han døde kort tid efter på den grønlandske indlandsis. Foto: Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research.

## Wegener og Dansk Geologisk Forening

Wegener har haft en central plads i det danske geologmiljø og Dansk Geologisk Forening - også længe efter sin død i 1930. Et bevis på det var kåringen i 2004 af Wegeners trykte foredrag fra 1922 om kontinentaldriften som det 20. århundredes væsentligste DGF-artikel.

Wegeners særlige placering i Danmark og hans banebrydende teori om kontinentaldriften fik bestyrelsen i Dansk Geologisk Forening til i foråret 2008 at foreslå, at perioden, hvor de drivende kontinenter blev slået endeligt fast, skulle beskrives. Og det skulle ske med udgangspunkt i nogle af de danske geologer, som oplevede omvæltningen, så de med deres egne ord kunne fortælle, hvad der skete i det danske geologmiljø, da kontinentaldriften blev til pladetektonik. Loddet faldt på mig, og jeg takker bestyrelsen for at have fået lov til at fordybe mig i denne spændende periode, og for at få lejlighed til at føre lange, interessante samtaler med nogle af dansk geologis *grand old men*.

Artiklen bygger på adskillige timers interview og endnu flere timers dyk ned i den omfattende litteratur, som dækker emnet. Der er ikke tale om en geologisk afhandling i traditionel forstand - det indbyder emnet ikke til. Der er i stedet tale om et videnskabsjournalistisk essay om en af de mest spændende omvæltninger i dansk og international geologi.



Alfred Wegeners opfattelse af kontinentaldriften. Figuren optræder i en artikel med hans foredrag *Kontinenternes forskydning*, som Wegener holdt i København i 1922<sup>1</sup>. Artiklen blev i 2004 kåret som det 19. århundredes væsentligste DGF-artikel.

## Geologistuderende i 60-erne

"Da vi startede herinde, så blev man dumpet, hvis man sagde *kontinentaldrift*, og da vi sluttede, blev man dumpet, hvis man *ikke* sagde det".

Sådan lå landet for 1960-ernes geologistuderende, fortæller palæontolog og lektor ved Geografisk og Geologisk Institut på Københavns Universitet Eckart Håkansson.

"Det var helt bogstaveligt situationen", pointerer Håkansson, som indledte sin geologiske karriere som rus i 1962 og blev kandidat i 1970.

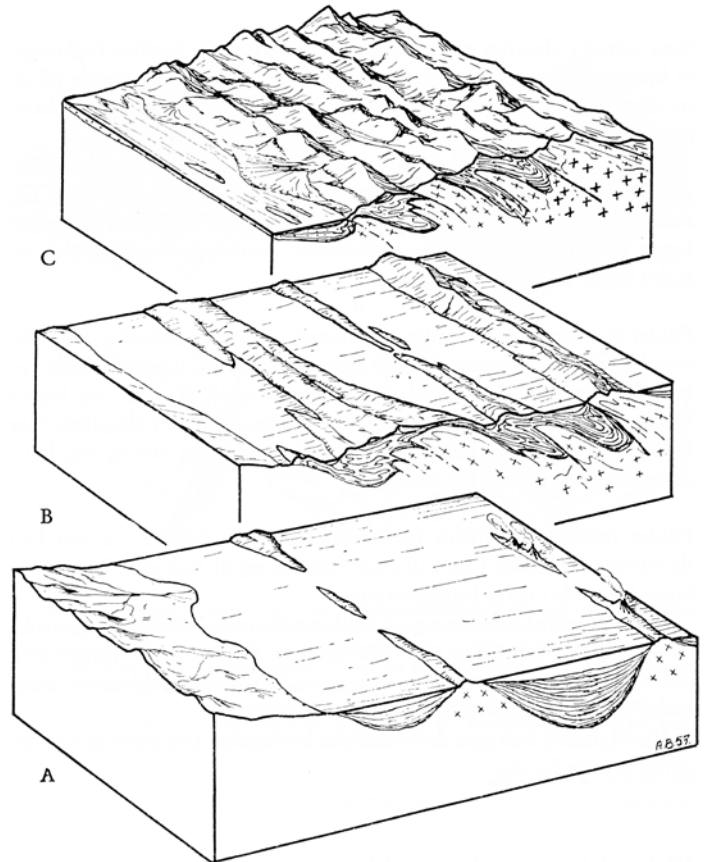


Eckart Håkansson anno 2008. Foto: Henrik Olsen.

Men hvad var det egentlig, der satte skub i den danske geologverden mellem 1962 og 1970?

Da Eckart Håkansson i 2005 holdt foredraget *Alfred Wegener og København* på et Wegener-temamøde i Dansk Geologisk Forening var han ikke i tvivl: I første nummer af det populærgeologiske tidsskrift VARVs 1965-udgave skrev Erling Bondesen artiklen *Jordens pulsslæg* om alpin bjergkædedannelse med solidt afsæt i geosynklinal-teorien, hvor langstragte trug i jord-

skorpen fyldes med sedimenter for senere at blive presset op som bjergkæder. Og i næste nummer af VARV havde Valdemar Poulsen en fyldig artikel om kontinentaldrift og pladetektonik under titlen *Sejlende kontinenter!*



Geosynklinal-teorien som danske geologer fremførte den i 1950-erne, 60-erne og 70-erne. Først sker der indsynkning i to langstrakte trug - geosynklinalerne, som bliver fyldt med sedimenter (A). Når indsynkningen af ukendte årsager ophører, sker der en sammenpresning, og geosynklinal-aflejringerne bliver foldet (B). På grund af den stærkt fortykkede skorpe med lette materialer bliver hele geosynklinal-komplekset til sidst hævet ved isostatiske bevægelser, og en bjergkæde opstår (C). Selv om der fremtræder markante overskydninger i foldestadiet, indgår der ifølge den klassiske geosynklinal-teori kun begrænsede horisontale forskydninger, der ikke nødvendiggør kontinentaldrift. Illustrationen fra 1957 er fremstillet af i Asger Berthelsen<sup>11</sup>.

Den særlige krølle på dén historie er, at de to geologer - Bondesen og Poulsen - på det tidspunkt begge sad i redaktionen for VARV. Så man kunne hævde, at VARVs 1965-årgang var det dramatiske opgør med geosynklinal-teorien og den officielle blåstempling af kontinentaldriften. Men sådan ser Håkansson det ikke i dag.

”Det skifte har jeg ikke set som noget drama. Det tiltede bare, uden at jeg kan sætte nogen person eller hændelse på ... Det er så indlysende illustreret med, at vi gik hen for at høre ham idioten hos STENO, der uddelte sine hjemmetegnede hæfter - hvor pinligt kan det være? - til at: selvfølgelig er det rigtigt. Sådan hænger det jo sammen!”

### Idioten

Når Håkansson lader erindringerne rulle frit, er det første billede af kontinentaldrift-teorien, som dukker op, et møde i de københavnske geologistuderendes forening, STENO.

”En eller anden amatør - jeg tror han var læge - havde for egne penge fået lavet et hæfte med håndtegninger om kontinentaldrift-teorien. Et stort grønt hæfte, som jeg forgæves har eftersøgt. (...) Han holdt et foredrag i STENO. (...) Det var altså pinligt at høre, at den mærkelige mand stod og forsvarede sådan noget gammelt sludder. Og så udleverede han hæftet gratis til dem, der ville have det. Og det var vi nogle stykker der ville, fordi det var lidt pinligt, og så kunne man sidde og fnise over de her tegninger, som var tegnet, så man kunne se bevægelsen. Det var jo pinligt alt sammen. Selvfølgelig var det fuldstændig rigtigt i en eller anden forstand, men det var slet ikke slået igennem endnu”.

”Jeg vil gætte på, at det var omkring 1965, 1965-1966 vil jeg tro, at han holdt det foredrag<sup>4</sup>. Og så var det jo først derefter, at det lige pludselig tiltede i undervisningen, men jeg kan ikke sætte nogen pind på, præcis hvornår og præcis hvem, der sådan introducerede det som *real stuff* i stedet for sådan noget fnisagtigt gammelt ævl. Og i mit hoved er det klart, at der ikke var nogen, der kom og fortalte, at nu var det sådan, og så tog vi noter - det behøvede man slet ikke sige - for nu *var* det bare sådan”.

Alfred Wegener var ikke den første til at påstå, at kontinenterne driver fra hinanden. Antonio Snider-Pellegrini viste allerede i 1858 med denne før-og-nu illustration, hvordan han opfattede Jordens geologiske udvikling. Sniders teori vandt dog ikke gehør i hans samtid. (Fra /6/ i en gengivelse fra /9/).

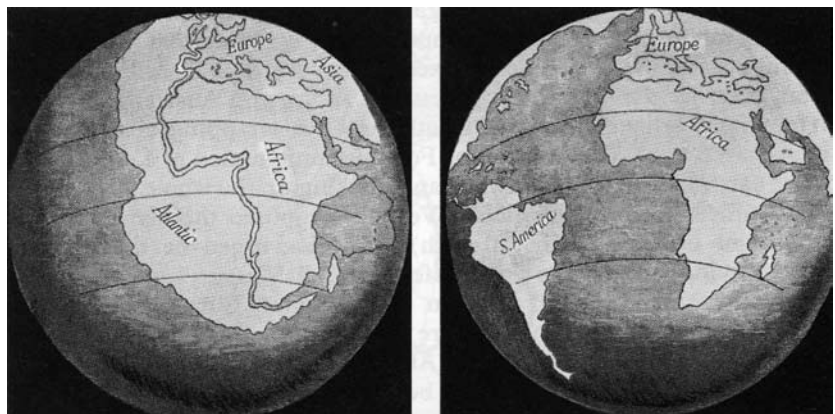


Eckart Håkansson i klassisk student outfit på ekskursion til Møn i 1969. Privatfoto.

### En gammel idé

Det gamle sludder, som lægen forgæves søgte at overbevise de geologistuderende i STENO om - det var kontinentaldrift-teorien. Teorien havde på det tidspunkt ført en lang og kummerlig tilværelse. Den var på ingen måde ny. Den var gammel og slidt. Ja faktisk var den langt mere end de godt 50 år, der var gået, siden Alfred Wegener fremsatte sin ide om de drivende kontinenter.

Den første videnskabsmand, som vover pelsen, er englænderen Francis Bacon i 1620. Ligesom Wegener kan han ikke få øjnene væk fra de to kystlinjer på hver sin side af Atlanten - de passer for godt sammen til ikke at have siddet sammen som brikker i et puslespil. Særlig klart formulerer han sig dog ikke i sin *Novum Organum*<sup>5</sup>, hvor han skriver at, det ”ikke er en ren tilfældighed”, at Sydamerikas og Afrikas kyster ligner hinanden som to spejlbilleder.



To århundreder senere, i 1858, tager Antonio Snider-Pellegrini tråden op og samler puslespillet - Sydamerika-brikken med det sydlige Afrika, Nordamerika-brikken med det nordlige Afrika og Syd- og Mellem-europa, og Grønlandsbrikken med det nordligste Europa. Puslespillet bliver fornemt illustreret med et før-og-nu-kort i en afhandling med den selvsikre titel »Skabelsen og dens mysterier afsløret«, *La Création et ses Mystères dévoilés*<sup>6</sup>. Det overbeviser nu ikke kollegerne, og nogen diskussion i de akademiske kredse bliver der heller ikke ud af det. Ideen ligger død og ubrugt hen i mere end 50 år.

Men i 1908 dukker en lille selvfabrikeret pamflet op med den amerikanske amatørgeolog Frank B. Taylors signatur under. Og Taylor lader ikke bare Amerika sejle væk fra Afrika og Europa. Han lader alle kontinenter glide lystigt af sted - bortset fra det stationære Afrika, Indien og Grønland. Og alle landmasser har retning mod Ækvator. Samme år præsenterer han ideerne for sine professionelle amerikanske kolleger på den årlige kongres i den amerikanske geologiske forening<sup>7</sup>, og et par år senere - i 1910 - bliver Taylors ideer trykt i det ansete tidsskrift *Bulletin of the Geological Society of America*<sup>8</sup>. Her kan man læse, at Alperne, Himalaya og alle de andre alpine bjergkæder kan takke kontinentaldriften for deres oprindelse. Man kan også læse, at Atlanterhavet har åbnet sig langs Den midtatlantiske Højderyg, og at Jorden har den størrelse, den altid har haft.

Man skulle tro, at Taylors kætterske tanker kunne bringe sindene i kog - specielt i betragtning af, at den fremherskende idé på borgen var kontraktionsteorien<sup>17</sup> - at Jorden trækker sig sammen, og at bjerge opstår som rynker på et indtørret æble. Men det skete ikke. Faktisk var der ikke rigtig nogen, som tog notits af den unge geolog og hans vilde tanker. Det skyldes ifølge Arthur Holmes<sup>9</sup>, at tanken om, at kontinenterne skulle glide tusinder af kilometer sideværts, bare var for meget. Og så var Taylors påstand om, at Månens tidevandskræfter havde trukket kontinenterne fra polerne mod Ækvator fuldstændig uacceptabel, ligesom hans ide om, at Månen først var blevet skabt engang i Palæogen, ikke faldt i god jord. Så Taylor blev stort set ignoreret.

Alfred Wegener havde da heller ikke hørt om Taylors ideer, da han i juledagene i 1910 får en geologisk åbenbaring. Som han skriver til sin kæreste og senere kone, Else Köppen i et brev i januar 1911<sup>12</sup>:

"... Min nabo i værelset ved siden af, dr. Take, har fået Andrees store »Handatlas« til jul. Vi har beundret de pragtfulde kort i timevis. Derved er der faldet mig en tanke ind. Se selv engang på verdenskortet: Passer Sydamerikas østkyst ikke nøje til Afrikas vestkyst, som om de tidligere havde hængt sammen?

Det stemmer endnu bedre, hvis man betragter Atlanterhavets dybdekort og ikke de nutidige kontinenter, men sammenligner fastlandssoklernes grænser i dybhavet. Den tanke må jeg følge op ..."

Et år efter har Alfred Wegener ikke bare fulgt op på denne iagttagelse. Han føler sig så sikker på sin ide, at han den 6. januar 1912 frejdigt trasker ind i løvens hule - Den geologiske Forening i Tyskland - og holder et foredrag med den storslåede titel: *Die Herausbildung der Grossformen der Erdrinde (Kontinente und Ozeane), auf geophysikalischer Grundlage*, »Dannelsen af jordskorpens storformer (kontinenter og oceaner) på et geofysisk grundlag«<sup>12</sup>.

Det er i dobbelt forstand modigt, da Wegener hverken er geolog eller geofysiker, men oprindeligt astronom og senere meteorolog. Det falder da heller ikke i god jord hos de lærde. Else Köppen har siden berettet, at det "fremkaldte en storm af harme"<sup>12</sup>. Det holder nu ikke den unge videnskabsmand tilbage, så fire dage senere holder han samme foredrag i det tyske Selskab til Naturvidenskabens Fremme med den ligefremme foredragstitel »Kontinenternes horisontalforskydning«, *Horizontalverschiebungen der Kontinente* - denne gang med et mere forstående publikum, selv om klapsalverne er mere høflige end anerkendende<sup>12</sup>.

Den kølige modtagelse fratager dog ikke meteorologen Wegener lysten til at trampe rundt på geologernes enemærker. Han begynder at dykke ned i den geologiske litteratur, som allerede tidligere - i 1911 - har givet ham en bekræftelse på, at han er på rette vej. I efteråret 1911 møder Wegener i et geologisk kompendium teorien om en *landbro* mellem Afrika og Sydamerika - en landbro, som skulle forklare fundet af identiske permo-karbone mesosaurier (små, slanke krybdyr) i både Brasilien og det sydvestlige Afrika. Wegener tror ikke på en landbro, der på mystisk vis skulle være sunket i havet som et andet Atlantis. Nej, de to kontinenter må have hængt sammen som ét kontinent, der efter Karbon er revnet og som to selvstændige kontinenter drevet fra hinanden. Og hans senere geologiske studier viser, at udbredelsen af blandt andet, *Glossopteris* - bregneagtige karbone plantefossiler - på de to kontinenter bedst kan forklares med et tidligere superkontinent, Pangæa, som for 2-300 millioner år siden samlede nutidens selvstændige kontinenter til én stor landmasse. Senkarbone glaciale aflejringer i både Australien, det sydlige Afrika og det sydlige Sydamerika kunne også bedst forklares ved, at de tre kontinenter dengang var placeret klos op ad hinanden. Og for Wegener er det indlysende, at kontinentaldrift er årsagen til, at fossiler og tilliter nu kan findes i landområder med tusindvis af oceandækket afstand imellem.

*Alfred Rosenkrantz*

# Die Entstehung der Kontinente und Ozeane

Von

**Dr. Alfred Wegener**

o. ö. Professor der Meteorologie und Geophysik  
an der Universität Graz

Vierte umgearbeitete Auflage

Mit 63 Abbildungen



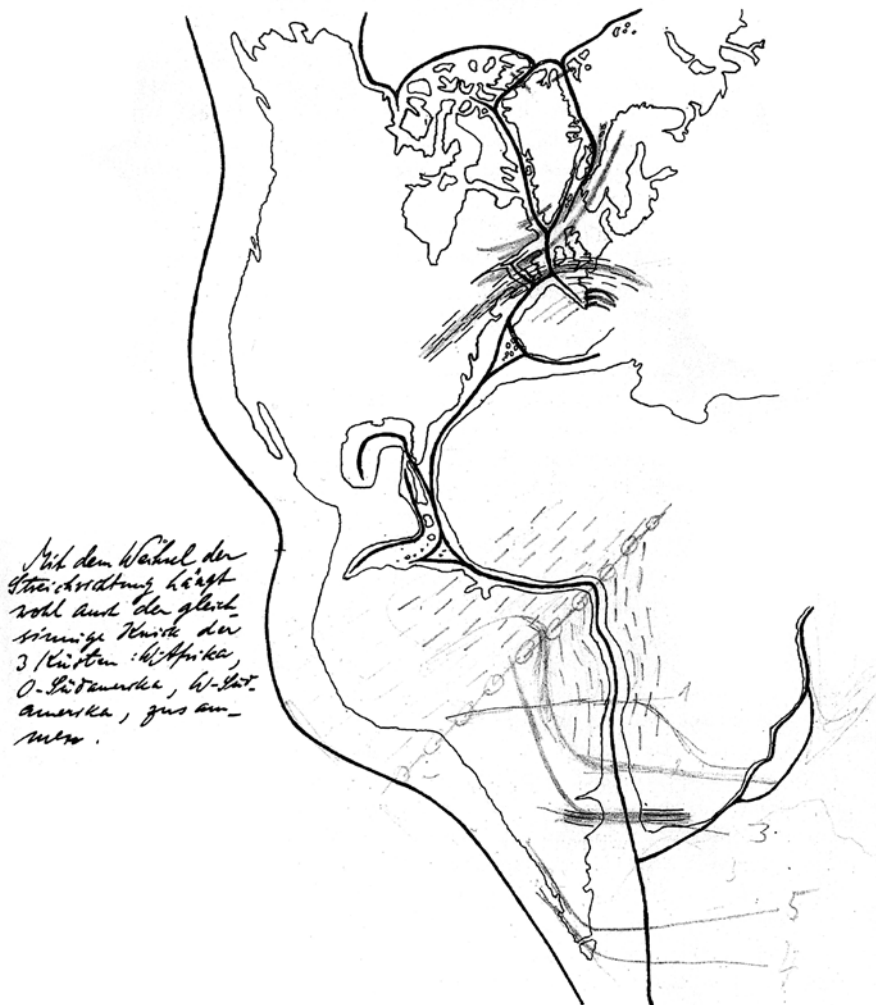
Braunschweig

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges.

1929

Forsiden af Alfred Wegeners berømte afhandling om kontinentaldriften, som første gang udkom i 1915. Her er det Alfred Rosenkrantz' eget eksemplar af den fjerde og sidste udgave fra 1929<sup>1</sup>. Rosenkrantz var i øvrigt en af de få danske geologer, som åbent støttede kontinentaldriftteorien i Wegeners levetid.

Die Brücken hinüberziehen!



Wegener arbejdede livet igennem videre på sin oprindelige teori om kontinenternes drift - en teori som for alvor blev kendt med afhandlingen *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* fra 1915<sup>1</sup>. Her er en figur fra Wegeners eget eksemplar af førsteudgaven. Wegener har markeret bjergkæders forløb og bjergartstypers udbredelse på superkontinentet Pangæa, der eksisterede for 2-300 millioner år siden, inden Atlanterhavet blev dannet. Skitserne blev inddraget i de senere udgaver af afhandlingen.

I 1915 - efter grundige palæogeografiske studier - barsler Alfred Wegener med en sammenstilling af sine ideer om kontinentaldrift i bogen »Kontinenternes og oceanernes opståen«, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*<sup>13</sup>.

Wegener deler i de følgende år skæbne med Taylor. Det geologiske samfund er stort set tavst. Ingen tager nævneværdig notits af den provokerende nye afhandling. Udbruddet af Den første Verdenskrig spiller sandsynligvis også en rolle i de første års tavshed. Men da krigen er ovre, får Wegener mulighed for at turnere med sit roadshow om kontinentaldriften. På grund af tætte forbindelser til Danmark tager Wegener umiddelbart efter krigen til København for i 1918 at holde sit foredrag om kontinentaldrift, og her bliver han positivt modtaget. Det kan man ikke sige om den stockholmske modtagelse af samme foredrag nogle dage senere. Wegener skriver selv: "Dette er mere

interessant end i København, for her finder jeg modstandere, og det lærer man af"<sup>12</sup>.

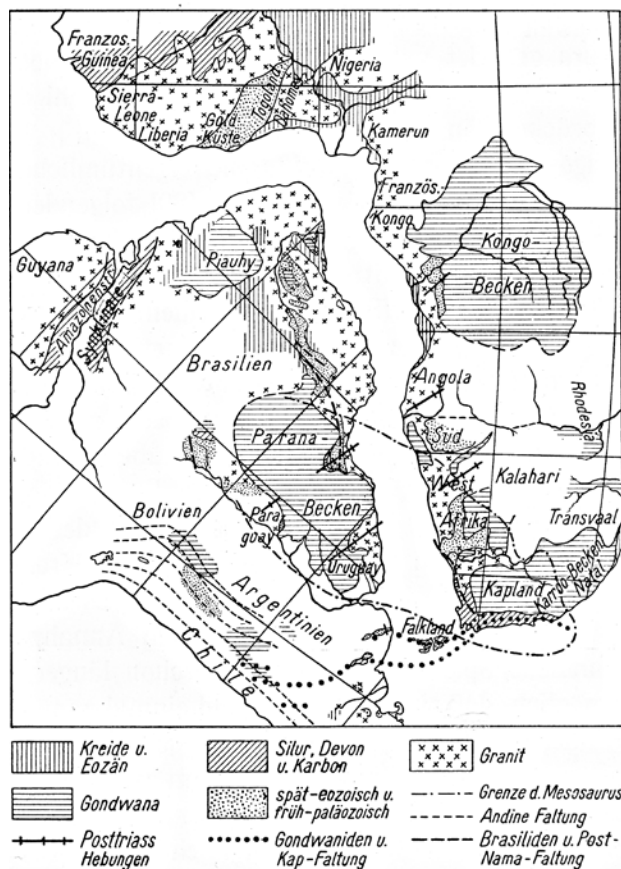
Og med den indstilling skal Wegener komme til at lære voldsomt meget i de næste mange år. For efterhånden, som hans foredrag turnerer, og hans afhandling kommer i nye udbyggede udgaver, som fra 1922 bliver oversat til flere sprog, støder den tyske meteorolog og astronom på indædt modstand i det etablerede geologiske samfund verden over.

Bedre bliver det bestemt ikke, da Wegener forsøger sig med forklaringer på en mekanisme til, hvordan kontinenterne kunne drive rundt på jordkloden. Wegener foreslår to mekanismer, som han mener, er drivkraften: polflugten og vestdriften.

Polflugten skyldes Jordens rotation, som ifølge Wegener skaber en centrifugalkraft, der trækker kontinenterne væk fra polerne og ud mod Ækvator. Vestdriften skyldes Solens og Månens tiltrækning på

kontinenterne, så de roterer langsomme mod øst, end resten af jordskorpen under Jordens rotation.

“Wegeners væsentligste fejl var at forsøge med en forklaringsmodel. Hvis han bare havde formidlet sine observationer - de var sunde og interessante og kunne forklares ved kontinenter, der flyttede sig. Hvis han havde stoppet der, så var det ikke gået så galt. Men når han så også forsøgte sig med en eller anden bizar pseudo-geofysisk forklaring - så gik det galt. Fordi så kunne han angribes fagligt, og det blev han så”, vurderer Eckart Håkansson.



Alfred Wegeners teori om Afrikas og Sydamerikas oprindelige naboskab fik støtte af Alex du Toit, som i 1927 beskrev de geologiske ligheder mellem de to kontinenter<sup>15</sup>. Wegener var ikke sen til at gribe denne bold og viste du Toits kort i denne lettere bearbejdede udgave i 1929-udgaven af *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*<sup>13</sup>.

### Wegeners danske tilhængere

Wegener har dog sine tilhængere, om end de er i mindretal. En af dem er direktøren for Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU), Victor Madsen. I et foredrag med titlen »Hvorledes er Grønland blevet til?« melder Victor Madsen sig entydigt ind i Wegeners fanklub. I foredraget på Det kongelige danske geogra-

fiske Selskabs Jubilæumsmøde den 18. november 1926 fortæller Victor Madsen blandt andet<sup>16</sup>:

...”Efter den af Alfred Wegener opstillede teori har Amerika i sin tid været sammenhængende med Europa og dannet et fastland med dette; Grønland var da en del af dette fastland. I Kridttiden løsnede Sydamerika sig fra Afrika, og i løbet af Tertiærtiden skal den endelige adskillelse mellem de to verdensdele være sket, den adskillelse, som bevirkede, at Grønland blev et selvstændigt land”...

Og han fortsætter:

...”Hvis man betragter et kort over dybhavet mellem Grønland og Norge, bliver man slået af den overensstemmelse, der er mellem dets grænser mod fastlandsoklerne ved Grønland og ved Norge; dette taler også for rigtigheden af Wegeners teori”...

Victor Madsen lod ingen chance gå fra sig for at promovere Wegeners ideer. Allerede i 1922 skriver han »Om fastlandenes vandringer« til undervisningen på Folkeuniversitetet<sup>18</sup>. Senere, i 1935, optræder der i det populærvidenskabelige tidsskrift *Frem* en artikel med titlen »Om fastlandenes vandringer«<sup>19</sup>. Godt nok anonymt - som de fleste andre artikler i *Frem* - men den ene medredaktør var Victor Madsen, og han har sandsynligvis også været pennefører på denne artikel til støtte for kontinentaldrift-teorien.



Victor Madsen, direktør for Danmarks Geologiske Undersøgelse fra 1913-1937, var gennem en lang årrække en varm fortaler for Wegeners kontinentaldrift-teori. Arkivfoto: GEUS.



I 1943 - til Dansk Geologisk Forenings 50 års jubilæum - får Victor Madsen endnu en gang mulighed for at fremføre Wegeners tanker. Denne gang som æresformand for foreningen og dermed en af hovedtalerne. I foredraget med titlen *Geologiens udvikling gennem de sidste 50 år* indleder Victor Madsen<sup>20</sup>:

"Når jeg i aften ved vor forenings 50 års jubilæum skal søge at give Dem et indtryk af geologiens udvikling i de sidste 50 år, og jeg kun må lægge beslag på Deres opmærksomhed i en halv times tid, så tør jeg ikke fortabe mig i de mange fremskridt, der er gjort i geologiens vidtstrakte arbejdsfelter. Jeg må nøjes med at skildre for Dem den opdagelse, som satte et skel mellem den klassiske geologi og den moderne geologi: Opdagelsen, at fastlandene ikke er faste, men har flyttet sig gennem de geologiske tider, og flytter sig, om end kun lidt, den dag i dag, i reglen stødvis med jordskælv".

Foredraget fortsætter med flere beviser for kontinentaldriftens rigtighed og med en længere udredning af Arthur Holmes teori om konvektionsbevægelser i kappen som den drivende mekanisme for kontinentaldriften<sup>21</sup>.

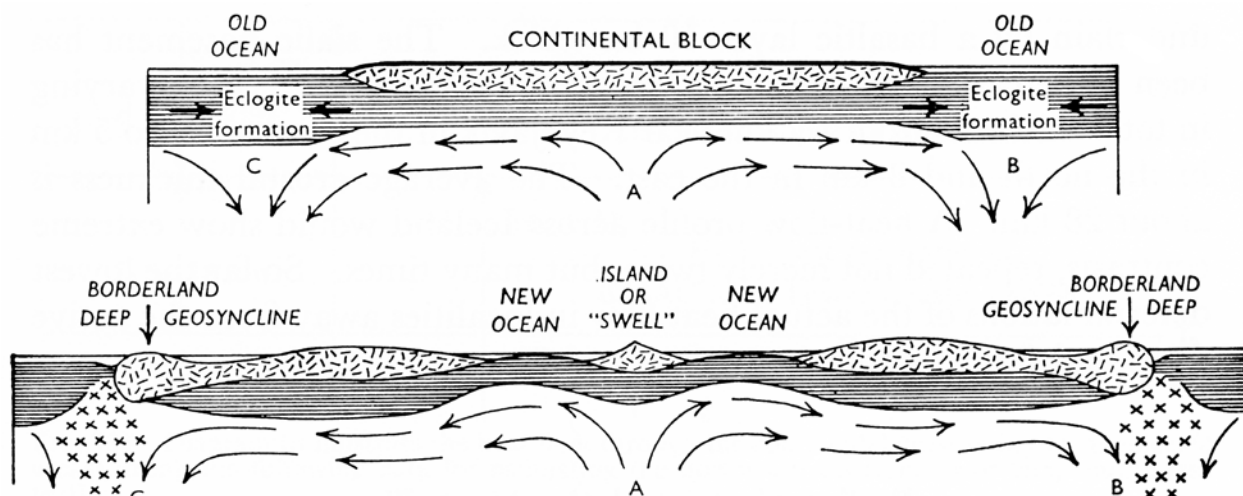
At foredraget ikke får de deltagende geologer op af stolene af ophidselse vidner slutbemærkningerne til foredraget om:

"Efter foredraget hævedes mødet, og en del af de tilstedeværende medlemmer med damer (90 i alt) samledes i museet om smørrebrødsfadene. Efter at man havde drukket kaffeerstatning, afholdtes et vellykket punchesold, hvor taler og sange vekslede i løbet af de to timer, der var til rådighed, idet festen måtte afsluttes kl. 23.30, for at deltagerne kunne nå hjem med sidste sporvogn og tog".

Når en fremtrædende geologisk personlighed som Victor Madsen så bastant støtter op om Wegener, så skulle man tro, at det havde en vis vægt i de geologiske kredse i Danmark. Men her er Eckart Håkansson uenig:

"Han har skrevet et par forsvarsartikler i populære tidsskrifter, og han har holdt foredrag, men Victor Madsen *var* ikke dansk geologi, lige så lidt som Johnny Fredericia (GEUS' nuværende direktør, red.) er dansk geologi i dag"...

..."Når han var direktør, så var det noget helt andet. Det er en politisk post - næsten 100 %. Og det er det stadig (...) hvad en direktør for DGU siger, det er ligegyldigt faglig set. (...) Sådan har det også virket. Han blev jo ikke fyret som direktør, selv om han var indlysende ubændig i tidens øjne, men omvendt var der heller ingen der sagde: *Nå, så skal vi måske overveje det alligevel*".



I 1928 fremsatte Arthur Holmes en teori om, at konvektionsstrømme i kappen kunne få kontinenter til at bryde op i flere mindre kontinenter, som langsomt blev ført bort fra hinanden. Manglen på håndfaste beviser medførte dog, at denne støtte til kontinentaldriften ikke slog an i sin samtid.

Illustration fra /21/.

Der var dog også enkelte danske frontforskere, som støttede Wegener i perioden inden Anden Verdenskrig. Palæontologen Alfred Rosenkrantz lænede sig op ad Wegeners kontinentaldrift, når han skulle forklare lighederne mellem Permtidens fauna i Østgrønland<sup>22</sup> og på Spitzbergen. Sedimentologen Kaj Hansen støttede sig også til Wegener, når klimabetingelserne for dannelsen af de bornholmske kaolinforekomster skulle forklares<sup>23</sup>. Den mest tydelige i det geologiske forskningslandskab var dog professor og palæontolog Christian Poulsen fra Geologisk Museum i København. Men han holdt til gengæld en betydelig lavere profil, end Victor Madsen.



Professor Christian Poulsen fremstår som den mest markante tilhænger af kontinentaldriften blandt de danske geologiske forskere, før pladeteknikken gik sin sejrsgang. Det var gennem Poulsens forelæsninger, at de geologistuderende i 1950-erne og de tidlige 60-ere blev introduceret til kontinentaldriften. Arkivfoto: Geologisk Museum.

”Der var ikke noget væbneragtigt over det. Men når det faldt sig for, så nævnte han det jo også i sine afhandlinger. Men han skrev aldrig en egentlig afhandling om det. Og det er en meget stor forskel. Hvis Christian Poulsen var gået ud og havde været åben og skrevet sine artikler om biogeografi, så de indly-

sende havde det formål at støtte Wegener, så havde Christian Poulsen fået så mange på tryk i tiden”, vurderer Håkansson.

I den faglige litteratur skal man altså kigge langt efter Christian Poulsens wegenianske tanker. De mest markante skriftlige vidnesbyrd foreligger i stedet som foredrags- og diskussionsreferater<sup>24</sup>. Det lå ellers lige for, at Christian Poulsen tog Wegeners handske op.

”Den emnekreds, han arbejdede med - den type biogeografi og provinsialisme, som han arbejdede med - var skræddersyet til at underbygge Wegeners teori. Og i virkeligheden gav det aldrig mening med den biogeografi, hvis den blev forklaret med et statisk verdensbillede. Så var det meningsløst på alle leder og kanter”, fortæller Håkansson, som i sine første studieår oplevede professor Poulsen som underviser, men aldrig mødte en markant wegenianer i professorens skikkelse.

Håkansson oplevede 1960-ernes undervisning i palæontologi som præget af systematik og morfologi. De lidt større linjer - biogeografi og historisk geologi - blev berørt i undervisningen, men var af mere regional karakter end egentlig global og inviterede derfor ikke til de store kontinentaldrivende armbevægelser.

### Geosynklinaler

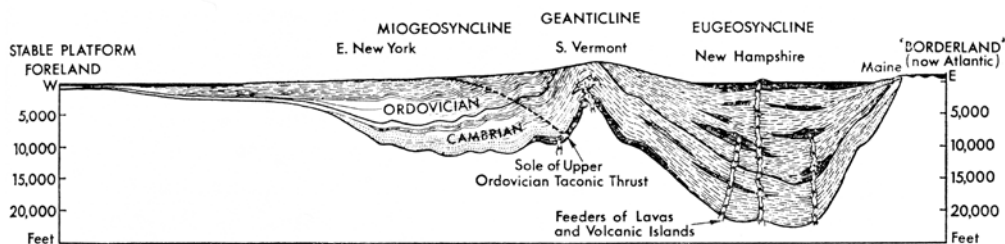
”Da jeg blev undervist på de initiale dele, så var der geosynklinal-teorien. Og ikke nogen som helst kontinentaldrift. (...) Det var simpelthen ikke noget vi snakkede om undervisningsmæssigt, da jeg begyndte. Det var så død en sild, som noget kunne være”, erindrings Eckart Håkansson.

Kontinentaldriften var altså en dødssejler rent undervisningsmæssigt i begyndelsen af 1960-erne. Til gengæld var geosynklinalerne sprællevende.

Geosynklinal-ideen blev født i 1859 af den amerikanske geolog James Hall<sup>9</sup>. Han havde bemærket, at de op til 12 kilometer tykke palæozoiske sedimenter i Appalacherne var aflejret på lav havdybde. Der måtte derfor være foregået en meget betydelig indsynkning samtidig med sedimentationen - en indsynkning, som senere måtte være afløst af opfoldning af sedimenterne til en bjergkæde. Hall var af den opfattelse, at det var selve vægten af sedimenterne, som skabte den indledende indsynkning - geosynklinalen, men han brugte dog ikke selv dette udtryk.

Det var først i 1873 at selve termen geosynklinal så dagens lys, formuleret af geologen J. D. Dana<sup>9</sup>. I modsætning til Hall, betragtede Dana indsynkningen som det primære. Sedimenter fyldte så den opståede fordybning ud.

Geosynklinalbegrebet blev med tiden udviklet og forfinet, og begreber som *eugeosynklinal* fyldt med



Geosynklinalbegrebet blev med tiden udviklet og forfinet. I denne illustration fra 1951<sup>10</sup> introduceres *eugeosynklinalen* fyldt med marine flysch-sedimenter og *mioeogeosynklinal* med kontinentale molasse-sedimenter. De to indsunkningsområder er adskilt af en højderyg, der får betegnelsen *geantiklinal*. Figuren illustrerer opfattelsen af de forhold, som optrådte, inden Appalacherne blev dannet i det østlige Nordamerika.

marine flysch-sedimenter og *mioeogeosynklinal* med kontinentale molasse-sedimenter så dagens lys. For at komplettere billedet blev disse indsunkningsområder adskilt af en højderyg, der fik betegnelsen *geantiklinal*<sup>10</sup>. Med sine op-og-nedadrettede bevægelser opfyldte geosynklinal-teorien tidens fremherskende permanentesteori - nemlig teorien om, at alle kontinenter ligger der, hvor de altid har ligget. De kan så bevæge sig op og ned, men aldrig til siden. Og geosynklinalerne fungerede også fint sammen med den senere kontraktionsteori, som blandt andet Suess<sup>17</sup> var banerfører for.

Også 1960-ernes danske geologer *in spe* fik geosynklinalernes kærlighed at føle.

"Den grundbog, som vores generation blev undervist efter var Arne Noe-Nygaards *Geologi - Processer og Materialer*<sup>25</sup>, som er en fremragende bog. Enormt velskrevet og letlæselig og forståelig. Og så har den de her fuldstændig mærkværdige kapitler om geosynklinaler og den slags, hvor i bagklogskabens osv. - så kan man sagtens se, at her var den gamle professor i hvert fald ikke tryk ved verden. Fordi der blev gået med kattepoter, og der blev ikke skrevet igennem, som der blev i resten af bogen. Det var simpelthen nonsens hele vejen igennem. Og når man læser det nu, var det indlysende, at det har han haft svært på fornemmelsen, den gamle mand".

"Det kan man jo ikke pådutte, at han har, for jeg har ingen viden om, hvad han har ment eller sådan noget. Men de afsnit - og det er nogle få sider - er fuldstændig anderledes end resten af bogen med hensyn til præcision, grundighed og klarhed. Det må have harmet ham - sådan læser jeg det - pint ham dybt at skulle skrive sådan noget sludder. Men det var sådan det var, og der var ingen andre modeller", vurderer Eckart Håkansson.

Arne Noe-Nygaard, som var professor ved Geologisk Museum og underviste på første del af geologistudiet, var måske noget loren ved geosynklinalerne, men han var mildest talt lunken over for kontinentaldriften. I en anmeldelse af gymnasielærebogen *Geo-*

*logi*<sup>11</sup>, af Wienberg Rasmussen, Henning Sørensen, Asger Berthelsen og Jørgen Espersen, skriver Noe-Nygaard i 1958<sup>26</sup>:

"...S. 65 indledes en omtale af de indre kræfter, igen med en kort oversigt over hele kraftspillet; dernæst beskrives jordens størrelse og form og jordskorpens opbygning, således som den efter de seneste års studier fremtræder for os, i sandhed af betydning for vor forståelse af processerne i jordskorpens dybere dele, når man til stadighed ser biologiske arbejder, der bygger på Wegeners teori, som var den et faktum"...

Nej, hos Noe-Nygaard skal kontinentaldriften ikke finde støtte før langt senere. Først lidt forsigtigt i 1965, hvor han i et foredrag i Dansk Geologisk Forening den 22. marts i anledning af The Upper Mantle Project (UMP) blandt andet siger<sup>27</sup>:

"Hvor mobile er mon kontinenter og oceanbassiner? Den gamle iagttagelse af marine fossiler i foldebjergenes toppe er bevis nok på store bevægelser op og ned. Men så spørgsmålet om bevægelser til siden, altså tangentialt i forhold til Jorden? (...) De magnetiske anomalilinjers forsætning i det østlige Stillehav tyder på tilstedeværelsen af store forskydninger i havbunden her. Geofysikerne må åbenbart til på ny at se på nogle af de klassiske opfattelser af styrken af jordskorpens og kappens, holder de, eller må nye teorier afløse gamle? Også geologerne må i gang med at tænke sig om igen. The Great Glen fault viser en horisontal forskydning på 120 kilometer, St. Andreas forkastningen endnu mere. De løber i kontinent, men mon ikke også de underliggende lag i den ydre kappe har deltaget i den bevægelse, vi kan spore på jordoverfladen?"

Meget senere - i 1978 - overgiver Noe-Nygaard sig endelig fuldstændig til kontinentaldriften og pladetektonikken, da han skriver bogen *Jordens nye ansigt*<sup>28</sup>. Men da har de drivende kontinenter for længst gået deres sejrsgang, og Noe-Nygaard har året før holdt sin sidste forelæsning for de geologistuderende i København og går samme år på pension.

## Den unge rebel

Arne Noe-Nygaards bog *Jordens nye ansigt* indeholder mange fine illustrationer af principperne i pladetektonikken. De pædagogiske tegninger var dog kraftigt inspireret af Troels V. Østergaards bog *Den nye geologi*<sup>29</sup>, som var udkommet tre år tidligere - i 1975.

Om pladetektonikken siger Troels Østergaard selv:

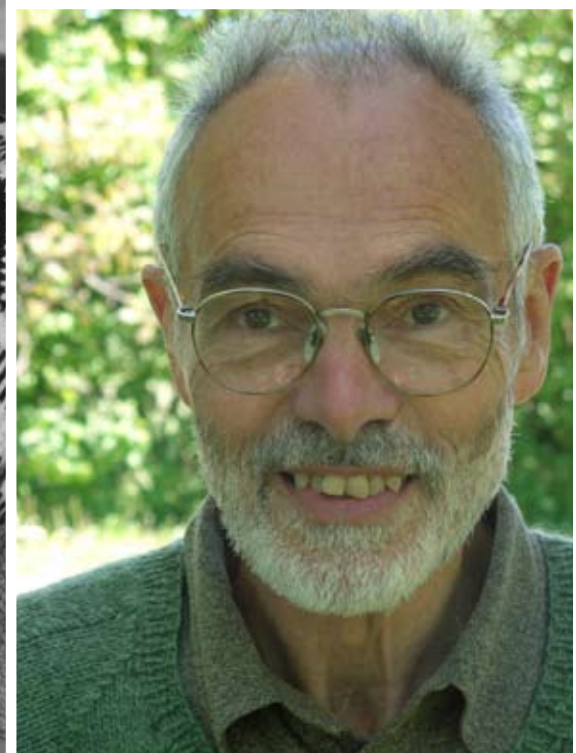
"Når jeg selv skal sige det, var det jo mig, der indførte den i Danmark".

"Det var jo sådan dengang, at Christian Poulsen fik lov til én gang om året - sådan oplevede jeg det i hvert fald - at holde sin forelæsning om kontinentaldrift. Vi sad alle sammen og grinede lidt af den stakkels gamle mand. Geofysikerne havde jo fortalt, at det slet ikke kunne lade sig gøre".

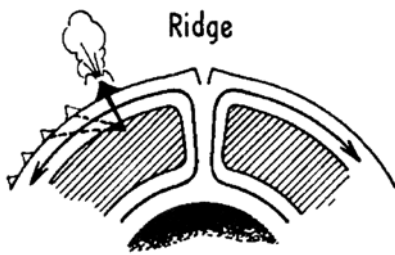
Det umulige bliver dog snart muligt. Østergaard bliver i 1965 magister i geologi, og få år efter fortryder han sin morskab over den gamle professor og hans



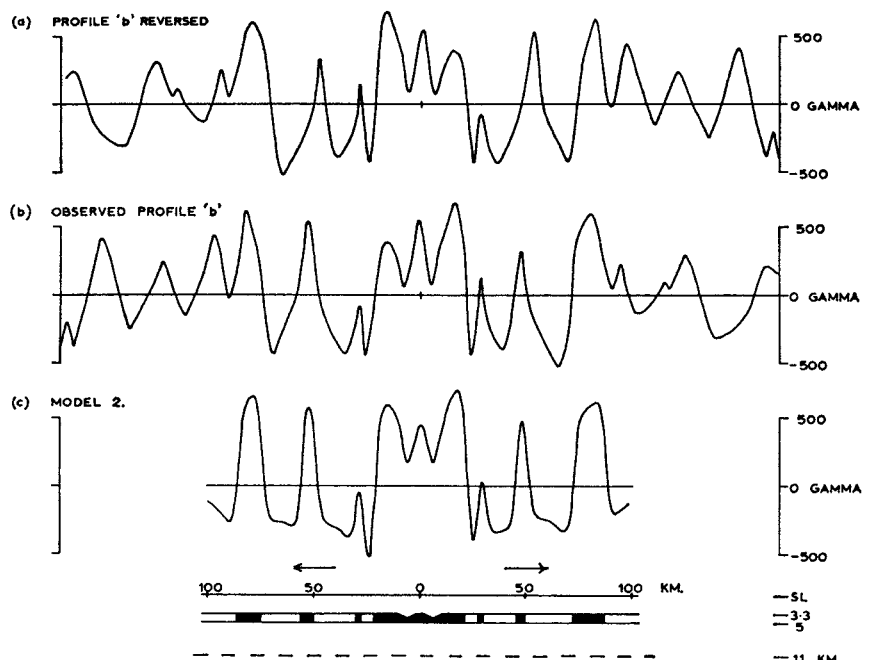
◀ En eftertænksom Troels V. Østergaard i studietiden i de tidlige 1960-ere, inden kontinentaldriften fik et solidt tag i ham. Foto: Erling Bondesen.



▲ Troels V. Østergaard anno 2008. Privatfoto.



Den canadiske geolog Tuzo Wilson fremsætter i 1963 en teori om dannelsen af hotspot vulkaner som Hawaii Øerne. Hotspots opstår ifølge Tuzo Wilson i dybereliggende stationære dele af kappen. Når strømningerne i den øvre del af kappen fører skorpen med sig, bliver vulkanerne ført bort fra hotspotten. På den måde bliver der hele tiden dannet nye vulkaner tættest på oceanryggen, mens de gamle udslukkede vulkaner ligger i stigende afstand fra oceanryggen, jo ældre de er. Illustration fra Tuzo Wilsons artikel /30/.



Vine og Matthews påviser i 1965, at der optræder et symmetrisk mønster af normalt og reverst magnetiseret havbund omkring Juan de Fuca oceanryggen ud for Nordamerikas vestkyst. I denne illustration fra deres artikel<sup>32</sup> har de spejlvendt deres målinger og sammenholdt dem med de observerede for at påvise symmetrien. Nederst viser de en modelberegning af det magnetiske respons.

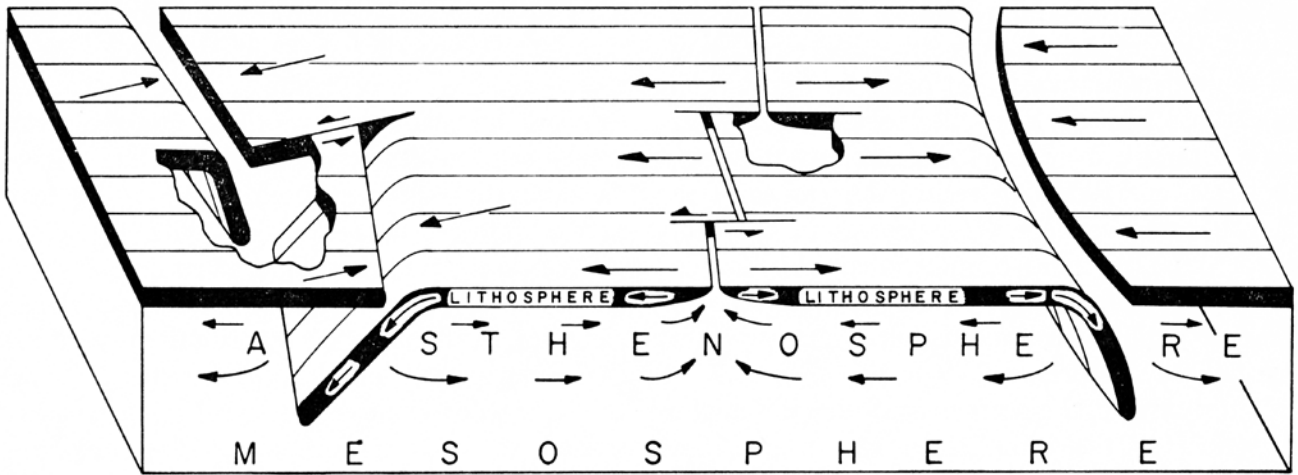
forsvar for kontinentaldriften. I 1962 har Harry Hess samlet de seneste års forskning om oceanryggene og påstår, at de er arnestedet for havbundsspredning. Året efter afslører Tuzo Wilson, at alderen på mange af oceanernes vulkanske øer vokser med afstanden til oceanryggene<sup>30,31</sup>. To år senere viser Vine og Matthews' magnetiske undersøgelser af oceanbunden ud for Nordamerikas vestkyst, at der optræder et symmetrisk mønster af normalt og reverst magnetiseret havbund omkring Juan de Fuca oceanryggen<sup>32</sup>, og i de følgende år bliver dette mønster genkendt ved de øvrige oceanrygge og publiceret i en række artikler. I 1969 er den unge Østergaard selv så overbevist, at han skriver artiklen *Kontinentaldriften - en forkæret teori i ny medvind* i *Naturens Verden*<sup>33</sup>. Troels Østergaard møder dog snarere en stiv modvind blandt kolleger og geologistuderende.

"Lige i starten mente de fleste, at jeg var skingrende sindssyg", fortæller Østergaard.

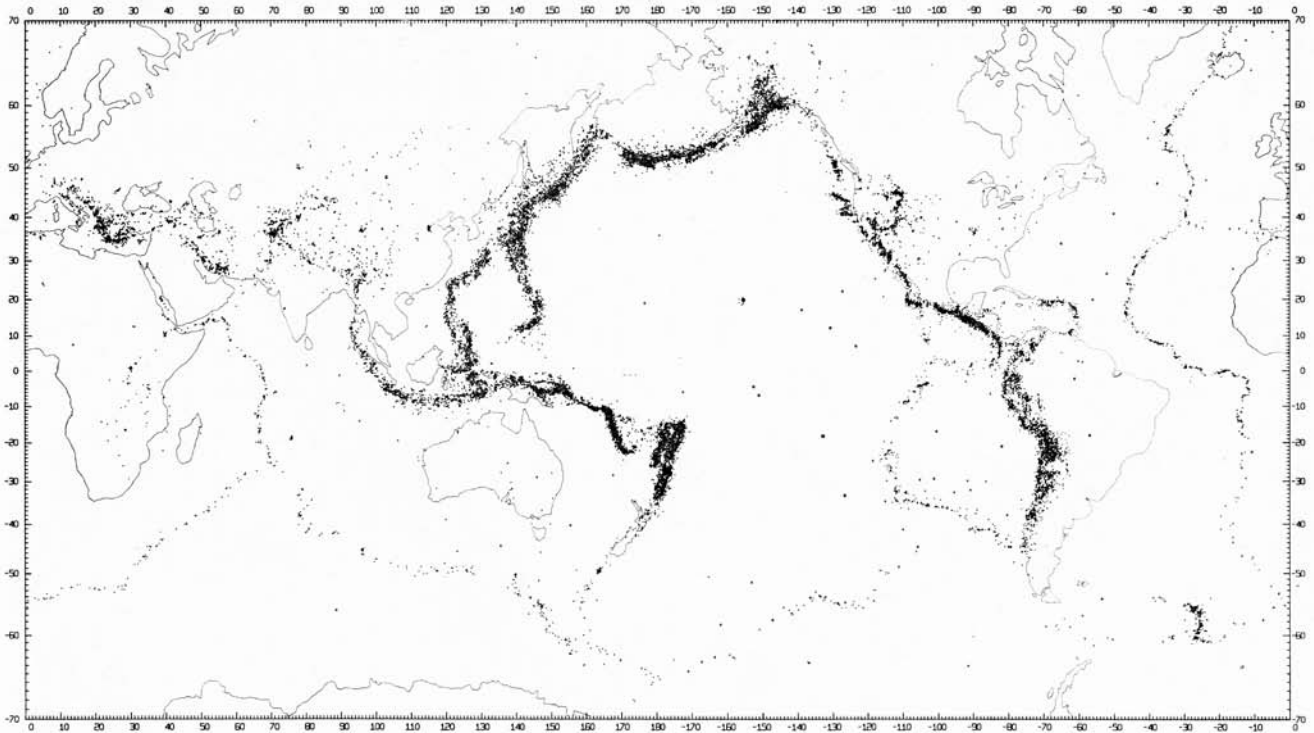
Alligevel dukker der kort efter en invitation op om at holde foredrag om kontinentaldrift i Dansk Geologisk Forening i København.

..."Jeg støvede så lidt rundt på biblioteket og ved et rent tilfælde kom jeg på den centrale artikel... og blev fyr og flamme og fremlagde det på mødet, hvor jeg holdt foredrag. Og det var der simpelthen ingen, der havde hørt om før".

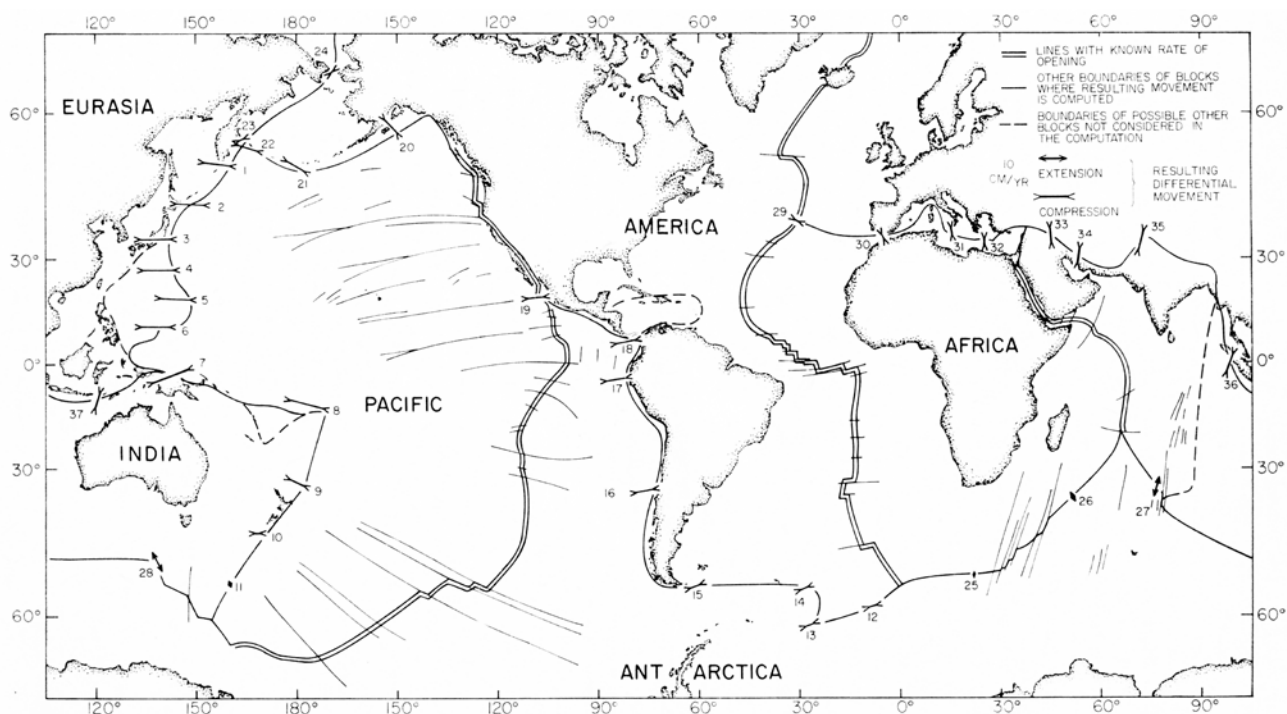
Artiklen, som Østergaard stødte på, var en af pladetektonikkens pionerartikler fra 1968 i *Journal of Geophysical Research*: »Seismology and the new global tectonics« af Isacks, Oliver og Sykes<sup>34</sup>. Deres pladetektoniske blokdiagram optræder i Østergaards foredrag, ligesom det berømte jordskælvs kort fra artiklen - et kort som tydeligt afspejler, at når alle jordskælv fra perioden 1961 til 1967 plottes på et verdenskort, så træder pladegrænserne tydeligt frem. Men den unge geolog er også dybt fascineret af de pladebevægelser, som en anden geofysiker, le Pichon, samme år og i samme tidsskrift kan påvise<sup>35</sup>. Med stor overbevisning inddeler le Pichon jordklodens ydre skal i seks lithosfæreplader, og han beregner de enkelte pladers bevægelse med stor nøjagtighed, ligesom han viser, hvordan havbundens magnetiske anaomaler afslører Atlantens gradvise tilblivelse.



Den pladetektoniske model i Isacks, Oliver og Sykes' berømte illustration fra deres 1968-artikel<sup>34</sup>, som for alvor fik Troels Østergaard til at få øjnene op for pladetektonikken. Figuren viser pladebevægelser, dannelsen af ny havbund ved oceanryggen og destruktion af havbund, hvor to plader støder mod hinanden.



Epicentrene af alle de jordskælv som U.S. Coastguard and Geodetic Survey registrerede i perioden 1961-1967 viser tydeligt afgrænsningen af litosfærens pladegrænser. Figuren optræder i Isacks, Oliver og Sykes pladetektonik-artikel fra 1968<sup>34</sup>.



le Pichon inddeler i 1968 jordklodens ydre skal i seks lithosfæreplader og beregner de enkelte pladers bevægelse med stor nøjagtighed. På denne figur viser han desuden, hvor mange centimeter, de enkelte plader bevæger sig årligt. Fra /35/.

Til overflod har boreskibet Glomar Challenger på Deep Sea Drilling Programs togt i Nordatlanten i 1968 vist, at de ældste sedimenter over den basaltiske havbund vokser i alder med ca. 50.000 år for hver kilometer, man fjerner sig fra oceanryggen<sup>29</sup>. Så der er masser af skud i Østergaards bøsse, da han har samlet den nye litteratur sammen.

### Overraskende anerkendelse

Den 6. april 1970 holder Troels Østergaard med stor entusiasme foredraget *60-ernes revolution i geo-videnskaberne - En populær fremstilling af de nye teorier for oceanbundens spredning, kontinentdrift og bjergkædedannelse*. Og godt en måned efter gentager han foredraget i DGF's Århus-afdeling.

Foredraget i København bliver modtaget med anerkendelse fra en overraskende kant. Professor Asger Berthelsen fra Københavns Universitets Geologiske Institut, er på det tidspunkt tektonikkens fyrtårn i den danske geologverden. Og han har i mange år været en svoren modstander af Wegeners tankesæt.

"Asger Berthelsen rejste sig op efter foredraget og sagde, at: »uden sammenligning i øvrigt er det ligesom, da Wegener var her (og fremlagde sin teori om kontinentaldriften, red.)«. Det er da vist den største ros, jeg nogensinde har fået", ler Troels Østergaard.

"Så det var virkelig nyt for folk, og flere af mine studiekammerater mente, at jeg var bindegåld", fortsætter Østergaard.

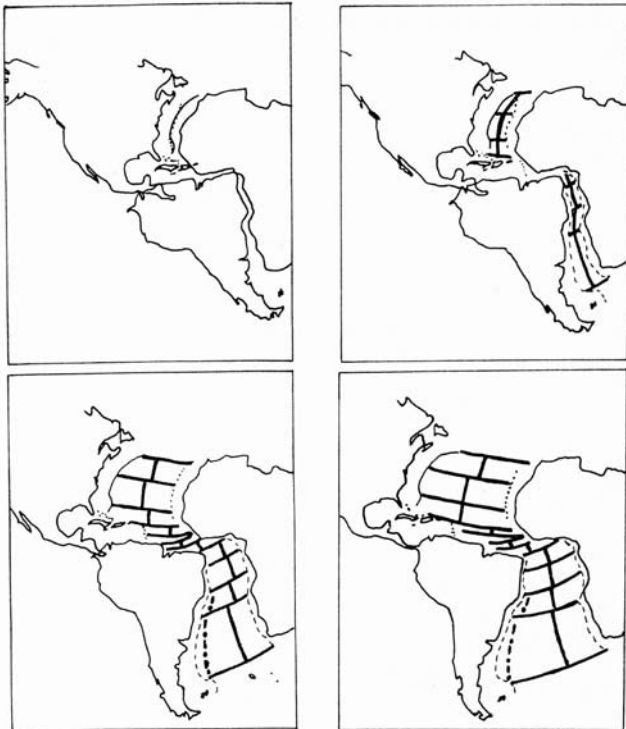
Troels Østergaard har ikke skænket det en tanke, at Wegener-modstanderen Asger Berthelsens ros måske kunne have været ironisk ment. Østergaard tænker sig lidt om og svarer:

"Nej, det tror jeg faktisk ikke. Jeg tror faktisk han var lidt betaget af, at der tilsyneladende var noget om den snak, og at der var en epokegørende nyhed på den front. Jeg tror sådan set, det var det. Wegener kom og fremlagde sit ... - og det var nyt og spændende. Og jeg kunne så referere de der ting, og det var nyt og spændende. Sådan opfattede jeg det i hvert fald. Men jeg husker tydeligt ordene »uden sammenligning i øvrigt« og hentydningen til Wegener. Det kan jeg kun opfatte positivt".

Foredraget bliver samme år omarbejdet til endnu en artikel i *Naturens Verden*<sup>36</sup>. Foreløbig har begrebet pladetektonik ikke fundet indpas, så det er Isacks, Oliver og Sykes' mere pompøse navn *global tektonik*, som Østergaard anvender i artiklens titel.

### Geofysikerne

Troels Østergaard får blod på tanden efter den nye indsigt og den uventede medvind hos professoren.



På basis af havbundens magnetiske anaomalier beregner le Pichon, hvor kontinenterne lå, mens Atlantens gradvis blev større. Fra /35/.

"Det morsomste var, at jeg kom under vejrs med, at fysikerne på HCØ var i gang med et eller andet, som havde med jord at gøre", fortæller Troels Østergaard..

Fysikerne arbejdede på et projekt om konvektionsstrømme, og de havde valgt Jorden som eksempel uden i øvrigt at vide ret meget om undergrundens beskaffenhed og jordfysiske processer.

"Og det slog fuldstændig benene væk under dem, da jeg med store armbevægelser forklarede, hvordan det hele hang sammen. Det var ret morsomt", fortæller Troels Østergaard.

Fysikerne på H. C. Ørsted Institut havde øjensynlig ikke lyttet særlig opmærksomt til deres geofysiske kolleger. Kjeld Rasmussen, lektor ved Geografisk Institut på Københavns Universitet, forklarer:

"Jeg startede med at læse geofysik i 1969 og stødte på kontinentaldriften i 1970. Det var generelt accepteret af geofysikerne, og de gjorde grin med geologerne - de var lidt sløve i betrækket. Det var de palæomagnetiske data (fra midten af 1960-erne, red.), som overbeviste geofysikerne".

I Henry Jensens lærebog *Forelæsninger over den faste jords fysik* fra 1970<sup>37</sup> fremgår det da også af otte gennemillustrerede sider i kapitlet *Nogle tektogenetiske træk*, at geofysikstuderende på tredje semester blev undervist i både kontinentaldrift, oceanbundsspredning og pladetektonik. I forordet til bogen fortæller

Henry Jensen, at bogens indhold svarer til det, han har forelæst i på et kursus for fysik-geofysik linjen gennem et par år.

De geologistuderende får ikke på samme måde pladetektonikken ind med modermælken i slut-tresserne, og Troels Østergaard oplever stort set kun palæontologerne som varme tilhængere af kontinentaldrift-teorien, mens han selv er studerende og nyuddannet.

"Det var ret overbevisende, hvad palæontologerne med Christian og Valdemar Poulsen i spidsen kunne påvise af faunaforbindelser. Det var lidt vanskeligt at komme udenom. Så selvfølgelig havde kontinentaldriften sine tilhængere. Men altså specielt ikke i den hårde ende af geologien. Der var man meget hånlige over for det på det tidspunkt", fortæller Troels Østergaard.

Enkelte af de "hårde" geologer havde dog skiftet hest, og var begyndt at ride med på Wegeners drivende kontinenter, allerede inden Østergaard var færdiguddannet. Som vi senere skal se, så kaldte Østergaards specialevejleder, professor Henning Sørensen, sig i 1964 for overbevist tilhænger af teoriene om kontinentaldrift og oceanbundsspredning. Det var derfor oplagt, at Østergaard diskuterede de nye ideer med sin vejleder. Til det siger Troels Østergaard:

"Jeg har aldrig diskuteret det med Henning Sørensen".

Så i midten af tresserne er det ikke den spirende pladetektoniske enhedsteori, som præger det geologiske miljø i København.

De nye geofysiske data, som myldrer frem i slutningen af tresserne og første del af halvfjerdserne får dog hurtigt overbevist de "sløve" geologer om pladetektonikkens rigtighed. Og der går ikke lang tid efter Østergaards foredrag i Dansk Geologisk Forening, før den kontroversielle teori er hvermandseje:

"Det tog ikke så lang tid", fortæller Østergaard, "det synes jeg ikke. Da *Den nye geologi*<sup>29</sup> udkom, var det ikke kontroversielt".

### Den nye geologi

Troels Østergaards bog *Den nye geologi* udkommer i 1975. På 88 gennemillustrerede sider fortæller han i et meget pædagogisk sprog om jordens opbygning og processer - og med hovedvægten på pladetektonikken. Men selv om Østergaard mener, at pladetektonik ikke var kontroversielt på bogens udgivelsestidspunkt, så har han alligevel følt, at han måtte gardere sig ved i forordet at pege på faren ved at skrive om teorier og tanker, der "... langt fra er færdigbearbejdede..."

"... Denne sidste fare skyldes, at jeg i høj grad har måttet basere fremstillingen på afhandlinger og artikler, der er så nye, at de endnu ikke har været udsat for faglig kritik og diskussion. Udvælgelsen af stoffet



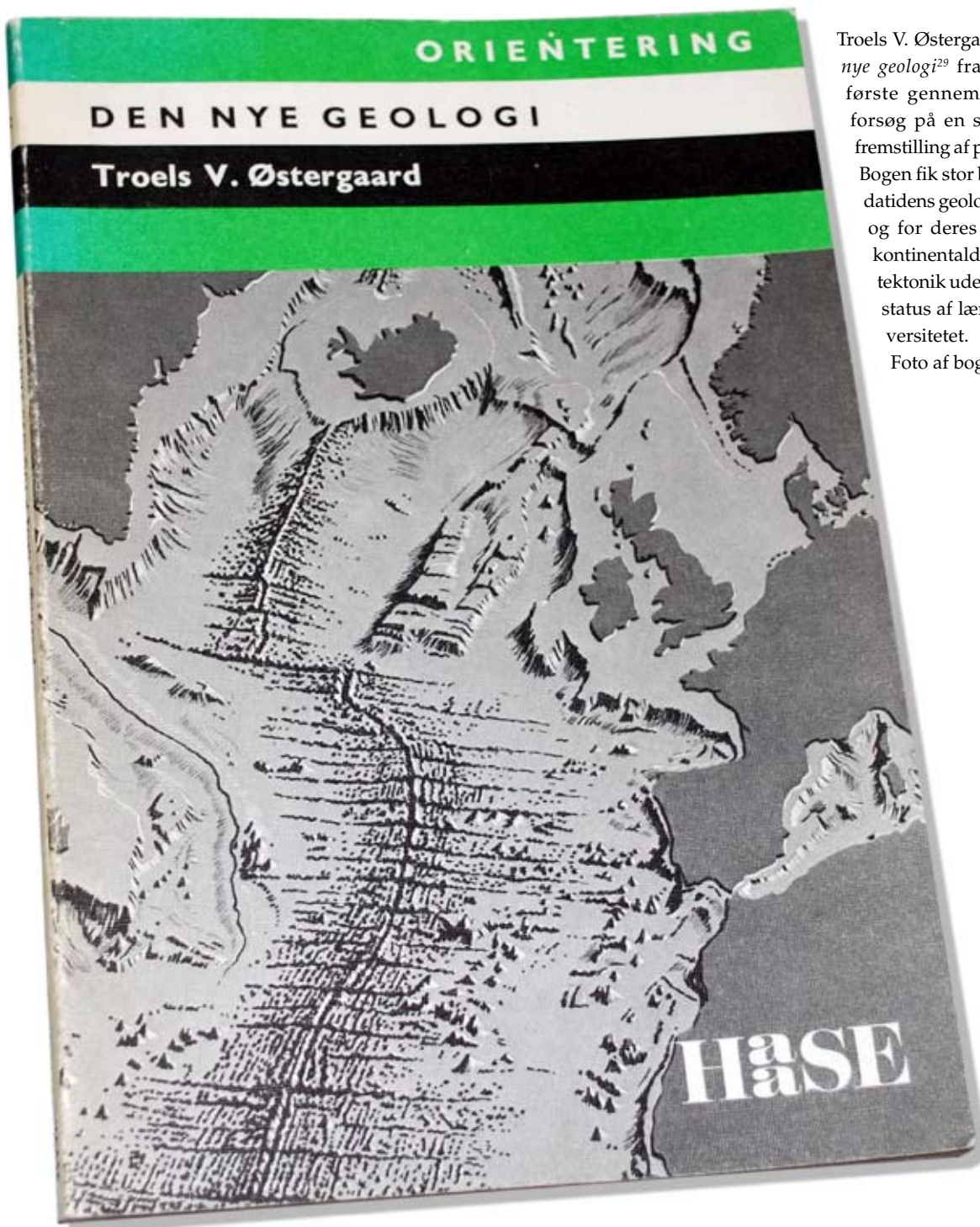
afspejler derfor til en vis grad mit personlige »geologiske verdensbillede«, skriver Østergaard videre”.

Bogen er det første gennembearbejdede forsøg på at en samlet *dansk* fremstilling af kontinentaldrift, bjergkædedannelse, vulkanisme og oceanbundsspredning - med andre ord pladetektonik i alle sine afskygninger. Og bogen finder vej til mange geologistude-

rendes hjemmebibliotek, selv om den aldrig opnår status af lærebog.

Men selv denne nye synsvinkel på geologien tager ikke livet af geosynklinerne.

Troels Østergaard forklarer på side 61 og 62 i *Den nye geologi* som et ekko af hans egne undervisere på universitetet:



Troels V. Østergaards bog *Den nye geologi*<sup>29</sup> fra 1975 er det første gennembearbejdede forsøg på en samlet dansk fremstilling af pladetektonik. Bogen fik stor betydning for datidens geologistuderende og for deres forståelse af kontinentaldrift og pladetektonik uden dog at opnå status af lærebog på universitetet.

Foto af bogens forside.



Raff og Mason viste allerede i 1961<sup>38</sup> dette zebrastribede mønster af de magnetiske anomalier på oceanbunden ud for Nordamerikas vestkyst. Det var dog først i 1965, at Vine og Matthews<sup>32</sup> påviste, at det var oceanbundsspredning, som forårsagede det karakteristiske billede. I Østergaards *Den nye geologi*<sup>29</sup> optræder denne bearbejdede udgave af zebrastriberne, hvor pilene peger ind på to korte oceanrygge, som er forsat af transforme forkastninger langs de tynde linjer.

”...De fleste bjergkæder er lange og temmelig smalle, og derfor regner man med, at indsynkningsbassinet også har været langt og smalt - trugformet. Sådant en trugformet indsynkning, der fyldes med sedimenter, som senere bliver til en bjergkæde, kaldes en geosynklinal”.

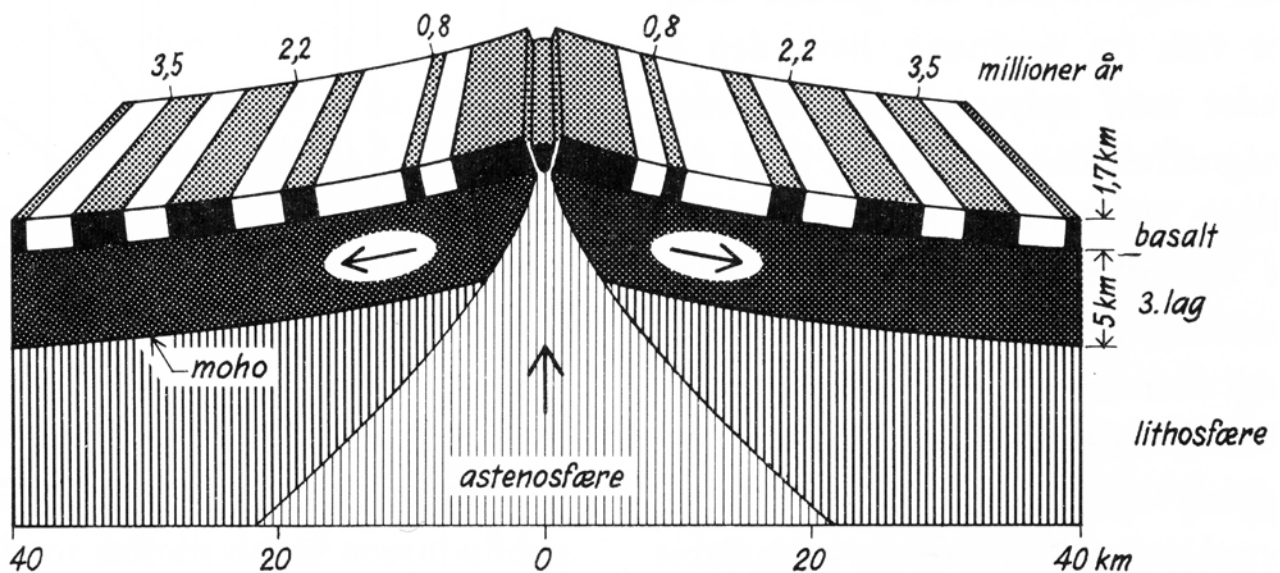
På de følgende sider beskriver Østergaard med tegninger baseret på J. F. Dewey og J. M. Birds klassiske pladetektonik-artikel »Mountain belts and the new global tectonics«<sup>39</sup>, hvordan et Andes-orogen bliver til. På side 70 skriver han:

”En af de ting, man bemærker, er, at geosynklinalen som et specielt aflejringsstrug er forsvundet fra teorien. De sedimenter, der foldes, er de normale sedimenter på kontinentalsoklen og på kontinentalskråningen. Men sedimenterne her har faktisk de træk, der kendetegner »geosynklinal sedimenter«”.

Nej, geosynklinalerne - de var ligesom ikke rigtig til at ryste af sig. På spørgsmålet, om hvornår Troels Østergaard begynder at tænke, at *de der geosynklinaler måske ikke er noget, der har så meget gang her på jorden*, svarer han:

”Det ved jeg ikke, om jeg nogensinde kom til. Fordi jeg forlod jo egentlig geologien på det tidspunkt”.

Og *det tidspunkt* var omkring 1969, hvor Troels Østergaard forlader en forskerkarriere og i stigende grad bliver optaget af at dyrke økologisk landbrug, mens han kun lejlighedsvis beskæftiger sig med geologi som lærebogsforfatter og foredragsholder i radioprogrammet Lexicon.



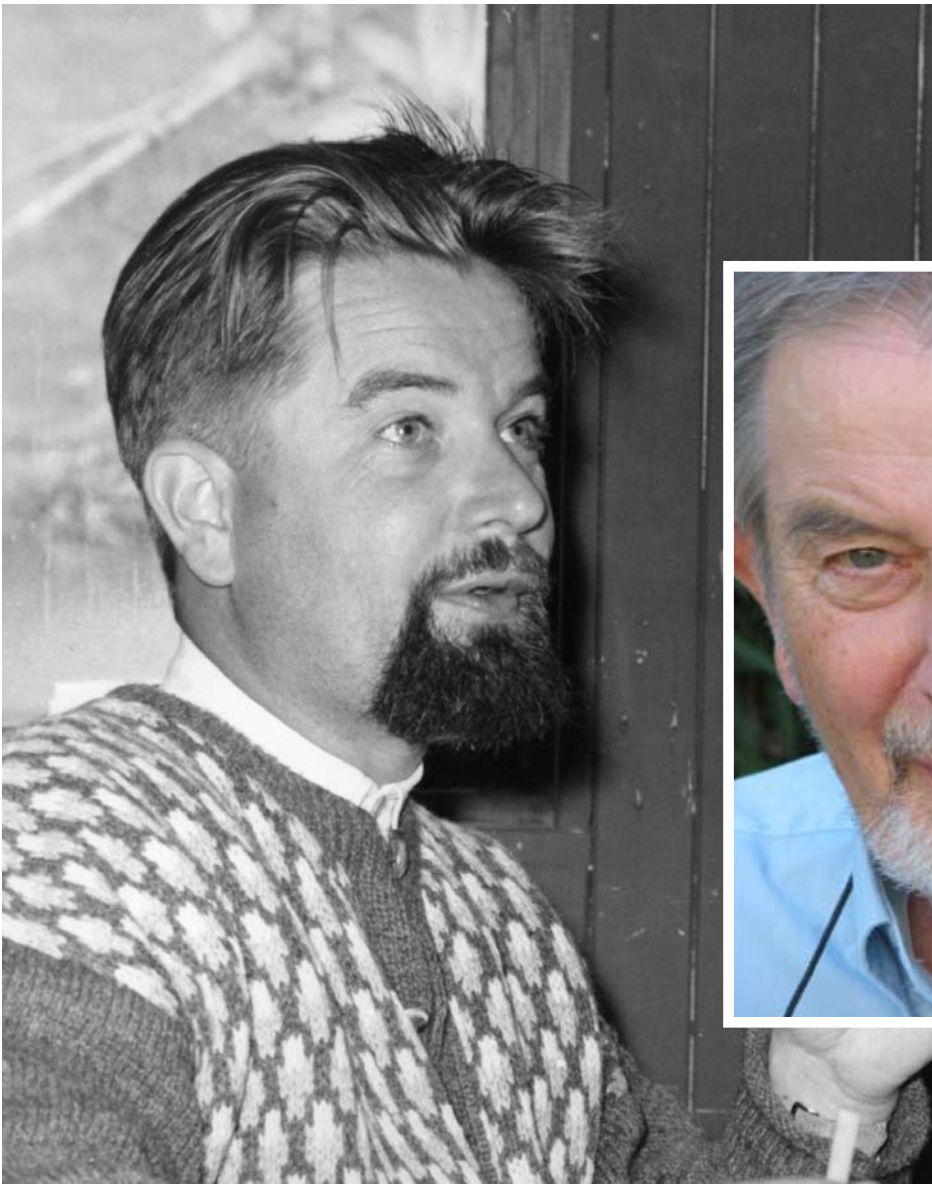
Oceanbundens zebrastribede magnetiske anomalier-mønster bliver i *Den nye geologi*<sup>29</sup> forklaret med denne pædagogiske figur af oceanbundsspredningen.

## En skeptiker ser lyset

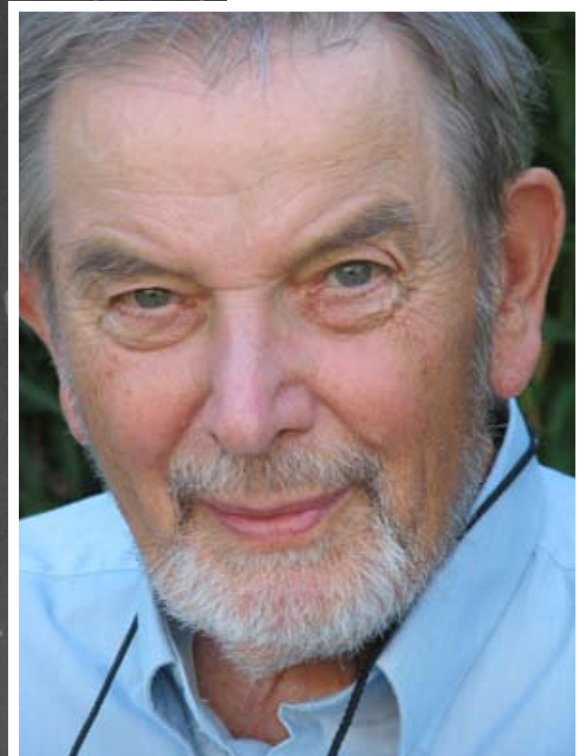
Henning Sørensen, som blev professor på Københavns Universitets Geologiske Institut i 1962, har tænkt meget over den periode i 1960-erne, hvor han gik fra at være skeptiker til at være fuldt overbevist om kontinentaldriften og pladeteknikken. Først da havbundsundersøgelser i begyndelsen af 60-erne viste, at oceanskorpen består af lava, gabbro og peridotit, og da et fossilt eksempel på en opskudt oceanskorpe - et ofiolitkompleks - i 1963 bliver påvist i Troodos Massivet på Cypern<sup>40</sup>, falder brikkerne på plads for den nybagte professor.

”Før det blev kendt, var alt fuldstændig volapyk for mig - jeg kunne ikke få hoved eller hale på det. Det blev så opklaret, da man fandt ud af, at det faktisk var et stykke af havbunden og underlaget, der var skubbet op. Det var på den måde, jeg kom ind i det på”, fortæller Henning Sørensen, som i mange år havde arbejdet med ultramafiske bjergarter uden helt at kunne forklare deres tilbliven:

”Jeg arbejdede med dem i Grønland og Norge og andre steder. Og de der store masser - hvordan de var havnet dér, det kunne jeg ikke forklare”.



◀ I 1961, hvor dette foto er knipset, var Henning Sørensen stadig yderst skeptisk over for kontinentaldrift-teorien. Foto: Erling Bondesen.



▲ Henning Sørensen fotografet i 2008, da han blev interviewet til denne artikel. Foto: Henrik Olsen.

I studietiden i 1940-erne er der kun et enkelt sted, hvor Henning Sørensen kan hente lidt inspiration til teorien om kontinentaldrift:

”Da jeg begyndte, var det tommelfingeren nedad. Den eneste der holdt fast i det var Christian Poulsen på grund af hans forsteneringer. Og han erklærede mange gange, at hvis fysikken ikke passer med det, så bliver det lavet om, fordi det han har set, det er så tydeligt. For ham har der ikke været tvivl om, at der har været en sammenhæng”.

### 1953 i NOA

Det var dog ikke nok til at få Henning Sørensen til at gå ind for Wegeners forkætrede teori. Og i 1953 i foreningen Naturhistoriske Onsdags Aftener (NOA) - sådan husker han det i hvert fald - deltager Henning Sørensen i et debattmøde om Wegeners kontinentaldrift-teori.

”Jeg deltog i diskussionen med argumenter imod Wegener”, fortæller Sørensen.

Debatmødet har Henning Sørensen siden beskrevet i tidsskriftet VARV<sup>41</sup>. Her skriver han blandt andet:

”Som allerede nævnt argumenterede jeg mod Wegeners forslag til mekanismer, som kunne flytte rundt med kontinenterne... på det foreliggende grundlag var der ingen anden mulighed end at konkludere, at den af Wegener foreslåede model for kontinentaldrift var en fysisk umulighed”.

Den fysiske umulighed, som Wegener havde foreslået, var at kontinenterne så at sige pløjede sig gennem havbundens skorpe-materialer. På mødet deltog dog en i datiden kendt og respekteret havforsker, Anthon F. Bruun, som blandt andet havde stået i spisen for Galathea-ekspeditionen i 1950-1952. Og han havde et alternativt forslag:

”...kunne det ikke være sådan, at kontinenterne sidder på en ydre skal, og at bevægelsen foregår under denne skal?”, refererer Henning Sørensen, som videre skriver om sit eget svar til Anthon Bruun:

”Jeg måtte erkende, at dette var en elegant løsning på problemet, men at jeg ikke kendte til sådanne processer”...

Her - i 2008 - indrømmer Henning Sørensen:

”Jeg er faktisk lidt flov over, at jeg ikke kunne svare Bruun bedre, end jeg gjorde den gang”.

For Sørensen kendte faktisk til Arthur Holmes' teori om konvektionsstrømme i kappen - en mekanisme, som svarede til Bruuns forslag - men den mekanisme fandt han for spekulativ set i lyset af den eksisterende viden om jordklodens opbygning.

”Nu bagefter står det klart, at Anton F. Bruun på det nævnte møde fremkom med en pladetektonisk forklaring på kontinentaldriften og dermed forvarslede denne universelle hypotese mange år, før pladetektonikkens gennembrud i 1967/68. Jeg ærgres mig den dag i dag over, at min viden og fantasi ikke rakte til at spinde vi-

dere på Bruuns forslag”, skriver Sørensen i VARV.

Men Henning Sørensens verdensbillede var et helt andet i 1950-erne. I en artikel om bjergkædefoldninger fra 1954 i Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening<sup>42</sup> fremgår det klart, hvordan Sørensen ser verden på det tidspunkt:

”Man regner i almindelighed med tre udviklings-trin: Geosynklynalstadiet (evolutionsperioden), foldningen (revolutionsperioden) samt til sidst en hævnning af hele foldekæden”. Og senere i artiklen fortsætter Sørensen:

”Som bekendt forsøgte Wegener at forklare bjergkædedannelsen som et resultat af kontinenternes forskydning, og han satte f. ex. bjergkæderne langs vestkysterne af Nord- og Sydamerika i forbindelse med disse kontinenters forskydning mod vest. Imidlertid kan kun et fåtal af jordens bjergkæder forklares på denne måde, og Wegeners teori er i det hele taget uforenelig med den bjergkædeudvikling, som blev omtalt i begyndelsen af artiklen”.

Ja - Wegeners forklaring om, at kontinenterne skubber landmasserne op i bjergkæder, mens de pløjer sig vestpå gennem oceanskorpen, kan hverken overbevise Henning Sørensen eller ret mange andre geologer.

Den 21. Internationale Geologiske Kongres, som København lagde hus til i 1960, giver heller ikke Henning Sørensen og hans kolleger inspiration til at tænke i pladetektoniske baner. Af de 430 foredrag, som bliver holdt for de 2.386 deltagere på kongressen, handler ikke et eneste om kontinentaldrift eller spirende pladetektonisk forskning<sup>43</sup>.

### Omvendelsen

Ti år efter NOA-mødet og artiklen om bjergkæder er kontinentaldrift-skeptikeren Henning Sørensen dog ved at blive omvendt. I en foredragsserie på seks foredrag i Radioens Søndagsuniversitet i januar-februar 1963 fortæller Sørensen under fællestitlen *Vor jordklode* om Jordens opbygning og processer i og på Jorden. Foredragene er senere trykt i lidt udvidet form som en lille bog<sup>44</sup>. Her optræder for første gang en positiv holdning til *kontinentalforskydningshypotesen*, som Henning Sørensen betegner Wegeners teori. Og afsnittet om palæomagnetisme afslutter Sørensen med en håndsrekning til Wegener:

”Disse såkaldte *palæomagnetiske målinger* har givet god grund til at tro, at i hvert fald jordoverfladen har bevæget sig i forhold til polerne, og antager man, at Jordens rotationsakse ligger fast, må man nødvendigvis slutte, at kontinenterne har bevæget sig”.

Det er også lige før, Henning Sørensen har fat i den lange ende, når det gælder bjergkædedannelse, hvor han forkaster den tidligere kontraktionsteori som forklaring på bjergkædernes opståen:

"Denne hypotese er nu opgivet af de fleste, idet det er tvivlsomt, om jordkloden stadig afkøles, og om den skrumper. I stedet anser man nu foldningen i bjergkæderne for at være et resultat af langsomme materialestrømme i Jordens kappe.(...) Man tænker sig da, at varme stiger til vejrs under oceanerne, hvor de er årsag til dannelse af de vulkanske midtoceanrygge. Strømmene bevæger sig så parallelt med jordoverfladen, til de atter bøjer ned ved grænserne mellem kontinent og ocean".

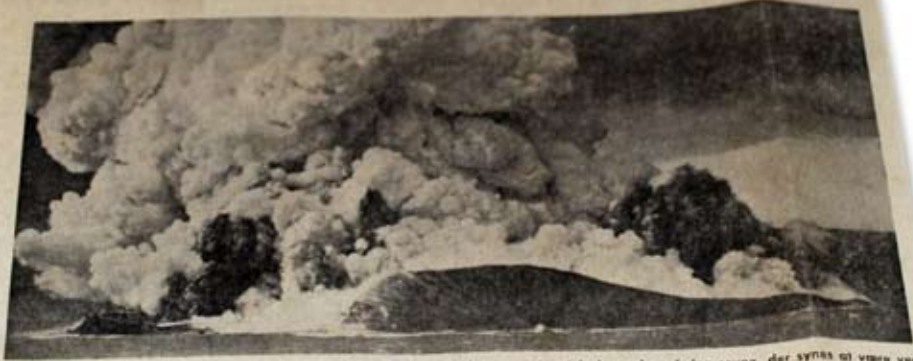
Men Henning Sørensen har ikke glemt sin skolelærdom om geosynklinalerne, for han fortsætter:

"På disse steder udøver de et nedadrettet træk i havbunden og giver derved anledning til dannelsen af geosynklinalerne". Og senere:

"At de foldede sedimenter i geosynklinalen kan blive til en bjergkæde skyldes, at store mængder lette bjergarter under geosynklinaldannelsen og foldningen er blevet bragt ned i dybder, hvor der ellers findes tungere bjergarter. Når de nedadrettede bevægelser, som er årsag til geosynklinaldannelse og foldning, ophører at virke, vil der derfor være lette bjergarter på et alt for stort dyb. Normale tilstande opnås kun, når disse lette bjergarter hæves op i deres

# Jordens landmasser er i drift

En af den geologiske videnskabs mest spændende teorier, aktualiseret ved den ny vulkanus opdagelse nær Island og betydt bl. a. ved satellit-målinger, godtes nu — også af tidligere ensere modstandere — af Kaj Robert Sørensen



Den ny vulkane ved Vestmanna-erne sydvest for Island er dukket op netop i forlængelse af den revne, der synes at være ved at skille Island i to halvdele

**K**ONTINENTERNE bevæger sig. Med bjerge og byer og befolkninger glider de — tillige med gverste stump jordkappe, som de hviler på — bort fra hinanden på transportbånd af en slags: strømme af hedt, sejt materiale, som fører sig frem i et niveau svarende til måske et par hundrede kilometers dybde under oceanernes bund.

Om „alverdens landmasser har været samlet i en klump engang, et super-kontinent, får stå hen. Men de er i årtillionernes løb blevet voldsomt forskudt i forhold til hinanden og forskydes formentlig endnu i dag. Det turde fremgå af et Island, hvor den ny vulkane i havet mod sydvest har aktualiseret søger, og Afrika efter angørelsen ledte skøn er ved at gætte sig.

”Tunge stoffer flytter sig hurtigt sig fra hinanden og efterlader sig revne lig den, der under Europas og Nordamerikas drift i hver sin retning er blevet til den nordlige Atlant.

Der er dog ingen umiddelbar grund til, at for eksempel Island-tingene skulle springe af deres plads i skækk. Bevægelserne skønnes at foregå med den hyggelige fart af rundt regnet en centimeter om året.



Professor, dr. phil. Henning Sørensen viser et billede af en jordsprække ved Thingvellir i Island — et af mange tegn på, at Island er ved at revne

Og så er der endelig beviser for kontinentaldrift-teorien, som slet ikke er til at komme uden om. Havbunden har nemlig vist sig at være rig på såkaldte fockamningszoner, hvor store klippemasser er kledt forbi hinanden over strækninger på tusindvis af kilometer. Og lignende imponerende forskydninger forekommer på landjorden, bl. a. ved Chiles jordbævsjærgede kyst.

— Sådanne steder synes en slags kontinental-forskydninger at foreløbe lige for sig selv at se, sluttet professor Henning Sørensen — og det med ganske åbenlyst fart.

Henning Sørensen optræder som overbevist tilhænger af kontinentaldrift-teorien i denne artikel i Berlingske Aftenavis fra 11. april 1964<sup>45</sup>.

rette niveau. Først når dette er sket, er bjergkæden dannet”.

Og med disse geosynklinal-betragtninger lægger Sørensen sig på linje med flertallet af datidens geologer.

Året efter har Henning Sørensen endelig taget kontinentaldrift-teorien til sig. Et voldsomt vulkanudbrud på Vestmanna-øerne sydvest for Island får i april 1964 datidens mest fremtrædende videnskabsjournalist, Kaj Robert Svendsen, til i Berlingske Aftenavis at skrive en artikel under titlen *Jordens landmasser er i drift*<sup>45</sup>. Og som artiklens sandhedsvidne Kaj Robert Svendsen fundet frem til Henning Sørensen.

”Herhjemme indrømmer for eksempel professor i geologi ved Københavns Universitet, dr. phil. Henning Sørensen, at han for få år siden talte imod teorien med en overbevisning lige så stærk som den, hvormed han nu går ind for den”, skriver Kaj Robert Svendsen. Og Henning Sørensen underbygger selv dette i artiklen:

”Hundreder af sådanne målinger (palæomagnetiske målinger, red.) fra alverdens egne lader kun ringe tvivl tilbage om, at kontinental-drift virkelig er forekommende”, udtaler Sørensen til avisen, og fortsætter:

”Og i sin nyeste udforskning af de midtoceaniske rygge som for eksempel den midtatlantiske, der bærer vulkan-øerne Island, Azorerne, Ascension og Tristan da Cunha, har oceanograferne også bragt os på sporet af den kontinent-forskydende mekanisme. Ryggenes opbygning af lutter vulkanske bjergarter og den omstændighed, at der løber gravsænkninger på langs ned gennem dem, fortæller, at her er jordskorpen gået i stykker ved udvidelse”.

I artiklen står der videre:

”Man tænker sig, at langsomme strømme af varmt materiale her løfter sig op fra dybet, flader sig ind under oceanryggen på hver side af graven og løber vandret bort fra hinanden, indtil de - nu afkølede og derfor tunge - synker ned under havbundens dybgrave”.

Her i 1964 er næsten alle elementer til det senere pladetektoniske paradigme stort set på plads og sluppet ud af forskningens lukkede kredse.

### Gymnasiebog

Forvandlingen fra Wegener-skeptiker til varm fortæller for kontinentaldrift skulle man forvente afspejlet i gymnasiebogen *Geologi*<sup>11</sup>, som Henning Sørensen skriver sammen med palæontologen H. Wienberg Rasmussen, strukturgeologen Asger Berthelsen og geofysikeren Jørgen Espersen. Lærebogen udkommer i fire udgaver i perioden 1957-1974. Men man skal have luppen frem for at få øje på denne udvikling.

I 1957-udgave står der:

”Efter en teori fremsat af Wegener (1912) skulle der forekomme langsomme horisontale forskydninger af

kontinenterne i jordskorpen. Wegener forestillede sig kontinenterne som blokke af relativt lette, granitiske bjergarter (sial), der »svømmede« i en tungere, basaltisk bjergart (sima). Sial blokkene skulle over lange geologiske tidsrum kunne gå i stykker og de enkelte flager bevæge sig horisontalt i simaet. Teorien mangler dog i væsentlig grad geofysisk underbygning. F. eks. er simaet stivere og stærkere end sialet. Også de biologiske vidnesbyrd, som blev fremført til støtte for teorien (udbredelsen af planter og dyr), har siden vist sig uholdbare”.

I 1961-udgaven er der ikke ændret meget. Kun er slutbemærkningerne om de manglende geofysiske og biologiske beviser blevet strøget.

Endelig i 1974-udgaven kommer indrømmelsen fra de fire forfattere dog. I stedet for de foregående udgavers beskrivelse af Wegeners teori, skriver de:

”Kontinenternes form har ført til teorien om, at de tidligere har udgjort et samlet landområde, men langsomt er gledet bort fra hinanden. I nyere tid er fundet en række fysiske forhold, som støtter denne opfattelse. Langsomme strømme i jordens faste kappe kan muligvis forklare de indre geologiske processer og den nuværende beliggenhed af kontinenter og oceaner”

Vi skriver 1974, og her seks år efter pladetektonikens gennembrud - og sammen med den blåstemplingen af kontinentaldrift-teorien - er disse få linjer alt, hvad gymnasieeleverne får lov at læse.

”Wienberg var meget imod”, fortæller Henning Sørensen.

Kontinentaldrift er da heller ikke nævnt med et eneste ord i Wienberg Rasmussens egen lærebog *Danmarks Geologi*<sup>46</sup> fra 1975, hvor til gengæld geosynklinaler optræder.

Til spørgsmålet om, hvorfor en palæontolog som Wienberg Rasmussen - der oven i købet var elev af Wegener-tilhænger Christian Poulsen - var så vrangvillig over for kontinentaldrift og pladetektonik, slår Sørensen ud med armene:

”Jeg kan ikke huske det, men han var meget kategorisk”.

Året efter, at 1974-udgaven af gymnasiebogen om geologi er gået i trykken, udkommer Troels V. Østergaards bog *Den nye geologi*, og kort efter anmelder Henning Sørensen bogen i *Information*<sup>47</sup> med anbefalingen:

”Den der ønsker yderligere oplysninger om de forhold, som er antydnet i det ovenstående (pladetektonik, red.), kan med udbytte læse Troels Østergaards bog”.

I dag er Henning Sørensen er da heller ikke i tvivl om Østergaards rolle:

”Den, der ligesom markerede det stærkt først, det var Troels Østergaard”.

## Specialisten

Erling Bondesen, geolog fra Københavns Universitet i 1960 med speciale i tektonik og senere professor i geologi på Roskilde Universitetscenter, tænker tilbage på studietiden i 1950-erne:

”Vi havde nogle møder i Dansk Geologisk Forening og i NOA, hvor vi beskæftigede os med kontinentaldrift, og den blev jordet af alle de unge, og ikke mindst af Berthel (Asger Berthelsen, red.)”.

Særlig ét møde gjorde indtryk på Bondesen.

”Jeg er ved at tro, at det var i NOA”, siger han og er næsten sikker på, at det er samme NOA-møde, som Henning Sørensen har berettet om.

”Der var stuvende fuldt. Det var virkelig noget, der gav genlyd. Sådan husker jeg det... Jeg mener, at der må være nogen, der har startet mødet. Om det har været Noe (Arne Noe-Nygaard, red.), eller om det var en af de unge? Det kunne godt have været Henning Sørensen måske eller Berthel”.

Det kniber lidt med at grave de konkrete detaljer frem fra mødet i NOA. Men Erling Bondesen er ikke tvivl om den generelle stemning på mødet - den var negativ over for kontinentaldriften.



Erling Bondesen på sit hjemmekontor i 2008.  
Foto: Henrik Olsen.

”Den eneste, der forsvarede kontinentaldrift, det var Christian Poulsen. Som han sagde: »Ja, når man - om man så må sige - har levet et langt liv med trilobitter...« - han kunne ikke forstå, at der i det nordvestlige Skotland i Durness Limestone var trilobitter, som på artsniveau - underartsniveau - også fandtes i Østgrønland og fandtes i Appalacherne. Det kunne han simpelthen ikke få til at gå op. Med mindre at Atlanterhavet manglede”.

Men Poulsen var en ensom fugl, for op gennem 50-erne og begyndelsen af 60-erne flokkedes alle andre geologiske fugle om en anden trækrute. Der var ikke mange, som tog kontinentaldriften alvorligt.

”...det gjorde folk ikke. Navnlig ikke Henning Sørensen. ... Han anså det for at være det rene pjat - det var pop i hans øjne”, fortæller Erling Bondesen.

En af de dominerende skikkelser i det geologiske miljø i den periode var professor Arne Noe-Nygaard fra Geologisk Museum. Og han var klart én af skeptikerne.

”Noe forelæste meget om Island, men der var ingen som helst forbindelse til oceanbundsspredning i hans forelæsnings”, fortæller Erling Bondesen.

Og Bondesen selv var også på skeptikernes hold.

”Jeg selv havde måske en lignende opfattelse af det. Og Berthel - han ville overhovedet ikke høre tale om det - slet, slet ikke. Han havde altid haft den opfattelse, at kontinenterne var permanente, og de voksede i randen. Man kunne jo se, at yngre og yngre orogener kom til uden på en gammel kerne. Kortlægning i det hele taget modsagde det der”.

### Tektonikerne

De to tektonikere - Bondesen og Berthelsen - er tæt fagligt forbundet i tressernes geologiske miljø. Asger Berthelsen, som er blevet magister et par år før Erling Bondesen, er ansat på Københavns Universitets Geologiske Institut, da Erling Bondesen i 1960 bliver ansat på Geologisk Museum.

”Jeg blev i starten ansat på videnskabsfond, som det hed. Det var nogle penge, som Noe Nygaard havde fået en stilling ud af. Jeg beskæftigede mig med tektonik, og jeg samarbejdede meget med Berthel. Vi havde sådan en ide om, at tektonik burde man nok i højere grad kunne gøre til videnskab end til kunst, som det jo var - for hans vedkommende i hvert fald”.

Det tætte samarbejde bliver dog besværliggjort, da Asger Berthelsen bliver udnævnt som den første geologiprofessor på Århus Universitet i 1962. Men allerede et par år efter dukker der endnu en geologstilling



Erling Bondesen fanget i et koncentreret øjeblik i 1961 - året efter magistergraden i geologi var kommet i hus. Privatfoto.

op i Århus. Den søger og får Erling Bondesen, og han ser frem til igen at arbejde tæt sammen med Asger Berthelsen. Næsten samtidig bliver Berthelsen dog kaldet til et professorat i København. Bondesen står derfor med valget mellem et tæt samarbejde med Berthelsen eller den nye stilling på Århus Universitet.

"Og da jeg selv er århusianer, så havde jeg glædet mig meget til at komme derover", fortæller Erling Bondesen.

Bondesen siger derfor i 1964 farvel til det københavnske universitetsmiljø for at starte på en frisk i Århus. Og samarbejdet med Berthelsen? Det kommer aldrig rigtig i gang.

På dette tidspunkt har Erling Bondesen allerede fået det første glimt af det, som senere skal udvikle sig til pladetektonikken. Tuzo Wilsons Nature-artikel om sammenhængen mellem vulkanøers alder og deres afstand til oceanryggene er udkommet i 1963<sup>31</sup>, og et par år senere er Vine og Matthews' Science-artikel om havbundens zebrastriber - det magnetiske anomali-billede ved oceanryggene - udkommet<sup>32</sup>. Og det er noget, som gør indtryk på Bondesen:

"Jeg skal indrømme, at da jeg læste de ting, da

hævede jeg øjenbrynene. Det skal lige siges", fortæller Bondesen.

Men han indrømmer samtidig, at det desværre ikke fik hans tektoniske verdensbillede til at give mere mening:

"Oceanbundsundersøgelser lå meget fjernt fra, hvad jeg ellers beskæftigede mig med. Så jeg kunne ikke rigtig forstå det".

Bondesens VARV-artikel om bjergkædedannelse fra 1965<sup>2</sup> inddrager da heller ikke de nye forskningsresultater, men bygger videre på den veletablerede geosynklinalteori.

### En lang vej til omvendelsen

De kommende år - frem til 1969 - arbejder Erling Bondesen hver sommer i Vestgrønland.

"Blandt andet havde jeg fået en stor bevilling fra Carlsbergfondet, som medførte, at vi startede på at lave kortbladet Agto. Og grunden til det var dybzo-netektonikken, som jeg dengang anså for at være noget særligt".

I det vestgrønlandske området er der mange tegn på pladetektonik. Det får nu ikke Bondesen og hans geologkolleger til at tænke i de baner.

"Pladetektonikken havde faktisk ikke nogen større plads. Det er sjovt nok, fordi"... Bondesen peger på et geologisk kort:

..."der er ingen tvivl om, at de zoner har en eller anden pladetektonisk sammenhæng. Det kan man senere se".

Pladetektonikkens tankesæt skulle altså ikke komme fra hans egen gruppe tektonikere og strukturgeologer. Den skulle komme fra en helt anden kant.

"Den der først - sådan husker jeg det - overhovedet beskæftigede sig med pladetektonikken, og kom og snakkede om det, det var Troels Østergaard".

På det tidspunkt - i 1970 - har Erling Bondesen etableret en afdeling af Dansk Geologisk Forening i Århus.

"Da var Troels en af de første, vi havde ovre at holde foredrag. Og det var sjovt nok, fordi jeg mener at kunne huske, at Troels tog kontinentaldrift og pladetektonik meget alvorligt. Han sagde, at det her er altså virkelig noget".

Det er dog ikke noget, som for alvor bider på tektonikeren Erling Bondesen. Der skal et længere ophold i Afrika til at overbevise ham om pladetektonikkens relevans. I midten af 1970 rejser han til Ghana på en DANIDA-bevilling. Og i løbet af de to års ophold i Afrika skifter han holdning.

På universitetets geologiske institut i Ghana bliver en ganske ung irsk geolog - Watson - ansat. Den irske geolog er varm tilhænger af kontinentaldrift og har en hel særlig evne til at demonstrere de pladetektoniske principper.



”Hans fremstilling og de diskussioner vi havde, det var noget, der rykkede hos mig. Så jeg kom hjem fra Afrika som overbevist og brugte pladetektoniken”.

Erling Bondesen kom i 1972 hjem til et professorat på Roskilde Universitetscenter.

”Det var jo kun Naturvidenskabelig Basisuddannelse, som der kunne blive tale om. Så jeg havde ikke mulighed for at bruge det ret meget i undervisningen. Men jeg havde i den grad accepteret det nye paradigme”, fortæller Bondesen.

Erling Bondesen erkender, at det var et sent tidspunkt at blive wegenianer på. Men han ser det som et meget typisk specialistfænomen.

”Det, der er interessante, synes jeg, ... det er, at hvis vi kan kalde tektonikerne i denne henseende for specialister, så er det de sidste, der giver sig”.

Og VARVs 1965-udgave synes at give Erling Bondesen ret. For det er hverken kontinentaldrift, magnetiske anomalier eller oceanbundsspredning, som Erling Bondesen skriver om i det første nummer, som udkommer det år VARV. Det er i stedet bjergkædedannelse - baseret på den herskende geosynklinalteori<sup>1</sup>. Til gengæld optræder der i næste nummer af VARV en artikel med titlen *Sejlende kontinenter*<sup>3</sup>, skrevet af

Valdemar Poulsen, søn af professor Christian Poulsen og selv senere palæontologi-professor i København. Og her er alle de nye ideer samlet: kontinentaldrift, oceanbundsspredning og konvektionsstrømme i kappen.

Som tektonisk *ikke*-specialist kunne Valdemar Poulsen sagtens nøjes med de store tektoniske linjer, når de bare passede med de palæontologiske data. Til gengæld kunne specialisten - tektonikeren - ikke acceptere en teori, som stadig havde en masse mangler.

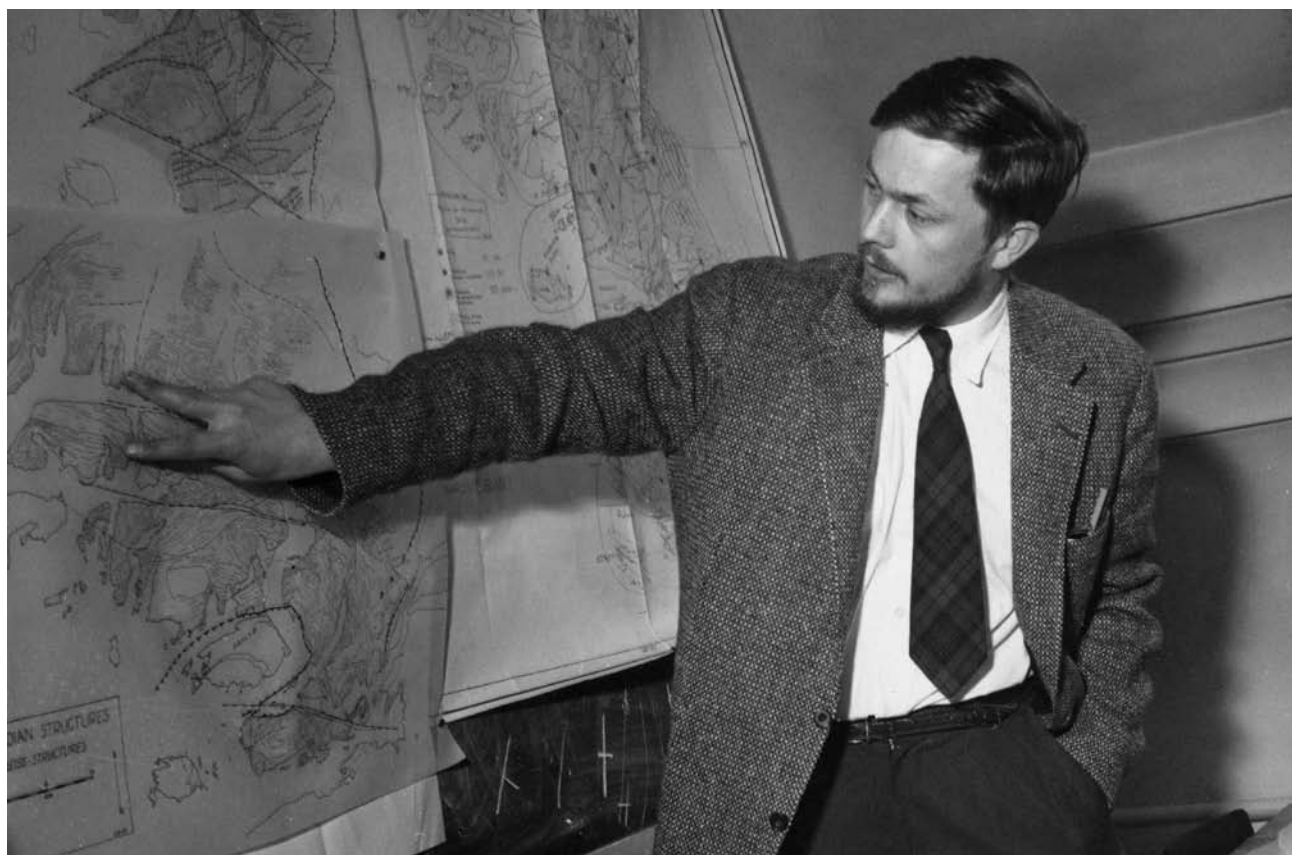
”Og det er ret almindeligt ved paradigmeskift, ud fra den betragtning, at specialisten - han stiller de største krav til teoriens holdbarhed og verifikation af forskellige udsagn”, forklarer Erling Bondesen.

*Han har vel også mest på spil?*

”Ja, det er rigtigt, det hænger jo sammen på den måde, at det er ham, der skal æde de største kameler”.

### **Kamelerne skal ædes**

En af dem, som skal gabe over rigtig store kameler er Asger Berthelsen. Allerede i sine studieår i 1950-erne rager han godt op i geologmiljøet som toneangivende strukturgeolog og tektoniker, og de næste 30-40 år er han dansk geologis tektoniske fyrtårn.



Asger Berthelsen som ung geolog i 1958. Han fik meget tidligt en central betydning for strukturgeologi og tektonik i Danmark og prægede forskningsmiljøet inden for disse felter i flere årtier. Arkivfoto: GEUS.

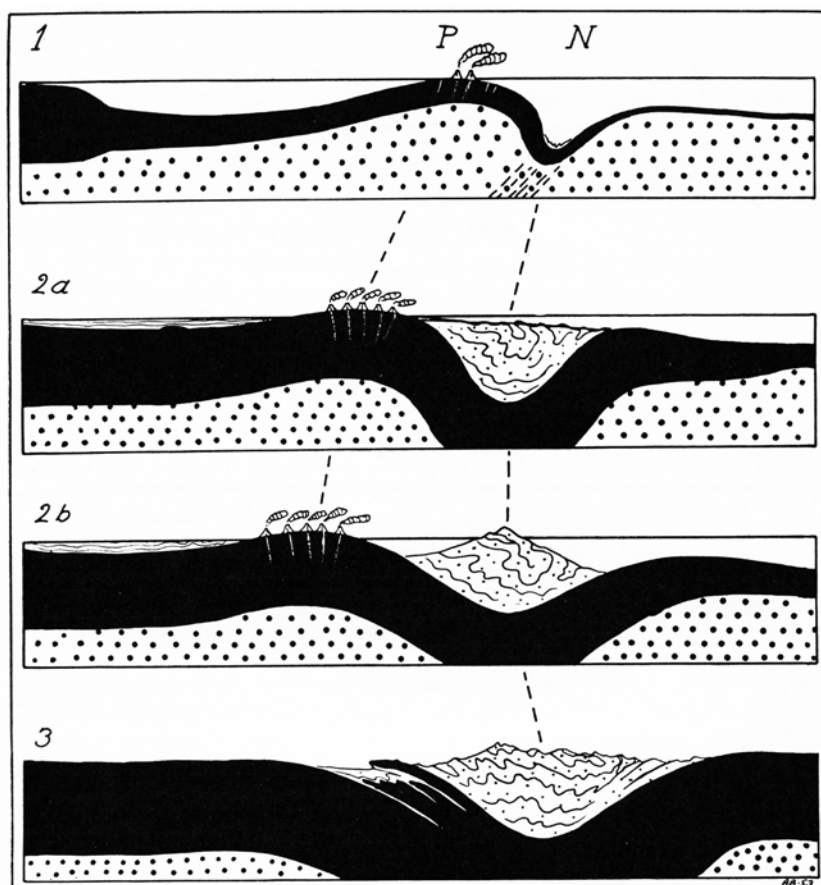
Fra denne position benytter han ofte lejligheden til at skyde kontinentaldrift-teorien ned. I en artikel om dannelsen af bjergkæder i Naturens Verden fra 1953 skriver han<sup>48</sup>:

”Skal man forklare bjergkædernes dannelse ved at antage, at kontinenterne har bevæget sig flere tusinde km og presset bjergene op foran eller imellem sig, så må men gøre sig klart, at denne forklaring, som Wegener anvender den, kun indebærer muligheden for dannelsen af de alpine foldebjerge (fra slutningen af jordens middelalder og begyndelsen af den nyere tid), men intet byder til forklaring af dannelsen af foldebjergene fra jordens urtid, oldtid og middelalder (de prækambriske, kaledoniske og variskiske foldebjerge)”.

Nej, når det gælder bjergkædedannelse er der for Asger Berthelsen meget mere *raison* i geosynklinal-teorien. I samme artikel skriver han:

”Den enkleste og samtidig eneste mulige forklaring er den, at der sker en nedbukling af jordskorpens øvre del, sial-laget... En sådan nedbukling betegnes nu almindeligt som et tektogen... Vi tvinges derfor at konkludere, at deformationen og de dermed forbundne processer skyldes en nedbukling. At tektogenet derefter, når de sammenpressede kræfter har fået udløsning og derfor har ophørt at virke, giver sig til kende på jordens overflade som en bjergkæde, skyldes den isostatiske ophævnning (der overstiger erosionens nedbrydning) af det lettere nedbuklede sial-lag i det tungere sima. Buklen tvinges op som en klods træ, der har været presset ned i vand”.

En nærmere forklaring på, hvilke kræfter i Jordens indre, som kan forårsage en nedbukling af jordskorpen i en geosynklinal, fremgår ikke af artiklen.



Denne figur til forklaring af en bjergkædes dannelse viser Asger Berthelsen allerede i en artikel i Naturens Verden fra 1953<sup>48</sup>. Her optræder den indsynkende geosynklinal som en del af et større geologisk kompleks - et *tektogen*, og denne betegnelse genfindes i dansk geologisk litteratur de næste mange år. Udgangspunktet for geosynklinalen - den øverste tegning - er dybgraven og den tilhørende øbue, som kendes fra den østlige del af Stillehavet. Subduktionszonen er markeret under dybgraven/geosynklinalen. Den tolkes dog ikke i denne artikel som en subduktionszone, men relateres til kontraktionsteoriens kompressive mekanismer.

Syv år efter, i 1960 - bare et par år før han tiltræder sit første professorat - holder Berthelsen foredrag i Dansk Geologisk Forening med titlen *Canada-Grønland, en geologisk sammenligning*<sup>49</sup>. Her slutter han foredraget:

"Canadas og grønlands geologiske udvikling rummer mange fælles træk. Dette gælder måske først og fremmest Prækambriet, hvor lighederne er så iøjnefaldende, at man ikke kan undgå at komme på den tanke, at de to landmasser tidligere må have ligget tættere på hinanden. Efter Wegeners opfattelse skulle Baffins Bugten og Davids Strædet også være opstået ved Grønlands 'drift' bort fra Canada. Wegener forestillede sig, at denne drift fandt sted i Tertiær. Med vort nuværende kendskab til den variskiske foldekæde i arktisk Canada og Nordgrønland kan denne mulighed udelukkes, da foldekæden fortsætter ufor-skudt over Smith Sund"...

Ved en tidligere lejlighed, i 1958, har Berthelsen holdt foredrag i Geografforeningen. Foredraget har titlen *For og imod Wegener*<sup>50</sup>, og selv om der ikke foreligger noget referat fra mødet, er det nok ikke for meget at sige, at Berthelsen sandsynligvis har fremført flest argumenter imod Wegeners kontinentalteori - set i lyset af hans holdning både før og efter foredraget.

Asger Berthelsen har ikke ønsket at bidrage til denne artikel gennem et egentligt interview. Han fortæller dog, at når han i dag skal se tilbage på den tid, så var han længe modstander af Wegeners teori, og han havde store problemer med at acceptere bjergkædernes sammenhæng med kontinentaldrift: For hvad med den kaledoniske foldning, og hvad med alle de prækambriske foldninger? Så skulle der være flyttet godt rundt på kontinenterne, og det kunne han ikke kapere på det tidspunkt, forklarer han.

Først i 1975 ser vi for alvor Asger Berthelsen med vægtige argumenter til støtte for Wegeners kontinentaldrift og for pladetektonikken, som i mellemtiden er dukket op som den altfavnende forklaring på de drivende kontinenter. Asger Berthelsen udgiver *Lærebog for den lille tektoniker*<sup>51</sup>, og her tilegner han ni sider til kontinentaldrift, oceanbundsspredning og pladetektonik. Der er ingen tvivl om, at Danmarks mest fremtrædende tektoniker på dette tidspunkt har taget det nye tankesæt til sig. Men der er langt fra Asger Berthelsens fremstilling til den entusiastiske gennemgang, som optræder i den samtidige bog *Den nye geologi* af Troels V. Østergaard<sup>29</sup>. Og Berthelsen kan stadig ikke lade være med at give pladetektonik-tilhængerne en lille skuldertackling. Når talen på side 186 falder på Alperne, kan man derfor læse:

"Der er i de seneste år - efter pladetektonik-teoriens gennembrud - publiceret adskillige profiler og modeller, der skal vise, hvorledes Alpernes strukturer kan "for-

klares" i lys af denne nye teori. Nogle af disse profiler er dog så primitive, at de oplyser mindre om Alpernes geologi end om forfatternes viden om dette emne".

For Erling Bondesen er Asger Berthelsen et typisk eksempel på specialisten:

"Du skal ikke finde accept blandt dem, der egentlig burde forelæse om det. Det er de andre, det skal komme fra".

Karakteristisk er det da også, at efter Valdemar Poulsens VARV-artikel i 1965<sup>3</sup>, er det en kvartærgeologi-studerende, Steen Sjørring, som næste gang behandler kontinentaldrift-teorien i 1966 i et foredrag i de geologistuderendes klub, STENO<sup>52</sup>. Herefter er det geokemikeren Troels Østergaard, der tager pladetektonik-ideen til sig og skriver flere artikler om emnet i perioden 1969-1972<sup>33, 36, 53</sup>.

Endelig - i 1974 - afholder Dansk Geologisk Forening et fællesmøde med Dansk Geofysisk Forening under titlen *Plate-tektonik*. På mødet holder geofysikeren Vallabh Sharma og magmapetrologen C. Kent Brooks foredrag om henholdsvis geofysiske og vulkanske aspekter ved pladetektonikken<sup>54</sup>. Danske geologer og geofysikere har nu i fællesskab taget den globale tektonik til sig efter et tilløb på næsten ti år.

I en boganmeldelse skriver palæontologen og sedimentologen Finn Surlyk samme år, som mødet bliver afholdt<sup>55</sup>:

"Pladetektonik og kontinentdrift blev med ganske få undtagelser pinligt sent accepteret og doceret ved Københavns Universitet".

Men ifølge Erling Bondesen er det hverken pinligt eller usædvanligt - det er et typisk træk ved et paradigmeskifte, at dem, som *kan* forelæse om det nye paradigme - specialisterne, ikke gør det, for de er de sidste til at acceptere det nye paradigme<sup>56</sup>.

### En tysk meteorolog

Alfred Wegeners kontinentaldriftteori var på mange måder sine konkurrenter - permanensteorien og kontraktionsteorien - overlegen. Især var spændvidden af argumenter for kontinentaldriften overvældende. Wegeners argumenter var ikke bare geologiske. De var også geofysiske, geodætiske, palæbiografiske, palæoklimatiske og astronomiske. Og Wegener lagde selv stor vægt på diversiteten af de fænomener, som kunne forklares med teorien.

Det kunne umiddelbart virke som en styrke. Men ifølge videnskabssteoretikeren Helge Kragh<sup>57</sup> var den brede vifte også Wegeners akilleshæl. De fleste videnskabsfolk vurderede ikke kontinentaldrift teorien i sin helhed men primært inden for deres eget forskningsfelt. Og med et sådant snævert perspektiv var det ikke vanskeligt at finde fejl og svagheder. Af naturlige årsager var Wegener ikke så velfunderet i geofysik, geologi og biologi. Der var derfor mange huller i hans

teori, som eksperterne på de enkelte fagområder kunne angribe - og det gjorde de.

Helge Kragh peger på endnu en medvirkende årsager til, at Alfred Wegeners ideer havde vanskeligt ved at slå igennem. Han var ikke bare meteorolog - altså lægmand ud i geologi og geofysik. Når visse modstandere for alvor skulle nedgøre ham, omtalte de ham som *tyisk meteorolog*.

Også Erling Bondesen oplevede, at det var andet end videnskabelig modvilje, som gav Wegeners kontinentaldrift-teori problemer i 50-ernes Danmark. Anden Verdenskrig var ikke langt væk i folks bevidsthed, og Bondesen fornemmede klart en antitysk modvilje mod Wegener, selv om den aldrig blev direkte formuleret af datidens geologer.



Alfred Wegener udførte vigtige meteorologiske undersøgelser på sine ekspeditioner til Grønland. Men at han var meteorolog - og tilmed tysker - gav ikke mange point til hans kontinentaldrift-teori blandt videnskabsfolk inden for geologi, geofysik og biologi. Her ses Wegener til venstre sammen sin assistent Rasmus Villumsen på den grønlandske indlandsis i 1930 få dage før, han omkom. Foto: Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research.

## Den grønlandske udgave

Henning Sørensen, Erling Bondesen og Asger Berthelsen har alle slidt deres første fjeldstøvler op i de grønlandske fjelde. Ligesom mange andre både før og efter.

En af dem, som efter magistereksamen bliver ved med at vende støvlesnuderne mod Grønland, er Erling Bondesens studiekammerat, Niels Henriksen - bedre kendt som Oscar i store dele af geologmiljøet. Oscar bliver i 1963 - efter eksamen og aftjent militærtjeneste - ansat på det daværende Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU). Og her fortsætter han, indtil han i 2000 bliver pensioneret fra sin stilling som statsgeolog ved det, som nu hedder Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS). I mellemtiden slider Oscar adskillige par feltstøvler op på sine 35 somre i Grønland - heraf 25 som ekspeditionsleder.

### I Lauge Kochs fodspor

Niels 'Oscar' Henriksen indleder sin geologiske karriere i Vestgrønland. Men i 1967 bliver han sendt på rekognoscering i Østgrønland, og året efter får han overdraget ansvaret for kortlægningen i Øst- og Nordøstgrønland. Oscar kommer dermed til at gå i fodsporene på den karismatiske, danske geolog, Lauge Koch, som i årene 1926-1958 havde forestået en omfattende regional-geologisk kortlægning af Øst- og Nordøstgrønland.

En retssag over en geologisk fagstrid i slutningen af 30-erne havde dog skabt en dyb kløft mellem Lauge Koch og de øvrige danske geologer<sup>58</sup>.

"Der var en konfliktsituation i dansk geologi mellem Koch-gruppen på den ene side og hele det etablerede danske system på den anden side - på Geologisk Museum og Universitetet. De snakkede ikke sammen,



Niels 'Oscar' Henriksen under geologisk feltarbejde i Østgrønland i 1976. Landskabet med isfyldte fjorde og stejle klippesider er typisk for den ydre del af fjordzonen. Ofte er vejret stabilt i længere perioder om sommeren med højt solskin og op til 10-15 graders varme, og dele af Østgrønland går derfor under navnet den "Arktiske Riviera". Arkivfoto: GEUS.

de var simpelt hen i åben krig mellem hinanden”, fortæller Oscar.

Så frem til sin sidste ekspedition i 1958 hyrede Koch næsten udelukkende udenlandske kolleger til sine ekspeditioner i Øst- og Nordøstgrønland. Blandt disse var den svejtsiske geolog John Haller, som blev Kochs chefgeolog og senere stod for sammenstillingen af den geologiske kortlægning i Nordøstgrønland i en række geologiske kort med kortserierne i 1:250.000<sup>59</sup> og 1:1.000.000<sup>60</sup> som de vigtigste. John Hallers klassiske tolkning af den kaledoniske bjergkædes opbygning i Øst- og Nordøstgrønland skulle i de næste mange år få stor betydning for den geologiske opfattelse af Kaledoniderne. Og da hans opfattelse og beskrivelse i vid udstrækning blev gengivet i den internationale geovidenskabelige litteratur, medvirkede det til at forsinke kontinentaldriftens og pladetektonikkens indtog i Øst- og Nordøstgrønland.

I 1958 rekognoscerede Lauge Koch og ekspeditionens geologer i Scoresbysund-området. Det blev dog sidste år for Kochs og Hallers geologiske feltaktiviteter i Grønland, og de næste år arbejder Haller derfor udelukkende videre med det materiale, som indtil da er blevet indsamlet. Oscar forklarer:

”Så opstod det her problem med, at Koch ikke kunne få bevillinger på grund af en konflikt mellem ham og ministeriet. Der ligger en hel masse til grund for det, som er lidt uforståeligt, men det er i hvert fald helt klart konfliktrelateret, at man fra Ministeriets side har stoppet bevillingerne til ham”.

”Alt det materiale, der var indsamlet gennem mange års Koch-ekspeditioner, var løbende blevet publiceret i Meddelelser om Grønland, men der manglede en sammenfattende fremstilling og en sammen-tegning af alle de geologiske kort. Dette store arbejde blev overdraget til John Haller, der ved en målrettet indsats gennem årene i begyndelsen af 1970-erne fik samlet og publiceret en række store oversigter over resultaterne”.

Da penge-kassen bliver smækket i, stopper al dansk geologisk kortlægning i det østlige Grønland - det er et alt for konfliktfyldt område at bevæge sig ind i. Først i 1967 - tre år efter Lauge Kochs død - bliver et par feltstøvler med en dansk geologfod indeni atter sat på landjorden i Østgrønland:

”Der gik fra 1958 helt frem til 1967, før man kunne begynde igen at lave noget i Østgrønland. Da fik GGU mulighed for at begynde en større opfølgning i netop det område, Scoresbysund-området, som Koch-gruppen havde planlagt at arbejde i fra 1959, men hvor de altså var blevet stoppet efter 1958-sæsonen. Derfor var det naturligt, at GGU - som det første - gik ind i det område”, fortæller Oscar.

## Brobyggeren

Niels 'Oscar' Henriksen er i 1967 af den overbevisning, at kortlægningen skal udnytte og direkte bygge videre på det store geologiske arbejde, som tidligere er udført i af Koch-gruppen. Derfor er det af afgørende vigtighed for ham, at der bliver bygget bro mellem GGU og John Haller. Så han tager i 1968 kontakt med Haller, som efter Grønlandsårene har fået et professorat på Harvard Universitet i Boston. Gennem de næste år mødes Haller og Oscar igen i Boston, og Haller kommer flere gange til GGU i København. Forbindelsen mellem John Haller og flere geologer i GGU udbygges derfor hurtigt, og på trods af det tidligere konfliktfyldte forhold mellem de danske geologer og Lauge Kochs folk lykkes det for Oscar og hans GGU-kolleger at etablere et tæt og for-troligt forhold til Haller. Som forberedelse til GGUs arbejde tager Oscar også til Svejs for at møde andre af de svejtsiske geologer, som Lauge Koch havde engageret til sine sidste ekspeditioner. Også det brobyggeriet går over al forventning.

”Det endte så med, at jeg fik mange svejtsiske geologer med til Kaledoniderne. Så vi havde folk med fra universiteterne i Zürich, Bern og fra Basel i et snævert samarbejde med vores egne folk. Det gjorde, at vi fik en meget harmonisk overgang fra Koch-perioden til GGU-perioden med fuld forståelse af hinandens problemer og accept... Vi diskuterede og var uenige om alt muligt, men i store træk så synes jeg, at det var en meget harmonisk overgang”, vurderer Oscar.

Den harmoniske overgang havde dog også en pris for Oscar og hans GGU-kolleger. Deres tolkning af Øst- og Nordøstgrønlands Kaledonider, som er et storslået eksempel på kontinentaldrift og pladetektonik, byggede nemlig i stor udstrækning på videre Hallers opfattelse af den geologiske dannelseshistorie. Og den havde ikke noget med pladetektonik at gøre:

”John Haller, som stod med en hel masse af vores centrale basisinformation om Østgrønland, var faktisk utrolig skeptisk, når diskussionen drejede sig om de moderne opfattelser af årsagerne til bjergkædedannelserne”, fortæller Oscar.

## Den østgrønlandske geosynklinal

Hallers opfattelse af den kaledoniske bjergkædedannelse var den klassiske på den tid. Han mente, at hele den 1300 kilometer lange blotlagte del af Kaledoniderne i Østgrønland simpelthen var sket på stedet efter en lang periode med geosynklinal-indsynkning. I Hallers berømte værk om Østgrønlands Kaledonider<sup>61</sup> fra 1971 kan man da også finde hele 71 henvisninger til geosynklinaler i bogens indeks, mens kontinentaldrift kun nævnes en enkelt gang, nemlig i forbindelse med en ganske kort omtale af Alfred Wegener. Pladetektonik nævnes ikke en eneste gang.



◀ I sommeren 1995 skal man drage til Grønland for at træffe Niels 'Oscar' Henriksen- ligesom i 34 øvrige somre i Oscars feltprægede geolog-liv. Foto: GEUS.

Et af de vigtige elementer i geosynklinal-tolkningen af Nordøstgrønland er den kilometertykke proterozoiske sedimentpakke, Eleonore Bay Supergruppen. Der er hovedsagelig tale om lavmarine aflejringer, der passer som skræddersyet til geosynklinal-teorien. Om Hallers opfattelse af Eleonora Bay sedimenterne og de metamorfe bjergarter nedenunder forklarer Oscar:

"Hele opfattelsen af Eleonore Bay-lagserien er startet som et geosynklinal-koncept, hvor der var den her enorme lagserie, som alle kendte til på det tidspunkt - 18 km eller noget i den størrelsesorden. Og det er en - med datidens øjne - typisk geosynklinal-sekvens (...) Glimmerskifrene, der ligger som tykke mægtigheder under de uomdannede sedimenter, blev tolket som omdannede dele af Eleonore Bay-lagserien. Det blev af Haller-gruppen betragtet som metamorfoserede geosynklinal-sedimenter".

Og det er dette - Hallers tankesæt - der er med til at præge både de danske og udenlandske geologer i den første kortlægningsperiode fra GGUs side i 1968-1972. Selv om GGU-geologerne hurtigt indser, at der under glimmerskifrene forekommer et underlag af prækambrisk grundfjeld, som indgår i den kaledoni-

ske bjergkædefoldning, så sætter de det ikke for alvor ind i en pladetektonisk sammenhæng.

*Så pladetektonik var ikke noget I diskuterede, mens I kortlagde?*

"Nej, vi havde klart en opfattelse af mere traditionelt præg. Vi var godt klar over, at det med geosynklinal-teorien var på vej ud, men alligevel var der en manglende erkendelse af, at hoveddynamikken i det her var pladetektoniske processer. Jeg tror ikke, det kommer ind, før vi kommer hen i midten af 1970-erne eller deromkring. Der var ikke nogen af os, der var meget fremme i skoene, hvad det angår", indrømmer Oscar.

"Pladetektonik havde jeg mest som en baggrundsopfattelse, som var begyndt at komme ind i litteraturen, og som vi selvfølgelig kastede sig over og læste med stor interesse, fordi det var nyt og epokegørende. (...) Men det indgik ikke i vores opfattelse af, hvordan vi skulle tolke de ting, vi så og arbejdede med under vores kortlægning", fortæller Oscar og fortsætter:

"Vi kommer ikke ind på pladetektonik i alt det, vi har skrevet fra perioden i begyndelsen af 1970-erne. Det kommer først ind et trin senere".

## Erkendelsen

Men allerede under feltarbejdet i 1968-1972 kommer Oscar og hans GGU-kolleger til en erkendelse af, at Kaledoniderne er domineret af voldsomme overskydninger.

Visse steder er skiver af grundfjeld og overliggende sedimenter transporteret flere hundrede kilometer mod vest - ind over det grønlandske grundfjeldsskjold og overliggende kambriske sedimenter. På den måde er et op til 700 kilometer bredt bælte blevet trykket sammen til bare 300 kilometers bredde. Det fulde billede har Oscar dog ikke på det tidspunkt. Men opdagelsen af overskydningerne fortæller alligevel Oscar og hans kolleger, at der er ugler i mosen, og at Kaledoniderne ikke kan være dannet ved en simpel hævnning af geosynklinal-sedimenter.

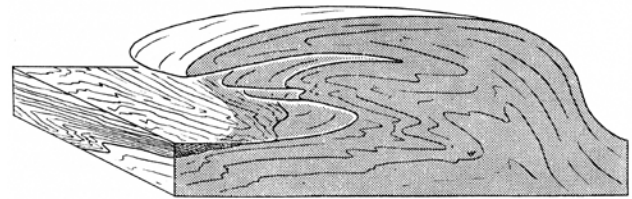
Men der skal gå et par år efter den første feltperiodes afslutning i 1972, før GGU-geologerne bliver overbevist om, at Kaledoniderne er resultatet af, at de to gamle kontinenter Laurentia og Baltica for 400 millioner år siden kolliderede med voldsom kraft. En kollision, der førte til, at bjergarter langs randen af de to tidligere kontinenter blev foldet og skudt ind over hinanden og dannede en næsten 70 kilometer tyk jordskorpe - dobbelt så tyk som før kollisionen.

"Langsomt går det op for os, at den type af mekanismer er det grundlæggende for vores forståelse af Kaledoniderne. Og pladeteknikken som tolkningsmodel kommer ind i den periode - fra midten af 1970-erne og fremad", fortæller Oscar.

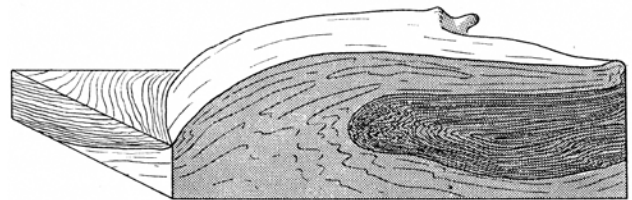
Så da John Haller i 1974 modtager Dansk Geologisk Forenings Steno-medalje for sin centrale rolle i udforskningen af Grønlands geologi, er GGU-geologerne overbevist om pladeteknikkens vigtige rolle. Derimod er John Haller stadig noget forbeholden, og hans medaljeforedrag står stadig lysende klart i Oscars erindring:

"I forbindelse med medaljeoverrækkelsen bliver Haller selvfølgelig inviteret hertil og holder forelæsning. Det var en fremragende forelæsning. Jeg husker meget tydeligt, at han var meget forbeholden over for teorierne om kontinentalforskydning. Blandt andet prøvede han at analysere mange af de nye magnetiske anomalimønstre, som man kendte fra oceanområderne. Han var på mange måder skeptisk over for tolkningen af dem og fremførte, at de meget små udsving, som afspejler de her anomalier, de er i virkeligheden krusninger på overfladen af et meget større magnetisk billede. Så han har forbehold".

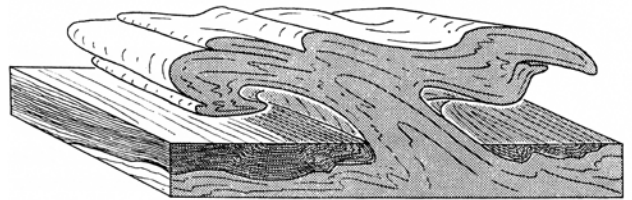
Oscar peger også på et DGF-foredrag to dage senere med titlen *Huttonian tectonism - the role of plutonic expansion in orogeny*<sup>62</sup>, hvor Haller vælger en intrusionsløsning på de fænomener, som snarere skal forklares ved pladetektonisk overskydning af skiver med krystallinske bjergarter.



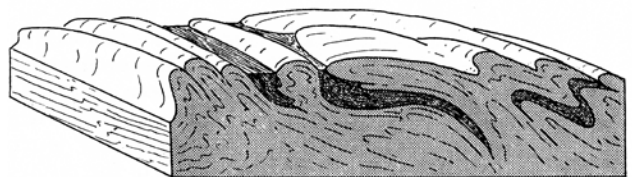
FOREHEAD ————— 5 KM



SHEET ————— 25 KM



MUSHROOM ————— 12 KM



COMPLEX ————— 35 KM

John Haller tolkede mange østgrønlandske strukturer som storskala intrusioner, som her i en illustration fra hans bog om de østgrønlandske kaledonider<sup>61</sup>. Mange af strukturerne har vist sig at være overskydninger, der skyldes pladetektonik.



Først flere år senere overbevises John Haller efterhånden om eksistensen af de pladetektoniske mekanismer, og i en afhandling fra 1979<sup>63</sup> beskriver han Himalaya bjergkædens dannelse som resultatet af kontinentalforskydninger og pladetektonik.

Trods John Hallers pladetektoniske fodslæberi er Niels 'Oscar' Henriksen stadig en stor beundrer af Haller. Og han anerkender til fulde Hallers store betydning for kortlægningen af Kaledoniderne, selv om Hallers indflydelse samtidig betød en forsinkelse af pladetektonikkens indtog i det østlige Grønland. For mange af overskydningerne er faktisk ekstremt vanskeligt at erkende. Og det endelige bevis for overskydningerne i Østgrønland kommer da også på et meget sent tidspunkt, 13 år efter Hallers død:

"Den meget håndfaste dokumentation for det får vi først under feltarbejdet i 1997. Vi havde før da en opfattelse af, at det nok var sådan, men den håndfaste dokumentation finder vi først i 1997", fortæller Oscar, og fortsætter:

"Det meget håndgribelige bevis, som alle accepterede, fandtes, da man under de metamorfe bjergarter

fandt umetamorfoserede sedimenter med fossiler - kambriske fossiler", forklarer Oscar.

Det endelige bevis for eksistensen af store overskydningsdækker i den sydlige del af Kaledoniderne i Østgrønland ligger gemt dybt inde i Kejser Franz Joseph Fjord. Erosion omkring Gerard de Geer Gletsjer har dannet et tektonisk vindue i de proterozoiske metasedimenter - Målebjerg-vinduet<sup>64, 65</sup>. Her kan GEUS-geologerne kigge ned til en fossilholdig lagserie af sandsten og karbonater. De proterozoiske glimmerskifre er 500 millioner år ældre end de fossilholdige kambriske sedimenter.

Den omvendte lagstilling - med ældre bjergarter oven på yngre - kan kun være dannet ved en tektonisk overskydning, hvor en mange hundrede meter tyk skiveformet ældre bjergartsenhed er skudt ind over de yngre lagserier. De senere års intense kortlægning af kaledoniderne i Østgrønland har vist, at der mange andre steder i bjergkæden forekommer lignende overskydninger, og det er med til at sætte Kaledoniderne ind i en pladetektonisk sammenhæng<sup>66</sup>.



Målebjerg i Østgrønland er et vigtigt bevis på, at de østgrønlandske Kaledonider er et resultat af pladetektoniske bevægelser. Den østvendte stejlside af Målebjerg er et såkaldt tektonisk vindue. Her ser man de 520 millioner år gamle kambriske sedimenter overljet af dobbelt så gamle metamorfe glimmerskifre. Den omvendte lagstilling er dannet ved en tektonisk overskydning på flere hundrede kilometer, hvor den ældre bjergartsenhed er skudt ind over de yngre lag langs forkastningsplanet markeret med stiplede linje. Foto: Anthony K. Higgins, GEUS.

## Studerende i pladetektonikkens efterdønninger

Efter to års intense studier på Københavns Universitet, et utal af støttefag og en veloverstået naturgeografiek-samen skal jeg - denne artikels forfatter - den 31. maj 1979 langt om længe op til førstedelseksamen i geologi.

Jeg er en af de sidste, der skal vise, hvad jeg har suget til mig af geologisk visdom, og det er gået hæderligt for flere af mine studiekammerater. Så det er med fortrøstning, jeg træder ind ad døren og drejer skråt mod højre, hvor lektorerne sidder bænket ved det grønklædte bord.

De små hvide papirlapper ligger spredt ud på den grønne baggrund. Om det er til højre eller til venstre, jeg rækker hånden ud, husker jeg ikke. Men ordene på bagsiden af den seddel, jeg langsomt vender, husker jeg lysende klart:

*"Oceanbundsspredning, pladetektonik og kontinental-drift".*

Og lad mig sige det med det samme: det er ikke nogen pragtpræstation, jeg leverer. Men jeg får da hakket mig gennem begreberne uden dog på noget tidspunkt at føle mig som herre over situationen.

### Noe-Nygaards geologiske anekdoter

Egentlig burde forudsætningerne have været til stede for på stilsikker vis at fremlægge den globale tektoniske sammenhæng ved eksamensbordet - også selv om det var første semester-stof. Hver eneste torsdag formiddag havde vi i efteråret 1977 fået afsløret geologiens dybeste hemmeligheder i skikkelse af professor Arne Noe-Nygaards fremragende forelæsninger. Og jeg havde ikke pjækket én eneste gang.

Professorens optræden på podiet i Geologisk Museums auditorium var en særforestilling - hver gang. Jeg har aldrig mødt en geologisk forelæser, som på den måde kunne tryllebinde med sine anekdoter om jordskælv, bjergkæder, og *pahoehoe* lava. Det var kongelig underholdning, når han i stiligt jakkesæt under den nystrøgne hvide kittel styrede lysbilledshowet med pegepindens banken i gulvet. Altid timet med en klar pointe, når viseren på auditoriets vægur tikkede op på hel.

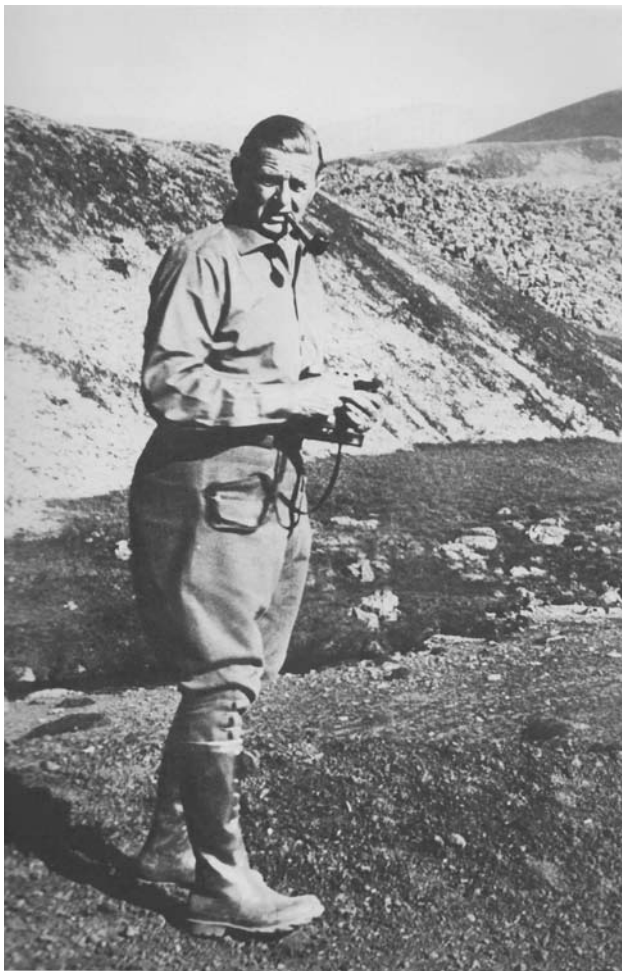
Men selv om Noe-Nygaards forelæsninger gjorde et uudslætteligt indtryk på mig, så har jeg overhovedet ingen erindring om hans forelæsning om kontinental-



Den friske luft trækker stadig i artiklens forfatter 30 år efter hans første Grønlands-ekspedition. Her er de grønlandske bjergtoppe dog erstattet med Anholts lyngklædte bakker. Privatfoto.

Artiklens forfatter på sin første Grønlands-ekspedition i 1978 - kun et år efter studiestart. Denne første optræden i den orange anorak-uniform er øjensynlig en ganske alvorlig affære. Privatfoto.





drift og pladetektonik. Det var simpelthen ikke noget, der blev gjort et stort nummer ud af - sådan oplevede vi det i hvert fald som studerende i 1977. Lærebogen, som Noe-Nygaard forelæste efter, var Arthur Holmes' 1965-udgave af *Principles of physical geology*<sup>9</sup>, der godt nok forklarede om kontinentaldrift og oceanbunds-spredning, men som ikke havde sen-60-ernes plade-tektoniske model med.

Så vi fik ikke pladetektonik ind med modernmælken - ligesom de lidt ældre årgange på Geologisk Institut heller ikke havde fået det. Og det skulle netop være fra den kant - fra vores ældre medstuderende - at vi fik en håndsregning til forståelse af pladetektonikken. "I skulle tage at købe Østergaards bog<sup>29</sup>", rådede de erfarne medstuderende os - så det gjorde vi, selv om Universitetsbogladsens pris på 58 kroner og 95 øre var et voldsomt slag mod det hårdt plagede studenter-budget.

Derfor er det Troels V. Østergaards pædagogiske tegninger, som kører forbi mit indre blik og hjælper mig på vej, mens jeg svedende kaster mig ud i de geologiske forklaringer ved det grønne klæde i 1979.

Arne Noe-Nygaard var en sand *entertainer*, når han forelæste i første semester-stoffet for de geologistuderende på Københavns Universitet. Her er han dog fanget af Asger Berthelsens linse i den islandske natur foran nogle nydannede vulkanske kegler i 1964. Fotoet er tidligere bragt i DGFs festskrift i anledning af hans 70 års fødselsdag i 1978<sup>97</sup>.

### Geosynklinale hovedbrud

Østergaards bog har helt klart et fortrin i form af den nyeste viden om pladetektonikken. Men den appellerer også til os studerende på en anden måde: den er skrevet på dansk.

Jeg husker stadig chokket, da jeg tager Holmes' 1288 sider moppedreng ned fra hylden i Universitetsbog-laden. Ikke bare er bogen tyk og tætskrevet - den er også på engelsk. Og her først på studiet er det hårdt kost både at tilegne sig en helt ny geologisk begrebs-verden og tygge sig igennem en fremmedsproget lærebog. Der går flere år, før jeg for alvor får knækket nøden og begynder at sætte pris på Arthur Holmes' mesterværk.

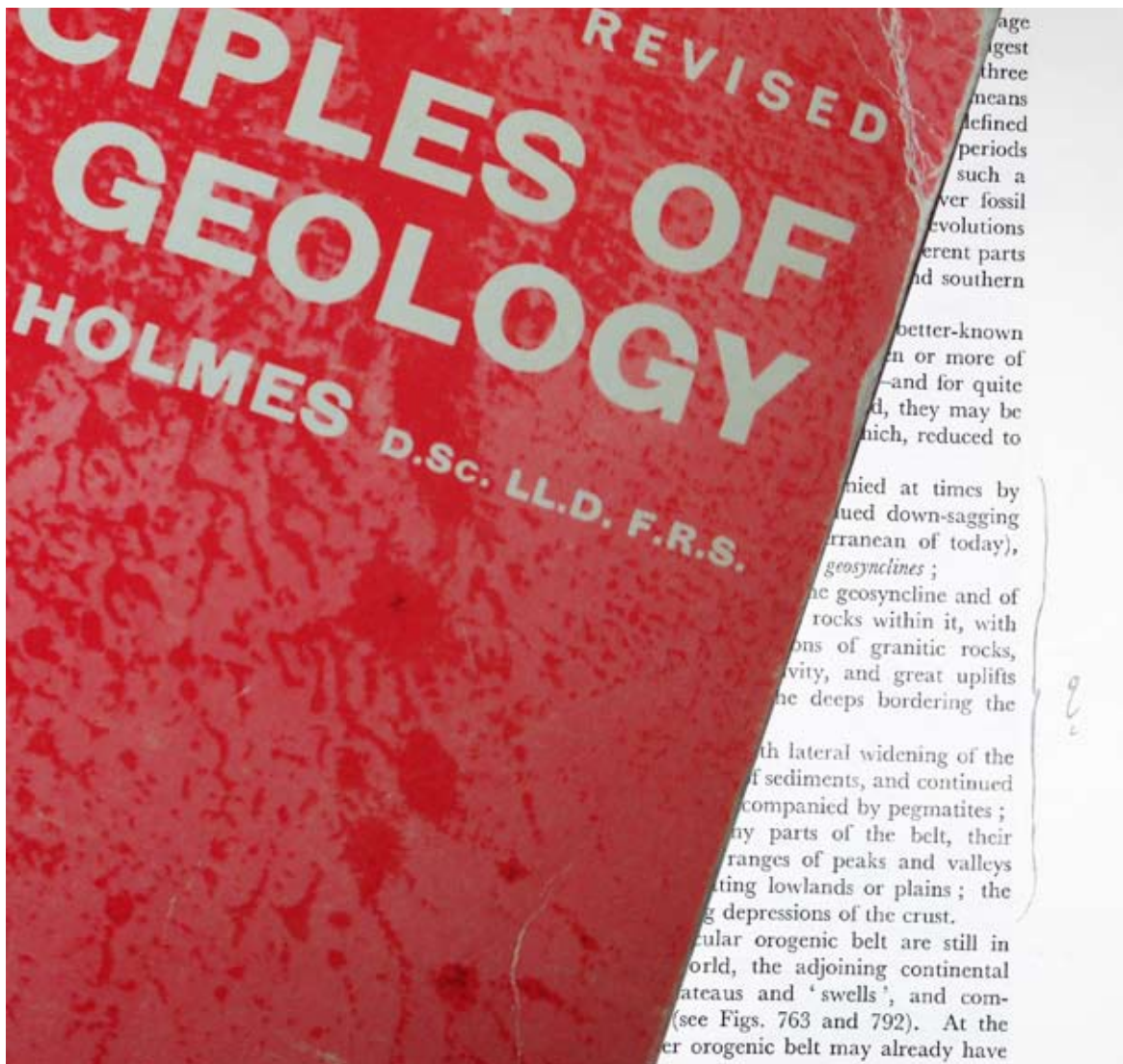
Dengang sidst i 70-erne var det nærmest med ærefrygt, jeg åbnede den tykke bog i det flotte røde omslag. Og jeg kunne ikke nænne at skrive noter i bogen, som med sin pris på 137 kroner og 75 øre var en dyrebar juvel på min boghylde. Når jeg nu bladrer bogen igennem kan jeg faktisk kun finde et eneste notat. På side 161 har jeg med blyant sat en bred tuborgklamme i marginen og et stort spørgsmålstegn.

Det afsnit, som har fået æren af det enkle men sigende notat, handler om geosynklinaler. Det var simpelthen komplet umuligt for mig og mine medstuderende at få geosynklinalebegrebet til at bundfælde sig. Hvorfor skulle der opstå et geosynklinalt rug, som pludselig ophørte med at synke ind for så at poppe op som en bjergkæde? Det gav ingen mening for os. Ikke desto mindre er geosynklinaler med fuld musik og hele orkestrets besætning af eugeosynklinaler, miogeosynklinaler og geantiklinaler en del af pensum til førstedelseksamen i 1979.

Også langt ind i anden del af studiet sætter geosynklinalerne sit præg på undervisningen. I Asger Berthelsens tektoniske kompendium fra 1975<sup>51</sup>, Valdemar Poulsens historisk geologiske kompendium fra 1976<sup>68</sup> og i Tove Birkelund og Valdemar Poulsens kompendium om stratigrafiske principper fra 1978<sup>69</sup> indgår de geosynklinale begreber som en integreret del af teksten.

I Birkelunds og Poulsens kompendium står der således i afsnittet om sedimentbassiners indsynknings-hastigheder:

"Det er ikke muligt at give data fra "eugeosynklinale" lagserier, som altid er stærkt foldede og omdannede...", og videre:



Den eneste kommentar, som artiklens forfatter har indføjet i sit dyrebare eksemplar af Arthur Holmes *Principles of Physical Geology*<sup>9</sup>, er en bred tuborgklamme i marginen og et stort spørgsmålstegn. Æren for denne sigende kommentar er afsnittet om geosynklinaler.

“Indsynkningshastigheden i bassiner, dannet i tilknytning til subduktionszoner, er ikke omtalt her - men må antages at være stor”.

Geosynklinalerne lever altså stadig videre side om side med pladetektonikken - og vi skriver altså 1980, på dette tidspunkt, hvor jeg og mine studiefæller boger os igennem det i øvrigt fremragende kompendium om stratigrafiske principper.

Når jeg i dag tænker tilbage på studietiden, så bliver geosynklinalteorien på intet tidspunkt skudt i sænk og erstattet med en pladetektonisk forståelse af bassindannelse og bjergkædedannelse. Der er heller ingen undervisere, som for alvor tager opgøret med permanentteorien og kontraktionsteorien op og med syvtommersøm fastslår, at der med pladetektonikken er dukket et nyt geologisk verdensbillede op, som skal

danne ramme om al anden geologisk forståelse.

Sammen med mine medstuderende ryster jeg bare på hovedet af geosynklinalerne i takt med, at studiet skrider frem, og vores geologiske selvsikkerhed øges. Efterhånden som vi bevæger os ind i specialestudiet bliver vores verdensbillede indsnævret til lige netop vores eget særlige fagfelt, og det er de færreste, der for alvor får brug for pladetektonikkens begrebsverden for at forstå de - trods alt - begrænsede problemstillinger, som optager os i forbindelse med specialeskriveriet. Vi kommer derfor ud fra institutionen i midt-80-erne med en diffus fornemmelse af, at der er sket et skred i opfattelsen af den globale geologi, men det er vanskeligt for os at sætte ord på denne snigende revolution. Og at det egentlige skred allerede skete i slutningen af 1960-erne står slet ikke klart for os.

## Et paradigme tager form

Kontinentaldriftens sejrsgang i 1960-erne er blevet betragtet som et paradigmeskifte i den geologiske videnskab.

Begrebet *paradigme* er i videnskabsteoretisk sammenhæng blevet introduceret af Thomas Kuhn i bogen *Videnskabens revolutioner*, som udkom på dansk i 1973<sup>70</sup>.

Kuhn hævder, at videnskabelig forskning altid udføres inden for et bestemt, herskende paradigme. Paradigmet er et sammenhængende videnskabeligt kompleks, hvorfra et problem anskues og behandles. Paradigmet er på den måde en grundlæggende verdensanskuelse, der er bestemt af teori, begreber og det fagsprog, som den er formuleret i.

I kuhnsk forstand er der yderligere to krav, som skal være opfyldt, før en videnskabelig anskuelse kan gøre krav på at være et paradigme. For det første skal den videnskabelige anskuelse være så overbevisende, at den trækker det store flertal af videnskabsfolk inden for den pågældende videnskab over i sin lejr og væk fra konkurrerende ansuelse. For det andet skal der endnu være mange uafsluttede forskningsemner, som tilhængerne kan beskæftige sig med og løse ved hjælp af den nye videnskabelige anskuelse, så anskuelserne kan være tilstrækkelig tiltrækkende på forskerne. Det til enhver tid gældende paradigme betegner Kuhn for normalvidenskab.

I takt med nye opdagelser inden for en videnskab, vil det normalvidenskabelige paradigme altid møde uregelmæssigheder - erkendelse af, at naturen på en eller anden måde har overtrådt de forventninger, som paradigmet har fremkaldt. Ofte kan problemerne løses ved at korrigerer paradigmet, så det kan rumme den nye opdagelse, der på den måde bliver ændret fra at være unormalt til at være forventet.

Visse unormale opdagelser vil dog bestå, uden at paradigmet formår at indstøbe dem i sit skelet. Hvis disse problemer hober sig op, kan paradigmet ifølge Kuhn komme i krise. Og kun ved at introducere et nyt, alternativt paradigme, som løser de ophobede problemer, kan videnskaben komme videre. Når dette paradigmeskifte indtræffer, taler Kuhn om en revolution. Videnskabelig erkendelse bevæger sig på den måde frem i ryk og gennem dramatiske omvæltninger.

### Et drama som udeblev

Spoler vi tilbage til starten af denne artikel og Eckart Håkansson's DGF-foredrag fra 2005 *Alfred Wegener og København*, så pegede han på det bemærkelsesværdige i, at 1965-udgaven af VARV først havde en Erling

Bondesen-artikel om bjergkædedannelse med solidt afsæt i geosynklinal-teorien. Og i næste nummer af VARV præsenterede Valdemar Poulsen en fyldig artikel om kontinentaldrift, hvor pladetektonik indgik i sin første spæde udgave.

Det har fået flere til at hævde, at VARV årgang 1965 repræsenterer et paradigmeskifte i dansk geologi.

På dette tidspunkt er både Valdemar Poulsen og Erling Bondesen med i VARVs redaktion. Og man skulle tro, at de åbenlyse uenigheder, som bliver luftet offentligt på VARVs trykte sider, giver anledning til ophedede diskussioner i redaktionslokalet - helt i tråd med Kuhns teori om paradigmeskiftets revolution. Men ifølge Erling Bondesen var der ingen revolutionsstemning i VARVs redaktion:

”Nej, egentlig ikke... der var ikke nogen modsætning i det. Det mener jeg bestemt ikke”, fortæller Bondesen<sup>71</sup>.

De interviews, jeg har gennemført i forbindelse med tilblivelsen af denne artikel viser da også, at geosynklinalteorien sagtens kunne gå hånd i hånd med kontinentaldriften og pladetektonikken langt op i 1970-erne. En af grundene er, at geosynklinalteorien næppe kan betragtes som et paradigme i kuhnsk forstand. Der er ikke tale om en grundlæggende geologisk verdensanskuelse. Der er snarere tale om en lille tillægst teori til de herskende teorier om Jordens dynamik - en nødtørftig løsning, som udelukkende skulle forklare, hvordan bjergkæder kunne opstå i en verden, hvor laterale jordskorpebevægelser i stor målestok ikke kunne forekomme.

Pladetektonikken skal derfor ikke ses som et opgør med geosynklinalteorien. Og faktisk er parløbet mellem pladetektonikken og geosynklinalteorien lige efter bogen - Kuhns bog. For ifølge Thomas Kuhn optager nye paradigmer meget af det ordforråd og de begreber, som de foregående teorier har anvendt.

Ofte bliver begreberne dog anvendt i en modificeret form, hvilket også sker med geosynklinalerne. I 1963 kommer således en artikel af Robert S. Dietz<sup>72</sup>, hvor han i stedet for at betragte eu- og miogeosynklinalerne som indsynkende, langstrakte trug betragtede dem som henholdsvis kontinentalskråningen og shelfen. Men selv om udgangspunktet på den måde skifter karakter, så forbliver geosynklinal-terminerne ved magt i adskillige år. Det har senere ført til mange frustrationer hos nye generationer af geologistuderende, som havde vanskeligt ved at løsrive de gamle geosynklinal-begreber fra deres oprindelige genetiske betydning.

## Permanensteori eller skrumpejord

Geosynklinalteorien kan altså ikke ophøjes til et paradigme. Hvilket paradigme var kontinentaldriften og pladeteknikken så oppe mod - hvad havde status af normalvidenskab i den første halvdel af 1900-tallet?

Svaret er, at der faktisk ikke var en dominerende geologisk verdensanskuelse, som kunne gøre krav på status som normalvidenskab. I begyndelsen af 1900-tallet var der primært to konkurrerende teorier om jordkorpens udformning og udvikling. Den ene var permanensteorien, som den amerikanske geolog James Dwight Dana stod fadder til i 1846<sup>73</sup>. Ifølge Dana blev jordskorpen dannet under afkøling af Jorden. Først blev kontinenterne skabt af kvarts, feldspat og andre relativt lette lavtemperaturminerale, og siden - under stadig afkøling - blev oceanbassinerne dannet ud fra tungere højtemperaturminerale som blandt andet olivin og pyroxen. I overensstemmelse med det isostatiske princip flød de lette kontinenter ovenpå, mens oceanerne sank ned. Og efter kontinenter og oceaner i en fjern fortid var skabt, forblev de permanente bestanddele på jordoverfladen, fastnavlet til deres position.

For at forklare, at bjergkæder med foldede lavmarine sedimenter danner store bjergkæder i blandt andet USA, blev permanensteorien suppleret med geosynklinalteorien. Bag denne teori stod James Hall<sup>9</sup>, som i det østlige USA havde bemærket kilometer-tykk lavmarine palæozoiske sedimenter i Appalacherne. Ifølge Hall måtte de være aflejret i havet under fortsat indsynkning af en geosynklinal for så senere at blive foldet op i en bjergkæde, når indsynkningen ophørte. På den måde kunne der ske stadig vækst langs randen af kontinenterne, mens kontinenterne stadig blev stående, hvor de hele tiden havde stået. Dynamikken bag geosynklinalerne var ukendt, men det afholdt ikke tilhængerne af permanensteorien fra at tage geosynklinalerne til sig.

Permanensteorien havde dog et alvorligt problem. Det var meget vanskeligt at forklare, at visse fossile plante- og dyrearter kunne findes på kontinenter adskilt af tusindvis kilometer ocean, selv om de tydeligvis aldrig havde levet i havet. Det problem løste tilhængerne af den konkurrerende og lidt senere kontraktionsteori, som især tilskrives Eduard Suess<sup>17</sup>.

Kontraktionsteorien havde det til fælles med permanensteorien, at der ikke kunne foregå sideværts bevægelser - kun op- og nedadrette tektoniske bevægelser kunne finde sted. Mens Jorden langsomt blev afkølet, blev der dannet en fast skorpe på overfladen. Ved fortsat afkøling skrumpede Jorden, og jordskorpen blev brudt op. Visse steder blev jordskorpen presset op i kontinenter og bjergkæder, mens den andre steder blev presset ned for at danne oceanbund.

Det, som især adskilte kontraktionsteorien fra sin

konkurrent, var, at Jorden ifølge teorien blev ved med at trække sig sammen. På den måde fik man en langt mere dynamisk Jord, hvor landområder kunne komme og gå, når der var 'behov' for det. Og der var store behov for den slags midlertidige *landbroer*, som i en periode kunne forbinde to vidt adskilte kontinenter for senere at synke i havet uden at efterlade sig synlige spor. På den måde kunne man forklare, hvorfor landlevende dyr og planter kunne findes fossilt på to kontinenter, som nu er adskilt af et ocean.

Da Wegener i 1912 fremsætter sin teori om de drivende kontinenter, er der altså to konkurrerende teorier om Jordens dynamik og udvikling. Og selv om kontraktionsteorien nok havde et pænt overtag, så var der - især i USA - stadig mange tilhængere af permanensteorien. Og både kontraktionsteorien og permanensteorien fortsatte med at have tilhængere langt op i 1900-tallet, indtil pladeteknikken endelig slog igennem.

Hverken permanensteorien eller kontraktionsteorien lever derfor op til Thomas Kuhns et af de afgørende krav, man må stille til en videnskabelig anskuelse, for at den kan kaldes et paradigme, nemlig at den videnskabelige anskuelse skal være så overbevisende, at den trækker det store flertal af videnskabsfolk inden for den pågældende videnskab over i sin lejr og væk fra konkurrerende ansuelse. Med andre ord, så er der ikke noget egentligt paradigme før kontinentaldriftteorien, og dermed heller ikke nogen etableret normalvidenskab.

Og der skal gå et halvt århundrede, før Wegeners bud på en dynamisk Jord skal udvikle sig til et paradigme og danne grundlang for det, vi nu kan kalde den geologiske normalvidenskab.

## Et geologisk paradigme bliver til

Alfred Wegeners kontinentaldriftteori er i de første år primært empirisk baseret. Wegener ser især fem typer indicier for teorien:

Først og fremmest peger formen af kontinenternes afgrænsning på, at de har siddet sammen på et tidligere tidspunkt i den geologiske historie.

Både plante- og dyrefossiler viser, at kontinenter, som nu ligger langt fra hinanden må have udgjort et samlet område, hvor de pågældende dy og planter kunne sprede sig.

Karakteristiske strøg af geologiske formationer fortsætter perfekt fra ét kontinent til et andet, når de sættes sammen til et før-drift-billede i form af Pangæa.

Fordelingen af klimazoner for 275 millioner år siden svarer langt bedre til nutidens fordeling af klimazoner, hvis kontinenter dengang var samlet i et Pangæa superkontinent.

Endelig viser analyser af geodætiske observationer i Grønland - ifølge Wegener - at Grønland bevæger

sig mod vest i en rasende fart på flere meter om året. En observation, som senere viser sig at være fejlagtig.

Flere af disse observationer er så overbevisende, at mange geologer i de første år slutter op om Wegeners driftteori eller i hvert fald medgiver, at teorien er interessant. Men der er mindst lige så mange modstandere, og de mangler en forklaring på, hvordan kontinenterne kan drive af sted.

Wegener er godt klar over, at han ikke på basis af empiriske 'beviser' alene kan overbevise skeptikerne. Så i løbet af 1920-erne lægger han mere vægt på mekanismerne bag kontinenternes drift. Han præsenterer to mekanismer, som ansvarlige for kontinentaldriften: polflugten og vestdriften.

Polflugten skyldes, ifølge Wegener, at Jordens rotation skaber en centrifugalkraft, der trækker kontinenterne væk fra polerne og ud mod Ækvator. Vestdriften er en tidejordseffekt, hvor Solen og Månen trækker i de lette, opragende kontinenter, så de bevæger sig vestpå i forhold til oceanbunden. Wegener forestiller sig altså, at kontinenterne så at sige pløjer sig vej gennem oceanbundens basaltiske bjergarter.

Forsøget på at sætte en mekanisme bag kontinentaldriften skal vise sig at være den væsentligste stopklods for driftteorien. For det første er mekanismerne alt for svage til at påvirke kontinenterne i den grad, som er nødvendig. Og for det andet er basaltunderlaget alt for stift til at lade kontinenterne møve sig igennem. Det bliver derfor let at angribe Alfred Wegeners kontinentaldriftteori ved at pege på den usandsynlige mekanisme.

At permanensteorien selv har forklaringsproblemer med hensyn til forekomsten af fossile landplanter og -dyr på kontinenter adskilt af havvand, hindrer ikke teoriens tilhængere i at hakke på Wegener. Det samme gør kontraktionsteoriens tilhængere, selv om de har problemer med at forklare, hvorfor bjergkæder ikke er jævnt fordelt på jordkloden, som ellers vil være en naturlig konsekvens af en gradvis sammentrækning af vores planet.

Det hjælper heller ikke, at Arthur Holmes rent faktisk kommer med en stort set korrekt forklaring på en drivmekanisme i 1928<sup>21</sup>, hvor hans teori om kontinentbevægelser drevet af konvektionsceller i kappen ser dagens lys. For teorien er kun en teori på dette tidspunkt. Der er ingen beviser på, at det rent faktisk forholder sig sådan.

Først i 1960-erne - med opdagelsen af oceanbunds-spredningen, af lithosfærepladerne, som kan forskubbe sig i forhold til hinanden og af de tektoniske bevægelser langs pladegrænserne - står geologerne med en samlet videnskabelig anskuelse, pladetektonikken, som kan gøre krav på betegnelsen et *paradigme*. Pladetektonikken lever op til alle Thomas

Kuhns krav:

For det første er der tale om et sammenhængende videnskabeligt kompleks, hvorfra et problem anskues og behandles.

For det andet er den videnskabelige anskuelse så overbevisende, at den trækker det store flertal af videnskabsfolk inden for sin videnskabsgren over i sin lejr og væk fra konkurrerende anskuelser.

Endelig er der stadig mange uafsluttede forskningsemner, som tilhængerne af den videnskabelige anskuelse kan beskæftige sig med og løse ved hjælp af den nye anskuelse. Herved er anskuelserne tilstrækkelig tiltrækkende på forskerne.

Så med pladetektonikkens fremkomst har den geologiske videnskab endelig fået et egentligt paradigme og dermed etableret en normalvidenskab.

### Danske geologer og de store armbevægelser

Jeg har i denne artikel søgt at belyse, hvordan danske geologer oplevede tilblivelsen af det nye geologiske paradigme. På trods af Alfred Wegeners tætte forhold til Danmark og det danske geologmiljø kan man næppe påstå, at danske geologer spillede en vægtig rolle i tilblivelsen og udviklingen af det nye geologiske paradigme.

De færreste danske geologer arbejdede i så stor en skala, at kontinentaldrift og pladetektonik spillede en afgørende rolle. Og dem som beskæftigede sig med tektonik i den store skala - for eksempel i Grønlands Kaledonider - de erkendte først pladetektonikkens fingeraftryk på et sent tidspunkt, hvor pladetektonik var anerkendt som geologiens overordnede ramme. Eller også stillede de - som specialister - meget høje krav til teoriens bevisførelse.

I den sidste ende havde de danske geologer nok ikke den store interesse i at kaste sig ud i de store armbevægelseres teoretisering. Erling Bondesen fortæller om 1960-ernes geologiske miljøer i København og Århus:

"De to geologiske miljøer var egentlig ikke så meget for store teorier. Man var slet ikke indstillet på at betragte videnskaben ud fra en videnskabsfilosofisk tankegang - man anede ikke, hvad det var".

Og lad også Bondesen få det sidste ord:

"Man var egentlig ikke klar over, at der var tale om et fundamentalt skifte. Det lå så fjernt fra det, de fleste beskæftigede sig med. Forskning var drevet af naturlig nysgerrighed og ikke noget som helst andet. Jeg hørte til de karterende. Det, der var spændende for mig, det var at lave et geologisk kort. Og det var fuldstændig uafhængigt af, hvad der kunne foreligge af store teorier".

## Tak

Det har været et meget intenst forløb, fra DGFs bestyrelse i foråret 2008 præsenterede mig for deres ide om en kontinentaldrift-artikel, til jeg i november 2008 afleverede det endelige manuskript.

Jeg takker DGFs bestyrelse for at betro mig denne spændende opgave. Desuden skylder jeg Peter Frykman og Kurt Kjær fra bestyrelsen en tak for frugtbare diskussioner og for deres kritiske gennemlæsning af manuskriptet. Peter og Kurt har også hjulpet med at fremstille figurerne i en trykkeværdig kvalitet og med at indhente tilladelser til at bringe dem. Martin Sønderholm, ligeledes fra DGFs bestyrelse, har gennemført en detaljeret søgning i DGFs arkiver, og det har bidraget væsentligt til at få historikken på plads.

En tak sender jeg også til Kjeld Rasmussen, Geografisk Institut ved KU, for diskussioner i forbindelse med ideudviklingen.

Jeg er meget taknemmelig for, at Eckart Håkansson, Troels V. Østergaard, Henning Sørensen, Erling Bondesen og Niels 'Oscar' Henriksen gennem timelange interviews har bidraget med deres erindring og viden om kontinentaldriftens skæbne i Danmark. Uden deres medvirken ville det ikke have været muligt at gennemføre opgaven.

Den største tak sender jeg dog til min kone, Elsebeth Engsig-Karup, som har udvist stor tålmodighed og overbærenhed, når jeg i lange perioder lukkede mig inde i min egen skriveverden og sad bøjet over den bærbare computer med papirerne spredt ud over hele gulvfladen. Elsebeth har også renskrevet de mange timers lydoptagelser med interviews og læst store dele af artiklen kritisk igennem.



## Kilder og noter

1. Wegener, Alfred, 1923: Tre foredrag holdte i Danmarks naturvidenskabelige Samfund 1922. I. Kontinenternes Forskydning, II. Jordskorpens Natur, III. Fortidens Klimater. Medd. fra Dansk geologisk Forening, bd. 6, nr. 16.
2. Bondesen, Erling, 1965: Jordens pulsslæg. VARV, 1965, nr. 1. p. 27-28.
3. Poulsen, Valdemar, 1965: Sejlende kontinenter. VARV, 1965, nr. 2. p. 11-21
4. Det har ikke været muligt at spore dette foredrag. I mødelisten for 1965 fra Medd. fra Dansk Geol. Forening er der ikke medtaget møder i STENO, mens det pågældende møde ikke optræder i STENO-listen for 1966.
5. Bacon, Francis: Novum Organum, 1620. In. The work of Francis Bacon. V. 4, W. Pickewring, London, 1850.
6. Snider-Pellegrini, A., 1858: La Création et ses mystères dévoilés. Frank and Dentu, Paris, pp. 487.
7. When the continents crept away. GSA Today, vol. 15, no. 7, 2005. p. 29.
8. Taylor, Frank. B., 1910: Bearing of the Tertiary mountain belt on the origin of the Earth's plan". Bull. Geol. Soc. Amer. 21, 179-226.
9. Holmes, Arthur, 1965: Principles of Physical Geology. 2. udgave, forlaget Nelson, pp. 1288.
10. Kay, M., 1951: North American Geosynclines. Geol. Soc. America, pp. 143.
11. Rasmussen, H. Wienberg, Sørensen, H., Berthelsen, A. og Espersen, J., 1974: Geologi. 1. udgave, Gjellerup, pp. 176. Udgivet i tre senere udgaver, sidste gang i 1974.
12. Rud, Mogens, 2007: Grønlandsforskeren Alfred Wegener og de drivende kontinenter. 2. udgave, forlaget Vandkunsten, pp. 144.
13. Wegener, Alfred, 1915, 1920, 1922, 1929: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Vieweg und Sohn Akt.-Ges., Braunschweig. Trykt i 4 udgaver. Fjerde udgave: Die Wissenschaft, nr. 66, pp. 231.
14. Krause, R., Schönharting, G. og Thide, J. (red.) 2005: Alfred Wegener: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Nachdruck der ersten Aflage (1915) und der vierten Aflage (1929), Berlin, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, pp. 481.
15. du Toit, Alex L., 1927: A geological comparison of South America with South Africa. Carnegie Institution of Washington, Publ. no. 381, pp. 150.
16. Madsen, Victor, 1927: Hvorledes er Grønland blevet til? Et foredrag holdt på Det kgl. danske geografiske Selskabs Jubilæumsmøde d. 18. Novbr. 1926. Geografisk Tidsskrift, Bind 30, p. 10-32.
17. Kontraktionsteorien er mest kendt fra Eduard Suess' bog "Das Anlitz der Erde", som udkom i flere udgaver i perioden 1885- 1909.
18. Madsen, Victor, 1922: Om fastlandenes vandringer. Grundrids ved Folkeuniversitetets Undervisning, nr. 310. - København.
19. Fastlandene i drift. - Frem A 3, 1935, s.142-148
20. Oversigt over dansk Geologisk Forenings møder og ekskursioner fra januar til december 1943. Medd. fra Dansk geologisk Forening, bd. 10, 1943, p. 375-384.
21. Holmes, Arthur, 1928: Radioactivity and Earth movements. Transactions of the Geological Society of Glasgow, v. 18, p. 559-606.
22. Rosenkrantz, Alfred, 1929: Marine Permian deposits in East Greenland - Preliminary account. Medd. fra Dansk geol. Forening. Bd. 7, p. 287-290.
23. Hansen, Kaj, 1940: De bornholmske kaolinforekomsters oprindelse og alder. Medd. fra Dansk geol. Forening. Bd. 9, p. 539-541.
24. Poulsen, Chr., 1930: Referat af møde afholdt i Dansk Geologisk Forening den 27. oktober 1930. Chr. Poulsens foredrag om subcambriske istidsaflejringer og cambro-ordoviciske lag i Østgrønland. Medd. fra Dansk geol. Forening. Bd. 7, p. 476-479.
25. Noe-Nygaard, Arne, Geologi - Processer og Materialer. 3. udgave, Gyldendal, pp.422.

26. Noe-Nygaard, Arne, 1958: Anmeldelser og kritikker, Wienberg Rasmussen, Henning Sørensen, Asger Berthelsen og Jørgen Espersen: Geologi. Ju. Gjellerups Forlag. 1957. Medd. fra Dansk Geol. Forening. Bd. 13, p. 537-539.
27. Referat af Arne Noe-Nygaards tale på et møde arrangeret af Dansk Geologisk Forening og Dansk Geofysisk Forening den 22. marts 1965. Mødet har emnet The Upper Mantle Project. Trykt i Medd. fra Dansk Geol. Forening. Bd. 16. 1966, p. 237-240.
28. Noe-Nygaard, Arne, 1978 Jordens nye ansigt. Det kongelige danske Videnskabernes Selskabs Pjeceserie. Grundvidenskaben i dag. Nr. 5.
29. Østergaard, Troels V., 1975: Den nye geologi. Orientering. Haase & Søns Forlag, København, pp. 88.
30. Wilson, J. Tuzo, 1963: A possible origin of the Hawaiian Islands. Canadian Journ. of Phphysics, vol. 41, p. 863-870.
31. Wilson, J. Tuzo, 1963: Evidence from islands on the spreading of ocean floors. Nature, vol. 197, p. 536-538.
32. Vine, F. J. & Matthews, D. H., 1965: Magnetic anomalies over a young Oceanic Ridge off Vancouver Island. Science, 150, p. 485-489.
33. Østergaard, Troels V., 1969: Kontinentaldriften - en forkættet teori i ny medvind. Naturens Verden, p. 284-291.
34. Isacks, B., Oliver, I. & Sykes, L. R., 1968: Seismology and the new global tectonics. Journ. Geophys. Res., vol. 73, p. 5855-5899.
35. le Pichon, X., 1968: Sea-floor spreading and continental drift. Journ. Geophys. Res., vol. 73, p. 3661-3697.
36. Østergaard, Troels V., 1970: Kontinentaldriften II - Den nye globale tektonik. Naturens Verden, p. 257-261.
37. Jensen, Henry, 1970: Forelæsninger over den faste jords fysik. Københavns Universitets Institut for Geofysik, pp. 200.
38. Raff, D. A. og Mason, R. G., 1961: Magnetic survey off the west coast of North America, 40°N latitude to 52°N latitude. Bull. Geol. Soc. Am., 72, no. 8, p. 1267-1270.
39. Dewey, J. F. & Bird, J. M., 1970: Mountain belts and the new global tectonics. Journ. Geophys. Res., vol. 75, p. 2625-2647.
40. Gass, I. G og Masson-Smith, D. 1963: The Geology and Gravity Anomalies of the Troodos Massif, Cyprus. Philosophical Transactions for the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, Vol. 255, nr. 1060, p. 417-467.
41. Sørensen, Henning, 2004: Wegeners kontinentaldriftteori - Et tilbageblik. Varv 2004 (1), p. 3-13.
42. Sørensen, Henning, 1954: Om årsagerne til bjergkædefoldninger. Medd. fra Dansk Geol. Forening. Bd. 12, p. 421-432.
43. Sørensen, Henning, 2007: The 21st International Geological Congress, Norden 1960. Episodes, v. 30, no. 2, p. 125-130.
44. Sørensen, Henning, 1963: Vor klode. Søndagsuniversitetet. Bind 30. København 1963, pp. 127.
45. Svendsen, Kaj Robert, 1964: Jordens landmasser er i drift. Artikel i Berlingske Aftenavis, 11. april 1964.
46. Rasmussen, H. Wienberg, 1975: Danmarks geologi. 2. udgave, Gjellerups, pp. 176.
47. Sørensen, Henning, 1975: Geologisk enhedsteori med stor praktisk betydning. Artikel og anmeldelse af Troels Østergaards bog Den nye geologi. Information, 21. april 1975.
48. Berthelsen, Asger, 1953: Nyere anskuelser om dannelsen af bjergkæder. Naturens Verden, nr. 37, p. 185-195.
49. Berthelsen, Asger, 1961: Canada-Grønland, en geologisk sammenligning. Foredrag holdt den 17/10 1960 i Dansk Geologisk Forening. Medd. fra Dansk geologisk Forening, bd. 14, p. 363-372.
50. Medd. fra Dansk geologisk Forening. Oversigt over foredrag m.m. i 1958. Bd. 14, 1959, p. 193.

51. Berthelsen, Asger, 1975: Lærebog for den lille tektoniker. VARV, København, 2. udgave, pp. 202.
52. Meddr. fra Dansk geologisk Forening. Oversigt over foredrag m.m. i 1966. Bd. 17, 1967, p. 197.
53. Østergaard, Troels V., 1972: Pladetektonik - en billedserie om en revolutionerende ny teori. VARV, 1972, nr. 3, p. 83-89.
54. Dansk Geologisk Forening, 1975: Årets møder i Dansk Geologisk Forening og klubberne: 9. maj. Fællesmøde med Dansk Geofysisk Forening. Plate-tektonik. Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1974, 54-55.
55. Surlyk, Finn, 1975: Anmeldelse af bogen Atlas of Palaeobiography af A. Hallam (redaktør). Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1974, p.46-47.
56. Bondesen, Erling, 1998: Nature and natural science - planning and planning science. Annual Report, Aug. 1996 - Dec. 1997, Department of Environment, Technology and Social Studies. Roskilde University, reprint: pp. 10.
57. Kragh, Helge, 2004: Naturerkendelse og videnskabsteori - De uorganiske videnskabers filosofi og historie. Aarhus Universitetsforlag, pp. 364.
58. Ries, Christopher J., 2003: Retten, magten og æren. Lauge Koch Sagen - en strid om Grønlands geologiske udforskning. Lindhardt og Ringhof, pp. 368.
59. Koch, Lauge og Haller, John, 1971: Geological map of East Greenland, 72°-76° N; 1:250.000. 13 kortblade, Medd. om Grønland, v. 183, pp. 26.
60. Haller, John, 1983: Geological map of Northeast Greenland, 75°-82° N; 1:1.000.000. Medd. om Grønland, v. 200, pp. 22.
61. Haller, John, 1971: Geology of the East Greenland Caledonides. Interscience Publishers, pp. 413.
62. Dansk geologisk Forening, 1975: Årsskrift for 1974. Oversigt over årets møder i Dansk Geologisk Forening og klubberne, p. 56.
63. Haller, John, 1979: Himalayan orogenesis in perspective. In: Verma, P.A. (ed.): Metamorphic rock sequences of the Eastern Himalaya, i-xxxiv. Calcutta: K.P. Bagchi & Co.
64. Leslie, A.G. & Higgins, A.K., 1998: On the Caledonian geology of Andrée Land, Eleonore Sø and adjacent nunataks (73°30' - 74°N), East Greenland. In: Higgins, A.K. & Frederiksen, K.S. (eds): Caledonian geology of East Greenland 72°-74°N: preliminary reports from the 1997 expedition. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 1998/28, 11-27.
65. Higgins, A.K. og Leslie A. G., 2004: The Eleonore Sø and Målebjerg foreland windows, East Greenland Caledonides, and the demise of the 'stockwerke' concept. I: A.K. Higgins og Feiko Kalsbeek (redaktører) East Greenland Caledonides: stratigraphy, structure and geochronology. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 6, p. 77-93.
66. Higgins, A.K., Gilotti, J.A. & Smith, M.P. 2008. The Greenland Caledonides. Evolution of the northeast margin of Laurentia. Geological Society of America. Memoir 202, pp. 368.
67. Medd. fra Dansk Geologisk Forening, 1978: Special Issue: Noe-Nygaard, bind 27, pp. 130.
68. Poulsen, Valdemar, 1976: Historisk geologi: Palæozoikum. VARV, 2. udgave, pp. 230.
69. Birkelund; Tove og Poulsen, Valdemar, 1978: Introduktion til stratigrafiske principper. Institut for Historisk Geologi & Palæontologi, 2. udgave, pp. 158.
70. Kuhn, Thomas. S., 1973: Videnskabens revolutioner. Dansk oversættelse af: The Structure of Scientific Revolutions, 2. udgave. Med indledning af Stig Andur Pedersen. Fremad, pp. 304.
71. Valdemar Poulsen har ikke ønsket at uddybe sit forhold til kontinentaldrift og pladetektonik gennem et interview.
72. Dietz, Robert, S. 1963: Collapsing continental rise: an actualistic concept of geosynclines and mountain building. Journ. of Geology, vol. 71, p. 314-333.
73. Dana, J. D., 1846: The volcanoes of the moon. American Journal of Science, 2.nd ser., v. 12, p. 335-355.