



Universiteit
Leiden
The Netherlands

The Diving Dutchman : het marien-gravimetrisch onderzoek van F.A. Vening Meinesz (1887-1966)

Hengel, T.J.C. van

Citation

Hengel, T. J. C. van. (2014, October 22). *The Diving Dutchman : het marien-gravimetrisch onderzoek van F.A. Vening Meinesz (1887-1966)*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/29333>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/29333>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/29333> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Hengel, Theodorus Jan Cornelis van

Title: The Diving Dutchman : het marien-gravimetrisch onderzoek van F.A. Vening Meinesz (1887-1966)

Issue Date: 2014-10-22

Nabeschouwing

Felix Andries Vening Meinesz (1887 – 1966) - zoon van een oud-burgemeester van Amsterdam - werd in 1910 als pas afgestudeerd civieltechnisch ingenieur door de voorganger van de huidige Nederlandse Commissie voor Geodesie te werk gesteld om door middel van meting van de (versnelling van de) zwaartekracht (de “valversnelling”) de astro-geodetische plaatsbepalingsmetingen te ondersteunen. Omdat slingeren een vertraagde vorm van vallen is, zou meting van de slingertijd van een enkelvoudige slinger de gevraagde informatie kunnen verschaffen. Maar het was gebleken, dat in Nederland storingen van verschillende oorsprong de randvoorwaarden voor een ongestoorde slingering doorkruisten. Vening Meinesz ontwikkelde een alternatieve methodiek door twee isochrone slingers in eenzelfde vlak met gelijke amplitude, maar in tegengestelde fase te doen slingeren. Het apparaat, waarin die methodiek haar toepassing vond, verbeterde hij later door de toevoeging van een optisch signaalstapelingsysteem zo, dat de verschilbeweging als periodiciteit van het verschil der uitwijkingshoeken fotografisch kon worden geregistreerd en gebruikt om de slingertijd te bepalen van een fictieve slinger, niet gestoord door horizontale versnellingen en isochroon met de originele slingers.

Nadat een poging om op een stoomschip met het aldus geconstrueerde slingertoestel de zwaartekracht op zee te meten teleurstellend was verlopen, bracht het toeval een oplossing in de vorm van het stabielere meetplatform van een ondergedoken, elektrisch voortgestuwde duikboot, die Vening Meinesz dankzij de nauwe connecties tussen zijn werkgever en de Koninklijke Marine op korte termijn al kon beproeven. De bereidheid van de marine om daarna met Vening Meinesz - wiens familiedevies “Nunquam Deorsum” (“Nooit Omlaag”) luidde - vervolgens “Immer Omlaag” in zee te gaan, vond zijn oorsprong enerzijds in de door de marineleiding gevoelde noodzaak tot verbetering van haar, uit de verwerping in 1923 van het ontwerp-Vlootwet blijken, slechte publieke imago en anderzijds in het samengaan van trainingseisen voor duikbootbemanningen met de door Vening Meinesz gewenste waarnemingsomstandigheden tijdens (ongeconvoyeerde) expedities naar de overzeese koloniën. Daarvan waren met name de expedities met duikboot K XIII in 1926 / 27 en 1929 / 30 van groot wetenschappelijk belang, terwijl die met duikboot K XVIII in 1934 / 35 de regering welkome publiciteit leverde om het te lang opgehouden programma van vlootbouw door te zetten. De symbiotische relatie tussen Regering, Marine, Wetenschap en Industrie - Vening Meinesz’ slingerapparaat was als standaard marien-gravimetrisch instrument inmiddels in productie genomen - lijkt in een notendop voorloper van het (politiek)-militair-industrieel complex, zoals dat vanaf de Tweede Wereldoorlog tot wasdom kwam. Vooral in de Verenigde Staten, waar Vening Meinesz’ onderzoek al vroeg navolging vond, zoals uit de oprichting van verscheidene marien-geofysische instituten aldaar bleek.

Aldus werd gedurende het Interbellum – een periode, waarin overheids-bemoeienis met wetenschap zonder direct maatschappelijk nut nog ongewoon was - de transitie gemaakt van negentiende eeuws, multidisciplinair oceanografisch onderzoek middels groots opgezette “one-off” expedities naar sequentieel, programmatisch uitgevoerd marien-geofysisch onderzoek; en daarvan was Vening Meinesz de pionier. De door hem doorgevoerde instrumentele en procedurele innovaties op marien-gravimetrisch gebied zouden leiden tot nieuwe inzichten op

geodetisch en geologisch gebied, terwijl als onvermoede "bijvangst" van die metingen inzicht in de golfbeweging van oceaanwater werd verkregen.

Op basis van de mariene zwaartekrachtgegevens, die Vening Meinesz op een dozijn, gedurende het Interbellum planmatig uitgevoerde expedities had verkregen, groeide zijn inzicht in de verdeling van en het krachtenveld werkend op de samenstellende massa's binnen de aarde. De onder invloed van die verdeling ontstane evenwichtsvorm van de aarde op gemiddeld, ongestoord zeeniveau - de geoïde – en haar dichtste mathematische benadering, de (afgeplatte) omwentelings- of referentie-ellipsoïde, werden gebruikt voor geodetische plaatsbepalingen. De op die ellipsoïde gebaseerde Internationale Zwaartekrachtsformule werd door Vening Meinesz als basis voor de door hem afgeleide formules gebruikt, waarmee onder andere de relatie tussen lokale geoïde en referentie-ellipsoïde kon worden bepaald of lokale geodetische systemen konden worden geconverteerd. Van een vooruitziende blik getuigde voorts de afleiding van een formule, waarmee dat zwaartekrachtsveld tot op een hoogte van enkele honderden kilometers kon worden geëxtrapoleerd.

Afhankelijk van wat en waar op een continent gemeten was, kwamen verschillende regeringen tot uiteenlopende referentie-ellipsoïden om de feitelijke plaats van hun (gedeelde) landsgrenzen te bepalen. Zo ook Canada – deel van het Brits Imperium – en de Verenigde Staten, toen zij aan het eind van de negentiende eeuw – tijdens de "Goldrush" op Klondike, een grensstad – een gezamenlijke, gedetailleerde North American Geodetic Survey initieerden om de bestaande discrepanties over de plaats van de gedeelde staatsgrens op te lossen. Daarbij rees de vraag, of een geodetisch uitgangspunt – elementen van de "stijve" aardkorst zouden in hydrostatisch evenwicht op een viskeus substraat rusten, in "isostasie" verkeren – wel geldig was. Maar de enige, voor wie de toestand van "isostasie" van een uitgebreid gebied waarschijnlijk leek, was Vening Meinesz, die met de resultaten van de K XIII expeditie van 1926 / 27 had laten zien, dat het gewogen gemiddelde van alle zwaartekrancht-anomalieën in de Atlantische of de Stille Oceaan niet veel van nul afweek en dat daar dus "isostatisch" evenwicht bestond. De uitkomsten van een op verzoek van Amerikaanse geodeten in 1928 door Vening Meinesz begeleide expeditie met een Amerikaanse duikboot in de Golf van Mexico toonde aan, dat ook daar een toestand van "isostasie" regel was, zelfs daar, waar recentelijk sedimentatie had plaatsgevonden, zoals in de Mississippidelta. Ook op duikboten van andere zeemachten zou Vening Meinesz - daartoe uitgenodigd - zijn apparatuur demonstreren of tenminste bij de installatie ervan aanwezig zijn en het gebruik toelichten. Door zijn grote kennis van theorie en praktijk en zijn inmiddels gebleken organisatietalent zou Vening Meinesz een gezaghebbende figuur in organisaties van de internationale geodetische gemeenschap worden met een navenant uitgebreid kennisnetwerk.

Op zijn expedities had Vening Meinesz - anders dan in de Golf van Mexico - ook nauwe zones aangetroffen, waar het isostatisch evenwicht zo ver te zoeken was, dat hij wel moest concluderen, dat er andere krachten dan de zwaartekracht werkzaam waren om zo'n toestand van onevenwichtigheid in die mate te doen voortduren. Sommige van die gebieden vielen samen met diepzeetroggen. Andere liepen buiten om en parallel aan de vulkanisch en seismisch actieve Oostindische en Westindische eilandbogen, in een relatief nauwe en langgerekte strook met een groot zwaartekrachtstekort - door Engelsprekenden als "Minus"-zone aangeduid en door geologen – indien van een sedimentaire bekkenvulling sprake was - als geosynclinaal

benoemd. Het feit, dat de “Minus”-zone van de Oostindische eilandboog zich tot in de minder seismisch actieve uitlopers van de Himalaya keten en het Ganges bekken voortzette, sterkte geologen in hun opvatting, dat de “Gordel van Smaragd” een gebergte-in-wording was. Evenzo dachten Amerikaanse geologen erover, toen zij in de loop van het Interbellum het marien-geofysisch onderzoek in het Caribisch gebied voortzetten en daarbij de Westindische eilandboog als een met die “Gordel” vergelijkbaar element erkenden.

Ongeveer tezelfdertijd bereikte het debat terzake van de door Wegener op kwalitatieve paleo-geografische, paleo-klimatologische en geologische argumenten berustende Theorie van Continentverschuiving haar voorlopige ontknoping. In Wegener’s perceptie zouden continenten als “stijve schollen” zo door “taai-vloeibaar” oceaانبodemgesteente kunnen zijn verschoven, dat gebergten als de Rocky Mountains of de Andes als “boeggolf” en diepteetroggen als “kielzog” werden gecreëerd. Maar de door hem hiertoe ingeroepen (exogene) getijde en centrifugale krachten bleken totaal onvoldoende om zulke verschuivingen te bewerkstelligen. Afgezien daarvan wees Vening Meinesz de veronderstelling, dat de constitutie van het oceaانبodemgesteente “taai-vloeibaar” was, van de hand op grond van het door hem uit echoprofielen afgeleide ruwe reliëf van die bodem. Om deze en andere redenen bleef voor velen het idee overeind, dat gebergtevorming een wereldwijd episodisch en synchroon optredend fenomeen was, dat vanuit geosynclinalen op het grensgebied tussen onveranderlijk ten opzichte van elkaar gepositioneerde, starre continenten en hun tot oceanen verzonken evenbeelden vorm kreeg als een van de reacties van een stijve aardkorstschil op een door afkoeling inkrimpend, vloeibaar substraat. Het door een enkeling geuite vermoeden, dat een of ander endogeen dynamisch proces - zoals binnen de aarde optredende materiële kringloopstromingen - een rol speelde in de door Wegener gesuggereerde continentverschuiving, werd door de meeste geologen genegeerd. Maar Vening Meinesz werd al snel een van de weinige proponenten van zo’n endogene dynamiek en zeker de meest doortastende in zijn streven aan te tonen, dat zulke, vooralsnog denkbeeldige, stromingen cruciaal waren in het proces van gebergtevorming en - vervolgens - in zijn speuren naar overtuigend bewijs omtrent het bestaan van zulke stromingen.

Als verklaring voor de eerder genoemde, langs de randen van een continent ontwikkelde “Minus”- zone voerde Vening Meinesz de creatie aan van een diep in de zwaardere mantelmaterie indringende instulping (“knik”) van lichtere korstmaterie, ontstaan onder invloed van op de “stijve korst” inwerkende horizontale compressie, gegenereerd door een daar in het substraat neerdalend segment van een kringloopstromingscel. De voor het ontstaan van zo’n stroming benodigde verticale en horizontale, oceaanwaarts gerichte temperatuurgradiënten in het plastisch substraat zouden hun oorsprong vinden in een relatieve aanrijking van radioactieve warmte-creërende materie in het continentale korstgesteente ten opzichte van het oceanische korstgesteente. Afhankelijk van de reologische eigenschappen van de korstgesteenten aan weerszijden zou de inbuiging een meer of minder scheve stand kunnen aannemen. Naderhand kwam Vening Meinesz tot het inzicht, dat de verticale, in de aardmantel heersende temperatuurgradiënt het kringloopstromingsproces beheerste en werd de “knik”-hypothese gemodificeerd. Het aangepaste concept hield in, dat na een rotatie van een halve slag van de betrokken mantelmaterie een zo grote onevenwichtigheid in de temperatuur / dichtheid relatie tussen verzonken bekkenvulling en de haar omgevende materie was ontstaan, dat – na warmte-

uitwisseling – een tegenstroming / rotatie in omgekeerde richting werd gecreëerd met drukrelaxatie en isostatische evenwichtsherstel als resultaat. Daardoor zou de sedimentaire vulling van de “knik”-zone tot uitstulping en vorming van een gebergte worden gebracht.

Ter onderbouwing van deze hypothese werkte Vening Meinesz een fysisch model uit, gebaseerd op een ver doorgevoerde vereenvoudiging van bovenstaand gebeuren. Voor de bepaling van de viscositeit van het mantelgesteente – in zijn model een kritische waarde – analyseerde hij zo het verloop van het isostatische evenwichtsherstel van Scandinavië sinds de laatste ijstijd. Hij was van mening, dat de "gecompliceerdheid van geologische verschijnselen aan een grensvlak (zoals hij de ondiepe aardkorst beschouwde) zich altijd ingewikkelder voordeden dan de werkelijke processen in de media zelf", die er aan ten grondslag lagen. Zowel in Nederland als in de Verenigde Staten wisten onderzoekers de werking van Vening Meinesz' "knik"-hypothese tot een gebergtevormend experiment te simuleren. Nochtans was nog welhaast niemand aan het einde van het Interbellum door die resultaten overtuigd.

Dat er materiële stromingen binnen de aarde konden optreden, meende Vening Meinesz te kunnen afleiden uit een langzame, westwaartse verschuiving van een opvallende anomalie in het aardmagneetveld. En ook uit het ruimtelijk patroon van aardbevingshaarden in het Indisch Archipelgebied, dat hij correleerde met bepaalde, in materiële kringloopstromingen optredende spanningsvelden.

Een verder argument steunde op de huidige positie van ijstijdrelicten in India, Zuid Afrika en Zuid Amerika, door geologen als Umbgrove toegeschreven aan een synchrone glaciatie in het Boven Carboon. Om de loci van die glaciële relicten terug te kunnen projecteren naar binnen een tegenwoordig centrum van glaciatie moest de “steenschaal” sinds het Carboon een aanzienlijke meridionale rotatie hebben ondergaan, volgens Vening Meinesz geïnduceerd door stromingen in het plastisch substraat. In een voortzetting van dit gedachte-experiment bleek voor Vening Meinesz de correlatie tussen de huidige morfologie van de continentranden en het netwerk van breuken, dat zou zijn ontstaan als zo’n “stijve steenschaal” indertijd genoemde rotatie had gemaakt, een stevig fundament voor die veronderstelling. Verdere ondersteuning voor de veronderstelling, dat die stromingen het karakter van (materiële) convectie- of kringloopstromingen hadden, dacht Vening Meinesz te kunnen vinden in de correlatie tussen het huidig, uitwendig reliëf van de aardkorst, ontwikkeld in termen van een sferisch-harmonische reeks, en de door Umbgrove veronderstelde evolutie van de aardkorst sinds de oertijd als een ten gevolge van een toenemende differentiatie door kringloopstromingen uit een homogene oermassa gegenereerde driedeling van kern, mantel en korst.

Zijn waarnemingen, concepten en gedachte-experimenten, aangevuld met simulaties door derden hadden Vening Meinesz ervan overtuigd, dat de huidige configuratie van continenten in wezen al sinds zeer lange tijd bestond en dat gebergtevorming in de traag verlopende cyclus van het geosynclinaal gebeuren zeldzaam en van korte duur was; de tegenwoordige was een bijzondere periode!

Aan het eind van het Interbellum zou Vening Meinesz negatieve zwaartekrachts-anomalieën en diepzeetroggen, aardbevingen en vulkanen als fundamenteel beschouwen voor tektonische processen en gebergtevorming als resultaat van onder continenten actieve kringloopstromings-systemen. Relatieve verschuiving van gehele continenten over grote afstanden was voor hem anathema geworden.

In de decade na de Tweede Wereldoorlog nam vooral in de Verenigde Staten om militair – strategische redenen het marien-geofysisch onderzoek in breedte en omvang toe. Technieken, zoals warmtestromingsmeting en seismometrie zouden nieuw licht op de constitutie van de oceaانبodem werpen en door mariene magnetometrie werd een intrigerend patroon van anomalieën in de oceaانبodem ontdekt. Omstreeks 1960 had het typisch, lateraal korreleerbaar reliëf van de Centrale Slenk van de Mid Oceanische Rug, waar metingen ook een hoge warmtestroming suggereerden, Hess – oud-leerling van Vening Meinesz – tot de hypothese van "seafloor spreading" gebracht. In die hypothese stonden niet de continenten, maar Mid Oceanische Ruggen centraal als plaatsen, waar onder vandaan warme en relatief lichte (sub)crustale materie opwelde en - zijdelings wegstromend, consoliderend en in dichtheid toenemend - de oceaانبodem lateraal deed aangroeien, de indruk wekkend, dat continenten verschoven.

(Mariene) zwaartekrachtmeting won ook terrein ten behoeve van geodetische toepassing. De onder invloed van het lokale zwaartekrachtsveld veroorzaakte schietloodafwijkingen, de toenemende acceptatie van het concept van de isostasie en de daarmee samenhangende reductie / compensatie - mechanismen baanden in de loop der tijd de weg naar een fysische geodesie, waarbij aan de interne massaverdeling van de aarde een plaats van toenemend belang zou worden ingeruimd, die uiteindelijk op grond van door satellieten verkregen gegevens haar beslag kreeg. Mede op basis van de toen verkregen inzichten kon al spoedig mondiaal een wereldwijd geodetisch systeem (W.G.S.) worden geïntroduceerd, waardoor ondermeer de positie van niet-natuurlijke grenzen – zoals "midcoast" lijnen - met een tot dan ongeëvenaarde nauwkeurigheid kon worden vastgesteld.

In Nederland werd Vening Meinesz na de bevrijding eerst belast met een "fact finding mission" naar de Verenigde Staten ten behoeve van de oprichting van een Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek, en daarna met de wederopbouw van het K.N.M.I., waar hij ondermeer de oprichting van een oceanografische onderzoeksafdeling en de uitreding van twee elkaar afwisselende, op de Atlantische Oceaan gestationeerde weerschepen initieerde. Weliswaar zou hij zijn marien-gravimetrisch onderzoek nog voortzetten, maar "buitengaatsse operaties" zouden mettertijd aan breedte, momentum en kritische massa inboeten door verslechterende financiële, materiele en personele omstandigheden. Als plaatsvervangend, beter renderend geofysisch onderzoek verschoof vanaf 1957 in Nederland de focus naar paleomagnetisch gesteente-onderzoek, met behulp waarvan onder bepaalde voorwaarden de eertijdse positie van de dipool-as van het aardmagnetisch veld bepaald kon worden in relatie tot de huidige.

Al spoedig zou zulk onderzoek aan gesteenten van verschillende ouderdom en van verschillende continenten tot de conclusie leiden, dat er sprake moest zijn van een episodische ompoling van het aardmagnetisch veld en dat ofwel moest worden aangenomen, dat de continenten gefixeerd waren en de magnetische polen sinds lang een voor ieder continent typisch traject hadden afgelegd, ofwel dat de continenten relatief mobiel waren, terwijl de polen sinds lang als gefixeerd gedacht moesten worden. Laatstgenoemde oplossing leek het meest voor de hand te liggen en scheen ook Vening Meinesz tenslotte wel aan te spreken. Toen in 1964 gedurende een "Symposium on Continental Drift" Bullard met wetten betreffende de beweging van een stijf (korst)segment – vergelijkbaar met Vening Meinesz' "plaat" (1928) – over een boloppervlak reconstrueerde, hoe goed continenten pasten aan

weerszijden van wat de Atlantische Oceaan zou worden, wierp Rutten tegen, dat voor IJsland in zo'n reconstructie geen plaats was.¹ Het werd toen duidelijk, dat IJsland als een relatief recent gecreëerd deel van de Atlantische Rug moest worden beschouwd. Dat idee kreeg bevestiging, toen Vine in 1966 de nauwe correlatie vond tussen de patronen van positieve en negatieve magnetische anomalieën aan weerszijden van de nabijgelegen, onderzeese Reijkjanes Rug en een veronderstelde expansie van de centrale slenk van IJsland van omstreeks 1 cm/ jr.²

Hess' hypothese leidde al spoedig daarna tot het meer omvattend concept van "Platentektoniek". Volgens dat concept zou de aardkorst als geheel opgedeeld gedacht moeten worden in een aantal platen, die uit een samenstel van continentale en oceanische korstbestanddelen tot zo'n stijf complex gevormd waren, dat – gedreven door kringloopstromingen in het plastisch substraat – deformatie alleen langs de grenzen met aanpalende platen kon plaatsvinden. Waar korstcreatie onder Mid Oceanische Ruggen twee aanpalende platen uiteen deed schuiven, bleken nu diepteetroggen de gebieden, waar de ene plaat onder de andere verdween; een proces, dat weerstand opwekte en dat met aardbevingen en opwelvingen gepaard ging. Ook al omdat de mede op mariene geofysische informatie gebaseerde prognoses telkens weer door de vanaf 1968 onder leiding van het Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling (JOIDES) Committee uitgevoerde boringen werden bevestigd, kreeg het platentektonisch concept al snel acceptatie. Maar, zoals een concept betaamt, is het een simplificatie van een veel weerbarstiger werkelijkheid en heeft het inmiddels tot veel nieuwe vragen geleid.

In welke mate geologen zich door het vooral onder invloed van de mariene geofysica mettertijd voortschrijdend inzicht in de evolutie van de aarde van een statisch, episodisch-reactief naar een continue-dynamisch lichaam lieten beïnvloeden, werd door de hoogleraar Van Bemmelen grafisch inzichtelijk gemaakt.³ Begonnen als "mobiliest" in 1927 (met een op die grondslag onder de Delftse hoogleraar Molengraaff voltooide dissertatie) werd hij in 1930 aanhanger van het "fixisme" om in de jaren zestig zich weer langzaam tot een "mobilisme" te "bekereren", waarin aan "Kontinentverschiebung" wel op een andere manier dan Wegener zich had voorgesteld invulling werd gegeven.

Terwijl Jeffreys onvermoeid tegen de "Platentektoniek" opponeerde, hangende doorslaggevend experimenteel bewijs terzake, wilde het noodlot, dat van de "aartsvaders" van de planetaire geofysica noch Vening Meinesz, Holmes, Hess of Ewing bij leven de integrale acceptatie van het platentektonisch concept zouden meemaken.

In vele ontwikkelingen, die sinds het begin van het Interbellum op het gebied van de ruimtelijke wetenschappen plaatsvonden en die in een aantal gevallen tot conceptuele veranderingen hebben geleid, was de hand van Vening Meinesz onmiskenbaar aanwezig.

¹ M.G.Rutten, "Discussion", in: P.M.S.Blackett et al (red.) *A Symposium on Continental Drift* Vol 258 van de *Phil Trans R.S. London* (1965) 59 – 68; 321

² F.J.Vine, "Spreading of the ocean floor: new evidence", in: *Science* 154 (1966) 1405 – 15.

³ R.W.van Bemmelen, "The undation theory", in: *Geologie & Mijnbouw* 56 (Den Haag 1977) 263.

Middels zijn mariene zwaartekrachtmetingen opende Vening Meinesz het perspectief op een fysische geodesie, waarin zwaartekrachtmeting geïntegreerd in een astro-geodetisch netwerk de enige betrouwbare methode was om de vorm van de aarde nauwkeurig te bepalen (zie hoofdstuk 4e en 9d).

Ondanks het feit, dat zijn enkel op zwaartekrachtmeting ter zee gericht onderzoek een breuk lijkt te zijn geweest met het indertijd heersend Humboldtiaans onderzoeksmodel, hield Vening Meinesz een open oog voor de implicaties van de resultaten van zijn onderzoek voor andere ruimtelijke disciplines. Zo toonde hij aan, hoe empirie aan geologische speculatie en intuïtie een grens kon stellen (zie hoofdstuk 6d).

De door hem ingezette fysische meetmethodiek zou de weg wijzen, hoe middels een convergerende redenering de op indirecte waarneming van verschillende materiële eigenschappen steunende gegevens tot kennis van de oceaانبodem en haar substraat te herleiden en verborgen structuren te vinden, zodat de (diep)zee als onderzoeksgebied aan de (mariene)geologie kon worden toegevoegd (zie hoofdstuk 6e).

Uiteindelijk zou Vening Meinesz mathematische deductie en empirische inductie in gedachte-experimenten samenbrengen in een poging de weerbarstige structuur van de aardkorst en het onnavolgbare gedrag van het substraat nader te verklaren als gevolg van vervorming en segmentering van een stijve bolschil rond een plastisch substraat (zie hoofdstuk 8d)

Afgezien van zijn bijdragen aan de vooruitgang van de ruimtelijke wetenschappen zou – zeker gedurende het Interbellum – Vening Meinesz' onderzoek bijdragen aan de geleidelijke verandering in de publieke opinie van het imago van de Koninklijke Marine.

Waarschijnlijk dankzij de persoonlijke relaties tussen de Minister van Marine, de voormalige Ltz Westerveld, en zijn Chef Hydrografische Dienst tevens lid van de toenmalige Commissie voor Geodesie, de Ktz Luymes, werd Vening Meinesz' onderzoek al vanaf de eerste onbegeleide duikbootexpedities gefiatteerd. Na eerst genegeerd te zijn in de landelijke pers, werden de resultaten van dat onderzoek op grond van de internationale waardering breed uitgemeten, wat de Koninklijke Marine tot groter openheid stimuleerde en door de regering als steun in de rug werd ervaren bij haar pogingen de oorlogsvloot te vernieuwen ondanks tegenwerking van het parlement en een algemene roep om ontwapening (zie hoofdstuk 4)

Dat uiteindelijk ook een gewapende invasie op Curaçao of een muiterij op "De Zeven Provinciën" niet tot afbreuk aan het imago van de Koninklijke Marine zou leiden, was mede te danken aan de door de regering – mede in het licht van ontwikkelingen over de grenzen – opportunistisch aangegrepen, maar door de media slim uitgebuite ruchtbaarheid, die de K XVIII expeditie in 1934 kreeg. Die vond haar hoogtepunt in een "media hype" rond de filmvertoning, het succes waarvan de regering geen windeieren legde, de naam van de Koninklijke Marine "zuiverde" en van Vening Meinesz een Bekend Nederlander maakte (zie hoofdstuk 7h)

Verre van kamergeleerde bleef Vening Meinesz nog bijna tot zijn pensioen bij onderzoek op zee betrokken. Hij koppelde een intellectuele nieuwsgierigheid aan een intuïtief-creatief oplossend vermogen, waarmee hij een sluitend antwoord zocht op opdoemende problemen, en wilde begrijpen, wat eerst nog verborgen lag in de

resultaten van zijn waarnemingen. Hij bewees over de grenzen van zijn vakgebied – de geodesie – heen te kunnen kijken en stimuleerde een jongere generatie dat evenzo te doen. Hij was iemand, die de kunst verstond om de moeilijkste dingen gedaan te krijgen zonder een klaarblijkende inspanning. De belangeloze uitwisseling van ideeën, gegevens en ervaringen gekoppeld aan een oprechte vriendschap stempelde hem tot een ware vertegenwoordiger van het christelijk-humanistisch wetenschapsideaal. Aan het eind van zijn leven getuigde Vening Meinesz eens van de ironie als civiel-ingenieur gefaald te hebben.⁴ Ingenieurs moesten immers pragmatisch te werk gaan en zich verre houden van theorievorming of hypothetisering. Toch was het door een combinatie van observatie, berekening en gedachte-experimenten, dat hij tot zijn "halve slag"- hypothese voor gebergtevorming kwam, die naderhand een aanzet vormde tot het concept van "seafloor spreading" en, vervolgens, tot de formulering van de "Platentektoniek".

In weerwil van de uitgebreide, internationaal georiënteerde vriendenkring, die hij zich gedurende zijn werkzame leven verwierf en waarmee hij tot het einde toe contact wist te houden, bleef Vening Meinesz een vrijgezel, die kennelijk in een kleine familiekring – eerst het ouderlijk huis, later onder eigen dak met zijn zuster Coba en een vertrouwde huishoudster – zijn emotionele "pied – à – terre" lijkt te hebben gevonden. Maar met het overlijden van Coba in 1965 was het eenzamer in Amersfoort geworden....

Medische complicaties, ontstaan tijdens een langdurig ziekenhuisverblijf als gevolg van een door een val gebroken heup leidden tot het overlijden van Vening Meinesz op 10 augustus 1966. Onder grote belangstelling volgde op 15 augustus - voorafgegaan door een kerkdienst in de Bergkerk te Amersfoort - zijn ter aarde bestelling in het familiegraf op begraafplaats "Zorgvlied" te Amsterdam.

Er bestaat een gezegde, dat wie zich van een invloed ten goede op het leven van anderen zou willen verzekeren, een boom geplant, een lange reis gemaakt en een boek geschreven moet hebben. Met de aanplant van zijn bosbezit, de vijftien door hem begeleide expedities en het tiental van zijn hand verschenen boeken lijkt Vening Meinesz aan die criteria meer dan voldaan te hebben.

⁴ G.J.Bruins en J.G.J.Scholte. "Felix Andries Vening Meinesz", in: *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* Vol 13 (1967) 303.